

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**ТЕХНИЧЕСКОЕ И КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Материалы
Международной научно-практической конференции

(Минск, 24–25 октября 2019 года)

В двух частях

Часть 1

Минск
БГАТУ
2019

УДК 631.1

Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 24–25 октября 2019 года) : в 2 ч. / редкол.: И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2019. – Ч. 1. – 408 с. : ил., схемы. – ISBN 978-985-25-0009-8 (ч. 1).

Издание включает материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию образования Белорусского государственного аграрного технического университета.

Редакционная коллегия:

Шило И. Н., д-р тех. н., проф., ректор БГАТУ (научный редактор);

Романюк Н. Н., канд. тех. н., доц., первый проректор БГАТУ;

Крук И. С., канд. тех. н., доц., проректор по научной работе - директор НИИМЭСХ БГАТУ;

Прищепов М. А., д-р тех. н., доц., проф. кафедры электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ;

Чеботарёв В. П., д-р тех. н., проф., заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин БГАТУ;

Толочко Н. К., д-р физ.-мат. н., проф., профессор кафедры технологий и организации технического сервиса БГАТУ;

Груданов В. Я., д-р тех. н., проф., заведующий кафедрой технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ;

Гануш Г. И., д-р экон. н., проф., чл.-корр. НАН Беларуси, заведующий кафедрой экономической теории и права БГАТУ.

Ответственность за достоверность публикуемых материалов несут их авторы

ISBN 978-985-519-25-0009-8 (ч. 1)

ISBN 978-985-519-25-0008-1

© БГАТУ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

1.	БГАТУ 65 ЛЕТ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ Шило И.Н., д.т.н., профессор, Крук И.С., к.т.н., доцент, Сенчуров Е.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	18
2.	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АКАДЕМИЧЕСКОЙ И ВУЗОВСКОЙ АГРОИНЖЕНЕРНОЙ НАУКИ – ОСНОВА СОЗДАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ Яковчик С.Г., к.с.-х.н., доцент, Бакач Н.Г., к.т.н., доцент, Салапура Ю.Л., к.т.н., доцент, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь.....	22
3.	СТРАТЕГИЧЕСКОЕ АКАДЕМИЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО В РАМКАХ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО И СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА Овчинников М.А., к.э.к.н., доцент, Патрина Е.Н., к.пед.н., доцент, ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация.....	26
4.	ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ «УМНОЙ» МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ Передня В.И. ¹ , д.т.н., профессор, Бакач Н.Г. ¹ , к.т.н., доцент, Цой Ю.А. ² , член-корр. РАН, профессор, ¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь, ² ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Российская Федерация.....	31

СЕКЦИЯ 1

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.	РЕГУЛИРОВАНИЕ И САМОРЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОЧВООБРАБОТКЕ Ветохин В.И. ¹ , д.т.н., доцент, Беловод А.И. ¹ , к.т.н., доцент, Прилепо Н.В. ¹ , , Алтыбаев А.Н. ² , д.т.н., профессор, ¹ ПГАА, г. Полтава, Украина, ² НПЦАИ, г. Алматы, Республика Казахстан.....	40
2.	ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА, УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕМ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА Мамедов М.С. ¹ , к.в.н., Бородин Н.О. ² , ¹ ФГБОУ НРИУЭ АПК, ² ООО «СКАТ», г. Нижний Новгород, Российская Федерация.....	41
3.	РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО УДОБРИТЕЛЬНО-ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА Петриченко Е.А. ¹ , к.т.н., доцент, Герук С.Н. ² , к.т.н., доцент, ¹ УНУС, г. Умань, Украина, ² Житомирский агротехнический колледж, г. Житомир, Украина.....	43
4.	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ КОМБИКОРМОВ С ЛЕОНАРДИТОМ Коровушкин А.А., д.б.н., профессор, Нефедова С.А., д.б.н., профессор, Якунин Ю.В., РГАТУ, г. Рязань, Российская Федерация.....	47
5.	Порог отключения доильного аппарата Григорьев Д.А., к.т.н., доцент, Король К.В., Шахова О.Н., ГГАУ, г. Гродно, Республика Беларусь.....	49

6.	УПРАВЛЕНИЕ ТРАФИКОМ КОРОВ Григорьев Д.А., к.т.н., доцент, Король К.В., Клепикова Е.А., ГГАУ, г. Гродно, Республика Беларусь.....	52
7.	УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОФИЛЕФОРМОВАТЕЛЯ УЗКОПРОФИЛЬНЫХ ГРЯД Филиппов А.И. ¹ , к.т.н., доцент, Заяц Э.В. ¹ , к.т.н., доцент, Аутко А.А. ¹ , д.с х.н. профессор, Чеботарев В.П. ² , д.т.н., профессор, ¹ ГГАУ, г. Гродно, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	54
8.	РАЗРАБОТКА УЗЛА РАСПЫЛА ДЛЯ ОБЪЁМНОГО ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ Филиппов А.И. ¹ , к.т.н., доцент, Заяц Э.В. ¹ , к.т.н., доцент, Аутко А.А. ¹ , д.с х.н. профессор, Чеботарев В.П. ² , д.т.н., профессор, ¹ ГГАУ, г. Гродно, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	56
9.	АНАЛИЗ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ЗЕРНОВОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКОЙ Рогальская Ю.Н. ¹ , Еднач В.Н. ¹ , к.т.н., Танась Войцех ² , д.т.н., профессор, ¹ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ² Университет естественных наук в Люблине, г. Люблин, Польша.....	59
10.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКЕ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА Сильченко Е.П., ЛНАУ, г. Старобельск, Украина.....	62
11.	МЕХАНИЗАЦИЯ УБОРКИ МОРКОВИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ Барановский И.А. ¹ , к.т.н., Воробей А.С. ¹ , к.т.н., Ракова Н.Л. ² , к.т.н., доцент, Гарост П.Н. ² , ¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	64
12.	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ САМОХОДНЫХ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ Белевич А.Г. ¹ , Занемонский С.В. ¹ , Дзема А.А. ² , ¹ БГАТУ, ² БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	66
13.	АКТИВНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ МАСС ПРИ ХРАНЕНИИ Перепечаев А.Н. ¹ , к.т.н., доцент, Жилич Е.Л. ¹ , Чеботарев В.П. ² , д.т.н., профессор, Чечеткин А.Д. ² , к.т.н., доцент, ¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	68
14.	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ ЛЬНА ДОЛГУНЦА Перепечаев А.Н. ¹ , к.т.н., доцент, Чеботарев В.П. ² , д.т.н., профессор, Чечеткин А.Д. ² , к.т.н., доцент, ¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	69
15.	ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ ГРЕБНЯ Чеботарев В.П. ¹ , д.т.н., профессор, Еднач В.Н. ¹ , к.т.н., Филиппов А.И. ² , к.т.н., доцент, Зенов А.А. ¹ , ¹ БГАТУ, г. Минск, ² ГГАУ, Гродно, Республика Беларусь.....	71
16.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СОШНИКА ДЛЯ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ Шило И.Н. ¹ , д.т.н., профессор, Романюк Н.Н. ¹ , к.т.н., доцент, Агейчик В.А. ¹ , к.т.н., доцент, Тихонов А.А. ² , к.т.н., доцент, ¹ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ² НГСХА, г. Нижний Новгород, Российская Федерация.....	73

17. **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСА УБОРКИ ВЕТОК И ШИРИНЫ ЗАХВАТА ВАЛКОВАТЕЛЯ**
Юрин А.Н.¹, к.т.н. доцент, Викторovich В.В.¹, Чеботарев В.П.², д.т.н., профессор, Чечеткин А.Д.,² к.т.н., доцент, ¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 74
18. **ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ САДОВ ОТ ЗАМОРОЗКОВ В БЕЛАРУСИ**
Юрин А.Н.¹, к.т.н. доцент, Викторovich В.В.¹, Кострома С.П.¹, Чеботарев В.П.², д.т.н., профессор, Чечеткин А.Д.,² к.т.н., доцент, ¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 76
19. **ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**
Антонишин Ю.Т., к.т.н., доцент, Турцевич Е.Ф., Филинский Д.Ю., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 79
20. **МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН**
Вабищевич А.Г., к.т.н., доцент, Авраменко П.В., к.т.н., доцент, Янцов Н.Д., к.т.н., доцент; Курак Е.Н., Филинский Д.Ю., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 80
21. **К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**
Еднач В.Н., к.т.н., Бондаренко Д.Н., Мельникова Н.Ю., Чучва В.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 82
22. **АНАЛИЗ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**
Рогальская Ю.Н.¹, Еднач В.Н.¹, к.т.н., Сулейманов М.И.², к.т.н., Сапьян Ю.Н.², ¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация..... 84
23. **ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВА С ПРЕДПУСКОВЫМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕМ И МЕТОДИКА ЕГО РАСЧЕТА**
Захаров А.В.¹, к.т.н., доцент, Сапун Л.Г.¹, к.т.н., доцент, Захарова И.О.¹, Сулейманов М.И.², к.т.н., ¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация..... 86
24. **ПОДВЕСКА ПЕРЕДНЕГО МОСТА ТРАКТОРА «БЕЛАРУС 3022» С ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИМ УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ**
Захаров А.В., к.т.н., доцент, Ващула А.В., к.т.н., доцент, Сапун Л.Г., к.т.н., доцент, Захарова И.О., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 88
25. **РОТОРНЫЙ ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЬ**
Лахмаков В.С., к.т.н., доцент, Зыкун А.С., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.. 90
26. **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**
Мельникова Н.Ю., Чеботарев В.П., д.т.н., профессор, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 92
27. **РАСЧЕТ ИНТЕНСИФИКАТОРА СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ ДЛЯ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН**
Портянко Г.Н., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент, Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гронская Е.Г., Гурнович М.Н., Веремеев А.Д., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь 94
28. **МОДЕРНИЗАЦИЯ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**
Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент, Портянко Г.Н., к.т.н., доцент, Белый С.Р., Кузнецов Д.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь... 96

29.	ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН Ракова Н.Л., к.т.н., доцент, Бойко Т.В., к.т.н., доцент, Бондаренко Д.Н., Мельникова Н.Ю., Троц Е.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	98
30.	ABOUT THE CURVILINEAR PROFILE OF ACCELERATING DEVICES Mikhail Dovzhik, candidate of sciences, docent, Chyrva Andrew, candidate of sciences, docent, Alexey Kalnaguz, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine.....	100
31.	DEVELOPMENT AND RESEARCH OF COUNTERFLOW JET MIXERS OF LIQUID COMPONENTS IN AGRICULTURAL PRODUCTION Samoichuk K.O., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Viunyk O.V., Tavria State Agrotechnological University named after Dmitry Motorny, Melitopol, Ukraine.....	101
32.	ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ Крот А.М. ¹ , д.т.н., профессор, Авраменко П.В. ² , к.т.н., доцент, Вабищевич А.Г. ² , к.т.н., доцент, Вырский Н.Н. ³ , Попов В.Б. ⁴ , к.т.н., доцент, ¹ ОИПИ НАН Беларуси, ² БГАТУ, г. Минск, ³ НТЦ ОАО «Гомсельмаш», ⁴ ГГТУ, г. Гомель, Республика Беларусь.....	103
33.	АКСИАЛЬНО-РОТОРНЫЕ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент, Портянко Г.Н., к.т.н., доцент, Белый С.Р., Кузнецов Д.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь...	105
34.	СНИЖЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА СДВОЕННЫХ ВЕДУЩИХ КОЛЕС ТРАКТОРА Бобровник А.И. ¹ , д.т.н., профессор, Варфоломеева Т.А. ² , ¹ БНТУ, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	106
35.	СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОЧИСТКИ ЗЕРНА НА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ РАЗНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ Бондаренко Л.Ю. ¹ , к.т.н., доцент, Жарков А.В. ² , ¹ ТГАТУ, г. Мелитополь, ² ООО «ЮБС-Холод», г. Харьков, Украина.....	110
36.	ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ КОРНЕПЛОДОВ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА Брусенков А.В., к.т.н., Белокопытов А.А., ТГТУ, г. Тамбов, Российская Федерация.....	112
37.	АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МНОГОКОЛЕСНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ С ПОЧВОЙ Гедроить Г.И. ¹ , к.т.н., доцент, Бобрышов А.В. ² , к.т.н., доцент, Безручко А.Ф. ¹ , к.т.н., доцент, Занемонский С.В. ¹ , ¹ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ² СтГАУ, г. Ставрополь, Российская Федерация.....	115
38.	ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДИКИ СНЯТИЯ КАРДИОИНТЕРВАЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, С УЧЁТОМ ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА Герасимов М.А., Емельянов С.Д., РГАТУ, г. Рязань, Российская Федерация.....	117
39.	СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛОВ 2-РОДА В ФОРМЕ ЛЕЖАНДРА И СФЕРИЧЕСКОЙ ТРИГОНОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ДУГИ РЕЗАНИЯ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ РОТАЦИОННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН Головченко Г.С., Калнагуз О.М., СНАУ, г. Сумы, Украина.....	120

40.	ИСПЫТАНИЯ ТРАКТОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ОСТАТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР Горовой М.В. ¹ , Горовой В.М. ² , к.т.н., доцент, Горовой Д.М. ³ , ¹ СНАУ, ² Роменский колледж СНАУ, ³ ООО «Юпитер-9 Агросервис», г. Сумы, Украина.....	121
41.	ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИМ РАБОЧИМ КОЛЕСОМ Горовой С.А., к.т.н., доцент, СНАУ, г. Сумы, Украина.....	123
42.	МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН Грушецкий С.Н., к.т.н., доцент, ПГАТУ, г. Каменец-Подольский, Украина.....	125
43.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СНЯТИЯ КАРДИОИНТЕРВАЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ТЁЛОЧЕК КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА Герасимов М.А., Емельянов С.Д., РГАТУ, г. Рязань, Российская Федерация.....	127
44.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СОШНИКА ДЛЯ ПОДПОЧВЕННО-РАЗБРОСНОГО СЕВА Заец М.Л., к.т.н., доцент, ЖНАУ, г. Житомир, Украина.....	130
45.	ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЛАЖНОСТИ ПОСЛЕДА КУРЕЙ ОТ СРОКОВ ЕГО НАКОПЛЕНИЯ В КЛЕТОЧНЫХ БАТАРЕЯХ Ищенко Е.В., к.с.-х.н., Палий А.П., д.с.-х.н., доцент, ХНТУСХ, г. Харьков, Украина	132
46.	ПОКРЫТИЕ ПОЧВЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ РАЗБРАСЫВАТЕЛЯМИ УДОБРЕНИЙ Калнагуз А.Н., Головченко Г.С., Семерня Е.В., СНАУ, г. Сумы, Украина.....	134
47.	ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЗЕРНОКОМПЛЕКСА Колос В.А. ¹ , к.т.н., Сапьян Ю.Н. ¹ , Сулейманов М.И. ¹ , к.т.н., Кабакова Е.Н. ¹ , Ловкис В.Б. ² , к.т.н., доцент, ¹ ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	136
48.	ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ И РЕГЛАМЕНТОВ ЭНЕРГОАУДИТА ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Колос В.А. ¹ , к.т.н., Сапьян Ю.Н. ¹ , Сулейманов М.И. ¹ , к.т.н., Кабакова Е.Н. ¹ , Ловкис В.Б. ² , к.т.н., доцент, ¹ ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	139
49.	ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ МОЛОКА НА ФЕРМЕ Коршунов А.Б., к.т.н., доцент, Коршунов Б.П., к.т.н., ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация.....	141
50.	МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕРЕДНЕГО ОБТЕКАТЕЛЯ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ ПРИ УБОРКЕ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО Пахучий А.М., ХНАУ, г. Харьков, Украина.....	143
51.	ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ В ПОПЕРЕЧНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ Крук И.С., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	145
52.	АНАЛИТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ МАШИН Довжик М.Я., к.т.н., доцент, Сиренко Ю.В., СНАУ, г. Сумы, Украина.....	148
53.	СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИСКРЕТНОГО ПОТОКА СЕМЯН В ВЫСЕВНОМ АППАРАТЕ С ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ВОЗДУХА Свирень Н.А., д.т.н., профессор, Амосов В.В., к.т.н., доцент, ЦНТУ, г. Кропивницкий, Украина.....	150

54.	ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИНЫ С ИГОЛЬЧАТЫМИ ИНЖЕКЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ	
	Томчук В.В., ВНАУ, г. Винница, Украина.....	152
55.	ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОДЕЛИ РИСУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	
	Бекбосынов С.Б., к.т.н., профессор, Турымбетова Г.Д., КазНАУ, г. Алматы, Республика Казахстан.....	153
56.	О СВЯЗИ МЕЖДУ РЕЖИМАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА	
	Попов В.Б., к.т.н., доцент, ГГТУ, г. Гомель, Республика Беларусь.....	156
57.	ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОЦИЛИНДРОВ С ВНУТРЕННИМ ТОРМОЗНЫМ УСТРОЙСТВОМ	
	Бартош П.Р., к.т.н., доцент, Филипова Л.Г., Чикилевский Я.А., Розум С.П., БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	159
58.	ПРИМЕНЕНИЕ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ НА ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ	
	Бобровник А.И., д.т.н., профессор, Табулин А.А., Жилянин Д.Л., БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	160
59.	О ПРИМЕНЕНИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	
	Бобровник А.И., д.т.н., профессор, Филипова Л.Г., Чикилевский Я.А., БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	163
60.	МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САЖЕВЫХ ЧАСТИЦ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ	
	Белоусов В.А. ¹ , к.т.н., доцент, Костенич В.Г. ² , к.т.н., доцент, Белоусов Д.В. ³ , ¹ БГСХА, г. Горки, ² БГАТУ, г. Минск, ³ БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	165
61.	ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» СО СДВОЕННЫМИ КОЛЕСАМИ	
	Варфоломеева Т.А. ¹ , Головач В.М. ¹ , Бондарчик А.О. ¹ , Шпак М.А. ¹ , Коломиец И.Е. ¹ , Сапьян Ю.Н. ² , ¹ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ² ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация.....	167
62.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ НА ПОЧВУ	
	Гедроить Г.И. ¹ , к.т.н., доцент, Занемонский С.В. ¹ , Варфоломеева Т.А. ¹ , Сулейманов М.И. ² , к.т.н., ¹ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ² ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация.....	169
63.	ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ	
	Гедроить Г.И., к.т.н., доцент, Михалков В.В., Бондаренко И.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	171
64.	ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ	
	Дайнеко Т.М., к.с.-х.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	173
65.	СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ГИДРОПРИВОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	
	Джежора С.В., Филипова Л.Г., Шабунько А.А., БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	174
66.	ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКСИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНОГО ГИДРОНАСОСА ИЛИ ГИДРОМОТОРА	
	Жданко Д.А., к.т.н. доцент, Тимошенко В.Я., к.т.н. доцент, Сушко Д.И., Захарова В.С., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	176

67. **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АКСИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНЫХ НАСОСОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ**
Жданко Д.А., к.т.н. доцент, Тимошенко В.Я., к.т.н. доцент, Сушко Д.И., Захарова В.С., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 178
68. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**
Жданко Д.А., к.т.н. доцент, Непарко Т.А., к.т.н. доцент, Тимошенко В.Я., к.т.н. доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 181
69. **СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ**
Крук И.С., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 183
70. **К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ**
Зенов А.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 186
71. **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ САМОХОДНОЙ КОСИЛКИ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕЕ КОНСТРУКЦИИ**
Кецко В.Н., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 187
72. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ ПОЛЯ, КОНТАКТИРУЮЩЕЙ С ДВИЖИТЕЛЯМИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ**
Быков Н.Н., к.т.н., доцент, Кецко В.Н., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 189
73. **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАВОЗА КАК ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ**
Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, Костюкевич С.А., к.с.-х.н., доцент, Назаров Ф.И., Муравицкий В.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 190
74. **ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ**
Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, Костюкевич С.А., к.с.-х.н., доцент, Баринов В.Д., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 192
75. **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ**
Королевич Н.Г., к.э.н., доцент, Оганезов И.А., к.т.н., доцент, Кабакова Е.Н.², ¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация..... 194
76. **МЕТОДИКА И УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ**
Костенич В.Г.¹, к.т.н., доцент, Белоусов В.А.², к.т.н., доцент, ¹БГАТУ, г. Минск, ²БГСХА, г. Горки, Республика Беларусь..... 196
77. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ КОЛЬЧАТО-ПРУТКОВОГО КАТКА НА ПОЧВУ**
Крук И.С.¹, к.т.н., доцент, Назаров Ф.И.¹, Назарова Г.Ф.¹, Болат Унат², ¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ²КазНАУ, г. Алматы, Республика Казахстан..... 198
78. **УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВОГРУНТА ПРИ СДВИГЕ**
Ляхов А.П., к.т.н., доцент, Кошля Г.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 200
79. **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДВИЖИТЕЛЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВОГРУНТА НА ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА ТРАКТОРОВ**
Ляхов А.П., к.т.н., доцент, Кошля Г.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 202
80. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЛЮЗОВЫХ КАНАЛОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА**
Бондарев С.Н.¹, аспирант, Китун А.В.¹, д.т.н., проф., Передня В.И.², д.т.н., профессор, Жилич Е.Л.², ¹БГАТУ, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь..... 204

81.	ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНИКИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	
	Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Жданко Д.А., к.т.н., доцент, Жебрун В.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	206
82.	ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАКТОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ	
	Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Жебрун В.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	208
83.	ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СОЛОМОТРЯСА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА	
	Носко В.В. ¹ , Праженик Д.С. ¹ , Танась Войцех ² , д.т.н., профессор, ¹ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ² Университет естественных наук в Люблине, г. Люблин, Польша.....	210
84.	ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТЬ ХОДОВЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ К ПОЧВЕННЫМ УСЛОВИЯМ	
	Орда А.Н. ¹ , д.т.н., профессор, Шкляревич В.А. ¹ , Воробей А.С. ² , к.т.н., ¹ БГАТУ, ² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь.....	211
85.	ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ	
	Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Жебрун В.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	213
86.	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ТРЕБОВАНИЯМ РЕГЛАМЕНТА В ФОРМЕ СЕРТИФИКАЦИИ	
	Основина Л.Г. ¹ , к. т. н, доцент, Основин С.В. ² , к.с-х.н., доцент, Нарбаева А.Ю. ¹ , Сороко И.А. ¹ , ¹ БГАТУ, ² БГЭУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	216
87.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН РАПСА НА ВИБРОПНЕВМОСЕПАРАТОРЕ С ПРЯМОТОЧНОЙ ДЕКОЙ	
	Поздняков В.М., к.т.н., доцент, Зеленко С.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	218
88.	ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ	
	Романюк Н.Н. ¹ , к.т.н., доцент, Нукешев С.О. ² , д.т.н., профессор, Агейчик В.А. ¹ , к.т.н., доцент, Романюк В.Н. ³ , Жарков К.Н. ¹ , ¹ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь, ² КазАТУ, г. Нур-Султан, Республика Казахстан, ³ БГУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	220
89.	О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ТРАВΟΣЕЯНИЯ	
	Сельманович В.Л., к.с.-х.н., доцент, Быков Н.Н., к.т.н., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	223
90.	ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ	
	Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Жебрун В.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	225
91.	ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЕНАЖА В СИЛОСОХРАНИЛИЩАХ	
	Сельманович В.Л., к.с.-х.н., доцент, Быков Н.Н., к.т.н., Шибeko А.Э., к.э.н, доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	228
92.	КОМПЕНСАЦИЯ ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПЕРЕТЕЧЕК ВОЗДУХА ПЛАСТИНАТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	
	Дашков В.Н. ¹ , д.т.н., профессор, Антошук С.А. ² , к.т.н., доцент, Захаров В.В. ³ , ¹ ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», г. Минск, ² ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный, ³ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	230

93. **ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИНЧАТО-РОТАЦИОННОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА С НАКЛОННЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ПЛАСТИН**
 Дашков В.Н.¹, д.т.н., профессор, Антошук С.А.², к.т.н., доцент, Захаров В.В.³,
¹ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», г. Минск, ²ГУ «Белорусская МИС»,
 п. Привольный, ³БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 233
94. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКТИВНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСНЫХ ЧАСТЕЙ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ**
 Захаров В.В., Костюкевич С.А., к.с.-х.н., доцент, Шайтанов П.С., БГАТУ, г. Минск,
 Республика Беларусь..... 236
95. **ПЛЕНОЧНЫЕ ЛАГУНЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НАВОЗА**
 Скорб И.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 237
96. **КОНСТРУКЦИЯ ДИСКОВОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МОДУЛЯ С РАБОЧИМ ОРГАНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ТИПА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ИСПЫТАНИЙ**
 Тимошенко В.Я., к.т.н., доцент, Жданко Д.А., к.т.н., доцент, Хвоенок Е.А., БГАТУ,
 г. Минск, Республика Беларусь..... 239
97. **НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАПСА**
 Трибуналов М.Н.¹, к.т.н., доцент, Оскирко С.И.¹, к.т.н., доцент, Напорко Ю.А.¹,
 Дорофейчик Д.М.¹, Сапьян Ю.Н.², ¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь,
²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация..... 241
98. **НОВЫЙ СПОСОБ ТЕРЕБЛЕНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА**
 Трибуналов М.Н., к.т.н., доцент, Оскирко С.И., к.т.н., доцент, Напорко Ю.А.,
 Дорофейчик Д.М., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 243
99. **ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**
 Чумак Т.М., Сушко Д.И., Карпиевич Н.М., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 245
100. **ДИАГНОСТИКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ МОЛОКООХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**
 Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент, Швед И.М., Назарова Г.Ф., БГАТУ, г. Минск,
 Республика Беларусь..... 246
101. **ПРИЧИНЫ ОПАСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ**
 Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент, Китун А.В., д.т.н., профессор, Швед И.М.,
 БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 248
102. **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА МЕШАЛКИ НА ПЛОЩАДЬ ЕЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**
 Швед И.М., Громыко Д.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь..... 250
103. **ИЗМЕРЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ «SPIDER 8»**
 Яновский Д.А., Зенов А.А., Бондаренко Д.Н., Мельникова Н.Ю., БГАТУ, г. Минск,
 Республика Беларусь..... 253
104. **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ МОТОРНОГО МАСЛА**
 Карпиевич Ю.Д.¹, д.т.н., доцент, Гедроить Г.И.², к.т.н., доцент, Бондаренко И.И.²,
 Михалков В.В.², Кабакова Е.Н.³, ¹БНТУ, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь,
³ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация..... 255
105. **УСЛОВИЯ ПУСКА В РАБОТУ СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ МОЛОКООХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**
 Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент, Швед И.М., Назаров Ф.И., БГАТУ,
 г. Минск, Республика Беларусь..... 258

106.	СТАБИЛИЗАЦИЯ ГЛУБИНЫ ХОДА ЛЕМЕХОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ	
	Романюк Н.Н., к.т.н., доцент, Сашко К.В., к.т.н., доцент, Горный А.В. к.с.-х.н., доцент, Клавсуть П.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	259
107.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	
	Бакач Н.Г. ¹ , к.т.н., доцент, Володкевич В.И. ¹ , Шах А.В. ¹ , Амельченко П.А. ² , д.т.н., профессор, Василевский П.Н. ³ , ¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ² ГНУ «ОИМ НАН Беларуси», ³ БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	263
108.	РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА ПО ПЛОЩАДИ ПОЛЯ ЗЕРНОВЫМИ СЕЯЛКАМИ С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ВЫСЕВА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ	
	Чеботарев В.П. ¹ , д.т.н., профессор, Зубенко Д.В. ² , к.т.н., Зубенко А.В. ² , ¹ БГАТУ, г. Минск, ² МГАТК, п. Марьино, Республика Беларусь.....	267
109.	АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОДНОКОВШОВЫХ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ	
	Смирнов А.Н., к.т.н., доцент, Авраменко П.В., к.т.н., доцент, Серевбрякова Н.Г., к.п.н., доцент, Татаринцов В.И., Лавникович А.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	270
110.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В СТРЕЛОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРАХ ПОГРУЗЧИКА ПРИ ПОДЪЕМЕ СТРЕЛЫ В ДИНАМИКЕ	
	Смирнов А.Н., к.т.н., доцент, Авраменко П.В., к.т.н., доцент, Серевбрякова Н.Г., к.п.н., доцент, Татаринцов В.И., Лавникович А.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	272
111.	ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	
	Потемкин Р.А., Свиридов А.С., Лопатина Ю.А., ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация.....	274
112.	СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	
	Самойчук К.О., д.т.н., Удуд В.И., ТГАТУ, г. Мелитополь, Украина.....	276
113.	ВОДОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	
	Кравцов А.М., к.т.н., доцент, Шахрай Д.С., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	278
114.	ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МАШИН НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА	
	Аулин В.В., д.т.н., профессор, Панков А.А., д.т.н., доцент, Щеглов А.В., к.т.н., доцент, Шкуратов А.А., ЦНТУ, г. Кропивницкий, Украина.....	280
115.	GRAVITY METERING DEVICE OF FRIABLE FORAGES	
	Sementsov V., PhD, Vasilenko P., Kharkiv national technical university of agriculture, Kharkiv, Ukraine.....	282
116.	ЭТОЛОГИЯ ЯГНЯТ	
	Исламов Е.И., Кулманова Г.А., к.с.-х.н., профессор, Кулатаев Б.Т., Кадыкен Р., Жумагалиева Г.М., КазНАУ, г. Алматы, Республика Казахстан.....	285

117.	ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ДНК-СЕНСОР НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ ГЕНОМНОЙ СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ	
	Крылова Н.Г. ¹ , к.ф.-м.н., Грушевская Г.В. ² , к.ф.-м.н., ¹ БГАТУ, ² БГУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	287
118.	КАЧЕСТВЕННЫЙ ПОСЕВНОЙ МАТЕРИАЛ – ВАЖНЫЙ АСПЕКТ УСПЕШНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ФЕНХЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО	
	Макуха О.В., к.с.-х.н., доцент, ХГАУ, г. Херсон, Украина.....	289
119.	ГЕНОМНАЯ ОЦЕНКА В МОЛОЧНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ	
	Никулин Д.М. ¹ , к.в.н., Мамедов М.С. ² , к.в.н., ¹ ООО Молочная компания «Генетика», ² ФГБОУ НРИУЭ АПК, г. Нижний Новгород, Российская Федерация...	291
120.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	
	Лёвкин Е.А., Минаков В.Н., Базылев М.В., Линьков В.В., к.с.-х.н., доценты, ВГАВМ, г. Витебск, Республика Беларусь.....	293
121.	ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛАКТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ У ТЕЛОЧЕК ПО ДАННЫМ КОРДИОИНТЕРВАЛОМЕТРИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ	
	Емельянов С.Д., РГАТУ, г. Рязань, Российская Федерация.....	295
122.	ИННОВАЦИОННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКОРОСТИ МОЛОКООТДАЧИ У КОРОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ	
	Емельянова А.С. ¹ , д.т.н., профессор, Каширина Л.Г. ¹ , д.б.н., профессор, Степура Е.Е. ² , к.б.н., Герасимов М.А. ¹ , Емельянов С.Д. ¹ , ¹ РГАТУ, ² РязГМУ, г. Рязань, Российская Федерация.....	297

СЕКЦИЯ 2

**ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК**

1.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ЭЛЕКТРОПРОПОРКЕ	
	Баев В.И., д.т.н., профессор, Баев И.В., Прокофьев П.В., ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация.....	300
2.	ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА СОРТА РОДНИК 453 В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ	
	Аксенов М.П., ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация.....	302
3.	МЕТОДИКА ИНТЕГРИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ В УПАКОВОЧНЫЕ МАШИНЫ	
	Гавва А.Н., д.т.н., профессор, Кривопляс-Володина Л.А., д.т.н., доцент, Валиулин Г.Р., к.т.н., доцент, Дереновская А.В., к.т.н., доцент, НУПТ, г. Киев, Украина.....	304
4.	ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЧАСТНЫХ ДОМОХОЗЯЙСТВ	
	Жарков А.В., ТГАТУ, г. Мелитополь, Украина.....	307
5.	ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЕМЕНА ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД	
	Ивушкин Д.С. ¹ , Юдаев И.В. ² , д.т.н., профессор, Белицкая М.Н. ³ , д.б.н., профессор, Грибуст И.Р. ³ , к.с.-х.н., ¹ ВолГАУ, г. Волгоград, ² Донской ГАУ, г. Зерноград, ³ ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград, Российская Федерация.....	309

6.	ИМИТАЦИОННАЯ МНОГОМАССОВАЯ МОДЕЛЬ ТУРБО-АГРЕГАТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ	
	Кувда Ю.В., к.т.н., Балота С.Н., д.т.н., профессор, Кувда В.П., к.т.н., профессор, НУПТ, г. Киев, Украина.....	311
7.	ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ЗЕРНОСУШИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ	
	Богданов С.И., к.т.н., доцент, Маркин М.А., Жильцова Н.С., ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация.....	313
8.	ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН ФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ	
	Носова Т.А., Аксенов М.П., Петрухин В.А., к.т.н., доцент, Ивушкин Д.С., ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация.....	315
9.	ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ КАК ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ	
	Панасенко С.И., Слуцкий государственный колледж, г. Слуцк, Республика Беларусь.....	318
10.	АВТОМАТИЗАЦИЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА	
	Богданов С.И., к.т.н., доцент, Рябцев В.Г., д.т.н., профессор, Жильцова Н.С., Маркин М.А., ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация.....	320
11.	РАДИОВОЛНОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЗМОРАЖИВАНИЯ ВЯЗКОГО СЫРЬЯ В НЕПРЕРЫВНОМ РЕЖИМЕ	
	Тихонов А.А. ¹ , к.т.н., доцент, Романюк Н.Н. ² , к.т.н., доцент, Казаков А.В. ¹ , д.б.н., доцент, Новикова Г.В. ¹ , д.т.н., профессор, ¹ НГСХА, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	322
12.	УЧЕТ СЛАБЫХ СИГНАЛОВ В СЛОЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ	
	Барашко О.Г., к.т.н., доцент, Кобринец В.П., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	325
13.	ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЛАГИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ (НА ПРИМЕРЕ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ)	
	Бондарчук О.В., Кононюк Е.А., Литвинюк Д.М., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	326
14.	РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ	
	Гаркуша К.Э., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	329
15.	ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАРЯДА НА ДИФФУЗИЮ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ КЛЕТКИ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ	
	Заяц Е.М., д.т.н., профессор, Янко М.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	331
16.	ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В СРЕДЕ, ОГРАНИЧЕННОЙ ТОКОПОДВОДЯЩИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ, РАЗДЕЛЕННЫМИ МЕМБРАНОЙ	
	Заяц Е.М. ¹ , д.т.н., профессор, Кривовязенко Д.И. ¹ , Янко М.В. ¹ , Чорный А.Д. ² , к.ф.-м.н., доцент, ¹ БГАТУ, ² ИТМО НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь.....	333
17.	О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЙ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАЩИТ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	
	Иванов Д.М., Равинский Н.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	336

18.	ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»	
	Кобринец В.П., к.т.н., доцент, Барашко О.Г., к.т.н., доцент, БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	338
19.	МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
	Ковалев В.А. ¹ , к.т.н., доцент, Скочек И.И. ¹ , Кулаков А.Т. ² , к.т.н., доцент, ¹ БГАТУ, ² БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	339
20.	КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	
	Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Гаркуша К.В., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	341
21.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ КАК ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
	Крутов А.В., к.т.н., доцент, Бойко М.А., Мацкело В.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	343
22.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОЛИВОЧНОЙ ВОДЫ	
	Крутов А.В., к.т.н., доцент, Бойко М.А., Мацкело В.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	346
23.	МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРУДИРОВАНИЕМ ЗЕРНА	
	Мякинник Е.Е., Жур А.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	347
24.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ	
	Прищепов М.А., д.т.н., доцент, Григорьев Р.Д., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	349
25.	УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫМ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ВАЛЬЦОВЫХ ПЛЮЩИЛОК-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА	
	Прищепова Е.М., Дайнеко В.А., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	351
26.	ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: МИРОВОЙ ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ В БЕЛАРУСИ	
	Русан В.И. д.т.н., профессор, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	354
27.	ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗА РАБОТОЙ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ	
	Якубовская Е.С., Полищук Е.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	356
28.	ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТВОРОГОИЗГОТОВЛЕНИЯ НА МИКРОПРОЦЕССОРНОМ УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ	
	Якубовская Е.С., Тарновский В.Ю., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	358

29.	ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С УЧАСТИЕМ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИСФЕРНОГО ЛИГАНДНОГО ОБМЕНА В ЕВРОПИЕВОМ КОМПЛЕКСЕ	
	Арабей С.М., д.ф.-м.н., доцент, Станишевский И.В., к.ф.-м.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	360
30.	ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК	
	Татарчук О.С. ¹ , Кулаковский Д.А. ² , Денисевич В.Ю. ² , ¹ СООО «Евроавтоматика ФиФ», г. Лида, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	361
31.	СНИЖЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПРИМЕНЕНИЕМ ОБРАБОТКИ ГРУНТА НЕАГРЕССИВНЫМИ К МАТЕРИАЛУ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ВЛАЖНОСТЬ ДОБАВКАМИ	
	Барайшук С.М., к.ф.-м.н., доцент, Павлович И.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	364
32.	ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН КАТЕГОРИИ ЭКСТРА	
	Городецкая Е.А., к.т.н., доцент, Городецкий Ю.К., Качалко А.С., Сыч А.Д., Роговой А., Кучук Е., Минзер П., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	366
33.	БИОГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
	Горустович Т.Г., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	368
34.	СПОСОБ ХОЛОДНОЙ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА	
	Демидков С.В., к.т.н., доцент, Коротинский В.А., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	369
35.	ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОДОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРА БЕЛКОВ КАРТОФЕЛЬНОГО СОКА	
	Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	371
36.	ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	
	Забелло Е.П., д.т.н., профессор, Мисюк И.В., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	373
37.	ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНА	
	Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	375
38.	ПЕРСПЕКТИВНОЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	
	Клинцова В.Ф., Коротинский В.А., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	376
39.	ЭФФЕКТЫ УЛЬТРАЗВУКА В ЖИДКИХ СРЕДАХ	
	Корко В.С., к.т.н., доцент, Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	379
40.	ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ	
	Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Бобко А.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	381
41.	К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ	
	Кривовязенко Д.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	383

42.	МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ В СРЕДЕ PROTEUS	
	Матвеевко И.П., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	384
43.	КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ У ТРАНСФОРМАТОРА У/Ун И СПОСОБ ЕГО СНИЖЕНИЯ	
	Протосовицкий И.В., к.т.н., доцент, Протосовицкий Д.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	386
44.	ТОКСИЧНЫЕ ОТХОДЫ АПК И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ	
	Синица С.И., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	388
45.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СХЕМАМИ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ» И «ЗВЕЗДА-ЗВЕЗДА С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ» ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ	
	Прищепов М.А., д.т.н., доцент, Зеленькевич А.И., Збродыга В.М., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	390
46.	ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА УСТАНОВОК КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	
	Счастный В.П. ¹ , к.т.н., доцент, Зеленькевич А.И. ² , ¹ БНТУ, ² БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	393
47.	О РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ	
	Янукович Г.И., к.т.н., профессор, Королевич Н.Г., к.э.н., доцент, Тюнина Е.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	395
48.	АНАЛИЗ СХЕМ ПРИВОДА УНИФИЦИРОВАННОЙ МАШИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	
	Филькин Н.М., д.т.н., профессор, Музафаров Э.Р., ИжГТУ, г. Ижевск, Российская Федерация.....	396
49.	ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА	
	Шатковский А.И., к.т.н., Базулина Т.Г., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	399
50.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ	
	Цубанов И.А., Цубанова И.А., Безгодова И.Д., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	400
51.	ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
	Карпович А.М., Цубанова И.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	402
52.	РАСЧЕТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ	
	Матвейчук Н.М., к.ф.-м.н., Быковский А.А., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь.....	404

УДК 001.8:378.663

БГАТУ 65 ЛЕТ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Шило И.Н., д.т.н., профессор, **Крук И.С.**, к.т.н., доцент, **Сенчуров Е.В.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Вклад науки в развитие государства в настоящее время имеет большое значение. Сегодня нет ни одной сферы деятельности человека, где бы ни использовались научные знания. Только с помощью современных научных достижений страна сможет выйти на принципиально новый уровень решения стоящих перед обществом масштабных задач. Вузовская наука – важная составляющая инновационного развития каждой страны, в том числе Беларуси. При этом научно-исследовательская работа, в свою очередь является одним из определяющих факторов развития и потенциал учебного заведения. От нее зависит уровень обучения и творческий настрой коллектива.

Белорусский государственный аграрный технический университет не только учреждение образования – это еще и крупный научный центр страны, обладающий высоким научно-техническим потенциалом. БГАТУ имеет современную научно-исследовательскую базу, новейшее экспериментальное оборудование, позволяющее осуществлять комплексные научные исследования, обеспечивать их внедрение в производство и вести подготовку научных работников высшей квалификации.

По приоритетным направлениям развития аграрной науки в университете работают более 20 научных школ. Их возглавляют академик и члены-корреспонденты НАН Беларуси, доктора наук и другие ведущие специалисты.

Университет по праву гордится выпускниками, добившихся значительных успехов в научной деятельности и ставшими известными в стране и за ее пределами учеными: доктор технических наук, профессор, академик РАСХН И.П. Ксенович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси Л.С. Герасимович; доктор наук, профессор, Лауреат Государственной премии Республики Беларусь В.С. Ивашко; доктора наук Л.А. Вергейчик; Е.П. Забелло, Е.М. Заяц; В.О. Китиков; А.В. Китун; В.Н. Кондратьев; А.В. Короткевич; А.А. Лептеев; Л.В. Мисун; Ж.А. Мрочек; Ю.В. Орси́к, А.С. Сайганов; М.А. Солонский; Л.Я. Степук; В. Танась; В.П. Тарасик; М.А. Прищепов; В.А. Русан; П.П. Цыбульский и многие другие.

В университете функционируют два совета по защите диссертаций: Д 05.31.02 – совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»; 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»; К 05.31.01 – совет по защите кандидатских диссертаций по специальностям: 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»; 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии».

Научные исследования, проводимые в БГАТУ, соответствуют приоритетным направлениям научной и научно-технической деятельности Республики Беларусь.

Большой вклад вносят наши ученые в выполнение государственных программ различного уровня. В настоящее время университет выполняет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в рамках шести государственных научных программ (ГНТП, ГПНИ, ГП), призванных решать перспективные задачи инновационной экономики страны: «Качество и эффективность агропромышленного производства»; «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций»; «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии»; «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении»; «Наукоемкие технологии и техника»; «Агрокомплекс – эффек-

тивность и качество». С 2016 г. БГАТУ является головной организацией-исполнителем региональной научно-технической программы (РНТП) «Инновационное развитие Минской области», 2016 – 2020 гг. В университете также ведутся научные исследования по заданиям Минсельхозпрода, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) и прямым хоздоговорам с предприятиями и организациями страны.

Основные направления научных исследований, проводимых в БГАТУ, соответствуют профилю подготовки в университете инженерно-технических специалистов АПК и включают такие современные направления, как разработка и освоение технологий упрочнения деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники; разработка современных методов и средств технического сервиса сельскохозяйственной техники и оборудования; обоснование параметров и разработка технических средств почвообработки и ухода за посевами сельскохозяйственных культур; обоснование параметров и разработка технических средств для кормопроизводства и кормоприготовления; разработка технологий производства консервированных продуктов питания на основе местного сырья; разработка оборудования и совершенствование технологий производства овощных культур в защищенном грунте; разработка методов и технических средств автоматизированного управления технологическими процессами производства сельскохозяйственной продукции; разработка энергосберегающих электро-технологий и оборудования; прикладные информационные технологии в АПК; обоснование и разработка стратегии обеспечения роста конкурентоспособности продукции АПК.

В 2016 году БГАТУ был аккредитован Государственным комитетом по науке и технологиям и Национальной академией наук Беларуси в качестве научной организации, что свидетельствует о высоком уровне проводимой в университете научно-исследовательской работы.

Научную деятельность в университете осуществляют – Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (НИИМЭСХ), 34 кафедры и 28 филиалов кафедр, созданных на производственных предприятиях и в НИИ, а также Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК, Республиканский учебно-производственный центр в поселке Боровляны, технологический научно-производственный центр «Технологические методы повышения работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники», 17 научно-исследовательских лабораторий и 4 студенческие.

За последние 5 лет учеными университета получено более 420 патентов на изобретения и полезные модели, издано 45 монографий, 3 справочника, свыше 220 учебников и учебных пособий, опубликовано более 1500 научных статей. По результатам исследований за указанный период сотрудниками и аспирантами университета защищено 25 кандидатских диссертаций, осуществлено более 300 внедрений в производство технологий, машин и оборудования, программных обеспечений созданных работниками университета.

Ученые Белорусского государственного аграрного технического университета имеют огромный потенциал научных работ, которые воплощаются в новейшие технологии, современные приборы, уникальные материалы и механизмы. Ежегодно новые разработки БГАТУ внедряются в производство на предприятиях, в организациях, фермерских хозяйствах страны и позволяют обеспечивать импортозамещение. Только в 2018 году по результатам выполнения НИР работниками, аспирантами и студентами университета осуществлено 58 внедрений разработок в производство и 67 – в образовательный процесс. Новизна разработок подтверждена 24 патентами Республики Беларусь на изобретения и полезные модели.

Среди важнейших научных результатов, полученных в последние годы, можно отметить следующие.

В университете эффективно ведутся работы по разработке и внедрению в производство технологий изготовления износостойких деталей рабочих органов почвообрабатывающих, посевных и кормоуборочных машин. В рамках выполнения РНТП «Инновационное развитие Минской области, 2016 – 2020 гг.» разработана технология импульсной термической обработки для изготовления сменных режущих деталей сельскохозяйственных агрегатов для обработки почвы. Данная технология позволяет обеспечить эксплуатационные ха-

рактические на уровне ведущих зарубежных аналогов при использовании в качестве материалов относительно недорогих среднеуглеродистых сталей. Технология внедрена в ОАО «Минский Агросервис» и используется при изготовлении сменных рабочих органов сельскохозяйственных агрегатов для обработки почвы, в частности лемехов и долот плугов «Фогель» и «Лемкен».

В настоящее время одним из важнейших направлений ресурсосберегающей деятельности в нашей стране является создание малоотходных и безотходных технологий в пищевой промышленности и разработка новых технологических процессов производства продукции технического назначения из вторичных сырьевых ресурсов. В рамках ГНТП «Ресурсосбережение» в БГАТУ создана технология изготовления смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) на основе отходов масложирового производства, используемого для финишной абразивной обработки поверхностей деталей машин. Использование принципа безотходности производства позволяет снизить стоимость СОТС на 20 – 30% при сохранении необходимого комплекса функциональных действий СОТС, а также обеспечить снижение отрицательной нагрузки на окружающую среду за счет распадающихся органических компонентов, повысить технико-экономические показатели связанных с процессами финишной обработки деталей и узлов машин. Технология внедрена в ОАО «Гомельский мотороремонтный завод».

Большое внимание в университете уделяется разработке компьютерных программ для сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств. В рамках инновационного проекта «Разработать базу данных и программное обеспечение автоматизированной системы планирования производства и эффективного использования кормовых ресурсов для молочно-товарного комплекса (АРМ)» учеными БГАТУ разработан программный комплекс автоматизированного рабочего места специалиста сельского хозяйства, который позволяет автоматизировать процесс планирования работ в хозяйствах с целью повышения рентабельности производства мясомолочной продукции, а также продукции растениеводства и оптимального использования земельных ресурсов. В состав АРМ входят 9 программ, которые сведены в 3 группы: «зоотехник», «агроном», «МТП» по профилю выполняемых специалистами сельского хозяйства функциональных обязанностей. По сравнению с известными аналогами, база данных, используемая в программе для балансирования рационов, содержит таблицу показателей питательной ценности и микроэлементов кормов, составленную по результатам исследования кормовой базы хозяйств Республики, и таблицу суточных норм содержания в рационе показателей питательной ценности и микроэлементов по нормам, разработанным РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». АРМ охватывает все этапы производства мясомолочной продукции, позволяя проводить расчеты и контролировать результаты деятельности: определение структуры севооборота и его урожайности, планирование сроков сельскохозяйственной деятельности, использование машинно-тракторного парка, расчет необходимого количества удобрений, формирования структуры комбикормов, премиксов и рационов кормления с учетом планируемой продуктивности животных, осуществление зоотехнического и ветеринарного контроля животных. Разработанный программный комплекс внедрен в ряде хозяйств Минской области, занимающихся разведением крупного рогатого скота (КРС).

На постоянной основе в НИИМЭСХ БГАТУ ведутся научные исследования прикладного характера хозрасчетными научно-исследовательскими лабораториями (НИЛ).

Работниками НИЛ тепличного овощеводства разрабатываются технологии возделывания сельскохозяйственных культур в открытом и закрытом грунте, сельскохозяйственные машины для реализации разработанных технологий возделывания. Результаты научных исследований широко внедряются в тепличных, овощеводческих и фермерских хозяйствах республики.

В НИЛ пищевых производств ведется разработка новых и актуализация существующих технических нормативных правовых актов для предприятий пищевой промышленности, разрабатываются рецептуры, технологии изготовления продуктов питания, технические условия. Работниками НИЛ разработаны оригинальные рецептуры и технологии изготовле-

ния натуральных овощных и мясо-растительных консервов для детского питания, соки на основе местного сырья. Выпуск данной продукции освоен на ОАО «Гамма вкуса», ОАО «Быховский овощесушильный завод», МОУП «Борисовский консервный завод».

Научно-исследовательской аналитической лабораторией (НИАЛ) выполняются НИР в рамках проекта государственной программы «Инновационные биотехнологии – 2» на 2016 – 2020 гг. «Разработать комплексную кормовую добавку и технологию ее производства для молочного скота на основе отечественного сырья, позволяющую повысить резистентность организма и продуктивность животных». Сотрудниками НИАЛ разработана оригинальная методика определения содержания в кормах структурных углеводов: нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки. Проводятся исследования по определению питательной ценности кормов, заготавливаемых и используемых для кормления КРС в хозяйствах Минской области, качества сельскохозяйственной продукции, состава почв и средств защиты растений.

Новые технические решения создаются также в процессе подготовки кандидатских и докторских диссертаций, научно-исследовательских студенческих работ, курсовых и дипломных проектов.

Благоприятная научная среда в университете позитивно сказывается и на склонности студентов заниматься научной деятельностью. Научно-исследовательскую работу студентов (НИРС) с полным правом можно назвать одним из основных средств повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов для АПК страны. НИРС является неотъемлемой частью образовательного процесса и включает систему методов, средств и организационно-экономических мероприятий, обеспечивающих в процессе подготовки кадров освоение различных этапов организации и выполнения фундаментальных, экспериментальных поисковых научно-исследовательских работ и инновационных проектов, направленных на решение научных задач, определяемых направлениями научно-исследовательской деятельности БГАТУ.

В 2018 году научно-исследовательской работой активно занимались более 2000 наших студентов. Ими опубликовано свыше 430 научных статей и тезисов докладов, результаты 34 НИРС внедрены в образовательный процесс и 41 – в производство.

Ежегодно студенты университета становятся победителями олимпиад и получают многочисленные дипломы и грамоты на республиканских и международных научных конференциях и конкурсах студенческих научных работ.

Студенты и аспиранты БГАТУ неоднократно удостоивались стипендий Специального фонда Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза работников АПК, Республиканского комитета Белорусского профсоюза, а также становились лауреатами премии Мингорисполкома и премии Национальной академии наук Беларуси в области технических наук.

Большое внимание в университете уделяется также пропаганде научно-технических разработок ученых нашего вуза. Только в 2018 году в Белорусском государственном аграрном техническом университете издано 7 монографий, 58 учебных пособий, опубликовано 293 статьи, из них 240 в рецензируемых изданиях, 48 – в зарубежных изданиях, 768 тезисов докладов по материалам научно-практических конференций, из них 168 – по материалам зарубежных конференций.

С целью коммерциализации научно-технических разработок университет принимает активное участие в международных и республиканских выставках инноваций в области сельскохозяйственного производства. БГАТУ постоянный участник международной выставки «БЕЛАГРО». Ежегодно представляемая университетом экспозиция включает тематические стенды, презентации, опытные образцы наиболее перспективных научных разработок.

Международное научно-техническое сотрудничество – одно из динамично развивающихся направлений деятельности университета. Соответствуя современным тенденциям интернационализации высшего образования, БГАТУ плодотворно сотрудничает в научно-образовательной деятельности с более чем 90 университетами и научными организациями

СНГ, стран Евросоюза, Китайской Народной Республики и других государств. Особенно тесное сотрудничество осуществляется с вузами Российской Федерации, Республики Казахстан, Республики Польша и Украины. БГАТУ является членом научно-образовательного консорциума между учреждениями высшего образования и НИИ Республики Беларусь и Республики Казахстан.

Университет принимает активное участие в реализации международных программ Европейского Союза «Erasmus+», «MOST», «HORIZONT – 2020», а также различных проектов с зарубежными партнерами, в рамках которых преподаватели и работники университета занимаются научной и образовательной деятельностью, выезжают за рубеж на стажировки, конференции, симпозиумы.

С целью обмена опытом и обсуждения результатов научных исследований в университете ежегодно проводится до 5 международных научно-практических конференций. Ученым, докторантам, аспирантам и магистрантам предоставлена возможность освещать результаты научных исследований на страницах научно-технического журнала для работников АПК «Агропанорама», издаваемого в БГАТУ и включенного в перечень изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Авторами статей журнала также являются ученые ближнего и дальнего зарубежья.

Университет открыт для контактов и выполнения совместных проектов с учёными и научными центрами, предприятиями и специалистами ближнего и дальнего зарубежья по направлениям его научной деятельности.

УДК 631.1

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АКАДЕМИЧЕСКОЙ И ВУЗОВСКОЙ АГРОИНЖЕНЕРНОЙ НАУКИ – ОСНОВА СОЗДАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Яковчик С.Г., к.с.-х.н., доцент, **Бакач Н.Г.**, к.т.н., доцент, **Салапура Ю.Л.**, к.т.н., доцент
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

Одной из главных задач, стоящих перед любой страной, является создание высокотехнологичной и наукоемкой экономики, способной конкурировать на международных рынках, выполнение которой возможно только путем повсеместного внедрения в производственном секторе научных решений и инноваций [1].

Мировой научный и производственный опыт показывает, что основными инновационными направлениями совершенствования аграрных технологий являются: генетика высокопродуктивных пород животных; селекция сортов (гибридов) растений, автоматизация технических систем, а также управление производственными процессами с использованием робототехники, информационных и космических технологий на принципах «точного сельского хозяйства». Реализация этой стратегии направлена на существенное повышение эффективности АПК, снижение техногенных затрат и себестоимости продукции, создание реальных условий соблюдения экологических норм в рамках производственного процесса [2].

Для того чтобы добиться максимального результата, необходимо правильно организовать все этапы производства сельскохозяйственной техники: от анализа новых направлений научно-технического прогресса в механизации сельского хозяйства и проектирования машин до внедрения их в сельхозпроизводство, так как, если хотя один элемент выпадет из системы, он сведет на нет все остальные усилия.

В настоящее время сельхозмашиностроение республики – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности, которая не только сохранила свой производственный и интеллектуальный потенциал, специализацию ведущих предприятий, но и значительно их развила. Большой вклад в это внесен не только ведущими учеными академии наук, но и специалистами вузовской науки.

Аграрная наука и образование являются звеньями одной цепи, которые взаимно дополняют друг друга для решения поставленных перед ними задач повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Современное сельское хозяйство требует от товаропроизводителей умения работать с новейшими достижениями научно-технического прогресса, информационными технологиями и готовиться к переходу к работе в условиях электронного сельского хозяйства, что невозможно без соответствующей подготовки специалистов, особенно агроинженерных специальностей.

Агроинженерная наука является интеллектуальной основой формирования технической политики республики в инженерно-технической системе.

Несомненно то, что развитая материально-техническая база является индикатором состояния агропромышленного комплекса любой страны. Высокий уровень механизации труда – залог роста объемов и качества производимой сельхозпродукции. Это наиболее актуально на фоне тенденции постоянного уменьшения численности работников сельского хозяйства, что также подчеркивает важность механизации технологических процессов и оснащения предприятий современной высокопроизводительной техникой в перспективе.

Поэтому реализация данной политики должна осуществляться как со стороны академической науки, так и со стороны науки высших учебных заведений, хотя подходы для реализации поставленных задач у них могут быть абсолютно разными. Но при этом, их взаимодействие дает более ощутимый результат.

Плодотворное взаимодействие ученых РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с учеными УО «БГАТУ» в рамках реализации научно-технических программ только за последние годы позволило создать ряд абсолютно новых технических средств, а именно:

- агрегат комбинированный с пассивными рабочими органами для безотвальной обработки тяжелых почв к тракторам класса 5 АБТ-4 (рисунок 1), который позволяет проводить безотвальную обработку тяжёлых почв на глубину до 30 см, мульчирование, выравнивание и прикатывание поверхности поля. Отличительной особенностью агрегата является сочетание рыхлительных, дисковых и катковых рабочих органов, что обеспечивает качественное послойное рыхление, мульчирование и подуплотнение почвы за один проход. При этом установленные на упругих подвесках рыхлительные рабочие органы агрегата повышают надёжность выполняемого им технологического процесса;

- созданный мобильный комплекс для отбора проб, определения качества кормов и составления рационов кормления сельскохозяйственных животных КМК позволяет проводить экспресс-анализ корма в течение 2-5 минут, включая подготовку образца, непосредственно в условиях хозяйства, где в ходе экспресс-анализа определяются такие основные показатели корма, как влажность, содержание крахмала, протеина, жира, золы, клетчатки. Это позволяет оперативно корректировать рационы кормления сельскохозяйственных животных под реальную питательность кормов в хозяйстве;

- комбайн теребильного типа для уборки моркови КТМ-1 (рисунок 2) обеспечивает уборку в бункер одного рядка моркови, возделываемой по однострочной или двухстрочной схеме посева на профилированной поверхности, с последующей выгрузкой корнеплодов в транспортное средство. Управление работой комбайна осуществляется трактористом из кабины с помощью пульта комбайна;

- машина для калибровки картофеля МК-15 позволяет проводить калибровку клубней картофеля без повреждения кожуры. Управление машиной в технологическом режиме осуществляется оператором с пульта управления. Отличительной особенностью машины является оригинальная конструкция встряхивателя, выполненная в виде подпружиненных роликов, смещенных на 90 градусов друг относительно друга, позволяющая клубням рассредоточиваться по периметру калибрующей поверхности;

- сеялка прямого посева СПП-9, предназначенная для прямого посева зерновых и промежуточных культур. Отличительной особенностью является внесение основной дозы минеральных удобрений. Для заделки семян и удобрений применена сошниковая группа, вклю-

чающая специальный разрезной волнистый диск, далее – двухдисковый сошник, обеспечивающий укладку семян и удобрений на разной глубине, а за ним – прикатывающий каточек;

- разработана модификация агрегата почвообрабатывающего многофункционального АПМ-6 (рисунок 3) для использования в системе почвозащитного земледелия. Отличительной особенностью агрегатов является его блочно-модульная конструкция, обеспечивающая возможность путем перестановки блоков рабочих органов местами или замены их сменными блоками составлять конструктивные схемы агрегата, наиболее полно отвечающая технологическим процессам обработки различных агрофонов;

- оборудование для гидроподкормки к дождевальным установкам ОГД-50 позволяет реализовать качественное удобрительное орошение, отвечающее требованиям агротехники. Преимущество оборудования – точное стабильное соблюдение заданного диапазона дозировки микроудобрений. Обеспечивает автоматическую регулировку пропорциональности объема ввода микроудобрений в зависимости от изменения расхода поливной воды. Независимо от дополнительных источников энергии и универсально: возможна установка как на мобильные барабанно-шланговые установки, так и на широкозахватную позиционную дождевальную технику;

- 12-ти корпусный оборотный плуг ПО-(8+4)-40 (рисунок 4) обеспечивает гладкую вспашку различных почв, в том числе засоренных камнями, с удельным сопротивлением до 0,09 МПа на глубину до 27 см. Отличительная особенность в том, что плуг, наряду с углоснимами, оснащен предплужниками и приставками для дополнительной обработки пласта;

- кроме того, создано оборудование для получения высокоусвояемого экструдированного корма на основе бобовых культур и зерна кукурузы КОЭК-1, луцильник дисковый ромбовидный шириной захвата 9 метров ЛДР-9 и другие.

Широкий спектр совместных разработок показывает, что исследования ведутся по различным направлениям, от обработки почвы и посева до уборки сельскохозяйственных культур, а также в области приготовления кормов. Это показывает, что агроинженерная наука многогранна, а связь академической и вузовской науки плодотворна.



Рисунок 1. – Агрегат комбинированный для безотвальной обработки тяжелых почв АБТ-4



Рисунок 2. – Модификация агрегата почвообрабатывающего многофункционального АПМ-6



Рисунок 3. – Комбайн теребильного типа для уборки моркови КТМ-1



Рисунок 4. – 12-ти корпусный оборотный плуг ПО-(8+4)-40

Совместная работа по созданию новых технических средств для агропромышленного комплекса страны позволила не только обеспечить сельхозпроизводителей современными техническими средствами, но и пополнить агроинженерную науку новыми зависимостями и закономерностями, результатами экспериментальных исследований и полевых испытаний.

Это, несомненно, послужит надежной основой при разработке технических средств следующих поколений.

Участие ученых университетской науки в разработках инновационных сельскохозяйственных машин позволяет внедрять новые знания в учебный процесс аграрных высших учебных заведений, при реализации которого студенты имеют возможность знакомиться с новейшими разработками для последующего их внедрения в аграрное производство.

При этом следует отметить, что высшие учебные заведения являются незаменимым и источником кадрового пополнения научных организаций перспективными работниками.

Естественным является на современном этапе внедрение в сельскохозяйственное производство республики ресурсосберегающих технологий «точного земледелия» и «точного животноводства», обеспечивающих управление производственным процессом посредством применения информационных технологий, автоматизированных и роботизированных систем, снижения доли влияния человеческого фактора. Их применение напрямую зависит от наличия квалифицированных кадров.

Это подтверждается принятием Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы в области механизации сельского хозяйства, в которой основной акцент сделан на техническое переоснащение и информатизацию агропромышленного комплекса страны, переход на ведение электронного сельского, предусматривающий концептуализацию, проектирование, разработку, оценку и применение инновационных способов использования информационно-коммуникационных технологий в сельском хозяйстве [3, с. 17-19].

Ускоренное становление искусственного интеллекта, широкая роботизация промышленности, внедрение Интернета вещей (*Internet of Things – IoT*), способного превращаться в Интернет всего (*Internet of Everything – IoE*), становление цифровой экономики образуют базу перехода к четвертой промышленной революции, называемой *Индустрия 4.0*. В последние годы в Мире активно ведутся работы по переходу на *Сельское хозяйство 4.0*. Новый импульс в прецизионном сельском хозяйстве на основе эволюции нескольких технологий: низкочастотных микропроцессоров; аналитики данных. *Сельское хозяйство 4.0* открывает путь к следующему уровню развития сельского хозяйства, состоящему из беспилотных операций и автономных систем принятия решений. Такое *Сельское хозяйство 5.0* будет основываться на робототехнике и (в некоторой форме) искусственном интеллекте.

Именно разработка технических средств и перспективных систем управления, направленных на работу при *Сельском хозяйстве 4.0* и далее *Сельском хозяйстве 5.0* является первостепенной задачей стоящей перед агроинженерной наукой, решение которой невозможно без сплоченной работы ученых разных сфер и направлений.

Работая в этом направлении, задача подготовки кадров становится на первое место, особенно инженерная подготовка. Решение вопроса возможно путем подготовки инженерных конструкторских кадров в рамках создания отраслевой лаборатории, осуществить целевую подготовку для работы на производстве с реальными проектами и с использованием современного профессионального программного обеспечения.

Подготовка конструктора в ВУЗе, его стажировка в научной организации, в том числе с применением аддитивных технологий, и последующая работа в конструкторском бюро машиностроительного предприятия может стать хорошим подспорьем на пути подготовки высококвалифицированных кадров, которые могут создавать высокоэффективные технические средства «завтрашнего» дня. Это и является основной целью создания совместной отраслевой лаборатории: БГАТУ – НПЦ по механизации сельского хозяйства – машиностроительные предприятия сельскохозяйственного профиля.

Современное сельское хозяйство требует от товаропроизводителей умения работать с новейшими достижениями научно-технического прогресса, информационными технологиями и готовиться к переходу к работе с электронным сельским хозяйством, что невозможно без соответствующей подготовки специалистов, особенно агроинженерных специальностей.

В этой связи взаимодействие вузовской и академической агроинженерной науки играет особую роль, которая с каждым годом будет только возрастать.

Литература

1. Шумилин, А. Инновационные отрасли завтрашнего дня / А. Шумилин // Наука и инновации. – 2017. – Специальный выпуск: Создавая фундамент будущего. – С. 14-18.
2. Казакевич, П. Инновационные разработки АПК Беларуси / П. Казакевич // Наука и инновации. – 2017. – Специальный выпуск: Создавая фундамент будущего. – С. 65-68.
3. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы. – Минск, 2016. – 54 с.

УДК 378

**СТРАТЕГИЧЕСКОЕ АКАДЕМИЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
В РАМКАХ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
И СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА**
Овчинников М.А., к.э.н., доцент, Патрина Е.Н., к.пед.н., доцент
ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация

Расширение социокультурного взаимодействия в рамках Единого экономического пространства (ЕЭП) является весомым залогом в решении наиболее актуальных проблем для братских государств-партнеров России и Беларуси.

Порядка 70% научно-технического и интеллектуального потенциала бывшего СССР сосредоточено в странах ЕЭП, и это дает возможность выходить на мировой рынок не только с сырьем, но и с высокотехнологичными разработками, осуществляемыми высококвалифицированными научно-производственными кадрами [2].

Проблемы интеграции в науке и образовании вышли сейчас на приоритетные позиции. И этот неслучайно – в университетах формируется будущее поколение, определяющее будущее развитие своих государств.

Эффективное развитие высшего образования осуществляется в соответствии со стратегией перехода наших государств на путь инновационных преобразований ключевых отраслей экономики и социальной сферы, которые как раз и направлены на повышение на основе новейших достижений науки и техники качества образования с целью удовлетворения потребностей общества и государства в высококвалифицированных специалистах, способных к созданию, технологическому сопровождению и внедрению в практику инновационных идей и разработок [1].

Совершенствованию кадровой подготовки, имиджевой составляющей и привлекательности российского высшего профессионального образования уделено особое внимание при разработке и реализации в Российской Федерации национального проекта «Образование». Соответствующие государственные документы есть и в Республике Беларусь.

Государственная политика в сфере высшего образования основывается на общих принципах и направлена на обеспечение:

- 1) права граждан на получение на конкурсной основе высшего образования в высших учебных заведениях, в том числе за счет бюджетных средств в государственных высших учебных заведениях;
- 2) качества высшего образования;
- 3) содействие трудоустройству выпускников (в т.ч. предоставление первого рабочего места выпускникам государственных высших учебных заведений в соответствии с трудовым законодательством Республики Беларусь);
- 4) развития международного сотрудничества в сфере высшего образования [3].

Требования сегодняшней эпохи таковы, что недостаточно иметь знания только в специальных областях узкопрофессиональной деятельности, необходима компетентность будущих

специалистов аграрного профиля в целом ряде смежных профессиональных областях и, прежде всего, в общегуманитарной социально-культурной сфере, и их подготовка на протяжении уже 75 лет успешно проходит в Волгоградском ГАУ – признанном научно-образовательном и социально-культурном центре Юга России, где обучаются представители более 40 национальностей из 29 стран мира.

Имя нашего города-героя – Сталинград – хорошо известно и является олицетворением героизма, доблести и дружбы народов, незыблемо стоящих и отстаивающих высокие гуманистические принципы сохранения мира на Земле.

Именно с нашего города началось международное движение городов-побратимов, а с мая 2017 года Президент Российской Федерации В.В.Путин присвоил городу еще одно почетное звание – Центр общественной дипломатии.

Наш человеческий потенциал, независимо от государственной политики, находится в постоянном симбиозе. Это по сути своей – РЕИНТЕГРАЦИЯ. Мы должны и успешно восстанавливаем то, что было бездумно разрушено в начале 90-х годов XX века. Преподаватели и сотрудники Волгоградского ГАУ всегда понимали не только это, но и свою роль в установлении партнерских связей с академическим сообществом Республики Беларусь в обеспечении непрерывного развития и совершенствования аграрных университетов и академий – центров культуры, образования и научно-технического прогресса.

В рамках международного сотрудничества ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» имеет достаточно прочные связи с 90 партнерами из 29 стран мира. В рамках расширения образовательного пространства подписаны двусторонние соглашения о сотрудничестве в сфере науки и образования с коллегами из Республики Беларусь.

В числе наших наиболее серьезных и перспективных партнеров, с которыми сложилось особое **стратегическое партнерское сотрудничество**:

–Институт мелиорации и луговодства Национальной академии наук Беларуси (с 2005 г);

–Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, г.Горки (с 2006 г);

–Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины (с 2010 г),

–Республиканское унитарное предприятие «Гомсельмаш» (с 2013 г).

В 2019 году к ним присоединились наши новые партнеры:

–Могилевский государственный университет продовольствия;

–Полесский государственный университет, г. Пинск;

–Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого;

–Волгоградское городская общественная организация «Землячество Белоруссов».

Заключенные между нами соглашения о сотрудничестве затрагивают не только научно-исследовательскую, образовательную, но и социально-культурную составляющую совместной деятельности.

Именно поэтому столь плодотворны и разнообразны результаты совместных усилий, среди которых, прежде всего, ежегодно проводимые международные научно-практические конференции с привлечением ведущих ученых Республики Беларусь (18 за последние 5 лет). Затрагивая довольно широкий спектр профессиональных проблем развития АПК и особо выделяя проблемы эффективного использования имеющегося природного потенциала и энергообеспечения, требующие консолидации совместных усилий, мы отчетливо понимаем, что без совместного поиска оптимальных решений невозможно идти вперед, а тем более готовить кадры для АПК. Именно поэтому в рамках нашего сотрудничества уделено особое внимание проблемам, касающимся и развития образовательных систем государственных партнеров. В этой связи совместно были проведены международные научно-методические конференции:

–«Модернизация системы кадрового обеспечения АПК на основе интеграции аграрной науки, дополнительного образования и производства»;

–«Современные технологии формирования активной жизненной позиции студентов высших учебных заведений в рамках государственной молодежной политики»;

–«Профессиональное образование XXI века: проблемы, решения, перспективы»;

–«Интеграция систем дополнительного и основного профессионального образования как фактор повышения конкурентоспособности специалистов АПК»;

–«Психолого-педагогические аспекты воспитательного процесса в системе высшего образования»;

–«Профессиональное аграрное образование XXI века: новые стандарты, методики и технологии».

За годы нашего сотрудничества мы добились того, что молодое поколение уже самостоятельно выходит на научно-профессиональный и социально-культурный диалог. Так, стали уже традиционными международные научно-практические конференции студентов и молодых ученых Российской Федерации и Республики Беларусь:

–«Наука и молодежь: новые идеи и решения» (г. Волгоград 2007-2019 гг.);

–«Студенты - науке и практике АПК» (г. Витебск 2011-2017 г);

–«Молодёжь в науке – 2013», организованная Советом молодых ученых Национальной академии наук Беларуси, г. Минск;

–«Научный поиск молодёжи XXII века» в Белорусской ГСХА (г. Горки 2014-2018 гг).

С 2007 года более 80 студентов ВолГАУ стали участниками Международной Олимпиады по специальности «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» и Международного конкурса «Мелиорация и водное хозяйство», проводимых на базе Брестского государственного технического университета, г. Брест.

Довольно перспективным не только в плане научного, но и социально-культурного взаимодействия стала и такая форма сотрудничества, как Международный конкурс профессионального мастерства студентов (Москва, Горки, Волгоград, Брест 2007-2019 гг.), в котором с 2010 года принимают участие студенты, преподаватели и аспиранты Брестского государственного технического университета, Национального университета водного хозяйства и природопользования (Украина), Луганского национального аграрного университета (Украина).

Отрадно, что в арсенале нашего сотрудничества в сфере дополнительного профессионального образования есть весьма успешный совместный образовательный проект по профессиональной подготовке и переподготовке инженерных и рабочих кадров, начало которому положил Международный научно-практический семинар-совещание по вопросу организации в г. Волгограде сборочного производства гусеничных тракторов «Беларусь», организованный Региональным Фондом «Аграрный университетский комплекс», кафедрами «Земледелие и агрохимия» и «Почвоведение и общая биология» ВолГАУ при участии ОАО «Мозырский машиностроительный завод» (Республика Беларусь), ООО «Югжелдормаш» и ОАО «Волгоградский электромеханический завод».

А в 2017 году ВолГАУ принимал большую официальную делегацию во главе с председателем Витебского областного исполнительного комитета Шерстневым Николаем Николаевичем, которые познакомились с инвестиционным потенциалом ВолГАУ и активно обсуждали перспективы сотрудничества, экономического и академического взаимодействия двух регионов – Волгоградской и Витебской областей.

Социально-культурная сфера также стала важным элементом нашего сотрудничества и в 2017 году Ректорский эстрадно-духовой оркестр ВолГАУ стал аккредитованным участником Международного фестиваля искусств «Славянский базар в Витебске».

Нам регулярно поступают интересные предложения сотрудничества со стороны партнеров из Республики Беларусь, что доказывает целесообразность объединения усилий по углублению интеграционного сотрудничества. Именно это понимание сути происходящих процессов легло в основу принятия по инициативе Волгоградского ГАУ двух документов,

позволяющих на практике применять и развивать основные положения, заложенные в основу Концепции формирования Единого экономического пространства и Единого союзного государства.

Первый их них – это МЕЖДУНАРОДНАЯ ХАРТИЯ АГРАРНЫХ ВУЗОВ, принятая стратегическими вузами-партнерами в еще в 2009 году, где были зафиксированы основные принципы расширения международного образовательного пространства и международного сотрудничества в сфере аграрной науки, образования и воспитания:

«Наши университеты и академии:

–в контакте организуют совместную учебную, научную и воспитательную деятельность внутри сообществ с различным политическим, социальным и культурным устройством, что позволит молодому поколению осваивать, критически осмысливать и распространять аграрные знания в международной и межкультурной образовательной среде;

–гарантируют своим студентам, ученым и преподавателям соблюдение свободы обучения, исследований, преподавания и международной академической мобильности – важнейших устоев жизни высшего учебного заведения;

–отвергая всякую нетерпимость, постулируя открытость для свободного диалога, наши учебные заведения являются центрами, где оказывается возможным эффективный обмен мнениями, опытом и знаниями между преподавателями и студентами, имеющими право, желание и способность обогащать себя аграрными знаниями;

–являются хранителями традиций и идей гуманизма; в постоянном стремлении к обновлению и достижению универсальных знаний, наши коллективы преодолевают политические и географические границы, утверждая настоятельную необходимость во взаимном обогащении познания о многообразии различных культур и стремясь к плодотворному взаимодействию между ними».

Провозглашаемые принципы ассоциативного взаимодействия основаны на глубоком убеждении в том, что народы Российской Федерации и Республики Беларусь обязаны ясно осознавать ту важную роль, которую призваны сыграть аграрная наука и образование в сложном, стремительно меняющемся социальном, политическом и технологическом плане, и должны обеспечить будущим поколениям достойное образование и воспитание.

За эти годы мы и наши партнеры не отступили от заявленных принципов, а только расширили заложенные в Международной Хартии аграрных вузов интеграционные аспекты международного сотрудничества в рамках ЕЭП и доказательством тому стало создание в 2012 году Международной ассоциации «Аграрный университетский комплекс» (МАОУК), куда вошли и наши стратегические партнеры из Республики Беларусь. МАОУК - это реальная платформа для консолидированного участия в совместных международных научно-исследовательских и образовательных проектах, а также развития социально-культурных инициатив.

В качестве основополагающих направлений сотрудничества предлагается:

1. Разработать и апробировать модель непрерывного профессионального образования для подготовки специалистов аграрной сферы производства;

2. Создать совместное научно-образовательное, инновационно-производственное объединение в масштабном интеграционном проекте ВолГАУ «Инновационная деревня» для разработки, обучения и внедрения новейших технологий в АПК (особенно в части плодородоводства и переработки сырья растительного и животного происхождения);

3. Разработать распределенную производственно-консультационную информационную систему с элементами аналитического центра коллективного пользования и бизнес-инкубатора, внедрив её в виде интернет-портала с целью обеспечения эффективного взаимодействия между сельскими производителями, переработчиками, научными сотрудниками для комплексного решения проблем АПК в Российской Федерации и Республике Беларусь;

4. Реализовать международный проект по созданию научно-образовательного облака с целью обеспечения технологической платформой для: совместных работ, информационного обмена в области технологий агробизнеса, проведения исследований, связанных с использо-

ванием мощных вычислительных ресурсов, а также разработки и совместного использования новых виртуальных сред и сервисов в области научного моделирования, графических средств и геоинформационных систем.

Перспективными для дальнейшей конкретной реализации и построения эффективного сотрудничества нам так же представляются:

• В сфере научно-исследовательской деятельности:

1. Совместная селекция с целью создания высокопродуктивных сортов томатов, лука, картофеля, бахчевых культур;
2. Интродукция генетически адаптивных сортов плодово – ягодных и виноградных культур, ореховых деревьев;
3. Высокоэффективные методы интегрированной защиты растений (в т.ч. размножение и мониторинг биологических энтомофагов);
4. Разработка технологий приготовления новых высококачественных пищевых продуктов растительного и животного происхождения в соответствии со стандартами *Bio-0*;
5. Совместная разработка инновационных технологий мелиорации и рекультивации земель сельхозназначения (очистка сточных вод, технологии природообустройства и ландшафтного дизайна);
6. Совместная разработка инновационных технологий размножения ценных пород осетровых рыб в условиях искусственного акватория;
7. Совместная разработка инновационных технологий развития агротуризма как эффективного способа комплексного развития сельских территорий и расширения деятельности фермерских хозяйств.

• В сфере образовательной деятельности:

1. Совместная подготовка кадров для успешной реализации инвестиционных проектов на территории Волгоградской области и Республики Беларусь;
2. Организация:
 - научных и академических обменов профессорами, аспирантами и студентами с выходом на дальнейшие программы двойных дипломов и защитой научных диссертаций;
 - совместных публикаций и издания монографии «Россия-Беларусь: аграрный диалог» в рамках Международной ассоциации аграрных вузов и подписанной Хартии аграрных вузов;
 - практики белорусских студентов в агрохозяйствах Волгоградской области, а студентов ВолГАУ на сельскохозяйственных предприятиях Беларуси;
 - с 2020 года целевого приёма группы молодёжи (первые 10-15 человек) на обучение в ВолГАУ на основе межправительственных соглашений между Россией и Беларусью для подготовки специалистов по:
 - разработке и систематизации методов аналитической селекции для внедрения альтернативного растениеводства в зонах рискованного земледелия;
 - мелиорации и рекультивации земель сельскохозяйственного назначения.

• В сфере социально-культурной деятельности:

- Возможность реализации совместных социально-культурных проектов на базе ВолГАУ:
- традиционный международный фестиваль культур народов мира «Земля – наш общий дом» с участием делегации из Беларуси;
 - международная летняя школа: «Зеленая экономика и лидеры будущего» (август 2020 г.);
 - постоянно действующая экспозиция в Центре национальных культур ВолГАУ и организация тематической аудитории «Россия - Беларусь: Диалог культур», представляющей агропроизводство и агротуризм Беларуси;
 - проведение ежегодной сельскохозяйственной ярмарки «Дары родного края» с участием белорусских бизнесменов и сельхозтоваропроизводителей на базе ВолГАУ (ноябрь 2019 г., 2020 гг)

Коллектив Волгоградского ГАУ готов не только организовывать, но и участвовать в мероприятиях, направленных на дальнейшее развитие сотрудничества с Республикой Беларусь, сближение и взаимопонимание молодого поколения наших стран. Ведь Единое экономическое пространство призвано усилить конкурентоспособность образовательных систем Российской Федерации и Республики Беларусь, что позволит создать крупный евразийский образовательный конгломерат, способный конкурировать, как это было в 60-80-х гг. XX века, с европейской (а тем более американской!) образовательными системами.

Сегодня можно констатировать, что период разъединения, так называемого «цивилизационного развода» с его трагическими последствиями, далеко позади. Устойчиво превалирует дух интеграции, пришло время трезвой оценки, корректировок и крупного поворота навстречу друг другу особенно в сфере образования и молодежной политики для создания очень мощного интеграционного образовательного объединения [4]. В этом наше будущее!

Получение прочных знаний, освоение современных инновационных технологий, передовых методов исследований и модернизированных способов коммуникации, их использование в профессиональной деятельности новыми поколениями граждан наших государств должны стать той плодородной почвой, на которой растет, цветет и плодоносит дерево мира, сотрудничества и благополучия наших народов.

Литература

1. Абрамов Р.А. Межстрановая интеграция университетов России и Белоруссии как механизм развития национальных инновационных систем союзного государства, М.: 2017 https://revolution.allbest.ru/pedagogics/00799645_0.html.
2. Абрамов Р.А., Забазнова Н.М., Халатенкова Е.Ю. Управление качеством системы высшего образования как фактор повышения профессиональной востребованности выпускников // Современное образование. 2016. №3. С. 1-10.
3. Ванько Ю.В. Организационно-педагогические условия интеграции образовательных систем России и Беларуси : Дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 : Москва, 2002 175 с. РГБ ОД, 61:03-13/80-х; <http://www.dslib.net/obw-pedagogika/organizacionno-pedagogicheskie-uslovija-integracii-obrazovatelnyh-sistem-rossii-i.html>.
4. Петровский П. С., Сутырин В.В. Доклад: Проблемы развития образовательного пространства в Союзном государстве Беларуси и России. Минск - Москва: Российско-белорусский экспертный клуб, 2017.

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ «УМНОЙ» МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ

Передня В.И.¹, д.т.н., профессор, Бакач Н.Г.¹, к.т.н., доцент,
Цой Ю.А.², член-корр. РАН, профессор

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

²ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Российская Федерация

В предлагаемой в работе концепции умной фермы показано, что указанных представлений согласно сложившихся представлений недостаточно для обеспечения соответствующей эффективной основы цифровизации экономики, включая АПК, а требуется более глубокое определение «умной» фермы на основе теории биомашсистем и категорной теории систем, развивающее и качественно отличающее её от указанного традиционного общепринятого понятия. Предлагаемое концепцией использование современного системного подхода и решателей биомашсистем значительно увеличивает продуктивность фермы. Приведены конкретные мероприятия и технологии начального этапа создания умной фермы согласно представленной концепции.

Переход к цифровой экономике рассматривается в качестве ключевой движущей силы экономического роста, применительно к производству молока, завязанной на цифровые технологии РФ и РБ.

Среди других отраслей сельского хозяйства помимо важной роли в жизни человека молочная отрасль наиболее социально значима для укрепления и развития сельских территорий во всех регионах.

Разработка и освоение новых автоматизированных и роботизированных технических средств в сочетании с модернизацией и цифровизацией существующей системы машин позволит оптимизировать затраты и сократить сроки реализации проекта «умной» фермы, создаст потенциальные условия для расширения масштабов применения цифровых технологий в молочной отрасли.

Для функционирования «умной» фермы необходимы следующие условия:

- информатизация всех процессов, производимых на ферме с использованием элементов BigData;
- минимизация неопределенностей, в том числе, и влияния «человеческого» фактора;
- максимальный учет природно-климатических и социально-экономических особенностей региона;
- наличие подготовленных кадров.

Рассмотренное общепринятое понятие умной фермы в настоящей концепции дополняется двумя важнейшими факторами, представляющими качественное отличие предлагаемого понятия умной фермы от вышеуказанного и дающего значительные дополнительные возможности поднятия эффективности производства молочных ферм.

Первым из этих факторов является требование строго системного построения как самой фермы, так и ее функционирования с соблюдением законов категорных биомашсистем, включающих наличие системообразующего фактора по П.К.Анохину, установленных им системных принципов иерархии и изоморфизма, а также возможности применения категорных вычислительных методов для расчетов и прогнозирования деятельности фермы. Вторым фактором является использование интеллектуальных решателей предлагаемых в теории биомашсистем, позволяющих строить новые алгоритмы, не заложенные при создании подсистем управления. Подобные алгоритмы для управления фермой реализуют, в частности, возможности автономности управления в условиях неопределённости.

Цель исследования. Целью исследования является разработка концепции создания умной молочной фермы в сложившемся общепринятом понимании. Для чего привлекается современный системный подход и интеллектуальные технологии биомашсистем.

Методы исследования. Применены информационные методы исследования, включая аналитические, статистические методы обработки и анализа информации, методы современного системного подхода.

Использование наряду с известными эффективными технологиями и решениями строго системного построения умной фермы.

Как объект анализа, ферма по своей структуре представляет собой эргатическую человекомашинную систему, дополненную третьим элементом – животным, точнее, расширенную эргатическую систему по Цюю.Ю.А. [1], являющуюся частным случаем общих биомашсистем [2].

Для осуществления процесса получения продукции на ферме по В.П. Горячкину необходимым условием являются источник энергии - корм, приемник энергии - животное и аккумулятор энергии - молоко, мясо и др. [3]

К этому необходимо добавить достаточное условие - наличие потребителя, оплачивающего продукцию, создавая обеспечивающую доходность фермы прибыль или по П.К. Анохину системообразующий фактор, который как и в биомашсистемах организует компоненты системы в направлении достижения результата и фактически формирует целостную систему.

Рассматриваемая 4-х звенная система функционирует в конкурентной среде, где имеются и другие производители. В этих условиях главной целью управления фермой является обеспе-

чение ее доходности, что является ключевым и системообразующим фактором для ее устойчивого развития. По оценке Минсельхоза РФ использование цифровых технологий в АПК за счет точечной оптимизации затрат и более эффективного распределения средств позволит повысить рентабельность производства, в том числе снизить расходы почти на четверть.

По Я. Гулсену, известному в Западной Европе менеджеру по молочным фермам, жизнедеятельность и продуктивность коров зависит от 7 факторов: корм - вода, свет - воздух, здоровье, отдых – спокойствие. К этим факторам нужно добавить доение [4], которое в результате воздействия человека эволюционировало в условно приобретенный рефлекс, точнее согласно теории функциональных систем по П.К.Анохину-К.В.Судакову в отдельную функциональную систему с результатом «выдоенности» животного. Обеспечение необходимых и достаточных условий производства и управления перечисленными факторами и составляют суть подсистемы управления молочной фермы, как расширенной эргатической системы или биомашсистемы.

Исходя из доходности фермы и факторов ее определяющих [5], структура молочной фермы как расширенной эргатической системы может быть представлена в следующем виде (рисунок 1).

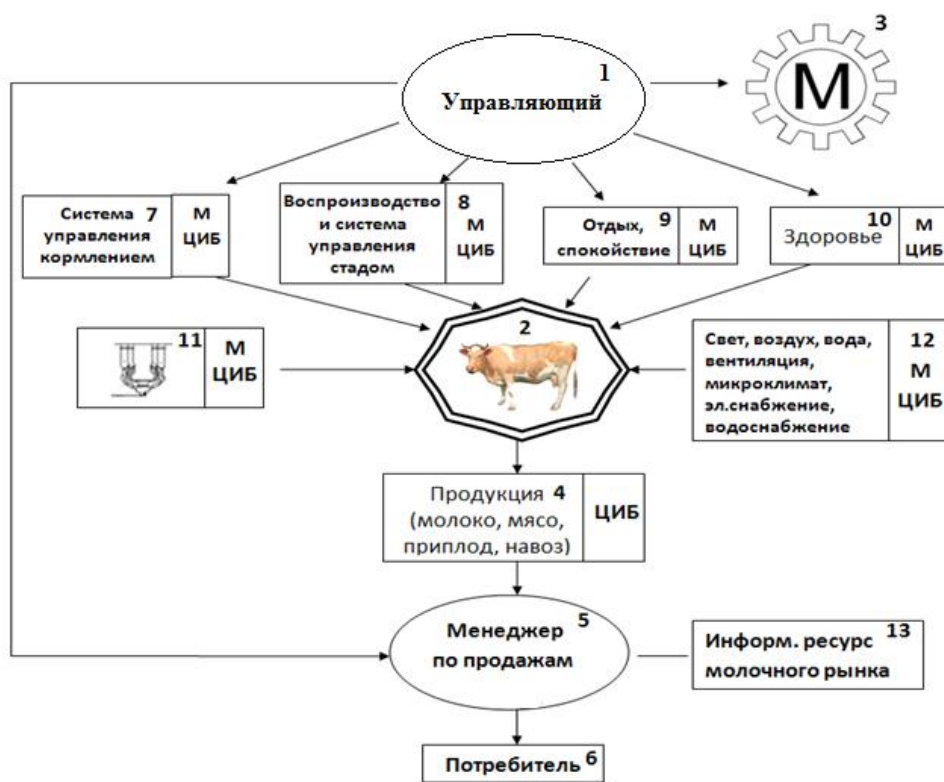


Рисунок 1 – Структура молочной фермой, как расширенной эргатической системы:

1 – управляющий, менеджер; 2 – животное; 3 – машина; 4 – продукция (молоко, мясо, приплод, навоз); 5 – менеджер по продажам; 6 – потребитель; 7 – корм; 8 – воспроизводство стада; 9 – отдых, спокойствие; 10 – здоровье; 11 – доильная установка; 12 – оборудование коровника (вентиляция, свет, воздух, вода, электроснабжение)

Из схемы видно, что задачи управления носят многоплановый характер, начиная от управления отдельными машинами и процессами и задачами по принятию решений в условиях волатильности факторов, определяющих как продуктовый, так инфраструктурный рынок.

Согласно ранее упомянутой 3-х звенной интерпретации процесса по В.П. Горячкину определяющими блоками системы управления будут: система кормления («источник энергии»), воспроизводство стада или система управления стадом («приемник энергии») и доение, как блок, регистрирующий конечные результаты. Согласно прогноза [6] в перспективе части управления эпигеном и микробиомом на ферме, стада будут рассматриваться как суперорганизмы, а исследование стад как наблюдательных единиц приведёт к управлению скотом раз-

ного возраста и этапов производства. Существует целый ряд алгоритмов и программ по оптимизации рационов кормления, некоторые из них входят в систему управления стадом.

Представление «данных в цифровой форме является ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности».

Каждый фактор, определяющий жизнедеятельность и функционирование фермы, как расширенной эргатической системы «человек-машина-животное», представлен в виде отдельного блока, содержащего в том, или ином виде (датчик, техническое устройство и т.д.) цифровой информационный блок (ЦИБ), соединенный информационными каналами с ПК лица принимающего решения (ЛПР). Оснащение этими блоками (ЦИБ) является первоочередной задачей.

База данных формируется в виде функциональных файлов по каждому из основных факторов. Соответственно по каждому из них, в зависимости от задач анализа, разрабатываются комплекс алгоритмов и программное обеспечение, а так же выходные формы. Результаты анализа полученных данных дают основание для принятия решения.

В общем случае все материальные потоки (корм, молоко, навоз, вода, ГСМ и т.д.) должны быть измерены и доведены до сведения менеджера для анализа и принятия решения. Анализ существующих технологических решений и системы машин показывает их несоответствие этим требованиям. Однако большая часть из них может быть адаптирована к цифровым технологиям путем их модернизации с учетом ситуационной неопределенности, что позволит существенно сократить затраты и сроки реализации проекта и системы машин.

Необходимость учесть в какой-то степени неопределенности позволит упорядочить и облегчить переход к практической реализации рассматриваемых вопросов [7].

К белой ситуации, когда неопределенность информации $H_i = 0$, можно отнести технологические процессы полностью обеспеченные соответствующими датчиками входных сигналов и параметрами функционирования процесса. Например, при наличии датчиков освещенности может быть полностью автоматизировано управление освещением в зависимости от половозрастных групп животных и уровня естественной освещенности.

Задачи, связанные с неопределенностью субъективного характера: отсутствие достаточной информации или как указано в работе [8] гносеологическая неопределенность. Например, на большинстве ферм нет датчиков освещенности, скорости движения воздуха, содержания углекислого газа, аммиака, температуры воздуха. Это не позволяет управлять микроклиматом и освещенностью. В принципе этот класс неопределенности может быть удален за счет установки соответствующих датчиков. В этом случае управление этими процессами может быть реализовано в виде автоматических систем.

- задачи управления, связанные с частичной неопределенностью объективного характера ($H_i > 20\%$). Применительно к ферме это природно-климатические условия и катаклизмы, которые могут повлиять на количество и качество заготавливаемого корма, кризисные явления могущие повлиять на стоимость энергии и ГСМ, цены на продукцию. К этому же классу относится неопределенность, вызванная зависимостью от действия других субъектов управления (смена владельца, учредителей, партнеров и др.), а также «человеческим» фактором исполнителей.

- управление в условиях неопределенности, вызванной нечеткостью "целей, ограничений, при которых последствия возможных действий неизвестны" ($H_i = 100\%$). При проектировании эргатических человеко-машинных систем, необходимо, по мнению Л.Заде, основоположника теории нечетких множеств, учитывать то, что «элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств, для которых переход от «принадлежности к классу» к непринадлежности не скачкообразен, а непрерывен» [9].

Представленная схема на рис. 1 дает лишь общие начальные представления о системе, но не может служить формальным объектом для последующего моделирования и вычислений по управлению. Перечисленные неопределенности и их характер, возникающие в процессе управления не позволяют к тому же использовать существующие классические методы оптимального управления. Тем не менее, выход имеется и состоит в использовании новых современных подходов в теории систем и искусственном интеллекте, что предусмотрено настоящей концепцией.

Важнейший вопрос, которому в концепции уделено соответствующее внимание, относится к чёткому применению современного системного подхода к построению умной фермы. Новые методы теории биомашсистем и категорной теории систем, подытоженные в монографии [10], существенно продвинули системный подход, впитав достижения теории функциональных систем по П.К.Анохину-К.В.Судакову, новые виды исчислений, обобщающие классические подходы в искусственном интеллекте, и новые разделы математической теории поликатегорий.

Формальный способ представления подобных рисунок 1 систем и подсистем позволяющий провести с последующим анализом и детализацией точный математический расчет предоставляет категорная теория систем, предложенная в [11]. На начальном этапе разработки каким-либо способом, зависящим от природы системы, определяют составляющие систему подсистемы. Далее определяются связи между подсистемами, а также входы и выходы самой составной системы, входы и выходы подсистем, какие входы соединены с какими выходами. На схеме подсистемы изображаются овалами со стрелками входов и выходов. Другими словами каждой подсистеме сопоставляется на схеме полистрелка поликатегории, которая моделирует систему. Никаких других элементов кроме полистрелок подсистем, а также свёрток, определяющих связи подсистем между собой и с внешними системами на схеме не содержится, поскольку поликатегория суть набор полистрелок и свёрток.

На рисунке 2 размещена первоначальная категорная схема, соответствующая обычной схеме, приведенной на рисунке 1.

Подчеркнем, что связи подсистем отвечают и учитывают указанный на схеме (оплата потребителей) системообразующий фактор получения максимальной прибыли фермой в условиях конъюнктуры рынка, ограничений правового характера (законы, налоговая система и т.п.), погодных условий и ряда других факторов, проявляющихся во взаимодействии других систем с умной фермой, как системой. Эти внешние факторы с точки зрения системного подхода отвечают включению умной фермы как подсистемы в вышестоящую систему, воздействие которой на умную ферму отражают упомянутые внешние факторы. Изучение и учет этих воздействий принят как обязательный этап реализации концепции при построении умной фермы и является частью реализации современного системного подхода. Сюда же включаются другие требования системного построения, детально описанные в цитируемых монографиях.

Таким образом, начальное построение схемы системы отвечает строгой методике и является шагом к математическому моделированию системы с возможностью вычислений в дальнейшем в рамках теории свёрточных поликатегорий.

После определения подсистем и свёрток наступает этап детализации каждого из входов и выходов полистрелок, описание самих полистрелок и их связей (свёрток). Если удаётся точно построить систему с подсистемами как полиграф поликатегории, то становится возможным провести вычисления и получить точный результат, касающийся свойств системы, ее эволюции и так далее.

Предлагаемый системный подход к управлению фермой, основанный на синтезе накопленного наукой и практикой опыта и нового нейроинформационного подхода с позиции нейроинформатики, теории поликатегорий и использования описываемых далее решателей из теории биомашсистем, позволит уменьшить вероятность ошибочных и недостаточно эффективных действий в управлении со стороны руководства, то есть позволит уменьшить влияние человека при принятии решения.

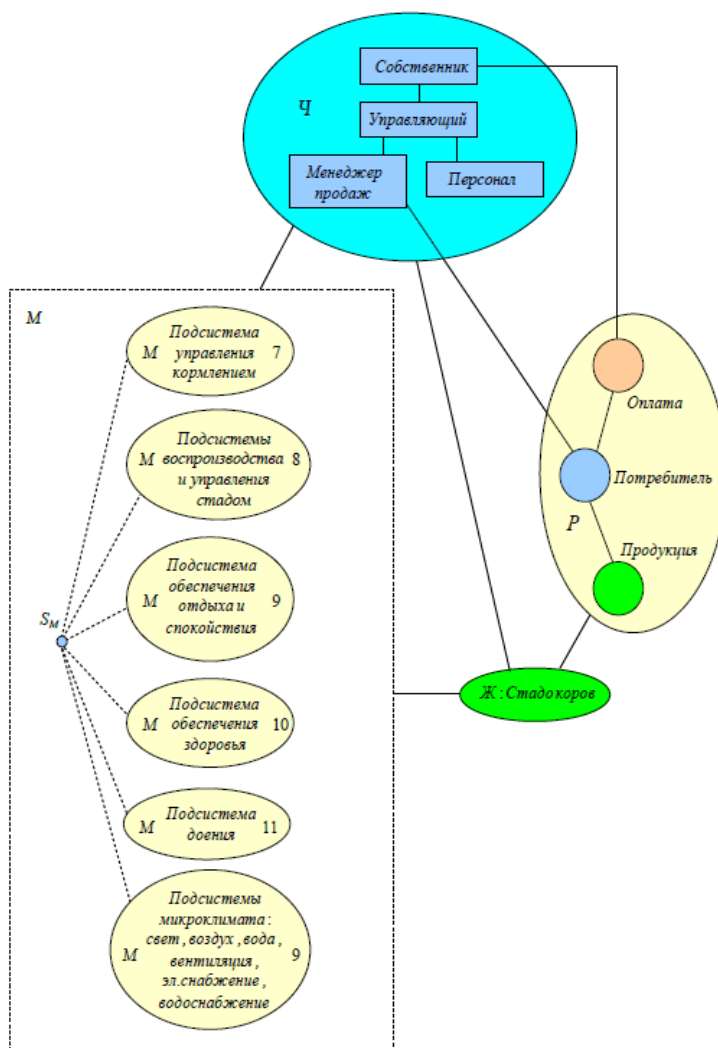


Рисунок 2 – Начальная категорная схема молочной фермы, как биомашсистемы, S_M свертка формирующая из подсистем 7-12 подсистему М

Использование наряду с известными эффективными технологиями искусственно-го интеллекта новых типов решателей подсистем управления умной фермы.

Категорийный подход позволяет структурировать схему управления с позиции ее формализации и последующего моделирования и организации контроля и оценки функционирования объектов и подсистем. Как уже отмечалось, в процессе функционирования фермы возникают разноплановые неопределенности, требующие соответствующей управленческой реакции. Решение подобных задач требует разработки новых алгоритмов, соответствующих возникающей задаче. Для этих целей подсистема управления умной фермой будет дополняться новыми видами решателей, используемыми в теории биомашсистем.

Это означает, что для истинно умных предприятий и умной фермы, в том числе, перечисленных технологий не хватает. В первую очередь это выражается в неспособности вырабатывать новые алгоритмы поведения для машин и управленческих программ в ситуациях с неопределённостью или ситуациях, не учтённых в машинах изначально. Следовательно, более умными будут фермы, снабженные такими технологиями, которые могут справиться с указанными неопределенными или не учтенными заранее ситуациями. Построение автономных интеллектуальных систем управления является одной из главных целей теории биомашсистем, для такого построения здесь используются новые типы решателей (блок Поста и др.), опирающиеся на различные принципы, в частности, на универсальные исчисления порождающие другие исчисления. Таким образом, в предлагаемой концепции умной фермы используются интеллектуальные автономные подсистемы управления биомашсистем.

В результате предлагаемая концепция использует более глубокое понятие умной фермы, опирающееся на теорию биомашсистем и категорную теорию систем. Качественными отличиями предлагаемого понятия от традиционного понятия умной фермы (даже снабжённой системой датчиков и расширенными способами обработки информации и т.п.) являются:

(а) жесткое построение умной фермы как системы (как правило, биомашсистемы) и подсистемы в вышестоящей по категорной иерархии системе и

(б) реализация достаточно высокой степени автономности в интеллектуальных блоках подсистем управления умной фермой, например, реализация блоков Поста и биоблоков, используемых в теории биомашсистем.

Вместе с тем концепция содержит требование использования современных средств цифровизации, включая показавших свою эффективность технологий нейронных сетей глубокого обучения, анализа больших данных и так далее.

Правильность выбора изложенного общего тренда направленности построения умной молочной фермы, затрагивающего наиболее существенное в повышении продуктивности, именно построение и поддержание подсистемы управления, иллюстрируется следующими практическими примерами влияния человеческого фактора и уровня управления на работу системы.

Так наш анализ показал, что неудачная попытка внедрения на государственном уровне беспривязного содержания коров в СССР в 1958-1963 гг. и 1974-1984 гг. также объясняется человеческим фактором [14].

Иллюстрацией являются также данные по работе молочных ферм в рамках одного из районов Ярославской области

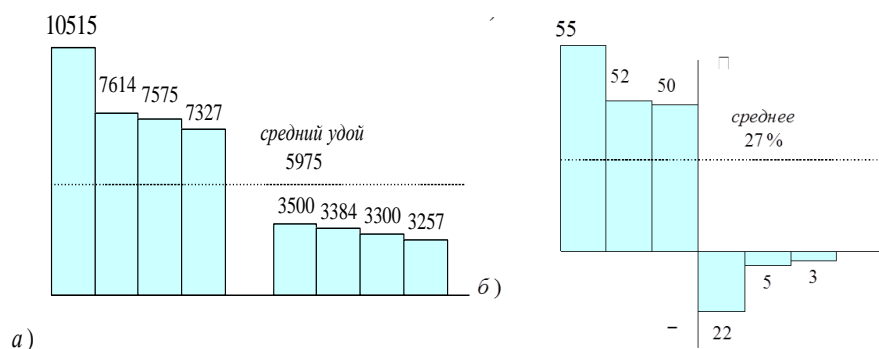


Рисунок 3 – Данные по работе молочных ферм в 2016 году по одному из районов Ярославской области:
а) – удой, кг/год; б) рентабельность хозяйства

Из приведенных диаграмм видно, что при потенциально одинаковых информационных и когнитивных ресурсах, природно-климатических условиях наблюдается большой разброс, как по удою, так и по рентабельности молочных ферм. Так при среднем удое по району 5975 кг/год, пять хозяйств имеют удой менее 4000 кг/год, а четыре хозяйства свыше 7000 кг/год. При среднем по району уровню рентабельности 27% , три лучших хозяйства имеют рентабельность выше 50%, а три хозяйства убыточны. Чем объяснить такой разброс? Ответ очевиден: только разным уровнем и качеством управления. При двухзвенной наиболее распространенной на сегодня организационной схеме управления (менеджер - управляющий - владелец фермы) предполагающая интеллектуальный потенциал система управления «умной фермой» обеспечит также контроль и оценку эффективности управленческих решений.

Направления и мероприятия внедрения интеллектуальных технологий и оборудования для умной молочной фермы.

Для реализации концепции предполагается дальнейшая детальная разработка дорожной карты построения умной молочной фермы с полным раскрытием и использованием методов теории биомашсистем, а также реализация мероприятий по внедрению и модернизации имеющихся технологий цифровизации. В данной статье отведено место перечню конкретных первоначальных мероприятий по модернизации указанных технологий.

Основным фактором в себестоимости молока занимают корма, которые порой составляют 55% и более от общих затрат на молочно-товарных фермах. Стоимость машин и оборудования не превышает 15% от общих затрат, а зарплата обслуживающего персонала составляет около 13 % [15].

Обеспечение необходимых и достаточных условий для производства и управления факторами, определяющих жизнедеятельность и продуктивность животных и составляют суть интеллектуальной молочной фермы. По мнению специалистов к этим факторам в первую очередь относятся полнорационное кормление и способ содержания.

В качестве приоритетных направлений выделяются следующие разработки [14,15]:

1) создание интеллектуальных автоматизированных средств для оценки количества, качества и состава кормов начиная с уборки и хранения. Реализация этого направления позволит организовать уборку кормов в оптимальные сроки, корректировать рацион кормосмесей.

2) разработка интеллектуальной технологии переработки фуражного зерна путем высокоградиентного механического и ферментативного воздействия, что позволит превратить высокомолекулярные соединения клетчатки, крахмала и других составляющих зерна, в низкомолекулярные легкоусвояемые формы. Предлагаемый метод позволит в 1,5-2 раза повысить усвояемость по сравнению с традиционными технологиями (дробление, плющение, экструдирование и др.);

3) роботизированные средства для приготовления и раздачи полнорационные кормосмеси с возможностью дозирования высокоэнергетических компонентов различным половозрастным группам;

4) автоматизированные доильные модули с почетвертным выдаиванием и мониторингом качества молока для технического переоснащения функционирующих доильных залов;

5) автоматизированные доильные аппараты с АСУ ТП для линейных доильных установок с молокопроводом;

6) безхлорная технология и средства для нейтрализации (обеззараживания) биоматериалов с использованием нейтрального анолита с получением его из любой воды, что позволит обеспечить дезинфекцию и стерилизацию оборудования, строений, транспорта, скотомогильников, высокоэффективных даже по сибирской язве и африканской чуме.

7) создание автоматизированной технологии и оборудования с использованием технического зрения для проведения бонитировочных работ с обработкой и предоставлением данных в электронном или бумажном виде;

8) разработка комплекта датчиков и программно-аппаратных средств для оценки физиологического состояния животных;

9) автоматизированный контроль качества молока в потоке на доильных установках (белок, жир, соматика);

10) технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеодиффракционной идентификации заболеваний вымени и суставов у коров.

Востребованность и эффективность практической реализации направлений обусловлена, в частности, тем, что за годы перестройки в хозяйствах по ряду причин образовался дефицит квалифицированных зоотехнических и ветеринарных кадров, особенно среднего звена. Например, из-за отсутствия кадров и трудоемкости, сегодня разрешено не проводить промеры при бонитировке скота для записи в племенных книгах. Все перечисленные направления предусматривают измерение и получение необходимой информации в цифровом виде с идентификацией номера животного. Это позволяет при наличии интернета осуществлять централизованно сбор, обработку и интерпретацию цифрового материала в специальных региональных центрах, укомплектованных квалифицированными специалистами (рисунок 5).

Научно-практические выводы и предложения.

В предлагаемой в работе концепции показано, что ограничиться в цифровизации отрасли молочного производства подобными умными фермами недостаточно. Предлагается более глубокое понятие умной фермы, опирающееся на теорию биомашсистем и категорию тео-

рию систем. Качественными отличиями предлагаемого понятия от традиционно понимаемой умной фермы (даже снабжённой системой датчиков и расширенными способами обработки информации и т.п.), существенно развивающее это традиционное понимание умной фермы, являются:

(а) жесткое построение умной фермы как системы (как правило, биомашсистемы) и подсистемы в вышестоящей по категорной иерархии системе и

(б) реализация достаточно высокой степени автономности в интеллектуальных блоках подсистем управления умной фермой, например, реализация блоков Поста и биоблоков, используемых в теории биомашсистем.

Эти ключевые качества, в частности, означают построение умной молочной фермы как категорной биомашсистемы. Вместе с тем, предлагаемая концепция создания умной молочной фермы содержит требование использования современных средств цифровизации, включая показавшие свою эффективность вышеуказанные технологии нейронных сетей глубокого обучения, анализа больших данных и так далее.

Помимо обоснованного нового понимания «умной фермы», более адекватного для решения задачи ускоренного развития молочной отрасли, в концепции приведены рекомендации по конкретному построению умной молочной фермы на начальном этапе реализации.

Литература

1. Черноиванов В.И. Биомашсистемы: возникновение, развитие и перспективы // Биомашсистемы, 2017, Т.1. №1. С.7-58.
2. Биомашсистемы. Теория и приложения / под ред. Чернованова В.И., М.: Росинформагротех, 2016, том 1, 228 с., том 2, 214 с.
3. Горячкин В.П. Общая схема процессов. Собрание сочинений, Т. IV, М.: Сельхозгис, 1940.
4. Цой Ю.А. Восемь факторов для системы управления умной фермой / в кн. Биомашсистемы. Теория и приложения, том 2, М.: Росинформагротех, 2016, С.128-131.
5. Передня В. И. Инновационные технологии и оборудование для технологического переоснащения молочно-товарных ферм. Академические чтения, посвященные 85-летию со дня рождения И.С. Нагорского, Мн. 2016г. С. 12-20.
6. J. Hulsen, Bauen für die Kuh. Für Vorträge und Stalltrainings, Vetvice, 2010, s.48.
7. Invited review: Learning from the future – A vision for dairy farms and cows in 2067. Britt J.H. et al. Journal of Dairy Science, May 2018, Volume 101, Issue 5, 3722 - 3741.
8. И.Н. Розенберг. Управление в условиях неопределенности/ Современные технологии управления, 3 7, 2017, номер статьи 7902.
9. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений/ МЗ4 «Математика сегодня» (Сборник статей пер. с англ.), М.: Знания, 1974, С. 5-49.
10. Черноиванов В.И., Судаков С.К., Толоконников Г.К. Биомашсистемы, функциональные системы, категорная теория систем. М.: НИИ нормальной физиологии им.П.К.Анохина РАН, ФНАЦ ВИМ РАН, 2018. 446 с.
11. Толоконников Г.К. Математическая категорная теория систем / в кн. Биомашсистемы. Теория и приложения, том 2, М.: Росинформагротех, 2016, С.22-114.
12. Жданов А.А. Интеллект не как совокупность рефлексов, а как свобода выбора // Биомашсистемы, 2018. Т.1. №1. С. 143-152.
13. Корнеев В.М. Основы теории авиационных эргатических систем. - Ульяновск, 2015. - 273 с.
14. Цой Ю.А., Баишева Р.А. Ретроспективный анализ и сравнительная оценка беспривязного и привязного содержания коров. Мифы и реалии. // Вестник ВНИИМЖ. 2018. №3(31).
15. Передня В.И. Техническое и технологическое обеспечение получения конкурентоспособного молока. Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока. М.: 2018 с. 3-24.

СЕКЦИЯ 1

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 631.31

РЕГУЛИРОВАНИЕ И САМОРЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОЧВООБРАБОТКЕ

Ветохин В.И.¹, д.т.н., доцент, Беловод А.И.¹, к.т.н., доцент, Прилепо Н.В.¹,
Алтыбаев А.Н.², д.т.н., профессор
¹ПГАА, г. Полтава, Украина
²НПЦАИ, г. Алматы, Республика Казахстан

Постановка проблемы. Проблема экономного использования ресурсов, с целью повышения конкурентоспособности продукции сельского хозяйства, имеет актуальное значение. Для решения этой проблемы важно изучение и использование закономерностей систем со свойствами саморегулирования и самоадаптации, как имеющих высокую эффективность.

Изложение основных материалов исследования. В результате действия почвообрабатывающих орудий возникает как минимум две системы регулирования и саморегулирования - "энергосредство – рабочий орган - обрабатываемая среда" и "обработанный почвенный слой - окружающая среда".

Как известно из теории систем автоматического регулирования, саморегулирование предполагает изменение параметров элементов системы, а самоадаптации - изменение параметров и структуры системы [1].

Под действием рабочего органа в слое почвы образуется несколько зон в различном напряженно-деформированном состоянии. Тело из деформированной почвы перед рабочей поверхностью динамично корректирует ее форму, в результате чего изменяются параметры процесса [2]. Образование нового структурного строения обработанного слоя почвы в результате процесса объемного крошения - признак и результат самоадаптации системы.

Таким образом, действие почвообрабатывающего орудия на слой почвы рассматривается как средство регулирования состояния почвы, а в самом процессе изменения состояния почвы происходит самоадаптации системы "энергосредство - рабочий орган - обрабатываемая среда" [3].

Изменение структуры пахотного слоя в результате почвообрабатывающих операций приводит к изменению уровня обменных процессов в системе "обработанный почвенный слой - окружающая среда". Как следствие - изменение уровня обменных процессов, в которые включены растения, и изменение уровня урожая.

Цель обработки почвы в классической формулировке - создание условий для обеспечения культурных растений всем необходимым для вегетации.

Цель обработки почвы в скорректированной формулировке - обеспечение необходимого уровня обменных процессов для вегетации культурных растений в системе "обработанный почвенный слой - окружающая среда".

Обработка почвы приводит к образованию неоднородной структуры пахотного слоя. Неоднородные структуры имеют больший потенциал к образованию систем самоадаптации и саморегулирования, а также к накоплению влаги [4]. Этим, в том числе, объясняется развитие технологии обработки почвы с обеспечением неоднородной структуры, как по глубине, так и по ширине обработанного слоя. Так, например, полосовая обработка почвы, обработка с образованием неоднородного рельефа, а также с сохранением растительных остатков на поверхности поля

Примером самоадаптации системы "обработанный почвенный слой - окружающая среда" служит технология двухфазной обработки А.М. Малиенко [5]. Вследствие структурирования корнеобитаемого слоя почвы особым образом, в нем накапливается влага, даже в засушливые годы. По данным многолетних наблюдений, содержание влаги в тридцатисанти-

метровом слое почвы существенно выше в период вегетации и к моменту уборки культуры, чем в базовом варианте [5]. Как результат – повышение урожая. Такая технология приобретает особое значение в условиях изменения климата и засухи.

Выводы. Повышение эффективности почвообрабатывающих процессов возможно за счет создания условий самоадаптации и саморегулирования в системе "энергосредство - рабочий орган - обрабатываемая среда" и в системе "обработанный почвенный слой - окружающая среда". Операцию механической обработки почвы целесообразно рассматривать как управляющее средство для создания условий самоадаптации и саморегулирования в системе "растение - обработанный почвенный слой - окружающая среда".

В развитии технологий полеводства отслеживается лидирующее развитие технологий, обеспечивающих лучшие условия для самоорганизации и самоадаптации системы "обработанный почвенный слой – окружающая среда" за счет создания неоднородной структуры пахотного слоя. Например, полосовая обработка почвы, возделывание культур с сохранением растительных остатков на поле, обработка с образованием неоднородного рельефа поверхности поля.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на поиск зависимости между характеристиками структуры пахотного слоя и характеристиками обменных процессов в системе "обработанный почвенный слой - окружающая среда".

Литература

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - М.: Наука, 1972 - 768 с.
2. Ветохин В.И. О динамике формы поверхности рабочих органов почворыхлителей/ В.И. Ветохин // Тракторы и сельхозмашины. - 2010, - № 6, - С.30-35.
3. Ветохин В.И. Регулирование и саморегулирование формы рабочего органа для обработки почвы / В.И. Ветохин, А.И. Беловод, Д.А. Голованов, А.Н. Алтыбаев // Сб. научн. Тр. Механизация и электрификация сельского хозяйства – Минск: Беларуская навука, - Вып. 52, - 2019. – С. 76-82.
4. Утенков Г.Л. Неоднородность состояния как базовое свойство почвы / Г.Л. Утенков, В.И. Ветохин // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: Мат-лы XX Международ. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 4-6 октября 2017 г.) - Новосибирск: 2017. - Т.3, – С. 89-97.
5. Малиенко А.М. Некоторые технологические приемы повышения продуктивности полевых культур в условиях недостатка влаги / А.М. Малиенко, В.И. Ветохин // Борьба с засухой и урожай: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения К.Г. Шульмейстера. (15 мая 2015 года, Волгоград). – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015, - С.65-69.

УДК 631.1

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА, УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕМ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Мамедов М.С.¹, к.в.н., Бородин Н.О.²

¹ФГБОУ НРИУЭ АПК, ²ООО «СКАТ», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Системы мониторинга транспорта, управления полем, системы управленческого учета на предприятиях сельскохозяйственного производства дополняют друг друга, и вместе с тем каждая из них является самостоятельной системой, решающей определенный круг задач.

6. Системы мониторинга транспорта (СМТ) - это программно-технический комплекс состоящий из аппаратной части (бортовой навигационный терминал, датчики топлива, идентификатор водителя, идентификатор прицепного агрегата и т.д. в зависимости от вида

техники и поставленной задачи) и из программного обеспечения, отображающее полученные данные и с помощью которого можно производить расчеты и т.д.). Внедрение СМТ позволяет решить ряд задач по сбору объективной информации о местонахождении транспорта, о производимых работах, контролировать ряд параметров в оперативном режиме (простои, сливы, левые рейсы, работы в чужих полях и т.д.).

Способ получения информации без СМТ состоит из следующих этапов: Водитель (механизатор) → Учетчик → Диспетчер → Бухгалтер → ЛПР (Инженер, Директор зависит от организационной структуры организации). Способ получения информации с СМТ имеет предельно короткую цепочку: СМТ → ЛПР. Данная разница кардинально влияет на достоверность информации, так как в первом случае все должностные лица, принимающие участие в процессе передачи информации, могут вносить ошибки (как неумышленные, так и намеренно искажающие информацию о работе техники и о расходах на ее содержание).

Системы управления полем – это программно-технический комплекс, который включает в себя программное обеспечение на основе единой информационной базы, ряд датчиков и внешние сервисы. В данную базу вносится информация о поле, которая включает в себя, историю изменения контуров поля, севооборот, технологические карты, историю погодных изменений, агрохимические анализы почвы, агро-скаутинг. Данная система является рабочим инструментом агронома, его записной книжкой и инструментом визуализации его производственного процесса. Одной из проблем агропредприятий в настоящее время - отсутствие в организации единого информационного поля. При внедрении системы управления полем, вся агрономическая информация становится доступна руководителю и любому специалисту предприятия в удобный для них момент времени.

Системы управленческого учета – это программный комплекс позволяющий производить планирование деятельности предприятия и контролировать его выполнение на основании объективной информации полученной из СМТ, системы управления полем, и прочих внешних сервисов предоставляющих объективную информацию (например мультиспектральные космоснимки, история и прогноз погоды). Данный программный комплекс может быть в составе единой информационной базы системы управления полем, так и самостоятельной системой на базе различных программных платформ, например 1С или SAP. Такой комплекс позволяет контролировать соблюдение производственных планов, актуализировать карты полей, корректировать списание расходных материалов на поля, все это в целом ведет к оптимизации бизнес-процессов и к экономии ресурсов.

Каждая из вышеописанных систем может работать самостоятельно, что позволяет решить ряд проблем сельскохозяйственного предприятия, но все же не позволяет осуществить полностью достоверный сбор данных для принятия управленческих решений.

Дальнейшим развитием данной системы может быть интеграция или импорт информации (или отчетов) информационные системы органов местного самоуправления. Такая интеграция обеспечит возможность оценивать текущее состояние не только на уровне отдельного сельхозпредприятия, но и на уровне района или области в целом. Обладая единой информационной системой, позволит агропредприятиям перейти на новый уровень планирования севооборота, кооперации в области технического обеспечения и сбыта готовой продукции.

В настоящий момент в Нижегородской области планируется создание единой информационной системы. В качестве опытно-экспериментальной площадки по отработке механизма внедрения систем выбран пилотный район, где около 90% земель сельхозназначения принадлежат агропредприятиям на которых уже внедрена система мониторинга транспорта. Поэтому в настоящее время ведутся работы по организации централизованного внедрения еще двух систем: Управление полем и Управленческий учет. На базе и под руководством ФГБОУ ДПО «Нижегородский региональный институт управления и экономики агропромышленного комплекса» осуществляется обучение руководителей и специалистов предприятий по вопросам внедрения и эффективного использования информационных систем. После отработки механизма внедрения информационных систем на базе опытно-

экспериментальной площадки, планируется дальнейшее масштабирование на уровень областной информационной системы.

УДК 631.3.06.001.66

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО УДОБРИТЕЛЬНО-ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА

Петриченко Е.А.¹, к.т.н., доцент, Герук С.Н.², к.т.н., доцент

¹УНУС, г. Умань, ²Житомирский агротехнический колледж, г. Житомир, Украина

Научно обоснованное применение минеральных удобрений предусматривает решение вопросов по величине доз, сроков и способов их внесения на базе данных о содержании питательных веществ в почве и потребности в них растений на разных этапах развития под запланированную урожайность.

Постановка проблемы: Внесение минеральных удобрений одновременно с посевом зерновых и других сельскохозяйственных культур, когда стартовые дозы удобрений вносятся на уровне ложа для семян, а основная доза удобрений вносится ниже уровня заделки семян со смещением в горизонтальной плоскости, позволяет достичь экономии удобрений на 30...45%.

Целью исследования является повышение технико-экономических показателей работы удобрильно-посевого агрегата путем обоснования его схемы и конструктивно-технологических параметров.

Результаты исследований. В последние десятилетия по мере роста цен на удобрения экономически целесообразным стало осуществление основного удобрения почвы одновременно с посевом сельскохозяйственных культур и припосевого внесения удобрений. Для этого ведущие фирмы мира производят посевные комплексы, оборудованные тремя бункерами для хранения технологического запаса семян, и два бункера для удобрений, которые вносят для припосевого и основного удобрения почвы. Указанные посевные комплексы имеют высокую стоимость и поэтому их приобретение могут себе позволить сельскохозяйственные предприятия с большими объемами землепользования. Только при годовых объемах посевных площадей более 20 тыс. га использование таких высоко стоимостных технических средств будет экономически целесообразным. В связи с тем, что основное количество продукции растениеводства производится в хозяйствах с объемами землепользования до 5 тыс. га имеет место проблема по созданию технических средств, которые бы за один проход агрегата осуществляли локально основное удобрение почвы, посев сельскохозяйственных культур и припосевное внесение удобрений.

Учитывая низкую покупательную способность сельскохозяйственных товаропроизводителей, мы предлагаем решать вопросы создания необходимого технического средства с использованием двух комбинированных зернотуковых сеялок (как правило, уже есть в хозяйстве). С их использованием комплектующих агрегат, как это показано на рисунке. Первую сеялку должна локально вносить удобрения основными дозами, а вторая сеялка - высевать в грунт семена одновременно со стартовыми удобрениями.

При этом следует иметь в виду, что для достижения необходимой глубины заделки основных доз удобрений первая сеялка должна быть оборудована однодисковыми сошниками. Необходимо также отметить, что при внесении основной дозы минеральных удобрений агрегатом из двух зернотуковых сеялок, которые следуют друг за другом, возникает проблема размещения строки семян со стартовой дозой минеральных удобрений, которые высеваются задней сеялкой, по отношению к ленте полной дозы минеральных удобрений, высеянных передней сеялкой.

Новым элементом этого агрегата является сцепка, которая была специально разработана. Сцепка позволяет выполнять крутые повороты агрегата на поворотных полосах и при его

транспортировке на полевых дорогах, а также высев семян и стартовой дозы минеральных удобрений между лентами высеянной основной дозы удобрений.



Рисунок 1 - Двоевалковый агрегат для ленточного внесения основных доз твердых минеральных удобрений, посева сельскохозяйственных культур и припосевого внесения удобрений стартовыми дозами

Передняя сеялка была отрегулирована на высев основной дозы минеральных удобрений на глубину 8-10 см с междурядьями 25 см. Задняя сеялка настраивалась на строчный высев семян на глубину 5-6 см с междурядьями 12,5 см и внесения стартовых минеральных удобрений в те же строки и на ту же глубину.

В результате проведенных испытаний было установлено, что глубина заделки семян и удобрений отвечала агротехническим требованиям. Прибавка урожая ячменя от локализации минеральных удобрений составила 53 ц / га (контроль-50 ц / га), то есть 10,5% увеличение урожая по сравнению с внесением тех же доз удобрений путем их рассева на поверхность почвы перед его обработкой.

Необходимо отметить, что предложенное решение может быть реализовано и при посеве других сельскохозяйственных культур с использованием соответствующей сеялки.

Были установлены зависимости качественных показателей работы комбинированного удобрительную-посевого машинно-тракторного агрегата. В частности, регрессионная модель равномерности распределения удобрений (семена сои) вдоль строки от скорости движения V удобрительную-посевого агрегата и глубины H закладки удобрений в почву имеет вид:

$$Y_2 = -60,6811 - 0,4867 V + 30,41 H + 0,6167 V V + 0,09 V H - 1,6633 H H \quad (1)$$

Анализом экспериментально полученных функциональных зависимостей равномерности распределения удобрений (семена сои) вдоль строки установлено, что с увеличением скорости движения V удобрительную-посевого агрегата и глубины H закладки минеральных удобрений в почву равномерность их распределения на дне борозды увеличиваться (рис. 2).

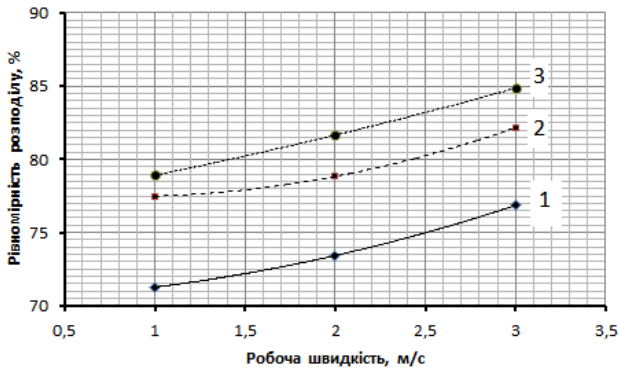
Регрессионная модель коэффициента вариации глубины высева минеральных удобрений (семена сои) от скорости движения V удобрительную-посевого агрегата и глубины H закладки удобрений в почву имеет вид:

$$Y_4 = 25,7444 - 14,89 V + 2,6967 H + 0,4533 V V + 1,3825 V H - 0,4417 H H. \quad (2)$$

Анализом функциональных зависимостей коэффициента вариации глубины высева удобрений (семена сои) вдоль строки (рис. 3) установлено, что уменьшение отклонения глубины заложения минеральных удобрений в почву установленного достигается увеличением скорости движения V удобрительную-посевого агрегата и глубины H закладки минеральных удобрений в почву.

Указанные эмпирические математические модели (1) и (2) адекватные в факторном пространстве: $V \in 1,0 \dots 3,0$ м / с, $H \in 2 \dots 9$ см.

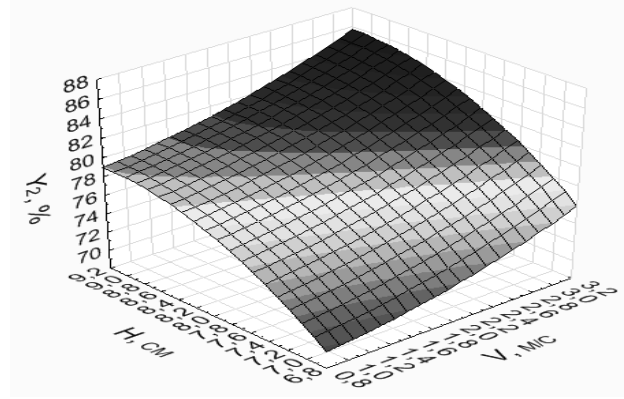
Также, экспериментальными исследованиями установлен факт уменьшения коэффициента вариации отклонения от оси строки удобрений (семена сои) с увеличением скорости движения V агрегата. Но увеличение глыбы заделки семян с 7 см до 8 см приводит к уменьшению коэффициента вариации, а при увеличении глубины H до 9 см - коэффициент вариации увеличиваться.



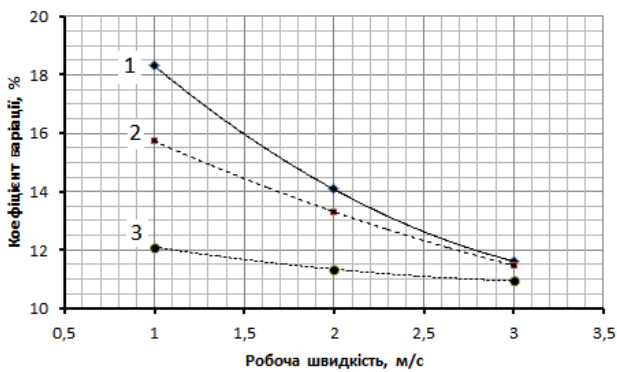
а)

1 – $H = 7$ см; 2 – $H = 8$ см; 3 – $H = 9$ см

Рисунок 2 - Зависимость равномерности распределения удобрений (семена сои) вдоль строки от скорости движения V удобрительную-посевного агрегата и глубины H закладки удобрений в почву (а) и поверхность отклика (б).



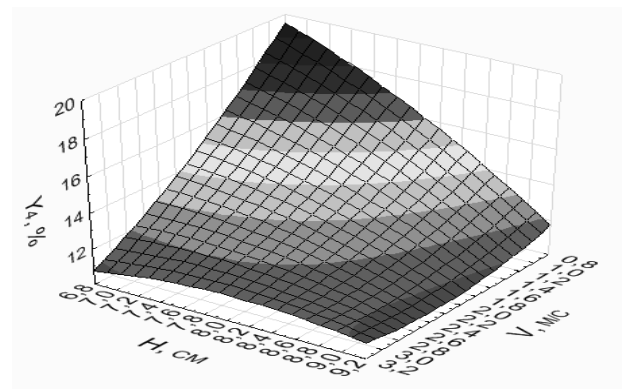
б)



а)

1 – $H = 7$ см; 2 – $H = 8$ см; 3 – $H = 9$ см

Рисунок 3 - Зависимость коэффициента вариации глубины высева удобрений (семена сои) вдоль строки от скорости движения V удобрительную-посевного агрегата и глубины H закладки удобрений в почву (а) и поверхность отклика (б)



б)

На основе факторного анализа экспериментально полученных уравнений регрессии определено, что рациональными значениями скорости движения V комбинированного удобрительную-посевного машинно-тракторного агрегата составляет 2,5 ... 3,0 м / с, глубины H высева семян - 4 ... 5 см и глубины H закладки удобрений в почву - 8 ... 9 см.

В результате полевых экспериментальных исследований установлено, что при применении комбинированного посевного агрегата для одновременной сева с внесением стартовой и основной дозы минеральных удобрений урожайность яровой пшеницы составляет 56,4 ц / га, а ячменя - 57,3 ц / га. При этом, по сравнению с применением сплошного внесения стартовой нормы минеральных удобрений разбросным способом, предпосевной культивации и комбинированной сева с одновременным внесением основной нормы удобрений урожайность яровой пшеницы увеличилась на 5,1 ц / га, а ячменя - на 6,7 ц / га. Увеличение же урожайности при модернизированной схеме посева по сравнению с посевом без внесения минеральных удобрений составляет соответственно для яровой пшеницы - 6,9 ц / га, а для ячменя - 10,6 ц / га.

Радиус поворота данного комбинированного машинно-тракторного агрегата не превышает 9 м, что предотвратит его петлевые повороты, а отклонение траектории второй сеялки относительно первой также имеет незначительную величину и составляет 23,7 см.

Выводы. 1. Обоснована схема удобрительную-посевного агрегата которая состоит из агрегатирующего трактора, сеялки для внесения в почву основной дозы минеральных удобрений, к раме которой шарнирно присоединена сница сеялки сельскохозяйственных культур.

2. По результатам лабораторно-полевых экспериментальных исследований, которые были проведены на разработанной экспериментальной установке согласно принятой методики, получены математические модели влияния скорости движения комбинированного удобрительную-посевного агрегата, глубины высева семян и глубины заложения удобрений в почву на равномерность распределения семян и удобрений вдоль строки, а также отклонения глубины высева посевного материала установленной и отклонения заложения семян и удобрений на дно борозды от оси строки. Согласно анализу полученных результатов было обосновано рациональные значения параметров посева семян ячменя комбинированным удобрительную-посевным агрегатом: скорость движения агрегата - 2,5 ... 3,0 м / с; глубина высева семян - 4 ... 5 см; глубина заложения удобрений в почву - 8 ... 9 см.

3. В результате полевых исследований установлено, что при применении комбинированного удобрительную-посевного агрегата для одновременной сева с внесением стартовой и основной нормы удобрений урожайность яровой пшеницы увеличилась на 5,1 ц / га, а ячменя - на 6,7 ц / га по сравнению с применением сплошного внесения стартовой нормы удобрений разбросным способом, предпосевной культивации и комбинированной сева с одновременным внесением основной нормы минеральных удобрений. По сравнению с посевом без внесения минеральных удобрений урожайность яровой пшеницы увеличилась на 6,9 ц / га, а ячменя - на 10,6 ц / га соответственно. Полученные результаты полевых исследований подтверждают целесообразность совмещения технологических операций посева семян зерновых культур с внутрпочвенный внесением основной и стартовой нормы минеральных удобрений в одном проходе комбинированного удобрительную-посевного машинно-тракторного агрегата.

Литература

1. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику/П.М. Василенко. - К.: Сельхозобразование, 1996. — 252 с.
2. Василенко П.М. Об уравнениях движения мобильных машинных агрегатов / П.М. Василенко // Сб. тр. по земледельческой механике. — Т. II. — М.: Сельхозгиз, 1952. — С. 76–84.
3. Василенко П.М. Элементы теории устойчивости движения прицепных сельскохозяйственных машин и орудий // П.М. Василенко // Там же, 1954. — С. 202–211.
4. Василенко П.М. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов): учеб. пособ. / П.М. Василенко, В.П. Василенко. — К.: УСХА, 1980. — 137 с.
5. Тракторы. Теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др. — М.: Машиностроение, 1988. — 376 с.
7. Тимофеев А.И. Анализ энергетического режима работы тракторного агрегата при разгоне//Земледельческая механика: сб. тр. / А.И. Тимофеев; под ред. В.А. Желиговского. — М.: Машиностроение, 1965. — Т. V. — С. 391–405.
1. Василенко П.М. Уравнение движения самоходных машинных агрегатов при трогании с места и разгоне / П.М. Василенко, В.Г. Кузьминский // Там же. — С. 28–43.
8. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков. — М.: Колос, 2004. — 504 с.
9. Надыкто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств. Монография / В.Т. Надыкто. — Мелитополь: КП «ММД», 2003. — 240 с.
10. Патент України № 110432, МПК А01С 21/00. Агрегат для внутрішньогрунтового комплексного мінерального удобрення ґрунту з одночасною сівбою сільськогосподарських культур / В.В. Адамчук, В.А. Насонов, О.Ф. Говоров, Є.А. Петриченко, В.К. Мойсеєнко. — заявка: а 201408883; заявл. 06.08.2014; опубл. 25.12.2015. — Бюл. № 24.

11. Герук С.Н. Анализ конструкций агрегатов для предпосевной обработки почвы и посева / С.Н. Герук, Е.А. Петриченко // Материалы Международной научно-технической конференции “Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве”, (Минск, 22-23 октября 2014 г.), Том 2. – Минск, НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – С. 147-152.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ КОМБИКОРМОВ С ЛЕОНАРДИТОМ

Коровушкин А.А., д.б.н., профессор, **Нефедова С.А.**, д.б.н., профессор, **Якунин Ю.В.**
РГАТУ, г Рязань, Российская Федерация

Научно-образовательный центр аквакультуры и рыбоводства (НОЦ аквакультуры и рыбоводства) является структурным подразделением факультета ветеринарной медицины и биотехнологии ФГБОУ ВО РГАТУ, не наделённым правами юридического лица.

Целью деятельности НОЦ аквакультуры и рыбоводства является создание благоприятных условий для развития агропромышленного комплекса на основе освоения и внедрения достижений научно-технического прогресса и инновационных разработок.

Задачами НОЦ аквакультуры и рыбоводства являются:

- повышение эффективности и устойчивости функционирования предприятий аквакультуры всех форм собственности;
- распространение знаний и научных разработок специалистам рыбоводных хозяйств;
- удовлетворение потребностей сельхозтоваропроизводителей в сфере производства, хранения, переработки и сбыта продукции аквакультуры.

Для выполнения основных задач НОЦ аквакультуры и рыбоводства реализует следующие направления деятельности:

- обучение и дополнительная профессиональная переподготовка студентов, магистрантов и аспирантов для проведения практической и научной деятельности в области аквакультуры;
- консультирование товаропроизводителей агропромышленного комплекса, фермеров, сельскохозяйственных потребительских кооперативов, личных рыбоводных хозяйств и т.д. в сфере аквакультуры;
- формирование и пополнение информационных баз данных для удовлетворения потребностей товаропроизводителей в сфере рыбоводства;
- участие, методическое и научное сопровождение исследовательских проектов;
- организация конференций, мастер-классов, профессиональных переподготовок и повышений квалификаций, иных форм популяризации знаний в сфере аквакультуры.

Одной из проблем отечественной аквакультуры является отсутствие разнообразия комбикормов российского производства, способных на современном уровне обеспечивать выращивание товарной рыбы. Актуально исследовать воздействие различных добавок к стандартным рационам рыб для анализа их эффективности и создания оптимальных комбикормов. Одной из таких органических добавок, по нашему мнению, являются гуминовые кислоты из леонардита. Включив их в рецептуру комбикормов для трофики личинок и сеголетков карпа (*Cyprinus carpio Linnaeus*), мы достигли положительных результатов, что отразилось на рыбоводно-биологических показателях рыб, выращиваемых в аквакультуре. Оказалось, что гумифицированные органические вещества, входящие в состав леонардита и используемые в комбикорме, способствуют метаболическим процессам при росте и развитии карпов. Эффективность модифицированного комбикорма доказана и для посадочного материала, содержащегося в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ), и для карпов, выращиваемых в естественных прудах рыбохозяйственного назначения.

В настоящее время доказана эффективность добавки леонардита в комбикорм для промышленной птицы. Ученые представили результаты по использованию в рецептуре комби-

корма для цыплят-бройлеров добавки порошковой фракции «Reasil Humic Health» и концентрированного раствора высокомолекулярных натриевых солей гуминовых кислот из леонардита «Reasil Humic Vet» [4] и отметили высокую энергию роста, повышение сохранности и убойных качеств птицы [3]. Применение гуминовых кислот в пищу пороссятам, ягнятам, телятам, повышает сопротивляемость животных к неблагоприятным экологическим факторам, усиливает резистентность к заболеваниям, повышает среднесуточный прирост [1, 2]. Однако этот эффект в рыбоводстве изучен мало. Между тем, ценность леонардита неоспорима, в его составе азот, углерод, сера, водород и кислород. Помимо этого, порошковая фракция леонардита содержит до 80 % гуминовых кислот [5]. Таким образом, целью исследований было выявление эффективности использования комбикорма с леонардитом в отечественной аквакультуре.

Летом 2019 года в НОЦ аквакультуры и рыбоводства ФГБОУ ВО РГАТУ и рыбоводном хозяйстве ООО «Слободская сагва» была проанализирована эффективность применения модифицированного комбикорма для личинок и сеголетков карпа. В комбикорм производства «Лимкорм» была добавлена, в концентрации 2 г на 100 кг живой массы рыбы, порошковая фракция леонардита «Reasil Humic Health», в составе которой акцентировали внимание на высокомолекулярных не модифицированных микропористых натриевых солях гуминовых кислот.

В июне-августе исследовали и сеголетков карпов при их содержании в условиях мини УЗВ «Рачительная» (личинки) и основной УЗВ с круглыми бассейнами (сеголетки).

В мини УЗВ две недели (с 15 по 30 мая 2019 года) содержалось по 100 000 личинок в каждой ёмкости. В 1-3 емкостях находились личинки из контрольной группы, подкормкой которым служил яичный желток. В емкостях 4-6 для питания личинок опытной группы использовали 1 яичный желток на емкость в неделю, который смешивали с измельченной порошковой фракцией из леонардита «Reasil Humic Health» в концентрации 0,02 г на 1 желток в смеси с гомогенизированным комбикормом производства «Лимкорм», поедаемость составляла в среднем 12 % от живой массы личинок. Провели сравнение рыбоводно-биологических показателей личиночно-мальковой стадии.

Через трое суток, в возрасте 15 дней мальков пересадили в 6 бассейнов основной УЗВ (плотность посадки 500 штук) и продолжили эксперимент. В контрольной группе питание осуществлялось стандартным стартовым комбикормом производства «Лимкорм», в опытной группе к комбикорму добавили порошковой фракции леонардита из расчета 2 г на 100 кг живой массы рыбы. Исследования рыбоводно-биологических показателей посадочного материала карпов продолжали в течение 3 месяцев, в конце эксперимента сравнивали показатели сеголетков из контрольной и опытной групп.

Параллельно с исследованиями модифицированного комбикорма с добавлением леонардита в УЗВ, был заложен аналогичный опыт в двух прудах рыбоводного хозяйства ООО «Слободская сагва».

Данные обрабатывались статистически по методу Стьюдента с использованием программы «Microsoft Excel».

Результаты исследований показали эффективность использования порошковой фракции леонардита в комбикорме для карпов.

Анализ добавки не модифицированных микропористых гуминовых кислот, составляющих основу леонардита, к стандартному комбикорму для личинок и сеголетков карпов, выращиваемых в условиях УЗВ, показал следующее: отличие по живой массе личинок в возрасте две недели между опытной и контрольной группой составило в пользу первой 14,0 %; сеголетков, достигших трех месяцев онтогенеза – 13,9 %; тенденция сохраняется и по абсолютному приросту карпов – разница 13,9 %, и по среднесуточному приросту за 90 дней эксперимента – разница 13,5 %. При этом, необходимо отметить, что по выживаемости карпы контрольной и опытной групп из УЗВ отличались на 7 % в пользу тех, кто в рационе получал модифицированный комбикорм.

Анализ рыбоводно-биологических показателей личинок и сеголетков карпов, содержащихся в прудах рыбхоза, часть из которых получали в рационе питания гуминовые кислоты, входящие в состав порошковой фракции из леонардита, показал следующее: отличие по живой массе личинок в возрасте две недели между опытной и контрольной группой составило в пользу первой 15,7 %; сеголетков, достигших трех месяцев онтогенеза – 9,1 %; по абсолютному приросту карпов разница составила 8,3 %, по среднесуточному приросту за 90 дней эксперимента – разница 8,2 %. При этом, необходимо отметить, что по выживаемости карпы контрольной и опытной групп в естественных условиях рыбоводных прудов отличались на 15 % в пользу тех, кто в рационе получал модифицированный комбикорм.

Таким образом, по результатам исследований доказана эффективность использования гуминовых кислот из леонардита в рационе личинок и сеголетков карпов, так как в условиях УЗВ наблюдается повышение рыбоводно-биологических показателей в среднем на 13,7 %, в естественных рыбоводных прудах – на 10,3 %, что существенно сказывается на экономической эффективности отечественной прудовой аквакультуры.

В качестве вывода необходимо актуализировать продолжение работы в направлении разработки и модификации рационов рыб и отечественных комбикормов, продуктивность которых повышается за счет использования в их составе леонардита, что и является предметом научно-исследовательской работы НОЦ аквакультуры и рыбоводства ФГБОУ ВО РГАТУ.

Литература

1. Абилов, Б.Т. Эффективность использования белкового концентрата «Organic» в кормлении молодняка мясных пород в период дорастивания / Б.Т. Абилов, Г.Т. Бобрышова, А.И. Зарытовский, Л.А. Пашкова, В.В. Кулинцев, М.Б. Улимбашев // Вестник РГАТУ. 2018. №2 (38). - С.5-9.
2. Гамко, Л.Н. Применение минерально-витаминных добавок при выращивании молодняка крупного рогатого скота / Л.Н. Гамко, С.И. Шепелев, С.Е. Яковлева // Вестник РГАТУ. - 2018. - № 2 (38). - С.9-14.
3. Корсаков, К.В. Использование добавки на основе гуминовых кислот / К.В. Корсаков, А.А. Васильев, С.П. Москаленко, Л.А. Сивохина, М.Ю. Кузнецов // Птицеводство. - 2018. - №5. - С. 22-25.
4. Корсаков, К.В. Препарат на основе гуминовых кислот в рационе цыплят-бройлеров/ К.В. Корсаков, А.А. Васильев, Е.С. Петраков, А.Н. Овчарова, И.Н. Андреева // Зоотехния. 2018. - № 8. - С.104-112.
5. <http://leonardite-ua.com/ru/хімічний-склад-леонардиту>.

УДК 636.2.034:[637.112+637.115]

Порог отключения доильного аппарата Григорьев Д.А., к.т.н., доцент, Король К.В., Шахова О.Н. ГГАУ, г. Гродно, Республика Беларусь

Опыт показывает, что параметры машинного доения именно при старте и в конце процесса в значительной степени влияют на скорость молокоотдачи, полноту выдаивания и, как следствие, на молочную продуктивность и здоровье животных [1]. Важнейшими параметрами работы автоматизированного оборудования являются: режим машинной стимуляции, основного доения (длительность и соотношение тактов, уровень вакуума), а также уровень молокоотдачи для отключения доильного аппарата [2]. Компания Milkline использует дифференцированную машинную стимуляцию в сочетании с отдельным отключением каждого доильного стакана [3]. Хорошим примером физиологичного старта и финиша является концепция Duovac, которую долгие годы реализует компания DeLaval [4].

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

На финише процесса возникает опасность сухого доения, которая заключается, прежде всего, в том, что значительная часть поголовья даже на хороших фермах имеет неравномерность развития молочной железы. Для таких коров позднее отключение доильного аппарата означает, что как минимум один из сосков будет подвергаться воздействию аппарата без потока молока, с распространением вакуума внутрь соска и цистерны [2]. Поэтому по мере роста продуктивности и скорости молокоотдачи производители молока постепенно увеличивают порог отключения доильного аппарата, не испытывая проблем с недоодем.

На одной из лучших ферм Республики с высокими показателями продуктивности и хорошим технологическим фоном было проведено исследование, в ходе которого была сформирована группа из семи проблемных тугодойных коров, среднее время доения которых до начала исследования составляло 8,1 мин. Среднее содержание соматических клеток в одном миллилитре молока было 780 000. На ферме использовали машинную стимуляцию, которая составляла 60 секунд для всех коров. Порог отключения доильного аппарата был установлен на уровне 500 мл/мин [5].

Для коров исследуемой группы в конце первого дня наблюдений максимальное время доения было ограничено до 360 секунд (6 мин) включая машинную стимуляцию. Фактически процесс доения был ограничен 5 минутами без учета установленной задержки отключения аппарата.

Показатели продуктивности и молокоотдачи коров опытной группы за 7 дней наблюдения отражены в таблице. Ограничения времени доения были установлены в первый день исследования. В результате увеличилась не только скорость молокоотдачи, но и продуктивность. За счет снижения негативного воздействия аппарата на вымя снизился риск возникновения мастита. Содержание соматических клеток в молоке коров исследуемой группы в течение месяца снизилось до 320 000. Все животные по результатам проверки на мастит химическим тестом являлись здоровыми.

Таблица – Результаты исследования

День	Среднесуточный удой, кг		Время доения, мин		Скорость молокоотдачи, кг/мин	
	$\bar{X} \pm m$	<i>P</i>	$\bar{X} \pm m$	<i>P</i>	$\bar{X} \pm m$	<i>P</i>
I	30,31±2,29	-	6,91±1,04	-	1,61±0,24	-
II	28,48±2,71	0,17	5,26±0,08	0,14	1,80±0,16	0,27
III	27,33±1,76	0,12	5,13±0,09	0,11	1,78±0,11	0,38
IV	27,12±1,99	0,05*	5,16±0,08	0,12	1,76±0,14	0,43
V	27,78±2,95	0,26	5,09±0,13	0,11	1,82±0,18	0,25
VI	30,35±3,49	0,29	5,09±0,16	0,11	1,98±0,18	0,08
VII	32,68±2,36	0,03*	5,00±0,16	0,09	2,19±0,16	0,02*

Здесь: \bar{X} – средняя арифметическая, *m* – стандартная ошибка, *P* – уровень значимости (относительно первого дня), * – $P \leq 0,05$.

Снижение удоя после установки ограничения времени доения происходило до четвертого дня наблюдений. Однако на седьмой день зафиксировано статистически достоверное увеличение среднесуточного удоя по сравнению с началом исследования. Несмотря на резкое сокращение путем программного ограничения, время доения продолжало уменьшаться. На седьмой день статистически достоверно было зафиксировано увеличение скорости молокоотдачи. Статистически достоверные изменения свидетельствуют об одинаковой реакции всех животных группы. Относительные изменения показателей продуктивности и молокоотдачи отражены на рисунке.

Из диаграммы видно, что среднесуточный удой после плавного снижения начал увеличиваться и в итоге превысил показатели первого дня. При этом относительные изменения среднесуточного удоя оказались ниже, чем изменения скорости молокоотдачи и времени доения.

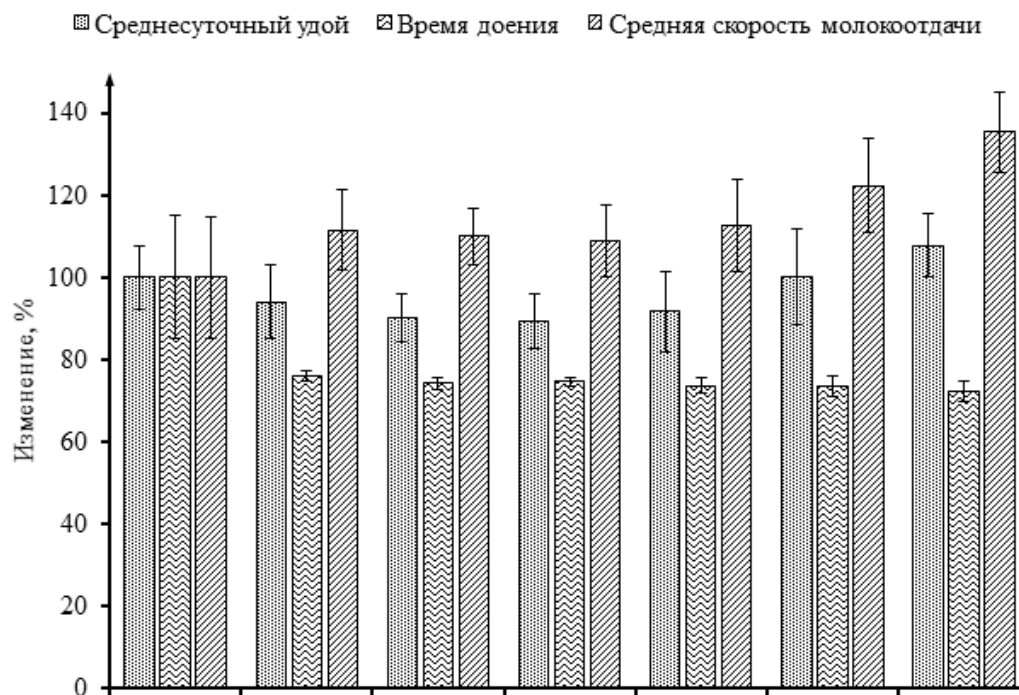


Рисунок – Относительное изменение показателей по дням наблюдения

Данные диаграммы также свидетельствуют о существенном сокращении времени доения с одновременным уменьшением разницы этого показателя между коровами группы, что обусловлено принудительным отключением по установленному порогу длительности доения. Дальнейшее сокращение времени доения, с небольшим увеличением разницы между отдельными животными, свидетельствует о том, что коровы начали выдаиваться до установленного ограничения по времени.

За время исследования наибольший относительный рост из учитываемых показателей наблюдался у средней скорости молокоотдачи. В начале скорость увеличилась за счет «отсекания» периода низкого потока молока в конце доения. Однако, с пятого дня рост уже был обусловлен повышением молокоотдачи коров на протяжении всего процесса доения.

Важнейшим результатом наблюдения является тот факт, что относительные рост скорости молокоотдачи и снижение времени доения превышают изменения среднесуточного удоя, что свидетельствует о том, что все изменения обусловлены выбранными параметрами доения.

Подводя итог необходимо сделать вывод, что только поступательное целенаправленное движение по пути рациональной организации технологии машинного доения позволит реализовать потенциал животных, который в настоящее время значительно превышает реальные показатели большинства ферм. Использование возможностей современного автоматизированного оборудования позволяет осуществлять плавный и безболезненный переход от концепции полного выдаивания к бережному доению с физиологичным стартом и финишем, позволяющему повысить продуктивность и сохранить здоровье животных.

Литература

1. Способ доения коровы : пат. 22301 Республика Беларусь : МПК А 01J 5/007 (2006.01) / К.В. Король, Д.А Григорьев, П.Ф. Богданович ; Бил. № 6 ; дата публ.: 30.12.2018.
2. Григорьев, Д.А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами: монография / Д.А. Григорьев, К.В. Король. – Гродно : ГГАУ, 2017. – 216 с.
3. Григорьев, Д.А. Машинное доение – «гравитационный» центр технологии производства молока / Д.А. Григорьев, К.В. Король // Наше сельское хозяйство – 2017 – № 8 (160) – С 16-23.

4. Svennersten-Sjaunja, K. Efficient Milking / K. Svennersten-Sjaunja // DeLaval. – [2001]. – [57] с.
5. Шахова, О.Н. Доить до конца или пусть живет / О.Н. Шахова, Д.А. Григорьев, К.В. Король // Наше сельское хозяйство – 2019 – № 10 (210) – С 66-70.

УДК 636.22/.28+636.033

УПРАВЛЕНИЕ ТРАФИКОМ КОРОВ

Григорьев Д.А., к.т.н., доцент, **Король К.В.**, **Клепикова Е.А.**

ГГАУ, г. Гродно, Республика Беларусь

В настоящее время на молочно-товарных комплексах поточно-цеховая технология производства молока организуется с применением двух цехов: первый цех – раздоя, осеменения и производства молока, второй цех – сухостоя, отела и новотельных коров. При таком способе первый цех обычно разделяют на три периода лактации: до 100 дней, от 100 до 200 и с 200 дней до запуска. В пределах этих периодов формируют производственные группы, в которых коровы разделены по продуктивности [1].

Практика показывает, что разделение по периодам не соблюдают, поскольку животные имеют различные лактационные кривые. Для соответствия кормления, доения и содержания уровню продуктивности, низкопродуктивных животных переводят из групп раздоя гораздо раньше 100 дней, а высокопродуктивных позже, что приводит к несовпадению декларируемой и реальной технологии [2]. На ферме формируются разнородные группы, как по стадии лактации, так и по продуктивности, что приводит к неравномерному заполнению секций коровника и усложняет организацию других технологических процессов [3]. Для низкопродуктивной коровы достаточно рациона, который она получит в соответствующей ее продуктивности построздойной секции второго периода, высокопродуктивным животным необходимы условия секций раздоя, с интенсивным уровнем кормления, более продолжительный период [4].

Целью исследования является совершенствование организации трафика коров в условиях молочно-товарного комплекса.

Исследование проводилось на МТК «Стриевка» СПК «Озёры Гродненского района», в ходе которого получены данные, путем формирования отчета с показателями удоя и дня лактации в программе менеджмента стада за три дня с промежутком в неделю между каждым измерением. Затем данные были отсортированы, сгруппированы и использованы для построения графика зависимости среднесуточного удоя от дня лактации, который аппроксимирован полиномом шестой степени при помощи табличного процессора [5].

Анализ данных, представленных на рисунке, позволяет констатировать отсутствие четкой зависимости среднесуточного удоя от дня лактации. Удой существенно варьирует, и у отдельных коров при завершении лактации выше, чем у других на ее пике, несмотря на разницу в кормлении. Тем не менее, график, аппроксимирующий полученные данные функции, позволяет определить пик удоя на 60-65 дне лактации у коров изучаемого стада и плавное экспоненциальное ее снижение до уровня, соответствующего началу лактации, на 300-320 день, с дальнейшим снижением вплоть до запуска.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что существующее деление по периодам недостаточно обосновано, с точки зрения течения лактации и уровня кормления стада.

Для совершенствования существующего способа организации поточно-цеховой технологии можно предложить организацию, основанную на установленных особенностях зависимости продуктивности от дня лактации. После отела всех животных содержать в группе раздоя до 60 дня лактации, поскольку проводимые в этот период мероприятия необходимы независимо от удоя. Анализ данных показывает, что периода в 60 дней достаточно для технологической оценки продуктивности коровы, что позволяет определить ее в соответствующую секцию второго периода, который предлагается организовать с 60 по 300 день лактации. Во втором периоде предлагается разделить коров по показателям удоя на 2 - 4 секции в

зависимости от наличия секций на ферме, а после 300 дня переводить в секцию завершения лактации и подготовки к запуску [6]. Этот способ позволит более рационально использовать имеющиеся скотоместа и обеспечить соответствие уровня кормления уровню продуктивности коров, которые будут содержаться в секциях с выровненными показателями удоя.

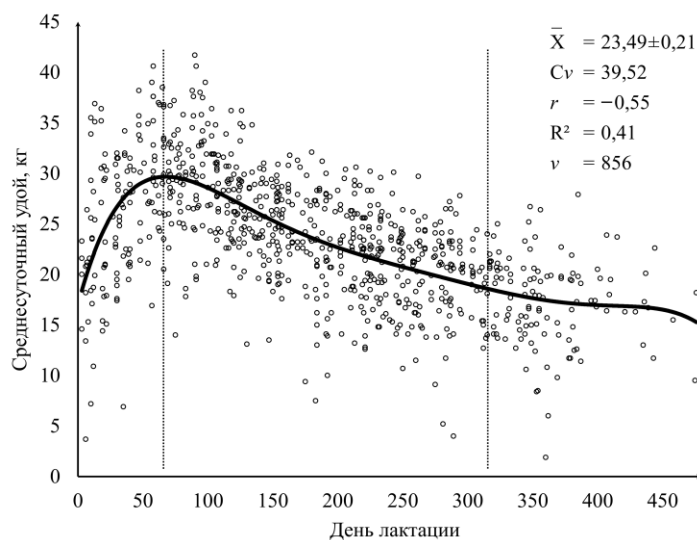


Рисунок – График зависимости среднесуточного удоя от дня лактации:

\bar{X} – средняя арифметическая величина, Cv – коэффициент вариации, r – коэффициент корреляции, R^2 – коэффициент достоверности аппроксимации, v – количество степеней свободы

В таблице приведены данные о среднесуточном удое коров в предлагаемом разделении фаз лактации.

Таблица – Среднесуточный удой в различные периоды лактации

Среднесуточный удой	День лактации		
	< 60 дня	60-300	> 300
Средний ($M \pm m$), кг	25,68 ± 0,65	24,41 ± 0,23	17,68 ± 0,36
Медианный (Me), кг	26,40	24,20	18,00
Корреляция с днем лактации (r)	0,44	-0,59	-0,18

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что в период с 60 по 300 день лактации показатели удоя коров стада более консолидированы, несмотря на наибольшую продолжительность, о чем свидетельствует наименьшая ошибка средней арифметической (m) и незначительные различия медианного (Me) и среднего (M) показателя. Увеличение удоя до 60 дня подтверждается положительно корреляцией (r) с днем лактации в этот период, после 300 дня динамика снижения удоя существенно снижается.

Следует уточнить, что предлагаемый вариант организации требует адаптации к условиям конкретного комплекса и может быть рекомендован к массовому применению только после апробации.

Литература

1. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа: республиканский регламент / И.В. Брыло [и др.] ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск : Журнал «Белорусское сельское хозяйство», 2014. – 108 с.
2. Efficient Dairy Herd Management / DeLaval. – [2001]. – [48] с.
3. Основные аспекты производства молока: сборник статей / Университет Висконсина, Международный институт по исследованию и развитию молочного животноводства им. Бабкока; ред. кол. М.А. Ваттио [и др.]. – Мэдисон: Международный институт по исследованию и развитию молочного животноводства им. Бабкока 1996. – 139 с.

4. Efficient Feeding / DeLaval. – [2001]. – [53] с.
5. Клепикова, Е.А. Организация трафика коров в условиях молочно-товарного комплекса / Е.А. Клепикова ; рук. работы К.В. Король // Материалы XX Международной студенческой научной конференции (Гродно, 16 мая, 2019 года) : зоотехния / ГГАУ – Гродно, 2019 - С. 29-31.
6. Король, К.В. Управление стадом на молочно-товарном комплексе / К.В. Король, В.С. Журко, Е.А. Клепикова // Актуальные вопросы энергетики в АПК : матер. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Благовещенск, 27 февраля 2019 г.). – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та – Благовещенск, 2019. – С. 85-88.

УДК 631.316(476)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОФИЛЕФОРМОВАТЕЛЯ УЗКОПРОФИЛЬНЫХ ГРЯД

Филиппов А.И.¹, к.т.н., доцент, **Заяц Э.В.¹**, к.т.н., доцент,
Аутко А.А.¹, д.с х.н. профессор, **Чеботарев В.П.²**, д.т.н., профессор
¹ГГАУ, г. Гродно, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Для разработки новых технологий, усовершенствования существующих в плане снижения, а в дальнейшем исключения пестицидной нагрузки определяющим является наличие специализированной техники. В этой связи был сделан анализ и определено направление разработки рабочих органов пригодных для экологизации существующих технологий.

Одним из таких рабочих органов является специальный профилеформователь узкопрофильных гряд, который содержит стойку 1, втулку 2, болты стопорные 3, трубу несущую 4, пружину кручения 5, зубья 6, болт фиксирующий 7, кожух профилеформователя 8 рыхлительных зубьев 9 (рисунок 1), Профилеформователь предназначен для уплотнения и формирования гряд, а также для вычесывания сорных растений с поверхности гряд в начальной стадии их прорастания.

После проведенных испытаний были выявлены некоторые недостатки его работы, которые показали, что требуется более сильное уплотнение почвы для лучшего контакта семян сорняков с почвой на поверхности гряд для их быстрого прорастания и последующего удаления в довсходовый и предвсходовый периоды обработки картофеля. При обработке поверхности гряд в начальной стадии прорастания сорняков профилеформователем с рыхлительными зубьями цилиндрической формы диаметром 6-8 мм, иногда возможно забивание их сорными растениями, так как зубья имеют цилиндрическую форму и установлены в один ряд, что может приводить их к забиванию сорной растительностью и нарушать качество технологического процесса [1, 2, 3].

Усовершенствование профилеформователя заключается в том, что на стойке 1 закреплен держатель 7 с поперечной втулкой 8 и поперечной несущей трубой 9 на которой на Н-образной раме 10 установлен уплотняющий каток 11 с возможностью поворота в вертикальной плоскости и фиксации стопорными болтами 12 и 15, причем на этой же несущей поперечной трубе 9 установлена пружина кручения 13, которая обратной стороной жестко закреплена к перемычке 14 Н-образной рамы 10, при этом на задней части кожуха 5 установлены рыхлительные зубья 6 конусообразной формы в два ряда и в шахматном порядке (рисунок 1) [4, 5].

Профилеформователь с уплотняющим катком устроен следующим образом стойка 1, поперечные втулки 2 и 8, поперечные несущие трубы 3 и 9, пружины кручения 4 и 13, стопорные болты 12 и 15, Н-образная рама 10, перемычка 14 Н-образной рамы 10, уплотняющий каток 11, кожух 5, рыхлительные зубья конусообразной формы 6, расположенные в два ряда и в шахматном порядке.

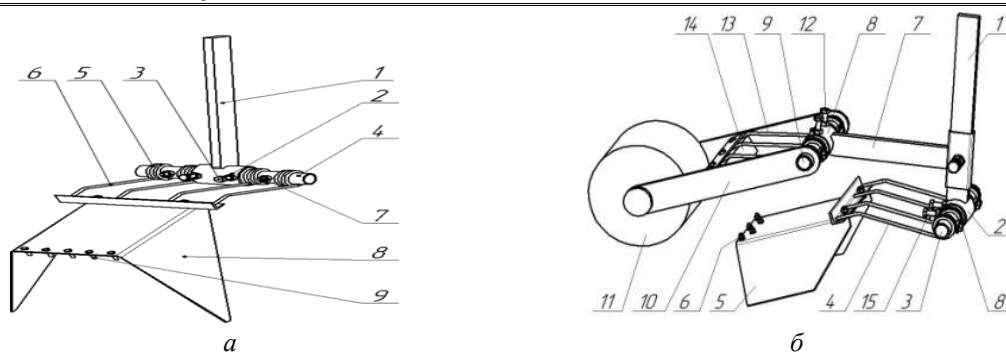


Рисунок 1 – Профилеформователь узкопрофильных гряд:
 а – профилеформоваель первоначальной конструкции;
 б – усовершенствованный профилеформоваель с уплотняющим катком.

Перед работой профилеформователь с уплотняющим катком 11 устанавливают на поперечную балку культиватора и через стойку 1 закрепляют на требуемой высоте. Далее устанавливают кожух профилеформователя 5 и уплотняющий каток 11 на требуемой высоте. При этом отпускают установленные во втулках 2 и 8 стопорные болты 12 и 15 и поворачивают несущие трубы 3 и 9 вместе с установленными на них пружинами кручения 5, которые через пружины кручения 4 и 13 прижимают к почве кожух профилеформователя 5 и уплотняющий каток 11 с требуемым усилием. После чего болтами стопорными 12 и 15 закрепляют несущие трубы 3 и 8 с пружиной кручения 4 и 13. В задней части кожуха профилеформователя устанавливают рыхлительные зубья конусообразной формы 6 в два ряда и в шахматном порядке [6, 7].

При движении агрегата во время механической обработки почвы всеми рабочими органами на боковых поверхностях узкопрофильных гряд почву, смещенную с профиля гряд кожухом 5, за счет пружин кручения 4 уплотняют и располагают в виде первоначально сформированного профиля гряд. Дополнительно почву уплотняют уплотняющим катком 11, за счет пружин кручения 13 для лучшего контакта семян сорных растений с почвой и для их быстрого и дружного прорастания. При первой и второй обработке рыхлительные зубья конусообразной формы 6 могут не применяться, а при третьей обработке перед самыми всходами картофеля применяются для окончательного вычесывания сорной растительности на поверхности гряд [8, 9].

Формирование узкопрофильных гряд профилеформователем с уплотняющим катком позволяет после каждой междурядной обработки в предпосевный и довсходовый периоды располагать ранее смещенную почву в исходное положение в профиль первоначально образованный в период формирования гряд и дополнительно уплотнять почву поверхности гряд для лучшего контакта семян сорняков с почвой и для их быстрого и дружного прорастания. В последующий период в этом слое почвы появятся проростки и всходы сорных растений, которые повторно будут уничтожены механическим путем [10].

В результате после каждого профилеформования и уплотнения обрабатываемой и смещаемой в исходное положение почвы в процессе её обработки создаются условия для повторного прорастания, оставшихся сорных семян, не взошедших после первой обработки почвы. Это позволяет максимально уничтожить сорные растения механическим способом в предпосевный и довсходовый периоды. Микроповерхностное рыхление почвы после ее профилеформования и уплотнения также обеспечивает сохранение влажности почвы с одновременным уничтожением сорняков в почвенном слое на поверхности гряды в начальной стадии их прорастания, что максимально позволяет исключить применение гербицидов для уничтожения сорняков при возделывании картофеля в системе экологического земледелия.

Литература

1. Заяц Э.В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э.В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 с.

2. Заяц Э.В. Анализ технологических операций и изыскание рабочих органов культиватора для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э.В. Заяц, А.А. Аутко, А.И. Филиппов, В.Н. Салей, П.В. Заяц // «Сельское хозяйство – проблемы и перспективы» сборник научных статей; Гродно.- ГГАУ, 2017. – с. 83-89.
3. Заяц Э.В. Разработка рабочих органов машин для возделывания картофеля и овощей при экологическом земледелии. / Э.В.Заяц, А.А.Аутко, А.И.Филиппов, В.Н.Салей, П.В.Заяц. // материалы XX МНПК «Современные технологии с/х производства»; Гродно.- ГГАУ, 2017. – С. 182-184.
4. Лепешкин Н.Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н.Д. Лепешкин, А.И. Филиппов, А.С. Добышев, К.Л. Пузевич// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии//Материалы XX международной научно-технической конференции. - г. Минск, 2016. - с. 141-147.
5. Аутко А.А. Агрегат для обработки профилированной поверхности почвы/ А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов, А.В. Зень // материалы XXI МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно.- ГГАУ, 2018. – с. 182-185.
6. Аутко А.А. Фрезерные диски для обработки боковых поверхностей гряд / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, В.П. Чеботарев // Сборник научных статей МНПК «Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве». – г. Минск. – БГАТУ, 2018. – с. 120-122.
7. Аутко А.А. Пружинный рыхлитель для довсходового уничтожения сорной растительности / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, В.П. Чеботарев // Сборник научных статей МНПК «Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве». – г. Минск. – БГАТУ, 2018. – с. 122-125
8. Филиппов, А.И. Агрегат комбинированный для обработки профилированной поверхности почвы / А.И. Филиппов, А.А. Аутко, Э.В. Заяц, С.В. Стуканов // Материалам XXII МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно.- ГГАУ, 2019 – С. 255-257.
9. Лепешкин Н.Д. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки картофеля и овощных культур с минимальной пестицидной нагрузкой / Н.Д. Лепешкин, А.А. Ауко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, П.В. Заяц, А.В. Зень // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве //Материалы МНТК посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». - г. Минск, 2017. - С. 100-113.
10. Аутко А.А. Усовершенствование рабочих органов к агрегату для производства картофеля на основе экологического земледелия/ А.А. Аутко, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов, А.В. Зень // Материалы МНТК «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро»; Минск, 2018. – с. 28-32.

УДК 631.31(476)

РАЗРАБОТКА УЗЛА РАСПЫЛА ДЛЯ ОБЪЁМНОГО ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ

Филиппов А.И.¹, к.т.н., доцент, **Заяц Э.В.¹**, к.т.н., доцент,
Аутко А.А.¹, д.с х.н. профессор, **Чеботарев В.П.²**, д.т.н., профессор
¹ГГАУ, г. Гродно, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При использовании штанговых опрыскивателей с воздушным сопровождением листья растений обрабатываются со всех сторон, однако в сухую погоду воздушный поток поднимает пыль на частичках которой оседают капли раствора, при этом уменьшается эффективность обработки, т.е. рабочие органы комбинированных машин для возделывания картофеля

должны обеспечить обработку листьев со всех сторон, при максимальной запыленности процесса и минимальном расходе растворов пестицидов.

При производстве картофеля широко применяются штанговые опрыскиватели. Однако при их применении для внесения растворов биологических препаратов или минеральных удобрений обрабатывается в основном верхняя часть листьев картофеля, в то время как нижняя часть листьев обладает лучшей адсорбирующей способностью. При опрыскивании картофеля применение нашли различные типы распылителей, однако при опрыскивании растений остро стоят вопросы неравномерного распределения растворов препаратов по обрабатываемой поверхности, так как они крепятся в узлах распыла сверху вниз и не подвижно закреплены на штанге [1, 2, 3].

Принцип работы узла распыла штанговых опрыскивателей заключается в следующем. Жидкость подается под требуемым давлением в магистраль А и воздействует на мембрану. Преодолевая усилие пружины отсечного клапана, жидкость поднимает мембрану и поступает в магистраль Б, а затем, пройдя через индивидуальный фильтр 3, попадает в распылитель 5. Отсечной клапан перекрывает канал подвода жидкости к распылителю при падении давления в системе ниже 0,07 МПа. Распылители формируют струю жидкости в виде конуса (сплошного или полого) или в виде веера. От качественной работы распылителей зависит равномерность нанесения пестицида на растения.

Для обработки картофеля такие узлы распыла устанавливаются на штанге культиватора-опрыскивателя КОУ-4/6, который состоит из рамы 4 с замком автосцепки, пяти или семи рабочих секций 5, двух опорных колес 3 и оборудования для локального внесения пестицидов и жидких минеральных удобрений, которое включает бак для рабочей жидкости 1, фильтр линии всасывания 2, штангу с распыливающими узлами 6, регулятор давления 7, насос 8, а также комплект сменных рабочих органов (рисунок 1).

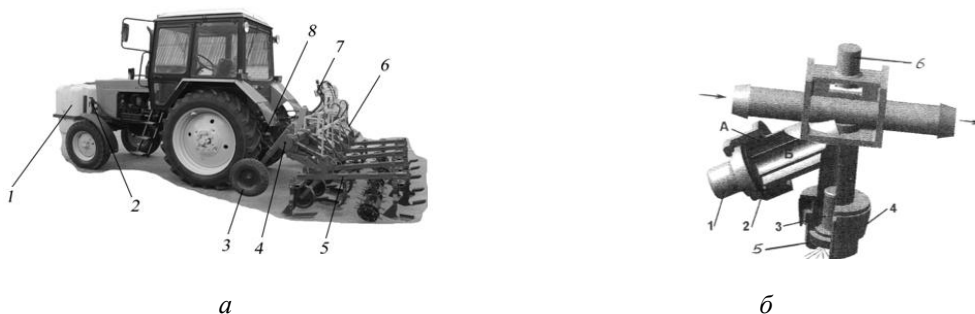


Рисунок 1. *а* - Культиватор-опрыскиватель универсальный КОУ-4/6; *б* - Узел распыла штанговых опрыскивателей

Основные показатели работы распылителей это дисперсность распыла, угол факела распыла и расход жидкости в единицу времени. Диаметр капель уменьшается с увеличением давления и уменьшением отверстия распылителя. Расход жидкости через распылители возрастает с увеличением давления и диаметра отверстия распылителей [4, 5, 6].

Поэтому исследование и разработка рабочих органов, позволяющих качественно обрабатывать растения картофеля биологическими препаратами и подкармливать жидкими минеральными удобрениями является одной из актуальных задач при возделывании экологически чистого картофеля.

В основе данных разработок лежит создание многовекторного узла распыла, позволяющего проводить полную объёмную обработку растений картофеля со всех сторон и особенно внутри куста, что максимально позволяет уничтожить колорадского жука, других вредителей и болезни растений, которые могут сохраняться на нижней части листьев, если обработку проводить только с верхней части растений существующими узлами распыла, применяемыми на типовых опрыскивателях.

Многовекторный узел распыла для нанесения рабочих растворов на растения включает: вертикальную стойку 1, ось крепления 2 крестообразных втулок 3 с возможностью вращения и фиксации, нижнюю горизонтальную часть 4 крестообразных втулок 3, верхнюю перпендикулярную часть крестообразных втулок 3, ось крепления 6 многовекторного узла распыла 7 с возможностью также вращения и фиксации, распылители 8 [7, 8].

Рабочий процесс многовекторного узла распыла 7 для нанесения рабочих растворов на растения происходит следующим образом. Многовекторный узел распыла 7 устанавливается на вертикальной стойке 1 на телескопической секции культиватора между рядами и под кронами растений с их нижней части. С помощью нижней горизонтальной части 4 и верхней перпендикулярной части 5 крестообразных втулок 3 и осей крепления 2 и 6 узел распыла 7 имеет возможность вращения, фиксации и установки его под требуемыми углами по направлению к растениям. При этом распылители направлены снизу и в стороны под кроны растений под требуемыми углами. При движении опрыскивателя между рядами многовекторный узел распыла 3 направлен распылителями 8 снизу и в стороны на отдельные ряды растений и производит обработку внутри куста и в нижней части листьев, где обычными типовыми узлами распыла обработку провести невозможно. Многовекторный узел распыла 7 также может изменять направление распылителей 8 с помощью вращения и фиксации стойки 1 вокруг своей оси (рисунок 2) [9,10].

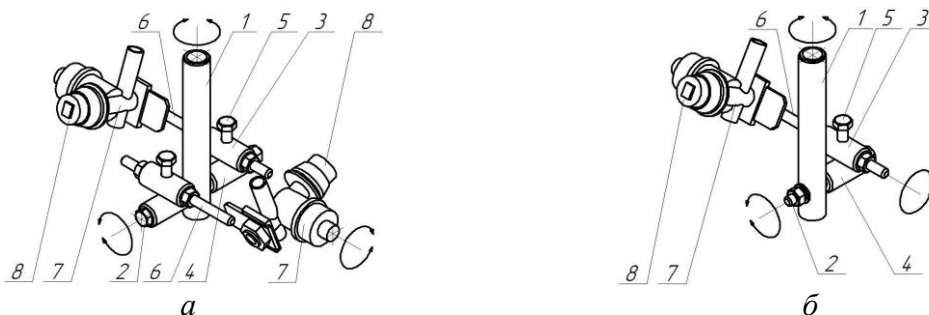


Рисунок 2 - Многовекторный узел распыла:

а – для основных секций с двумя узлами распыла; *б* – для крайних секций с одним узлом распыла

Использование подобной схемы расстановки узлов распыла для обработки растений рабочими растворами позволяет наносить рабочие растворы под кроны растений, во внутрь куста и на нижнюю часть листьев под требуемыми углами, что имеет важное значение при борьбе с колорадским жуком, личинками колорадского жука, другими вредителями и болезнями растений, которые находятся в основном на нижней части листьев. Многовекторный узел распыла можно применять для объемного нанесения рабочих растворов на растения, в частности для обработки картофеля. В результате такой обработки повышается качество и равномерность распределения рабочих растворов на растения со всех сторон, что оказывает важное значение на рост, развитие, качество и урожайность возделываемых культур.

Литература

1. Заяц Э.В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э.В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 с.
2. Заяц Э.В. Анализ технологических операций и изыскание рабочих органов культиватора для ухода за картофелем при экологическом земледелии/Э.В. Заяц, А.А. Аутко, А.И. Филиппов, В.Н. Салей, П.В. Заяц // «Сельское хозяйство – проблемы и перспективы» сборник научных статей; Гродно.- ГГАУ, 2017. – с. 83-89.
3. Заяц Э.В. Разработка рабочих органов машин для возделывания картофеля и овощей при экологическом земледелии. / Э.В.Заяц, А.А.Аутко, А.И.Филиппов, В.Н.Салей, П.В.Заяц. // материалы XX МНПК «Современные технологии с/х производства»; Гродно.- ГГАУ, 2017. – с. 182-184.
4. Лепешкин Н.Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов/ Н.Д. Лепешкин, А.И. Фи-

- липпов, А.С. Добышев, К.Л. Пузевич// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии//Материалы XX международной научно-технической конференции. - г. Минск, 2016. - с. 141-147.
5. Аутко А.А. Агрегат для обработки профилированной поверхности почвы/ А.А.Аутко, Э.В.Заяц, А.И.Филиппов, С.В.Стуканов, А.В.Зень// материалы XXI МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно.- ГГАУ, 2018. – с. 182-185.
- 6 Аутко А.А. Фрезерные диски для обработки боковых поверхностей гряд / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, В.П. Чеботарев // Сборник научных статей МНПК «Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве». – г. Минск. – БГАТУ, 2018. – с. 120-122.
7. Аутко А.А. Пружинный рыхлитель для довсходового уничтожения сорной растительности / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, В.П. Чеботарев // Сборник научных статей МНПК «Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве». – г. Минск. – БГАТУ, 2018. – с. 122-125
8. Филиппов, А.И. Агрегат комбинированный для обработки профилированной поверхности почвы / А.И. Филиппов, А.А. Аутко, Э.В. Заяц, С.В. Стуканов // Материалам XXII МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно.- ГГАУ, 2019 – с.255-257.
9. Лепешкин Н.Д. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки картофеля и овощных культур с минимальной пестицидной нагрузкой/Н.Д. Лепешкин, А.А. Ауко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, П.В. Заяц, А.В. Зень// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве //Материалы МНПК посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». - г. Минск, 2017. - с. 100-113.
10. Аутко А.А. Усовершенствование рабочих органов к агрегату для производства картофеля на основе экологического земледелия/ А.А.Аутко, Э.В.Заяц, Н.Д.Лепешкин, А.И.Филиппов, С.В.Стуканов, А.В.Зень//Материалы МНПК «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро»; Минск, 2018. – с. 28-32.

УДК 631.331.082

**АНАЛИЗ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ ЗЕРНОВОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКОЙ**

Рогальская Ю.Н.¹, Еднач В.Н.¹, к.т.н., Танась Войцех², д.т.н., профессор

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Университет естественных наук в Люблине, г. Люблин, Польша

Применение комбинированных агрегатов и машин для внесения минеральных удобрений, с пневматической распределительной системой, получило широкое распространение [2, 3]. Равномерность распределения минеральных удобрений по тукопроводам является одним из наиболее важных показателей, поскольку именно от равномерности внесения их в почву напрямую зависит урожайность возделываемой культуры. Так же необходимо отметить, что равномерность распределения в большей степени зависит от конструктивных и технологических параметров, используемых делительных головок.

С целью изучения равномерности распределения минеральных удобрений с помощью вертикальных пневматических систем распределения, на кафедре «Сельскохозяйственные машины», проводился эксперимент с использованием пневматической распределительной системы сеялки СПУ-3 (рисунок 1), которая является аналогичной распределительной системе сеялки удобрений СУ-12 [2]. В качестве энергетического средства использовался трактор Беларусь 925М.

При проведении исследований использовались следующие настройки: устанавливали обороты ВОМ трактора для привода вентилятора, равные 1000 мин^{-1} ; заслонка пневматической распределительной системы устанавливалась в положении А (нормальный высев); доза внесения удобрений устанавливалась изменением рабочей длины катушки дозатора высевающего аппарата.



Рисунок 1 – Сеялка СПУ-3

Для изучения неравномерности внесения удобрений пневматической распределительной системой на базе сеялки СПУ-3 были выбраны калийные и фосфорные удобрения.

Делительная головка сеялки СПУ-3 предназначена для 24 тукопроводов, на выходной конец каждого из которых был одет воздухопроницаемый гибкий контейнер, необходимый для определения массы высеянных удобрений каждым тукопроводом. Масса и порядковый номер контейнера были определены заранее. Каждый воздухопроницаемый гибкий контейнер фиксировался на тукопроводе при помощи хомута. Для наблюдения за движением гранул исследуемых удобрений на делительной головке крышка была заменена на прозрачную.

Эксперимент проводился в следующей последовательности: включали ВОМ трактора и устанавливали заданную частоту вращения 1000 мин^{-1} , устанавливали заданную длину рабочей части катушки высевающего устройства (при длине рабочей части катушки 15 мм ориентировочная доза внесения удобрений составляет 100 кг/га [1], при длине рабочей части катушки 30 мм ориентировочная доза внесения удобрений составляет 200 кг/га), делали десять оборотов приводного колеса, останавливали ВОМ.

Масса высеянных удобрений каждым тукопроводом определялась путем взвешивания воздухопроницаемых контейнеров. Для каждого вида удобрений эксперимент производился в трех повторениях. Результаты проведенных исследований представлены в виде диаграмм, по внешнему контуру диаграммы обозначены тукопроводы, от центра к периферии масса высеянных гранул через каждый тукопровод. На рисунке 2 представлены графики распределения калийных удобрений.

В результате исследований наблюдалась значительная неравномерность распределения калийных удобрений рисунок 2а, при норме высева 100 кг/га , так в зонах 12 и 19 тукопроводов масса высеянных калийных удобрений отличалась в два раза. При повышении нормы высева до 200 кг/га неравномерность увеличилась более чем в 4 раза. Кроме того, наблюдалось зависание и полная остановка калийных удобрений на плоской поверхности распределительной головки. Данный эффект свидетельствует о том, что калийные удобрения с неправильной угловатой формой и большим удельным весом выпадают в зонах перепада скорости воздуха.

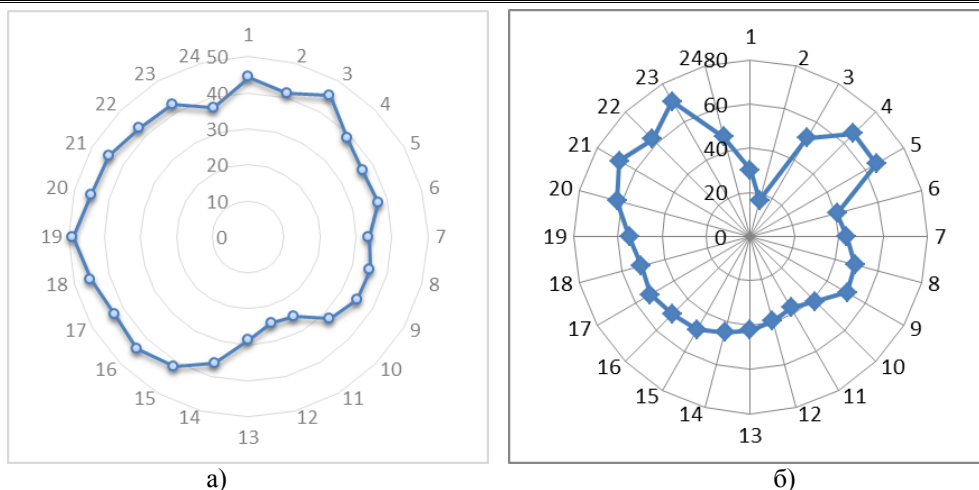


Рисунок 2 – Диаграммы распределения массы калийных удобрений по 24 – м семяпроводам;
 а) норма высева 100 кг/га; б) норма высева 200 кг/га

На рисунке 3 представлены диаграммы, построенные по результатам исследований равномерности распределения фосфорных гранулированных удобрений пневматической распределительной системой сеялки СПУ-3.

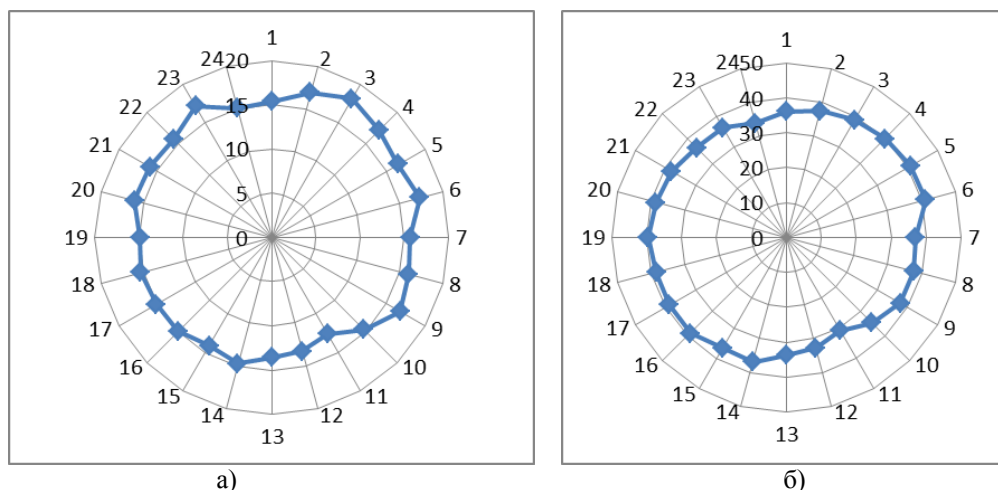


Рисунок 3 – Диаграммы распределения массы фосфорных удобрений по 24 – м семяпроводам:
 а) норма высева 100 кг/га; б) норма высева 200 кг/га

Из полученных данных, можно сделать вывод, что равномерность распределения гранулированных фосфорных удобрений значительно выше чем калийных. На это оказывают влияние два немаловажных фактора: удельный вес и форма, характеризующиеся аэродинамическими свойствами. А также для при внесении пневматическими распределительными системами необходимо использовать удобрения в виде гранул округлой формы.

Таким образом разработка оптимальной формы распределительной головки, позволяющей минимизировать неравномерность внесения удобрений является актуальной задачей.

Литература

1. Капустин, В. П. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие / В. П. Капустин, Ю. Е. Глазков. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 280 с.
2. ОАО «Лидсельмаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lidselmash.by/>. – Дата доступа: 10.09.2019.
3. «HORSCH» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.horsch.com/ru/produkty/>. – Дата доступа: 31.05.2019.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКЕ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

Сильченко Е.П.

ЛНАУ, г. Старобельск, Украина

Скотоводство - ведущая отрасль животноводства, о чем свидетельствует не только количество скота в хозяйствах Украины, но и высокий удельный вес молока и говядины в структуре животноводческой продукции. От отрасли скотоводства получают 99% молока и более 50% мяса. Кроме молока и мяса, от крупного рогатого скота получают ценное кожаное сырье. В связи с этим особую актуальность приобретает проблема совершенствования технологии содержания молочного крупного рогатого скота

Крупный рогатый скот - наиболее дифференцированный вид животных. По данным российского ученого М. Г. Дмитриева, в мире существует более 100 пород крупного рогатого скота. Наибольшую долю занимают три породы: красная степная (37,5%), черно - пестрая (32,1%) и симментальская (22,6%).

Целью настоящей работы является обоснование собственных экспериментальных исследований по влиянию тканевого препарата "Гумосвит" на количество белка и формовых элементов крови коров украинской черно-пестрой молочной породы и формирование выводов относительно использования этого препарата при разработке технологии содержания молочного скота направленной на повышение его продуктивности.

Причиной низкой эффективности деятельности многих ферм и комплексов промышленного типа является несовершенство отдельных элементов технологии по содержанию, кормлению, доению коров.

Под технологией в животноводстве понимают комплекс мероприятий, в которых корма с помощью животных перерабатываются в продукты питания, или сырье для легкой промышленности.

По мнению многих ученых главным условием решения проблемы роста производства животноводческой продукции является интенсификация.

Наиболее быстрое и широкое внедрение в производство инноваций реализует возможность обеспечить успех в выполнении задачи производства необходимого количества и качества молочной продукции.

Одним из важных дополнительных резервов повышения продуктивности сельскохозяйственных животных является использование тканевых препаратов, которые изготавливаются по методу академика В.П. Филатова. Эти препараты успешно используются в животноводстве. Использование тканевых препаратов в животноводстве привело к улучшению острых вопросов по повышению физиологических функций, получения высоких приростов массы тела при откорме, а в ветеринарном деле позволило усовершенствовать методики лечения внутренних, гинекологических, глазных болезней и облегчить проведение хирургических операций.

Экспериментальные исследования доказали, что тканевые препараты осуществляют нормализующее влияние на основной обмен веществ, активизируют азотистый обмен, ускоряют восстановление белков в тканях и крови, повышают регенеративные процессы в организме, активизируют ферментные системы, оказывают позитивное влияние на нервную, гормональную и кроветворную системы и повышают иммунологические способности животного.

Экспериментальными исследованиями, которые проводились в Харьковской государственной зооветеринарной академии, установлено, что тканевые препараты оказывают нормализующее действие на общий обмен, активизируют азотный обмен, ускоряют воспроизведение белков в тканях и крови, повышают регенеративные процессы в организме [1]. Препараты тканей, консервированные по В.П.Филатову, активизируют ферментные системы организма. Они оказывают положительное влияние на нервную, гормональную и кроветворную системы. Под влиянием тканевых препаратов повышаются иммунологические свойства животного [2].

Основные положения теории В.П.Филатова сводятся к следующему. Ткани животного и растительного происхождения, отделенные от организма, при влиянии на них факторов среды, которые затрудняют их жизнь, подлежат биохимическому перестроению. В результате такой перестройки в тканях образуются вещества, стимулирующие биохимические процессы и способствующие сохранению жизни тканей в неблагоприятных условиях.

Эти вещи были названы академиком В.П.Филатовым биогенными стимуляторами, или стимуляторами биологического происхождения.

Как указывает В.П. Филатов, образование биогенных стимуляторов следует рассматривать как разработанный эволюционным путем способ приспособления организма к воздействию условий среды.

Если в любой организм ввести биогенные стимуляторы (путем подсадки консервированных тканей или инъекций экстрактов из них), то они активизируют в них жизненные процессы. Активизируя обмен веществ, они повышают сопротивляемость организма к болезненным факторам, усиливают его регенеративные свойства, способствует выздоровлению.

Введение биостимуляторов в большинстве случаев оказывает тонизирующее действие на организм, приводит к ускорению развития. Вследствие этого биостимуляторы нашли довольно широкое применение в животноводстве как стимуляторы роста, развития и продуктивности сельскохозяйственных животных.

Проведение опытов свидетельствует о том, что тканевые препараты являются эффективным средством повышения продуктивности животных. Удобство изготовления и невысокая стоимость способствуют их широкому внедрению в практику животноводства.

Для опыта с дойными коровами было сформировано две группы коров-аналогов 3-5 лактации, 5-8-летнего возраста: контрольная и опытная. В контрольную группу были отобраны 14 голов, а в подопытную - 15 голов коров.

С целью проверки пролонгированного действия препарата, коровы подопытной группы в течение трех месяцев получали еженедельные подкожные инъекции в область шеи по 15 мл препарата "Гумосвит" в расчете на одну голову. Коровам контрольной группы также были сделаны подкожные инъекции 15 мл 0,85% раствора $NaCl$, во избежание фактора стресса от инъекций.

Анализируя средние показатели продуктивности коров за исследуемый период, мы можем отметить значительный рост надоев у коров подопытной группы, однако этот показатель практически не имел изменения у коров контрольной группы.

Повышение молочной продуктивности у коров подопытной группы обусловлено повышением обмена веществ, переваривания пищи и, в связи с улучшением показателей крови, повышением уровня выработки пролактина, который вызывает повышение уровня продуктивности коровы. В данном случае повышение молочной продуктивности следует рассматривать как следствие повышения общего тонуса животного.

Что касается содержания жира и белка в молоке, то оно осталось практически неизменным у коров обеих групп. Но при пересчете количества молочного жира в килограммы, становится заметной разница между результатами в контрольной и подопытной группах.

Как известно, при повышении уровня надоев за счет улучшения уровня кормления и условий содержания или в результате проведения направленной на увеличение надоев селекционной работы, содержание жира и белка имеет с этим показателем обратную корреляцию. То есть, при увеличении надоев количество молочного жира и белка уменьшается. Но в данном случае мы можем наблюдать другое - у коров опытной группы с повышением надоев содержание жира практически не изменилось, а в количественном выражении содержание жира в молоке подопытной группы превысило показатель контрольной группы на 15%.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности использования биостимулятора "Гумосвит" в технологической цепочке содержания молочного скота с целью повышения его продуктивности. Экспериментальное использование указанного препарата позволяет рекомендовать его к внедрению в практику при разработке технологий содержания молочного крупного рогатого скота.

Литература

1. Маменко А.М., Муратов С.А., Буриков А.П. Животноводство в техногенных и радиоактивных условиях. – Харьков: Кафедра прикладной экологии ХГЗВА, 2005. - 124 с.
2. Технологические основы производства и переработки продукции животноводства. Учебное пособие под редакцией В.И. Фифинина и Н.Г. Макарецва. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2003. - 808 с.

УДК 631.356:005.512:635.132 (043.3)

МЕХАНИЗАЦИЯ УБОРКИ МОРКОВИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Барановский И.А.¹, к.т.н., Воробей А.С.¹, к.т.н.,

Ракова Н.Л.², к.т.н., доцент, Гарост П.Н.²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Столовая морковь является одной из основных овощных культур в Республике Беларусь. Она очень богата витаминами. Ни один продукт не имеет в своем составе такого количества витамина А, как морковь. 100 грамм моркови способны удовлетворить суточную потребность человека в витамине А более чем на 120 %.

Согласно данным Министерства здравоохранения Республики Беларусь на душу населения необходимо потреблять не менее 10 кг моркови в год, а следовательно, ежегодный валовый сбор должен составлять около 100 тысяч тонн [1].

В Республике Беларусь возделыванием овощей занимается более 560 хозяйств. Площадь, занятая под морковь, составляет более 3 тысячи гектаров, а валовый сбор – от 70 до 80 тысяч тонн [2]. За рубежом приходится дополнительно закупать до 30 тысяч тонн моркови.

Проблему импортозамещения можно решать двумя путями: путем увеличения посевных площадей и снижения потерь при уборке и хранении. Целесообразно, с экономической точки зрения, снизить потери при уборке, оснастив предприятия новой морковуборочной техникой. На данный момент в большинстве сельскохозяйственных организаций используются машины выкапывающего типа, чаще всего это переоборудованные картофелекопатели.

Морковь, убранная таким способом, требует доработки по доочистке от необрезанных листьев ботвы, растительных и других примесей [3].

Мировая тенденция производства техники для уборки овощей направлена на разработку комбайнов теребильного типа. Применение машин такого типа позволяет устранить недостатки, присущие машинам выкапывающего типа.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и успешно прошел приемочные испытания комбайн теребильного типа для уборки моркови КТМ-1 (таблица 1).

Таблица 1 – Технические характеристики комбайна КТМ-1

Наименование показателей	Значение
Тип комбайна	полуприцепной
Ширина междурядий, см	45–90
Количество убираемых рядков, шт.	1
Рабочая скорость движения, м/с	0,38–1,33
Масса комбайна, кг, не более	6600
Вместимость бункера для моркови, кг, не более	4000
Количество обслуживающего персонала по профессиям	1 тракторист-машинист
Производительность за 1 час времени, га, не менее:	
– основного	0,06–0,43
– сменного	0,04–0,28
– эксплуатационного	0,04–0,27

Комбайн предназначен для уборки в бункер одного рядка моркови, возделываемой по однострочной или двухстрочной схеме посева на профилированной поверхности, с последующей выгрузкой корнеплодов в транспортное средство. Агрегатируется с тракторами класса 20–30 кН.

Комбайн состоит из: рамы, колесного хода, подкапывающего рабочего органа, ботвоподъемников, теребильной секции с роторным ботвоудаляющим устройством, поперечного и выгрузочного конвейеров, бункера с подвижным днищем и откидным бортом, гидрооборудования, системы электроавтоматики и тормозной системы (рисунок 1).

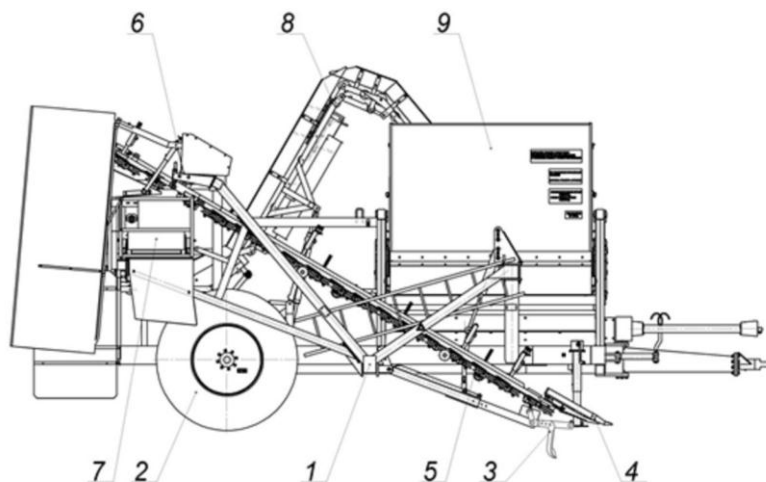


Рисунок 1 – Конструктивная схема комбайна КТМ-1:

- 1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – подкапывающее устройство; 4 – ботвоподъемники; 5 – теребильная секция; 6 – роторное ботвоудаляющее устройство; 7 – поперечный конвейер; 8 – выгрузочный конвейер; 9 – бункер с подвижным днищем и откидным бортом

Технологический процесс работы комбайна заключается в следующем: при движении комбайна по подготовленному полю (сначала убирается морковь с поворотных полос, затем с проездов между загонами и с самих загон) ботвоподъемники поднимают ботву моркови с рядка и направляют ее в устье теребильной секции. Подкапывающие вибрационные лапы (рисунок 2) обеспечивают рыхление почвы в рядке, нарушая тем самым связь корнеплодов с ней. Ремни теребильного конвейера зажимают ботву моркови, извлекают ее из почвы и доставляют к ботвоудаляющему аппарату, где ботва отделяется и сбрасывается на поверхность поля. Корнеплоды поступают на поперечный и выгрузочный конвейеры и далее в бункер.

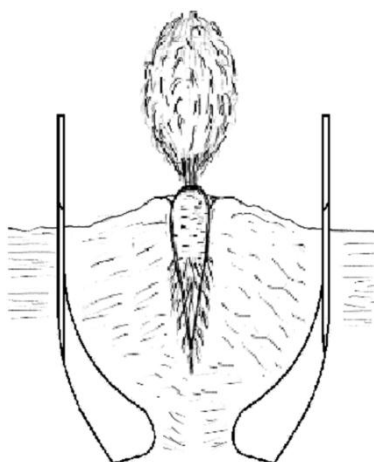


Рисунок 2 – Вид подкапывающих лап

Для повышения качества подкапывания корнеплодов исключаящее их повреждение, снижения потребляемой мощности разработаны и запатентованы противофазно вибрирующие

щие лапы с полувинтовой рабочей поверхностью, создающие в почве комплекс сложных колебательных явлений, способствующих «самоочищению» моркови от примесей и ее перемещению к поверхности почвы.

Оснащение овощеводческих предприятий новыми морквоуборочными комбайнами позволит сократить затраты труда, расход топлива и повысить рентабельность отрасли.

Литература

1. Попков, В.А. Овощеводство Беларуси / В.А. Попков. – Минск: Наша идея, 2011. – 1088 с.
2. Государственная комплексная программа развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011–2015 годах: постановление Совета Министров Республики Беларусь 31.12.2010 № 1926 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 20.06.2012 № 564): офиц. изд. – Минск, 2011.
3. Диденко, Н.Ф. Машины для уборки овощей / Н.Ф. Диденко; В.А. Хвостов, В.П. Медведев. – М.: Машиностроение, 1973. – 279 с.

УДК 631.33.07

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ САМОХОДНЫХ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Белевич А.Г.¹, Занемонский С.В.¹, Дзема А.А.²

¹БГАТУ, ²БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Технологические схемы современных отечественных и зарубежных машин для внесения твердых и жидких минеральных удобрений принципиально одинаковы. Следовательно, качество распределения удобрений этими машинами также может быть одинаковым. Однако соотношение грузоподъемности и массы отечественных и зарубежных машин различается, поэтому актуальной является сравнительная оценка современных машин для внесения удобрений по критерию соотношения грузоподъемности, массы и мощности двигателя [1].

Важнейшими ресурсами сельского хозяйства являются минеральные удобрения, известковые материалы, микроудобрения, как основа увеличения урожайности всех сельскохозяйственных культур [2]. Ежегодно в Республике Беларусь вносится твердых и жидких минеральных удобрений физическим весом соответственно около 5 млн. тонн и 500 тыс. тонн и, около 3 млн. тонн известковых материалов. Для высоко производительного внесения удобрений необходимо при комплектовании машинно-тракторных агрегатов подобрать соответствующие самоходные машины, прицепные или навесные разбрасыватели, агрегируемые с тракторами необходимого тягового класса, выбрать рациональный скоростной режим, чтобы агрегат обеспечивал наименьшие затраты труда и средств.

В первую десятку ведущих мировых производителей самоходных машин для внесения удобрений в 2019 году входят: John Deere, AMAZONE, Apache, TECNOWA LAZER, Case, Challenger, BARGAM, BERTHOUD, Hardi, Mazzotti.

Рассмотрим соотношение грузоподъемности, массы и мощности отечественных и зарубежных самоходных машин для внесения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений (таблица 1).

Представленный сравнительный анализ соотношения массы, грузоподъемности и мощности двигателей отечественных и зарубежных самоходных машин для внесения жидких минеральных удобрений и средств защиты показывает: средняя мощность двигателей находится в пределах 33...60 кВт – 7,1 %, 65...90 кВт – 7,1 %, 95...150 кВт – 50 %, 155...250 кВт – 35,7 %; средняя грузоподъемность находится в пределах 500...1514 кг – 7,3 %, 1550...2500 кг – 16,4 %, 2550...3500 кг – 25,5 %, 3550...5500 кг – 43,6 %, 6000...12000 кг – 7,3 %; средняя масса находится в пределах 1050...2050 кг – 5,6 %, 2100...3500 кг – 1,9 %, 3550...5750 кг – 7,4 %, 550...8000 кг – 35,2 %, 8100...10270 кг – 25,9 %, 10315...25000 кг – 24,1 %.

Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве

Таблица 1 – Соотношение грузоподъемности (кг), массы (кг), мощности двигателя (кВт) самоходных машин для внесения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений

Производитель, марка машины	Мощность двигателя, кВт	Грузоподъемность / масса	Производитель, марка машины	Мощность двигателя, кВт	Грузоподъемность / масса
BOXER II 4000	132	4000/7800	BARGAM GRIMPEUR 2000	107	2000/6500
TECNOMALASER 3028 TLX	147,2	3000/ 6105	BARGAM GRIMAC 3000	129	4000/7600
МЕКОСАН ТЕСНОМА LASER 4240	147	4200/10270	John Deere 4630	121	2274/7718
ИБИС-2400П	110,2	2400/5700	John Deere 4730	183	3028/10315
СЭУ «ДВИНА»	54,8	600/1175	John Deere 4830	202	3785/11351
ОПШ «РОСА»	33	500/1500	John Deere 4940	250	4542/15776
ТУМАН-1	52,6	600/1050	Case IH PATRIOT 2230	121	2500/8437
ТУМАН-2	80,9	2000/2400	Case PATRIOT SPX 3330	186	3785/11113
ОС Агро-3100	93,2	3100/6700	Case PATRIOT SPX 4430	243	4542/12936
Рубин 1200	108,9	1200/1550	Challenger RoGator 655C	179	6000/14394
БЛ-3000	57,4	2500/5500	Challenger SPRA COUPE 4460/4660	89,6	1514/4526
Apache AS 720	117	2840/8350	Challenger SPRA COUPE 7460	127,8	2721/7938
Apache AS 1020	127,3	3780/8970	Challenger SPRA COUPE 7660	127,8	2721/8165
Apache AS 1220	158,2	4543/10145	Challenger RoGator 1396	228,8	4920/13725
AMAZONE Pantera 4001	147,2	4200/9890	Agrifac ZA3436	147	4000/9300
AMAZONE Pantera 4502	160,4	4800/10120	VERSATILE SX 275	205	4540/11567
BERTHOUD BOXER 3000	110,4	3000/6250	Hardi ALPHA PLUS 3500	140	3500/7960
BERTHOUD Raptor 3240	132,4	3200/8445	Hardi ALPHA PLUS 4100	155	4100/8530
BERTHOUD Raptor 4240	147,2	4200/9050	EVARD AHM 4004	134	4000/8400
BERTHOUD Raptor 5240	179,5	5200/9050	Krukowiak Herkults 3000	175	3000/7500
CAIMAN SP 3225	88,3	3200/7100	Krukowiak 4000	175	4000/7500
Gaspardo URAGANO-3000	127	3000/7300	Mazzotti MAF 4240	174	4600/10800
Gaspardo URAGANO -4000	127	4000/7300	Mazzotti MAF 5240	174	5300/10800
Damman DT 3200H H 3A	240	12000/25000	Damman DT 2000 H Plus	150	4000/15000
Барс-3000	115	3000/6700	Damman DT 2500H	180	4000/18000
ОС-3000 4x4	184	3000/9000	Damman DT2500H	190	6000/18000
Matrot HELLIOS 2500	103	2500/6300	Jacto Uniport 2500 Star	101	2500/5750
AVAGRO-МК 25XX	88,3	2500/3800	Jacto Uniport 3030	178	3000/6250
Horsch Leeb PT 270 HORSCH	200	8000/7600	TUCANO 3500	129	3500/6900

Литература

1. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: НЗ4 материалы Междунар. науч.- практ. конф. (Минск, 21-22 окт. 2009 г.). В 3 т. Т.1. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редколлегия: П.П. Казакевич (гл. ред.), О.О. Дударев. – Минск : РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2009. – 228 с.
2. Бобровник А.И. Повышение эксплуатационных качеств мобильных агрегатов для внесения удобрений: Минск, МТЗ, 1997. – 160 с.

УДК 631.563.9 (621.796)

АКТИВНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ МАСС ПРИ ХРАНЕНИИ

Перепечаев А.Н.¹, к.т.н., доцент, **Жилич Е.Л.¹**,

Чеботарев В.П.², д.т.н., профессор, **Чечеткин А.Д.²**, к.т.н., доцент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Зерно – плод (семя) зерновых культур (злаковых растений), используемый для питания людей и в качестве корма для животных, имеет важное значение как незаменимый источник пищи.

Однако процесс хранения зерна имеет много трудностей обусловленных тем, что каждое семя (зерновка) представляет собой живой организм, живую биологическую систему, способную погибнуть [1].

Кроме того, при существующих технологиях выращивания и уборки зерновых на хранение поступает не собственно зерно, а зерновая масса.

Во время развития и созревания в поле, зерна не одновременно проходят стадии восковой спелости, соответственно все зерна будут иметь различную спелость [2]. Уборка урожая, погодные условия и продолжительность уборки, могут также изменить показатели зерновой массы.

Важнейшее значение для процессов послеуборочного дозревания при хранении имеют влажность и температура зерновой массы, степень ее аэрации и состав воздуха межзерновых пространств. Семена наиболее быстро дозревают при температуре 15...30°C и более [3].

Свободный приток воздуха к семенам при дозревании обеспечивает подвод к ним кислорода, а также способствует отводу тепла и влаги, выделяемых при дыхании. Следовательно, наиболее интенсивно послеуборочное дозревание протекает при активном доступе воздуха к семенам.

Наиболее действенные меры — снижение влажности зерна (сушка) в сушильных установках с активным вентилированием. Сушка свежубранного зерна пшеницы при 45°C дает наилучшие результаты. При тепловой сушке наибольшее значение имеет скорость удаления влаги из зерна.

Если влажность окружающей среды выше 65%, возможно увлажнение сухой зерновой массы и ухудшение ее хранения. Влажность зерновых злаковых более 14,5% может вызывать самосогревание зерна. Однако это явление при наличии перепада температур может возникнуть даже в насыпи относительно сухого зерна: например, в металлическом силосе, южная сторона которого нагретая солнцем. Под влиянием градиента температуры возникает перемещение влаги из нагретых участков насыпи до охлажденных, а длинный перепад температур вызывает заметную разницу влажности зерна. Еще более опасны неплотности в стене силоса: влага может проникать внутрь, во время осадков или в результате конденсации паров воды при снижении температуры воздуха или при низкой температуре зерна в силосе.

Помимо этого, в зерновых с повышенной влажностью начинают резко развиваться плесневые грибы. Поэтому при поступлении влажного зерна необходимо провести его сушку или временную консервацию.

В настоящее время в хозяйствах республике практически отсутствует оборудование для режимного хранения и вентилирования зерна и зернового вороха.

Применение систем вентиляции обеспечит повышение гибкости уборочного процесса, улучшит процесс соблюдения контроля за качеством зерна при уборке, хранении и доработке.

Без применения современных систем вентилирования зерна невозможно избежать потерь и сохранить его качества при хранении.

Все выше сказанное обуславливает необходимость создания и разработки универсального дешевого оборудования для активного вентилирования зерна и зернового вороха на всех стадиях его хранения и промежуточных стадиях переработки.

Литература

1. Юдаев, Н.В. Элеваторы, склады, зерносушилки: учеб. пособие / Н.В. Юдаев — ГИОРД, 2008. — 128 с..
2. Хранение зерна [Электронный ресурс] Режим доступа: http://geolike.ru/page/gl_2211.htm – Дата доступа 20.05.2019.
3. Особенности состояния и качества зерна. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://helpiks.org/8-70976.html>. – Дата доступа 20.05.2019.
4. Хранение и переработка продукции растениеводства. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://bibook.ru/books/21971/default.htm>. – Дата доступа 20.05.2019.
5. Потери зерна: причины, последствия и способы предотвращения [Электронный ресурс] Режим доступа: http://agroinform.com/article_view/60/потери_зерна:_причины.html. – Дата доступа 20.05.2019.
6. Активное вентилирование зерновых масс [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/312/54773.php>. – Дата доступа 20.05.2019.

УДК 633.521

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ ЛЬНА ДОЛГУНЦА

Перепечаев А.Н.¹, к.т.н., доцент, **Чеботарев В.П.²**, д.т.н., профессор,

Чечеткин А.Д.², к.т.н., доцент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Важная роль в АПК Республики Беларусь принадлежит льноводству, для развития которого на территории нашей страны есть все необходимые природно-климатические условия. Лен и изделия из льна практически без ограничений могут быть востребованы на международном рынке. Поэтому проблема оптимального построения технологий и создания технических уборочных средств в технологических процессах производства продукции льноводства вполне востребована сельскохозяйственной наукой и аграрной практикой и соответствует целям реформирования агропромышленного комплекса страны.

Посев льна в республике обеспечивается сеялками СПУ-4Л и СПУ-6Л, а также комбинированными посевными агрегатами АПП-6АБ и АППМ-6. Применяемые машины не позволяют в полной мере реализовать биологический потенциал семян льна. Поэтому Центром разработан специальный посевной агрегат АПЛ-4 шириной захвата 4 метра с механической системой высева, обеспечивающей внесение стартовой дозы минеральных удобрений.

Для теребления льна в стадию ранней желтой спелости используются, в основном льнотеребилки ТСЛ-2,4. Наилучшие показатели производительности, надежности технологического процесса и удельного расхода топлива имеют теребилки ТСЛ-2,4.

В процессе эксплуатации машин всех фирм, выявлен один общий отказ, связанный с частыми разрывами ремней теребильной секции. Это приводит к продолжительным простоям машин до двух недель. Вызвано это тем, что изготовителями не проводится работа по созданию запасов быстроизнашивающихся рабочих органов для оперативного устранения выявленных отказов.

Для получения семян в настоящее время основной машиной в республике остается прицепной комбайн ЛК-4А и его аналог Двина-4, а также комбайн льноуборочный самоходный КЛС-3,5 "Полесье". Льноуборочные комбайны должны использоваться в желтую и полную желтую спелость на семеноводческих посевах. При этом необходимо учитывать, что получение семян должно обеспечиваться на участках с полеглостью не менее 3 баллов.

Комбайн КЛС-3,5 производится ПО «Гомсельмаш». Разрабатывался на основе и по типу комбайна самоходного льноуборочного U-26 фирмы «Union» (Бельгия).

На сегодняшний день оборачивание ведется самоходными однопоточными машинами ОЛЛ-1.

В настоящее время основной машиной для уборки льна в рулоны является ПРЛ-150. Следует отметить, что для получения рулонов с лентой равномерной линейной плотности пресс-подборщик должен иметь систему синхронизации процесса прессования, т.е. получение рулонов с заданными характеристиками вне зависимости от изменения рабочей скорости движения.

При уборке льна необходимо уделить внимание разработке машин, которые обеспечат повышение производительности процессов, увеличение унификации машин, сохранение качественные показатели льнотресты.

Так, для теребления льна необходимо разработать универсальную уборочную машину, которая за счет сменных модулей обеспечит работу, как в режиме теребилки, так и в режиме комбайна. Предполагается, что это обеспечит сокращение парка теребилки и комбайнов на 20-30%, увеличить годовую загрузку одной базовой машины до 40% и снизить эксплуатационные издержки на 10-15%.

Известно, что на процессы формирования рулонов льнотресты, хранения в шобах, переработки важное влияние оказывает её влажность. Допустимая влажность при заготовке льнотресты и хранении составляет 23%, при переработке – 15-18%. Снижение влажности тресты в наших условиях должно вестись двумя способами – в поле применением специальных машин для отрыва лент и её естественной просушки перед прессованием и на льнозаводе применением сушильных машин. При урожайности тресты до 2,5-3,0 т/га целесообразно впускание, при большей урожайности проводят оборачивание, что малопродуктивно. Необходимо провести разработку специального подборщика-аэратора, который включит в себя преимущества впускателей и оборачивателей. Это позволит снизить влияние неблагоприятных погодных условий на производительность работ при заготовке льнотресты.

На основании положительных результатов создания базового специализированного агрегата для сева льна АПЛ-4 с учетом производственных условий республики (контурность полей, длина гона и т.д.) необходимо разработать агрегат шириной захвата 6 метров к тракторам класса 5 с аналогичной схемой по типу агрегата АПЛ-4. Внедрение этих агрегатов позволит полностью решить на данном этапе развития льняного комплекса республики проблему интенсификации процессов возделывания льна-долгунца.

Комплекс мероприятий по разработке новых перспективных машин и оборудования предусмотрен концепцией системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции на период до 2020 года

Литература

1. Научное обеспечение развития льняной отрасли на 2008-2012 г.г.: отраслевая научно-техническая программа, утверждена первым заместителем Министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь Н.Н. Котковец 08.05.2007 года.
2. Ильина, З.М. Рынок продовольствия и сырья: Лен: монография / З.М. Ильина, Н.Н. Батова, В.Н. Перевозников; под ред. З.М. Ильиной: Институт экономики НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 108 с.
3. Шаршунов, В.А. Технология и оборудование для производства растительных масел и переработки их отходов: пособие / В.А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2011. – 536 с.
4. Барановский, С.И. Анализ развития льноперерабатывающей промышленности и пути повышения эффективности производства льнопродукции / С.И. Барановский, Е.А. Кременевская // Агропанорама. – 2000. – №2. – С. 9–10.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ ГРЕБНЯ

Чеботарев В.П.¹, д.т.н., профессор, Еднач В.Н.¹, к.т.н.,

Филиппов А.И.², к.т.н., доцент, Зенов А.А.¹

¹БГАТУ, г. Минск, ²ГГАУ, Гродно, Республика Беларусь

При возделывании многих пропашных культур нарезка гребней и посадка растений в сформированный гребень, является важной технологической операцией. Одним из основных аспектов, которые необходимо учитывать, является взаимосвязь окучивающих корпусов и устройств формирующих профиль гребня. Достаточное количество почвы подаваемое окучивающими корпусами в гребень и необходимая форма гребня обеспечиваемая профилеформирующим устройством отражаются на плотности почвы в гребне. Из практики известно, что посадка в слишком рыхлую почву растений приводит к дефициту влаги, что особенно негативно сказывается в начальный период роста растений. Переуплотнение почвы также нежелательно поскольку может приводить к быстрому высыханию гребня. Кроме того с течением времени почва слеживается, поскольку стремится к своей равновесной плотности которая находится, в зависимости от типа, в интервале от 1,4 до 1,5 г/см³ [1], при этом оптимальная плотность для прорастания сельскохозяйственных культур от 1,0 до 1,4 г/см³. Таким образом, только согласованность в работе окучивающих либо заделывающих и профилеформирующих рабочих органов позволяет достичь оптимальной плотности гребня.

Рассмотрим зависимость размеров гребня и его формы после окучивающих либо заделывающих рабочих органов. На рисунке 1 представлена схема (а) сформированного рыхлого треугольного гребня, и схема (б) трапециевидный гребень после уплотнения устройством формирующим профиль гребня.

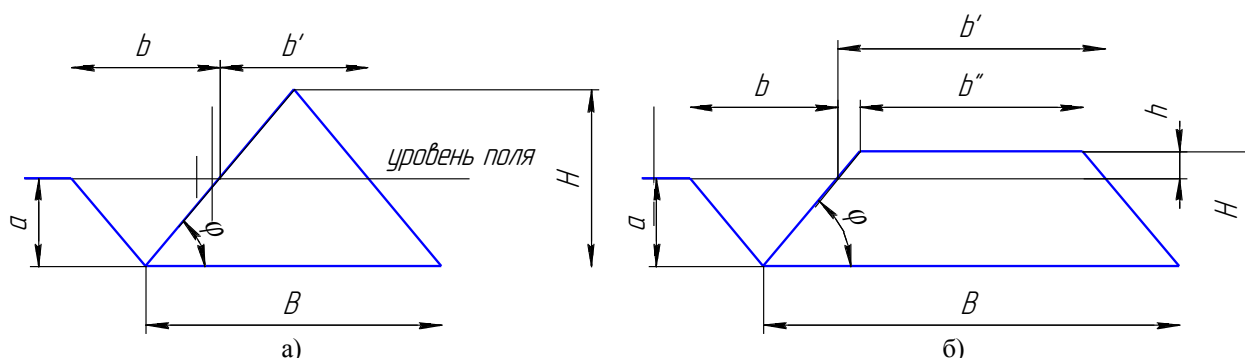


Рисунок 1 - Схемы гребней треугольной и трапециевидной форм

Учитывая то, что форма треугольного гребня обусловлена следующими параметрами: глубина хода окучника a , угол основания гребня φ , равный углу внутреннего трения почвы, ширина основания гребня B . Принимаем равенство площадей борозды S_b и увеличенной части гребня S_{zy} .

$$S_{zy} = S_b. \quad (1.1)$$

$$S_b = a \cdot \frac{1}{2} b,$$

где b – расстояние между соседними гребнями на уровне поверхности поля до нарезки гребней, м; a – глубина хода окучивающего корпуса, м.

$$b = 2a / \operatorname{tg} \varphi,$$

где φ – угол внутреннего трения почвы и он же угол у основания, градусы.

$$S_b = a^2 / \operatorname{tg} \varphi.$$

Расстояние между соседними бороздами на уровне поверхности поля до обработки

$$b' = B - b = B - a \cdot \frac{2}{\operatorname{tg}\phi},$$

где B – ширина междурядий, м.

Учитывая условие (1.1), площадь гребня треугольного сечения может быть определена как

$$S_2 = \frac{1}{2} H \cdot B = S_{oz} + S_{zy} = S_{oz} + S_{\bar{o}},$$

где S_{oz} – площадь основания гребня до уровня поля, м^2 ; H – высота гребня, м.

$$S_{oz} = \frac{B + b'}{2} \cdot a = \left(B - a \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}\phi} \right) \cdot a.$$

Если сечение гребня треугольник, то выполняется следующее условие

$$\frac{1}{2} H \cdot B = a^2 \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}\phi} + \left(B - a \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}\phi} \right) \cdot a.$$

Высота образованного гребня определяется как

$$H = 2a.$$

В случае (рисунок 1 б) когда форма гребня в сечении трапеция учитывается равенство площадей борозды $S_{\bar{o}}$ и увеличенной части гребня трапециевидной формы S_{zym} .

$$S_{zym} = S_{\bar{o}}.$$

Если форма сечения гребня трапеция

$$S_{zm} = \frac{B + b''}{2} H = S_{ozm} + S_{zym} = S_{ozm} + S_{\bar{o}}.$$

где S_{ozm} – площадь основания гребня до уровня поля, м^2 ; b'' – ширина вершины гребня, м.

$$b'' = b' - \frac{2h}{\operatorname{tg}\phi} = B - \frac{2a}{\operatorname{tg}\phi} - \frac{2h}{\operatorname{tg}\phi} = B - \frac{2a + 2h}{\operatorname{tg}\phi},$$

где h – высота гребня выше уровня поля, м.

Площадь увеличенной части гребня трапециевидной формы S_{zym}

$$S_{zym} = \frac{b' + b''}{2} h = \left(B - \frac{2a}{\operatorname{tg}\phi} + B - \frac{2a + 2h}{\operatorname{tg}\phi} \right) \cdot \frac{h}{2} = Bh - \frac{2ah + h^2}{\operatorname{tg}\phi}.$$

$$S_{zym} = S_{\bar{o}} = Bh - \frac{2ah + h^2}{\operatorname{tg}\phi} = a^2 \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}\phi}.$$

Откуда выразим высоту гребня h

$$h = \left(B - \frac{2a}{\operatorname{tg}\phi} - \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg}\phi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2\phi}} \right) \cdot \frac{\operatorname{tg}\phi}{2} = \frac{B \cdot \operatorname{tg}\phi}{2} - a - \frac{\operatorname{tg}\phi}{2} \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg}\phi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2\phi}}.$$

Общая высота гребня может быть определена как сумма высоты основания гребня соответствующая глубине обработки почвы и высота увеличенной трапециевидной части.

$$H_m = a + h = \frac{B \cdot \operatorname{tg}\phi}{2} - \frac{\operatorname{tg}\phi}{2} \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg}\phi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2\phi}}.$$

Общая площадь сечения гребня

$$S_{zm} = \left(B - \frac{a + h}{\operatorname{tg}\phi} \right) \cdot \left(\frac{B \cdot \operatorname{tg}\phi}{2} - \frac{\operatorname{tg}\phi}{2} \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg}\phi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2\phi}} \right).$$

Для обеспечения необходимой плотности гребня производится уплотнение устройством формирующим его профиль. Степень уплотнения гребня характеризуется коэффициентом k и определяется как отношение площадей сечения гребня после устройства формирующего профиль гребня S_n к площади сечения после окуливающих корпусов S_{zm} .

$$k = S_n / S_{zm}$$

При этом необходимо отметить, что плотность почвы имеет обратную зависимость.

$$k = \frac{\gamma_{zm}}{\gamma_o} = \frac{S_n}{S_{zm}}$$

где γ_o – оптимальная плотность почвы после прохода устройства формирующего профиль гребня, кг/м³; γ_{zm} – плотность почвы после прохода окучивающих корпусов, кг/м³.

Таким образом, для конкретного типа почвы, необходимую оптимальную плотность можно сформировать учитывая параметры окучника и устройства формирующего профиль гребня.

Литература

1. Халанский В.М. Машины для химической защиты растений/ В.М. Халанский, И.В. Горбачев // Сельскохозяйственные машины : учебник для высших учебных заведений / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: КолосС, 2006. – С 215 – 216.

УДК 631.332.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СОШНИКА ДЛЯ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ

Шило И.Н.¹, д.т.н., профессор, **Романюк Н.Н.¹**, к.т.н., доцент, **Агейчик В.А.¹**, к.т.н., доцент
Тихонов А.А.², к.т.н., доцент

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²НГСХА, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Картофель является одной из основных продовольственных, технических и кормовых сельскохозяйственных культур, которые выращиваются в Республике Беларусь.

В соответствии с Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы задачей подкомплекса картофелеводства является наращивание объемов производства картофеля к концу 2020 года за счет внедрения интенсивных технологий возделывания, сокращение потерь при уборке, послеуборочной доработке и хранении [2].

Подъем уровня средств механизации при производстве картофеля, основанный на внедрении усовершенствованных рабочих органов картофелепосадочных машин, будет способствовать более эффективному развитию одной из важнейших отраслей сельского хозяйства Республики Беларусь – картофелеводства.

Целью данных исследований явилось улучшение условий для прорастания и развития картофеля путем присыпки его мелкими фракциями почвенных комков.

Проведенный патентный поиск показал, что известен сошник для посадки картофеля [2], имеющий корпус, состоящий из передней части и боковых стенок, выполненных из стального листа, причем передняя часть имеет большое поперечное сечение, а боковые стенки выполнены сплошными.

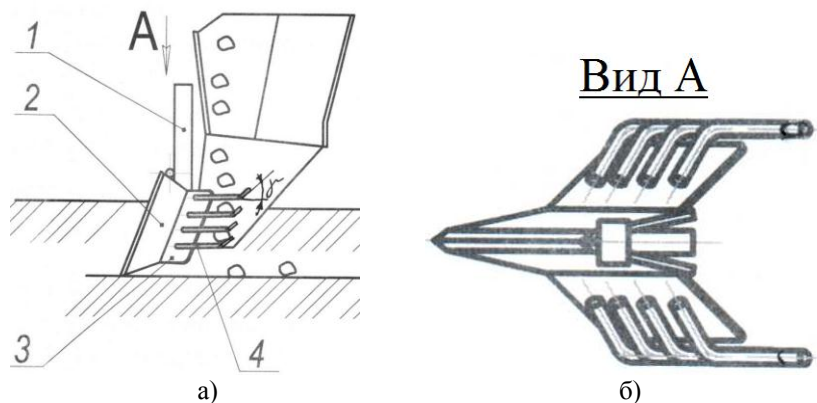
Недостатком известного сошника является то, что посадочный материал засыпается крупными фракциями комков почвы, что значительно затрудняет прорастание и развитие картофеля, снижает его урожайность.

На основании патентных и поисковых методов исследований, для улучшения условий для прорастания и развития картофеля, авторами предлагается оригинальная конструкция сошника для картофелесажалки [3].

На рисунке 1, *а* изображен сошник картофелесажалки, на рисунке 1, *б* вид А сошника.

Сошник картофелесажалки состоит из стойки 1, передней части в виде клина 2 с острым углом вхождения в почву, бороздооткрывающих боковых стенок 3. На каждой боковой поверхности бороздооткрывающих стенок 3 консольно закреплены в совпадающих с направлением движения сошника вертикальных плоскостях упругие прутки 4 с загнутыми вверх

концами, с возможностью разрушения ими и просеивания между упругими прутками 4 комков почвы. Угол γ наклона концов упругих прутков 4 к горизонту меньше угла трения комков почвы о поверхность упругих прутков 4.



а) б)
Рисунок 1 – Сошник картофелесажалки

Принцип действия сошника заключается в следующем.

Во время работы упругие прутки 4 и их концы за счет неравномерности сопротивления почвы вибрируют и дополнительно измельчают почву. Частицы почвы, просыпаясь между упругими прутками 4, засыпают клубни мелкими фракциями, что способствует более благоприятным условиям для их прорастания. Почва, засыпаемая в борозду, заделывающими дисками, также имеет более мелкую структуру, так как на комки почвы частично воздействуют вибрирующие упругие прутки 4.

Предложенное устройство сошника для посадки картофеля позволяет обеспечить заделку семян картофеля более качественными мелкими фракциями почвы, что способствует повышению урожайности этой сельскохозяйственной культуры.

Литература

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html>. Дата доступа: 20.09.2019.
2. Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – М.: Агропромиздат, 1989. – С.145-151.
3. Сошник картофелесажалки : патент 18934 С1 Респ. Беларусь, МПК А 01В 49/04 / И.Н.Шило (BY), Н.Н.Романюк (BY), В.А. Агейчик (BY), В.Ю.Романюк (BY), Н.П.Ким (KZ), В.Г. Кушнир (KZ), Н.В. Щербаков (KZ) ; заявитель Белорусский государственный аграрный технический университет. – № а 20120285 ; заявл. 28.02.2012 ; опубл. 28.02.2015 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.–2015.–№ 1.– С.34–35.

УДК 631.51

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСА УБОРКИ ВЕТОК И ШИРИНЫ ЗАХВАТА ВАЛКОВАТЕЛЯ

Юрин А.Н.¹, к.т.н. доцент, Викторович В.В.¹,

Чеботарев В.П.², д.т.н., профессор, Чететкин А.Д.² к.т.н., доцент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

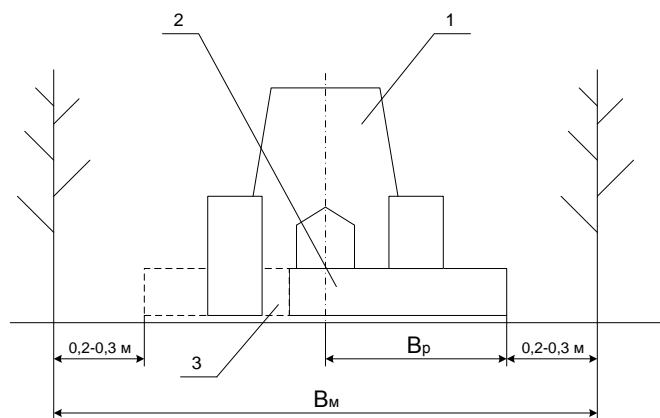
При обрезке деревьев в саду образуется большое количество древесных отходов. Их масса в зависимости от сорта насаждений и их возраста может составлять от 5 до 20 т/га.

В предыдущей главе было рассмотрено, что машины для измельчения веток в саду имеют ширину захвата – 1,5-2,0 м, что меньше ширины междурядий садов, в связи с чем они

вынуждены совершать 2 прохода по междурядью с целью измельчения ветвей у штамбов левого и правого рядов деревьев (рисунок 1). Для этой цели у подобных машин имеется гидрофицированный механизм, позволяющий смещать раму машины относительно продольной оси трактора (или направления движения агрегата).

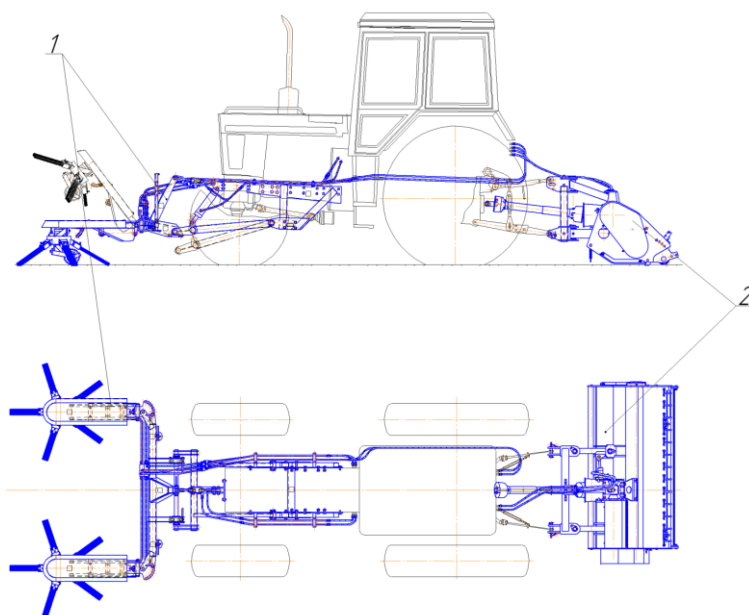
Такая технология уборки веток имеет ряд недостатков: повышенный расход топлива вследствие двукратного прохода по саду, низкая производительность труда, вызванная тем, что механизатор вынужден вести измельчитель на расстоянии 20-30 см от штамба дерева, что приводит к неполному измельчению ветвей.

Вследствие этого процесс механизированной уборки веток приходится дополнять ручным трудом по сгребанию веток из приштамбовой полосы. Особенно актуальной данная проблема становится при обрезке деревьев, осуществляемой с платформ. В таком случае в междурядье сада располагается платформа, а большая часть веток сбрасывается непосредственно в приштамбовую полосу.



1 – трактор; 2 – измельчитель ветвей, смещенный вправо; 3 – измельчитель ветвей, смещенный влево
Рисунок 1 – Схема работы измельчителя в саду

Очевидно, что для решения данной задачи необходимо средство механизации, обеспечивающее сгребание обрезанных веток и формирование валка в междурядьях сада. При этом очевидно, что данную операцию предпочтительно осуществлять одновременно с измельчением с целью снижения количества проходов по саду. Для этого необходимо размещать валкователь ветвей в передней части энергосредства, а измельчитель – в задней (рисунок 2).



1 – валкователь; 2 – измельчитель

Рисунок 2 – Схема размещения валкователя и измельчителя на тракторе

По степени плотности посадки сады различают на экстенсивные (на 1 га размещено до 400 деревьев), полуинтенсивные (до 1000 деревьев на 1 га) и интенсивные (более 1000 деревьев на 1 га). Современные сады Беларуси относятся к интенсивным I и II типов (таблица 1).

Таким образом, ширина междурядий современных интенсивных садов составляет 3-4,5 м. Очевидно, для предотвращения повреждения штамбов деревьев валкователь должен быть оборудован рабочими органами, не способными повредить кору насаждений при их контакте. Следовательно, ширина захвата валкователя веток должна изменяться в пределах $B_v=B_m=3-4,5$ м.

Таблица 1 – Основные составляющие разных типов интенсивных садов яблони в республике Беларусь

Элементы конструкций	Типы интенсивных садов	
	I	II
Плотность размещения деревьев, шт./га	1100-2200	Более 2200
Схема посадки, м	4-4,5x1-2	3-4,5x0,5-1

Очевидно, что узел валкователя должен состоять из двух щеток с вертикальной осью вращения, осуществляющих вращение в противоположные стороны. Это позволит осуществить сгребание ветвей одновременно с обоих рядов насаждений в центральный проход междурядья.

Диаметр рабочего органа валкователя зависит от ширины междурядий сада. Ранее установлено, что ширина междурядий современных интенсивных садов составляет 3-4,5 м. Таким образом, диаметр рабочего органа валкователя должен составлять:

$$D_v = \frac{B_m - B_i}{2}, \quad (1)$$

где B_m – ширина междурядий сада, м; B_i – ширина захвата измельчителя, м.

Ширина измельчителя зависит от мощности энергетического средства, которое приводит его в движение. Экспериментальным путем установлено, что для садовых тракторов Беларусь-921 и наиболее распространенного в Республике МТЗ-80/82, зачастую используемого в садоводстве, рабочая ширина измельчителя составляет 1,7-1,9 м.

Таким образом, для садов интенсивного типа диаметр валкователя должен составлять:

$$D_v = \frac{(3...4,5)-(1,7...1,9)}{2} = 0,55-1,4 \text{ м.}$$

Очевидно, при проектировании рабочего органа необходимо выбрать наибольшее значение для обеспечения выполнения технологического процесса сгребания веток при ширине междурядий 4,5 м. Таким образом, D_v должен иметь диаметр 1,4 м.

Литература

1 Самощенко, Е.Г. Плодоводство: Учебник для нач. проф. образования / Е.Г. Самощенко, И.А. Пашкина. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.

2 Сельскохозяйственная техника: Кат.-т. 3. «Техника для растениеводства» – С 29 М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 236 с.

УДК 631.331.022

ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ САДОВ ОТ ЗАМОРОЗКОВ В БЕЛАРУСИ

Юрин А.Н.¹, к.т.н. доцент, **Викторович В.В.¹**, **Кострома С.П.¹**,

Чеботарев В.П.², д.т.н., профессор, **Чечеткин А.Д.²**, к.т.н., доцент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ²БГАТУ,

г. Минск, Республика Беларусь

В соответствии с нормами рационального питания и условиями продовольственной безопасности каждый человек должен потреблять в год 98,6 кг плодов и ягод, без учета цитрусовых. В настоящее время душевое потребление плодов и ягод отечественного производ-

ства составляет 50 кг. При этом общее потребление плодово-ягодной продукции в год на одного человека в США – 127 кг, Франции – 135 кг, Германии – 126 кг, Италии – 187 кг.

В результате Республика ежегодно закупает плоды и ягоды за рубежом. В 2017 году объем импорта составил 943 тыс. тонн из которых более 600 тыс. тонн – вишня, черешня, яблоки, груши и плоды других культур произрастающих в Республике Беларусь. При этом Республика Беларусь обладает потенциальной возможностью обеспечения население страны плодоягодной продукции отечественного производства. Валовой сбор плодов и ягод сильно зависит от природных климатических условий и составит от 100 тыс. тонн в 2014 г. до 237 тыс. тонн в 2018г [1].

Одной из основных причин ежегодного недобора плодово-ягодной продукции в Беларуси является гибель генеративных органов во время весенних заморозков.

В конце зимы и весной у садовых растений заканчивается период покоя, начинают развиваться листья, цветки, образуется завязь плодов. Одновременно повышается чувствительность к низким температурам. Даже морозостойкие сорта, которые выдерживают сорокоградусные морозы, во время цветения чувствительны к легким заморозкам весной.

Весна характеризуется очень изменчивой погодой. Довольно часто случаются заморозки. Цветки и завязи яблони гибнут уже при температуре воздуха около – 4 °С. Однако это может случиться и при 0 – 2 °С. Если после повреждения от заморозков цветы и завязи не осыпались, то в дальнейшем из них образуются деформированные и некачественные плоды, а урожайность будет значительно снижена. Поэтому одним из перспективных направлений повышения продуктивности садовых деревьев является разработка и реализация технологических процессов и технических средств для защиты плодовых насаждений. Использование таких технологий позволит увеличить количество продукции пловодства, получаемой с единицы площади, снизить ее себестоимость и повысить качество [2].

В настоящее время применяют главным образом три способа борьбы с заморозками: перемешивание воздуха, дождевание, обогрев.

Защита от заморозков путем перемешивания воздуха заключается в смешивании более теплых верхних слоев воздуха с холодным приземным слоем (рис. 1). Смешивание расположенных один над другим слоев воздуха, которые иногда сильно отличаются по температуре, производится при помощи вентилятора. Дальность действия вентилятора с мотором мощностью 25 л. с. достигает 100 м. Более слабые модели (на 12,5 – 15 л. с.) обеспечивают 100 %ную защиту только в радиусе 55 – 60 м. Вентиляторы можно использовать для предотвращения повреждений плодовых культур при снижении температуры до – 3°С. Так как этот способ защиты может обеспечить повышение температуры максимум на 2 – 2,5 °С и он эффективен только при радиационных (местных) заморозках.



Рисунок 1 – Установка для перемешивания воздуха в саду, фирмы «Tow and blow», Финляндия

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Способ борьбы с заморозками дождеванием основан на использовании тепла, выделяемого при образовании льда во время замерзания воды. Дождевание, начатое сразу после снижения температуры до 0 град, нужно непрерывно продолжать, пока температура воздуха не повысится. При прекращении дождевания больше чем на 1 мин температура растения снижается до предела, за которым следуют замерзание и гибель тканей. Поэтому короткого дождевания для защиты от заморозков не достаточно. Минимальное количество искусственного дождя при температуре ниже -5°C должно составлять 3 – 3,5 мм/ч. Это соответствует 30 – 35 м³ воды на 1 га в час. При дальнейшем снижении температуры расход воды соответственно возрастает, поэтому запасов воды должно быть в достаточном количестве из расчета на несколько дней непрерывного дождевания, так как морозные ночи могут следовать одна за другой. С хорошо смонтированной дождевальной установкой можно защитить цветки от замерзания при температуре от -5°C до -7°C . Хотя эффективность защиты от заморозков и высокая, приобретение таких дождевальных систем очень сильно повышают себестоимость продукции. Поэтому данный способ получил ограниченное использование [3].

Мировая практика показывает, что наиболее экономичный способ борьбы с заморозками в расчете на гектар площади является обогрев газовыми горелками с использованием вентилятора (рис. 2). Эффект проявляется не только от повышения температуры атмосферы, но и от свойств фазового перехода, контролируя образование льда и восстанавливая энергию, которая освобождается в процессе преобразования пара в лёд, данный способ обеспечивает защиту с минимальным потреблением энергии.



Рисунок 2 – Установка Frostbuster F501, фирмы «Agrofrost», Бельгия

Более того, обогрев имеет несколько преимуществ по сравнению с другими системами защиты от заморозков. Этот способ может применяться не только во время радиальных заморозков, но также и во время заморозков, сопровождаемых ветром и использоваться в местах, где вода не доступна. Общая площадь поверхности, которую можно защитить одной установкой, зависит от формы и размера участка, и максимально составляет от 8 до 10 гектаров.

Принимая во внимание всю важность для защиты плодовых деревьев и возможный экономический ущерб от заморозков, можно утверждать, что разработка научных основ создания технического средства для защиты плодовых деревьев от весенних заморозков является актуальной задачей.

Выводы:

1. Урожайность плодовых и ягодных культур в Беларуси сильно зависит от заморозков в период цветения;
2. Существуют три способа защиты садов от заморозков: перемешивание воздуха, дождевание и обогрев мобильными или стационарными обогревателями;
3. Наиболее подходящим для почвенно-климатических условий Беларуси является способ защиты от заморозков посредством обогрева сада мобильными обогревателями на газу.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: Статистический сборник/Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Мн., 2018. – 235с.
2. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала: сборник отраслевых регламентов/ Национальная академия наук Беларуси, Республиканское научное унитарное предприятие "Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси", В. Г. Гусаков [и др.]; – Минск: Белорусская наука, 2010. – 519 с.
3. Новые технологии и технические средства для механизации работ в садоводстве / В.Ф. Воробьев: [и др.]; ФГБНУ «Росинформагротех»; под общ. ред. М.И. Куликова – М.:, 2012. – 164 с.

УДК 631.3.004

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Антонишин Ю.Т., к.т.н., доцент, Турцевич Е.Ф., Филинский Д.Ю.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Важнейшим принципом создания современной сельскохозяйственной техники является обеспечение ее высокой производительности и качества выполнения работ в оптимальные агротехнические сроки с высокой точностью и с минимальными затратами материально-технических средств.

В настоящее время, достигнут высокий технико-технологический уровень при производстве сельскохозяйственной техники. Организации, занимающиеся производством сельскохозяйственной техники, заметно расширили работу по созданию машин для новых прогрессивных, высокоэффективных, ресурсосберегающих технологий, внедрению точного сельского хозяйства.

Производители активно ведут работы по повышению качества и надежности техники, улучшению машинных технологий, более широкому внедрению почвозащитных технологий, защите окружающей среды и почв от неблагоприятных воздействий машин. В настоящее время широкое применение в сельском хозяйстве находят электроника, агроинформатика, интеллектуальные, автоматизированные и роботизированные системы.

Точное сельское хозяйство характеризуется повышением урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, сокращением эксплуатационных расходов, повышением эффективности управленческих решений на основе анализа данных, улучшением условий труда, минимизацией экологического ущерба и затрат в результате точного внесения удобрений и пестицидов.

В последние годы точное сельское хозяйство распространилось и на динамично развивающееся животноводство: точное животноводство (Precision Livestock Farming) с его отраслями – точное молочное скотоводство (Precision Dairy Farming), точное свиноводство (Precision Pork Farming) и точное птицеводство (Precision Poultry Farming).

Использование прогрессивных высокоточных технологий в растениеводстве и животноводстве позволяет повысить продуктивность в 1,8 – 2,0 раза, производительность – в 4-5 раз и более за счет более эффективного использования машинно-тракторного парка (МТП), повышения его работоспособности, широкого применения многофункциональных машин, увеличения ширины захвата машин и орудий, повышения рабочих и транспортных скоростей, роста энергонасыщенности машинно-тракторных агрегатов (МТА), беспривязного содержания скота и др.

Внедрение ресурсосберегающих технологий, направленных на сокращение затрат на топливо, посевной материал, удобрения, пестициды, позволит уменьшить расход семян в 1,5-2 раза, пестицидов – в 2 раза, топлива – 2,5 раза. При этом обеспечивается сохранение биомассы, сокращение потерь зерна при уборке до 1 %, минеральных удобрений – на 30-40 %,

затрат на ремонт техники – в 2 раза.

Повышение производительности труда с меньшими затратами достигается за счет следующего:

- внедрение интенсивных и высоких технологий;
- широкое применение многофункциональных машин, выполняющих одновременно до девяти операций;
- увеличение ширины захвата машин и орудий: плуги – до 17 корпусов, опрыскиватели – до 45 м, машины для внесения минеральных удобрений – до 36–50 м, жатки зерновые – до 12 м, свеклоуборочные комбайны – 9 рядков и др.;
- повышение грузоподъемности: машины для внесения органических удобрений – до 24 т, прицепы – 30 т и более;
- увеличение вместимости бункеров у свеклоуборочных комбайнов – до 40 м³, зерноуборочных – до 12 м³ и др.;
- применение новых рабочих органов (использование специальных конструкционных материалов, способов упрочнения, оригинальное конструктивное исполнение рабочих органов и др.).

УДК 631

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Вабищевич А.Г., к.т.н., доцент, **Авраменко П.В.**, к.т.н., доцент,

Янцов Н.Д., к.т.н., доцент; **Курак Е.Н.**, **Филинский Д.Ю.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Повышение эффективности личных подсобных хозяйств неразрывно связано с созданием средств механизации малогабаритной техники.

Ниже приведены варианты моделирования малогабаритных почвообрабатывающих машин на базе универсальной сцепки для использования с мини-трактором класса 3кН.

Комплект машин включает модули культиватора для сплошной и междурядной обработки почвы, культиватора-окучника, борон, комбиниро-ванного почвообрабатывающего агрегата с внесением удобрений и др.

Создание современной техники на этапе ее проектирования не ограничивается лишь его геометрическим моделированием. Без всестороннего инженерного анализа проектируемого объекта невозможно выпускать конкурентоспособную продукцию.

Моделирование объектов с помощью средств компьютерной графики имеет ряд преимуществ: простота, многоплановость, быстрота выполнения, возможность гибкого изменения разрабатываемых моделей. Наглядность такого моделирования делает его предпочтительным методом в сравнении с другими способами [1].

Возможности современных компьютерных программ позволяют создать динамическую, пространственную и плоскостную модель любого механизма. При создании чертежей общего вида и сборочных чертежей отпадает необходимость в наличии реальных узлов, поскольку существует возможность заменить их компьютерными моделями и продемонстрировать процесс сборки и работы непосредственно на экране монитора. Рекомендуется создание моделей деталей, узлов, агрегатов, входящих в сборочные чертежи, для наглядной демонстрации процесса сборки, облегчения понимания назначения и принципа действия устройства машины.

Компьютерная модель призвана заменить реальный агрегат для изучения его устройства, принципа действия и последовательности сборки и рекомендуется в качестве наглядного пособия для студентов, выполняющих сборочный чертеж узла, агрегата или машины.

В качестве примеров компьютерного моделирования можно рассмотреть реальные малогабаритные почвообрабатывающие машины, трехмерные модели которых выполнены с помощью графического редактора КОМПАС-3D.

Для наглядной демонстрации процесса сборки агрегатов, облегчения понимания назначения, устройства и принципа действия создается библиотека деталей, узлов малогабаритных почвообрабатывающих агрегатов.

Для создания 3D модели недостаточно базовых знаний начертательной геометрии, а требуются необходимые знания по специальности.

На основании банка данных библиотеки сначала выполнена 3D модель универсальной сцепки, состоящей из продольных и поперечных профильных труб. Затем на базе универсальной сцепки выполнены 3D модели культиватора-окучника (рис. 1) почвообрабатывающего агрегата (рис. 2), комбинированного почвообрабатывающего агрегата с внесением удобрений (рис. 3) и др.

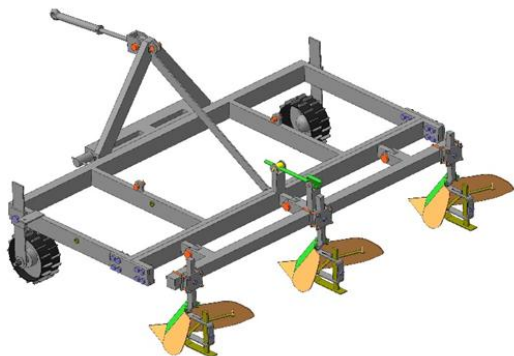


Рисунок 1 - 3D модель окучника

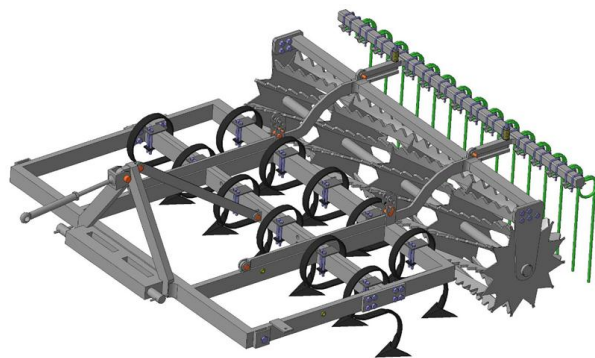


Рисунок 2 - 3D модель почвообрабатывающего агрегата

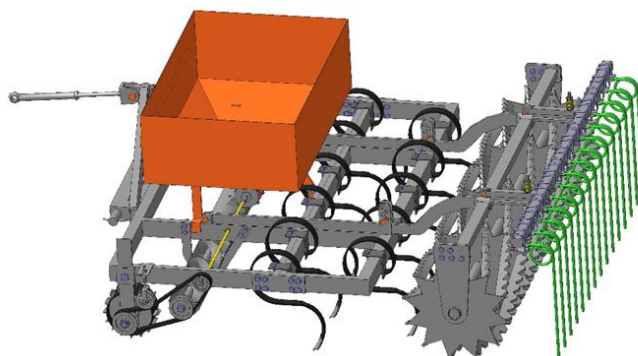


Рисунок 3 - 3D модель комбинированного почвообрабатывающего агрегата с внесением удобрений

На выполненных 3D моделях установлены соответственно окучники, стрелчатые плоскорезы и S-образные рыхлительные лапы, которые используются в промышленных образцах сельскохозяйственных машин.

Комбинированный почвообрабатывающий агрегат для предпосевной обработки почвы с внесением минеральных удобрений имеет рыхлительные секции, прикатывающий каток, граблины, туковысевающий аппарат.

Положительный результат творческой работы студентов по трехмерному изображению малогабаритных почвообрабатывающих машин возможен при сочетании знаний по специальности и владении методами компьютерного 3D-моделирования.

Изучение графических дисциплин совместно с компьютерным моделированием в значительной степени способствует более быстрому усвоению материала, благодаря простоте и наглядности.

В ходе творческой работы по созданию 3D-моделей агрегатов студенты приобретают знания и умения практического решения инженерных задач графическими методами, форми-

руют навыки создания конструкторской документации, что становится важным условием качественного обучения и подготовки будущих специалистов.

В дальнейшем в учебе студенты активно пользуются освоенными программами компьютерного 3D-моделирования при изучении других инженерных дисциплин.

Знание и использование компьютерных технологий по графическим дисциплинам в сочетании со знаниями по специальности становится важным условием качественного обучения и подготовки будущих специалистов.

Литература

1. Зелёный, П.В. Компьютерное моделирование геометрии движения пахотного агрегата / П.В. Зелёный, О.К. Щербакова // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 27 марта 2015 г., г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К.А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2015. – 296 с.

УДК 631.3

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**
Еднач В.Н., к.т.н., Бондаренко Д.Н., Мельникова Н.Ю., Чучва В.А.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Беспилотные летательные аппараты все большее распространение получают во многих сферах хозяйственной деятельности, и большинство специалистов воспринимают их не как игрушку, а как необходимый рабочий инструмент. В настоящее время программируемые беспилотные летательные аппараты или беспилотные авиационные системы получили формальное название дроны. В сельском хозяйстве технологически продвинутых стран, таких как США и Япония БПЛА применяются с 1990 года. В настоящее время благодаря снижению стоимости и большому количеству технологических решений дроны широко применяют фермеры Европы, Китая и Индии.

Как в России, так и в Беларуси применение БПЛА в сельском хозяйстве только получает свое развитие. Однако в лучшем случае оно сводится к видео мониторингу ситуации на полях, контроль работы персонала, поиску отбившихся от стада животных. Основной причиной препятствующей широкому применению БПЛА является сложность в управлении, конструкция аппаратов и самое главное рентабельность их применения. Поскольку дроны применяемые в сельском хозяйстве стран Европы, США, Японии и др. имеют стоимость от 15 до 100 тысяч долларов США [1], что сопоставимо со стоимостью штангового опрыскивателя. Рассматривая классификацию опрыскивателей по объёму вносимой жидкости: полнообъемные - на полевых культурах с дозами 300...600 л/га, на многолетних насаждениях – 800...2000 л/га; малообъемные с дозами 10...200 л/га, а многолетних насаждений – 100...500 л/га; ультрамалообъемные опрыскиватели вносят химикаты с дозами 1...5 л/га на полевых культурах и 5...25 л/га на многолетних насаждениях [2]. То беспилотные летательные аппараты могут быть отнесены к ультрамалообъемным опрыскивателям, что существенно сужает зону их применения в качестве машин для химической защиты растений и внесения удобрений. Однако применение дронов на мелкоконтурных полях и в условиях трудной доступности весьма актуально. В частности как пример - Японский дрон Yamaha R-Max разработанный совместно с Калифорнийским университетом (США) для опрыскивания садовых насаждений в условиях гористой местности. Дрон оснащен комбинацией электрического и бензинового двигателей, грузоподъемность до 28 кг при максимальной скорости движения 105 км/ч [1]. Модели дронов для внесения пестицидов и гербицидов приводимых от электрических двигателей имеют меньшую скорость к примеру дрон Agras MG-1 имеет взлетную массу 23,9 кг при собственной массе без батареи 9,7 кг время парения до 9

мин, рабочая скорость 7 с/м, что соответствует 25 км/ч. Учитывая то, что масса поднимаемого груза составляет около 10 кг, а сам дрон имеет 4 форсунки, он может составлять конкуренцию опрыскивателям в садах и труднодоступных районах [3].

Программное обеспечение современных дронов применяемых в сельском хозяйстве позволяет осуществлять картирование полей, урожайности и возможного поражения болезнями. Современные технологии применяемые на машинах для химической защиты растений позволяют по изменению цвета листы с учетом периода вегетации определить недостаток удобрений в почве и наличие болезней у растений. Камеры установленные на БПЛА фиксируют видео информацию которая привязывается с помощью систем GPS и Глонасс к соответствующей точке поля и по Wi-Fi передается на мобильное устройство оператора. Это позволяет составлять карту поля с высокой точностью определить оптимальную траекторию движения и производить локальное внесение удобрений или ядов.

По оценке Международной ассоциации беспилотных систем, 80% всех БПЛА в мире будут использоваться в сельском хозяйстве.

Однако следует отметить и значительные недостатки дронов. И прежде всего это малое время полета которое зависит от энергоносителя. У электрических дронов это объем аккумуляторной батареи, у БПЛА с приводом от ДВС это бензин. Решение данной проблемы требует применения более энергоемких и легких батарей. На данный момент оператор имеет при себе несколько батарей и по мере их разряда меняет на дроне. Ко второму недостатку БПЛА можем отнести высокую себестоимость работ, которая включает также оплату труда вызванную необходимостью использования высококвалифицированных операторов, программистов и механиков производящих обслуживание дрона. В противном случае, с учетом специфики работы и применяемых химикатов, при работе, и обслуживании БПЛА неквалифицированными специалистами приведет к поломке или неправильному функционированию аппарата.

Одной из основных задач, которую ставят перед собой разработчики дронов применяемых для химической обработки растений в сельскохозяйственном производстве, является стабильность капель химиката попадающего на растение. Поскольку размер капель у ультрамалообъемных опрыскивателей находится в интервале от 25 до 125 мкм то жизнь капли (время от выхода из сопла распылителя до полного испарения) очень мала и не все капли достигают растения. Порядка 20% жидкости испаряется при ультрамалообъемном опрыскивании в безветренную погоду и температуре 20 градусов Цельсия. Учитывая то, что дрон создает мощные турбулентные потоки, поднимающие его над поверхностью поля, то количество рабочего раствора достигающего растений значительно уменьшится. Таким образом, актуальным вопросом является не только разработка конструкций дронов и программного обеспечения но и форсунок распыляющих химикаты, положение их на раме и движение распыленной жидкости в воздушных струях воздуха. В заключение хотелось бы отметить то, что несомненно беспилотные летательные аппараты получат большое распространение в сельском хозяйстве Республики Беларусь поскольку новые технологии во всем мире позволяют фермерам экономить миллионы долларов и снижать себестоимость продукции.

Литература

1. 5 дронов, которые облегчают обработку полей, [Электронный ресурс]. – 13.03.2017. – Режим доступа : <https://aggeek.net/ru-blog/5-dronov-kotorye-oblegchayut-obrabotku-polej>. –Дата доступа : 12.09.2019.
2. Халанский В.М. Машины для химической защиты растений/ В.М. Халанский, И.В. Горбачев // Сельскохозяйственные машины : учебник для высших учебных заведений / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: КолосС, 2006. – С 215 – 216.
3. Платформа DJI Agras MG-1P RTK, [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : <https://4vision.ru/products/platforma-dji-agras-mg-1p-rtk.html>. –Дата доступа : 12.09.2019.
4. Дашковский И. Робот над полем. Растущая потребность АПК в беспилотниках подталкивает ученых на разработку специализированных дронов для сельского хозяйства / И. Дашковский, И. Шивков // Агротехника и технологии. – 20.11.2017. - №6.

УДК 631.331.082

АНАЛИЗ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙРогальская Ю.Н.¹, Еднач В.Н.¹, к.т.н., Сулейманов М.И.², к.т.н., Сапьян. Ю.Н.²¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

На сегодняшний момент актуальной задачей перед разработчиками сельскохозяйственной техники является обеспечение сельскохозяйственных организаций машин способных работать в системе точного земледелия. Одним из вопросов является дифференцированное внесение минеральных удобрений. Для его решения многие производители сельскохозяйственной техники предлагают машины для внесения гранулированных минеральных удобрений на базе пневматических сеялок с катушечными дозаторами, к примеру сеялка СУ-12. Отличительной особенностью пневматических высевальных аппаратов является простота конструкции и её надёжность. Системы подобного типа широко используются многими иностранными производителями как для машин поверхностного так и внутрпочвенного внесения удобрений. Однако, применение одинаковых пневматических систем распределения для внесения минеральных удобрений различной плотности и аэродинамических свойств не предоставляется возможным.

Минеральные удобрения, движущееся в воздушном потоке пневматической распределительной системы, встречают сопротивление, которое зависит от ряда факторов, таких как масса частиц, размеры, формы поперечного сечения, состояние поверхности, которые характеризуются аэродинамическими свойствами и отражают особенности их поведения в воздушном потоке.

Как наиболее часто используемые в сельском хозяйстве нами были проведены аэродинамические исследования фосфорных и калийных минеральных удобрений.

Первоначально были определены размеры исследуемых частиц минеральных удобрений, на основе которых рассчитаны наибольшие по площади поперечного сечения частиц. Для этого анализировались размеры частиц, такие как длина, ширина и высота на основании чего вычислялось миделево сечение. Для получения более объективной картины в эксперименте исследовали гранулы калийных удобрений, и гранулы фосфорных форма которых близка к сферической.

Данные по определению миделевого сечения частиц фосфорных и калийных удобрений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Определение геометрических характеристик удобрений.

Наименование удобрений	a_i	b_i	c_i	a	b	c	Миделево сечение, мм ²
Фосфорные	2,6	2,3	2,3	2,73	2,37	2,43	4,52
	2,9	2,2	2,4				
	2,7	2,6	2,6				
Калийные	2,0	2,7	5,4	2,23	3,83	6,07	3,73
	2,3	4,7	7,3				
	2,4	4,1	5,5				

Замеры проводились в трехкратной повторности, после чего определялось среднее значение и вычислялось миделево сечение, которое для фосфорных удобрений составило 4,52 мм², для калийных – 3,73 мм².

Кроме того необходимо отметить, что при работе пневматической транспортирующей системы одной из основных характеристик частиц оказывающей влияние на качество протекания процесса перемещения частиц являются скорость витания.

Скорость витания, это скорость потока воздуха, при которой сила тяжести частицы уравновешивается силой сопротивления воздуха. Скорость витания исследуемой частицы, зависит от массы, плотности частицы и миделева сечения которое характеризует площадь, на которую действует воздушный поток. Однако при вращении частицы в воздушном потоке

площадь миделева сечения не стабильна поскольку тело меняет свое положение в пространстве, кроме тел сферической формы. Следовательно, скорости витания частиц в воздушном потоке находится в диапазоне скоростей. Скорость, при которой частицы начинают упорядоченно перемещаться, является скоростью транспортирования [1].

Для определения скоростей витания, частиц фосфорных и калийных удобрений были проведены исследования в вертикальном аэродинамическом классификаторе. Замеры скорости начала и конца витания проводились в трехкратной повторности. Данные по определению скорости витания для фосфорных и калийных удобрений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение скоростей начала и конца витания для фосфорных и калийных удобрений

Наименование удобрений	Скорости, м/сек.	Повторность			Среднее значение
		1	2	3	
Фосфорные	V_n	7,5	7,6	7,4	7,50
	V_k	14	11,8	14	13,27
Калийные	V_n	9,6	9,5	10	9,70
	V_k	12	12,5	12,2	12,23

В результате проведенных исследований были установлены скорости витания для фосфорных удобрений от 7,50 до 13,27 м/с., калийных от 9,70 до 12,23 м/сек. Однако необходимо отметить, что фосфорные удобрения представляют собой гранулы шарообразной формы и миделево сечение при вращении их постоянно. При этом разброс в интервале изменения скорости витания у фосфорных удобрений в два раза больше чем у калийных. Кроме того при проведении исследований было отмечено, что частицы меньшего размера у калийных удобрений имели меньшую скорость витания, в то время как у фосфорных удобрений округлой формы, скорость витания мелких частиц смещалась в большую сторону. Основной проблемой при транспортировании частиц в пневматических транспортирующих системах является изменение сечения трубопровода, его повороты, изгибы, расширения и сужения, что приводит к изменению скорости воздуха и давления. В свою очередь снижение скорости транспортирования частиц до скорости витания ведет к их скоплению в проблемной части трубопровода. При этом возможно образование пробок или выпадение частиц на стенки трубопровода, что ведет к неравномерности внесения удобрений по ширине захвата и по длине работы машины. Соответственно скорость транспортирования минеральных удобрений пневматическими транспортирующими системами должна быть выше максимального значения скорости витания.

Учитывая, то что в сравнении с основными зерновыми культурами, такими как рожь и пшеница, у которых скорость витания составляет в среднем меняется от 8,90 до 11,50 м/сек, скорость транспортирования минеральных удобрений будет значительно выше, соответственно транспортирующие системы применяемые в зерновых сеялках требуют доработки. Также необходимо отметить, что для увеличения стабильности транспортирования смесей гранулы удобрений должны быть одинакового размера и плотности.

Литература

1. Астахов, В.С. Посевная техника: анализ и перспективы развития / В.С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 1. – С. 6 – 9.
2. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины : учебник / Н.И. Кленин, В.Г. Егоров ; [ред. Н.К. Петрова]. - Москва : КолосС, 2005. – 464 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВА С ПРЕДПУСКОВЫМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕМ И МЕТОДИКА ЕГО РАСЧЕТА

Захаров А.В.¹, к.т.н., доцент, Сапун Л.Г.¹, к.т.н., доцент,

Захарова И.О.¹, Сулейманов М.И.², к.т.н.

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Универсально-пропашные трактора «Беларус» серий «800, 900 и 1000» Минского тракторного завода по-прежнему одна из наиболее используемых единиц техники в сельскохозяйственных предприятиях Беларуси. Тракторы этих моделей так же работают в холодное время года (подкормка посевов, транспортные работы, обслуживание животноводческих ферм и т.д.) поэтому пусковые качества дизелей должны быть достаточно высокими.

Согласно ГОСТ 18509-88 «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний» оценка пусковых качеств дизелей, оборудованных электростартерной системой пуска производится пусковыми характеристиками и характеристиками прокручивания коленчатого вала дизеля.

Пусковые характеристики определяют для серийно выпускаемых дизелей с электростартерной системой пуска при температуре окружающего воздуха в диапазоне от $-8...-10^{\circ}\text{C}$ до $-24...-26^{\circ}\text{C}$, для тракторных дизелей от $-4...-6^{\circ}\text{C}$ до $-14...-16^{\circ}\text{C}$. Что особенно важно, допускается применять средства облегчения пуска, входящие в комплект дизеля и (или) трактора.

Для подогрева двигателей применяют электрические нагреватели разных типов: нагреватели сопротивлений, индукционные, электродные, полупроводниковые [1, 2].

Главным недостатком большинства электрических нагревателей является значительная разрядка аккумуляторов за время предпускового подогрева топлива, а также перегрев и создание пожароопасной ситуации.

Нами предлагается оснастить односекционный фильтр тонкой очистки (ФТО) инерционно-щелевого типа с жёстким литым креплением электрическим предпусковым подогревателем топлива, выполненным из керамики с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ПТК-керамика, позистор). Односекционные фильтры устанавливаются на двигатели Д-243, Д-245 и их модификации которыми оснащаются тракторы «Беларус» серий «800, 900 и 1000».

Определенную сложность составляет теплотехнический расчет ФТО с такими подогревателями результатами которого являются:

- температуры нагревающей поверхности, обеспечивающей требуемый тепловой режим для выбранного режима работы;
- потребляемой электрической мощности;
- времени подготовки устройства к работе.

Определяющими условиями работы устройства можно принять: температуру окружающей среды -30°C и максимальную частоту вращения к.в. дизеля при прогреве двигателя на холостом ходу, например, 1500 мин^{-1} . Поскольку, очевидно, что при повышении частоты вращения к.в. и увеличении расхода топлива через ФТО степень подогрева топлива падает. Необходимую температуру подогретого топлива на входе в фильтрующий патрон можно принять равной $+5^{\circ}\text{C}$.

Теплопотерями торцевых частей нагревательного элемента и кольцевых зазоров пренебрегаем из-за их очевидной малости.

Конструктивные параметры устройства определены возможностями его установки в корпусе ФТО и также заданы на рисунок 1.

Основными конструктивными показателями для расчёта являются:

$d_1 = 0,086\text{ м}$ – внутренний диаметр нагревательного стакана;

$d_2 = 0,094\text{ м}$ – внешний диаметр нагревательного стакана;

$d_3 = 0,098\text{ м}$ – внутренний диаметр корпуса ФТО;

$H = 0,110$ м – высота фильтрующего патрона и соответствующего ему нагревательного стакана и участка цилиндрической стенки корпуса ФТО.

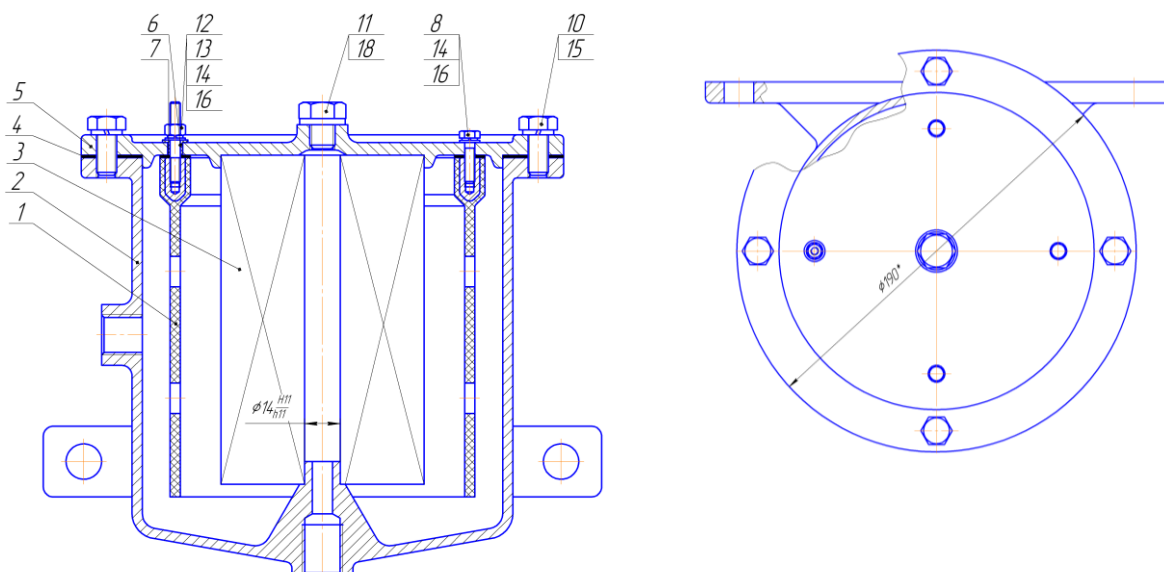


Рисунок 1 - Фильтр тонкой очистки топлива с предпусковым подогревателем топлива из ПТК-керамики:

1- нагреватель, 2-корпус, 3-элемент фильтрующий, 4,7- прокладки, 5-крышка, 6-изолятор, 8,9,10,11- болты, 12-шпилька, 13- гайки, 14,15,16,17,18-шайбы

Такой расчёт выполним путём последовательного приближения по следующему алгоритму. Задаётся предполагаемая температура нагревающей поверхности и при этом допущении рассчитываются основные теплотехнические показатели процесса. Далее на их основе делается поверочный расчёт выходной температуры подогретого топлива. При несовпадении указанной температуры с требуемой (в нашем случае, требуемую выходную температуру мы задали на уровне $+5^{\circ}\text{C}$) - корректируется температура нагревающей поверхности, и расчёт повторяется. До тех пор, пока требуемая температура не совпадёт с данными поверочного расчёта.

В ходе расчёта рассчитываются критерии подобия: Рейнольдса, Re (определяющий характер течения жидкости) и Прандтля, Pr (определяющий физические свойства жидкости, критерий Прандтля может быть взят по справочным данным) [3].

По величине критерия Рейнольдса выбирается и используется формула расчёта безразмерного коэффициента теплоотдачи (критерия Нуссельта, Nu), по нему определяется коэффициент теплоотдачи и количество теплоты, сообщённой подогреваемому дизтопливу.

Далее легко выполняется определение требуемой мощности подогревателя и расчёт времени подготовки устройства к работе (разогрева нагревательного элемента до необходимой температуры).

Так как имеем сложное течение жидкости, требующее ряда упрощений и допущений. Весь процесс течения и теплопередачи лучше рассматривать состоящим из 2-х этапов.

Первый этап – дизтопливо, имеющее температуру -30°C , входит в зазор между цилиндром нагревательного стакана и внутренней цилиндрической поверхностью корпуса ФТО, практически, по касательной к внешнему диаметру нагревательного стакана. Предполагаем, что дизтопливо мгновенно распределяется на всю высоту ФТО и поперечно обтекает стакан нагревательного элемента по всей его окружности, постепенно проходя через отверстия в стакане (перфорацию) внутрь ФТО к фильтрующему патрону. Тогда в конце пути по окружности стакана скорость потока дизтоплива равна нулю.

Второй этап – дизтопливо, имеющее входную температуру -15°C , входит через перфорацию нагревательного элемента в кольцевой зазор между ним и фильтрующим патроном, контактирует с внутренними нагревающими поверхностями указанных отверстий перфора-

ции и нагревательного элемента и через перфорацию обечайки фильтрующего патрона поступает к фильтровальному бумажному пакету.

Результаты теплотехнического расчета ФТО с электрическим предпусковым подогревателем представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты теплотехнического расчета

Необходимая температура нагревательного элемента + 40 °С;

Время разогрева устройства до рабочей температуры 61,4 с - не более

Режимы работы дизелей Д-243 и Д-245	Выходная температура дизтоплива	Потребляемая электронагревателем мощность
Прогрев $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$	+ 5 °С	82,4 Вт
Пуск $n = 120 \text{ мин}^{-1}$	+ 14 °С	48,9 Вт

Электроподогреватель ФТО за время предпускового подогрева топлива обеспечит быстрый прогрев топливной системы, исключит интенсивные термо-окислительные процессы в топливе, автоматически изменяет затраты мощности на подогрев топлива в зависимости от его расхода и температуры, нечувствителен к колебаниям напряжения в бортовой сети трактора и имеют высокую термическую эффективность.

Разработанная методика расчета, таких электрических предпусковых подогревателей позволит расширить их применения, например на топливопроводах, топливозаборниках баков и т.д. с оптимальными для каждого случая параметрами.

Литература

1. Пермяков В.А. и др. К вопросу выбора типа топливных подогревателей для топливных систем // Промышленная энергетика, 2000. №4, с. 37-44.
2. Барон В.Г. Тонкостенные теплообменные интенсифицированные аппараты – альтернатива пластинчатым теплообменникам. // Теплоэнергоэффективные технологии, 2003. №4 с. 52-55.
3. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. – М.: Энергоатомиздат, 1998, - 408 с.

УДК 631.3.072

ПОДВЕСКА ПЕРЕДНЕГО МОСТА ТРАКТОРА «БЕЛАРУС 3022» С ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИМ УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Захаров А.В., к.т.н., доцент, **Ващула А.В.**, к.т.н., доцент,

Сапун Л.Г., к.т.н., доцент, **Захарова И.О.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В целях рационального использования дорогостоящих колесных тракторов класса 3.0...5.0 в период межсезонья полевых работ, тракторы интенсивно используют на транспортных работах. За последние 10 лет произошло существенное (с 35...40 до 50...60 км/ч) повышение их максимальной транспортной скорости. В 2015 году среди новых тракторов удельный вес по диапазонам транспортных скоростей составил [1, 2]: $V_{\max} < 40 \text{ км/ч} - 8...10\%$; $V_{\max} > 40 \text{ км/ч} - 90...92\%$; $V_{\max} > 50 \text{ км/ч} - 20...25\%$.

Повышение скоростей движения тракторов приводит к:

- повышению динамической нагруженности ПВМ, ЗВМ и остова трактора;
- ухудшению плавности хода, повышению крутильных колебаний в силовой передаче;
- повышению вертикальных, поперечных и продольных колебаний, и в результате к:
- повышению низкочастотных колебаний и вибрации на рабочем месте водителя;
- возможности потери контакта шин ПВМ с дорогой;
- потере управляемости и снижению производительности МТА.

Анализ показал, для снижения перечисленных воздействий практически все зарубежные фирмы применяют зависимую подвеску мостов на всем диапазоне мощностей тракторов

кл. 1,4-5. Независимые подвески трех видов с индивидуальным подрессориванием колес - фирм Carraro, Dana Corp. и John Deere - применяют на передние мосты тракторов средней и большой мощности (кл. 2-5).

Результаты испытаний зарубежных испытательных центров также показывают эффективность применения СП ПВМ для снижения виброускорений на сиденье водителя, особенно при скорости трактора более 30 км/ч.

Предлагаемая двухрычажная трёхточечная независимая подвеска переднего моста на примере трактора «Беларус 3022» (рисунок 1) состоит из: верхнего и нижнего рычагов; пневмогидравлического упругого элемента; при помощи шарниров, верхний и нижний рычаги крепятся к редуктору, к которому в свою очередь крепится колесо; пневмогидравлический упругий элемент вторым концом крепится к подрамнику трактора.

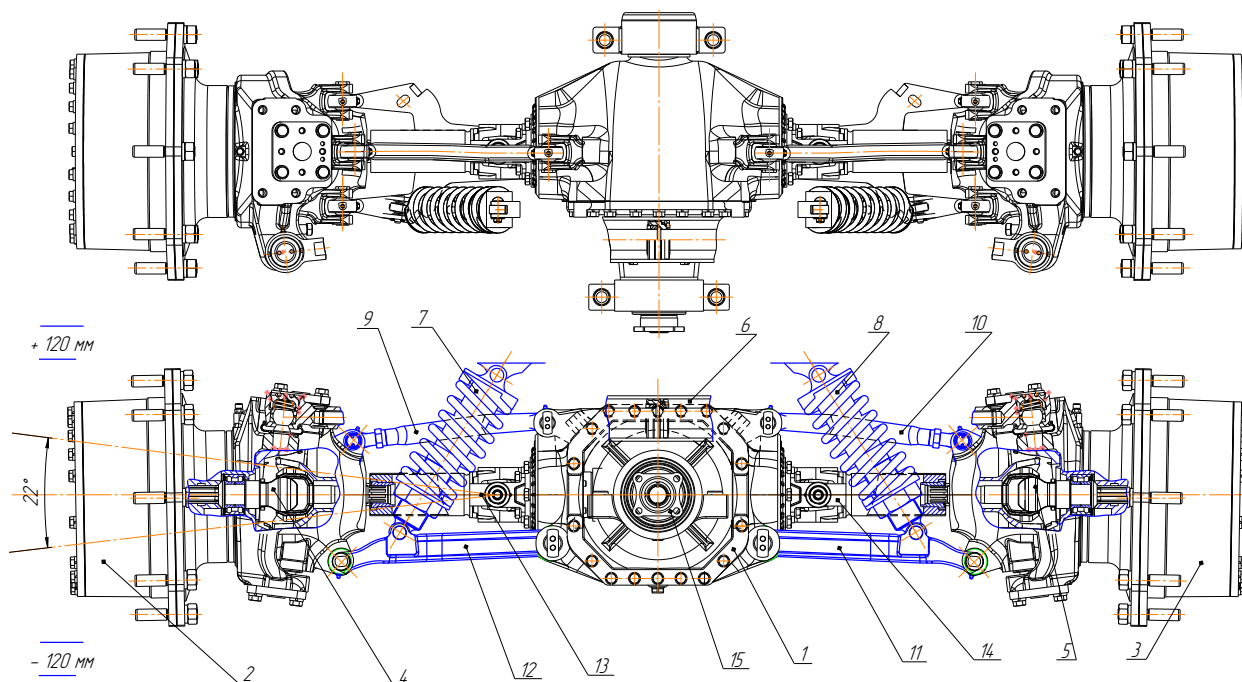


Рисунок 1 - Двухрычажная трёхточечная независимая подвеска переднего моста на примере трактора «Беларус 3022»:

- 1- корпус главной передачи и дифференциала; 2 и 3 – конечные передачи; 4 и 5 – ШРУСы;
6 – гидроцилиндр рулевого управления; 7 и 8 гидропневматический упругий элемент;
9 и 10 – верхний рычаг; 11 и 12 – нижний рычаг; 13 и 14 – карданный шарнир; 15- хвостовик привода

Общий ход подвески составляет 240 мм. Конструктивным изменениям подверглись также и карданные шарниры взамен их применили ШРУСы обеспечивающие равномерное вращение колес при углах между валами до 50°.

В предлагаемой подвеске применен гидропневматического упругий элемент с одной ступенью давления рисунок 2. Для расчета его параметров используется уравнение политропы для закрытой полости газа и расчетная схема на рисунке 2 [3]. В качестве упругого элемента выбрали гидропневматическую стойку с поршнем имеющим диаметр 78 мм , $h_{01}= 182$ мм = 0,182 м , $A_1= 0,0011$ м², $n = 1,25$.

Давление воздуха в упругом элементе при статической нагрузке $P_{01} = 5,93$ МПа. Упругая характеристика подвески с гидропневматическим упругим элементом при ходах сжатия с шагом 0,02м, при ходах отбоя с шагом 0,02 м показана на рисунке 3.

Предложенная конструкция подвески ПВМ трактора «Беларус 3022» с общим ходом 240 мм снизит динамическую нагруженность ПВМ, вертикальные, поперечные и продольные колебания остова трактора. Повысит маневренность и возможность работать на повышенных скоростях без вреда здоровью механизатора.

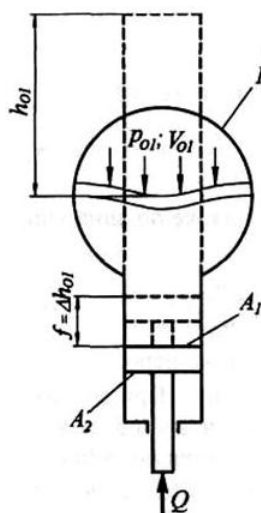


Рисунок 2 - Расчетная схема гидropневматического упругого элемента

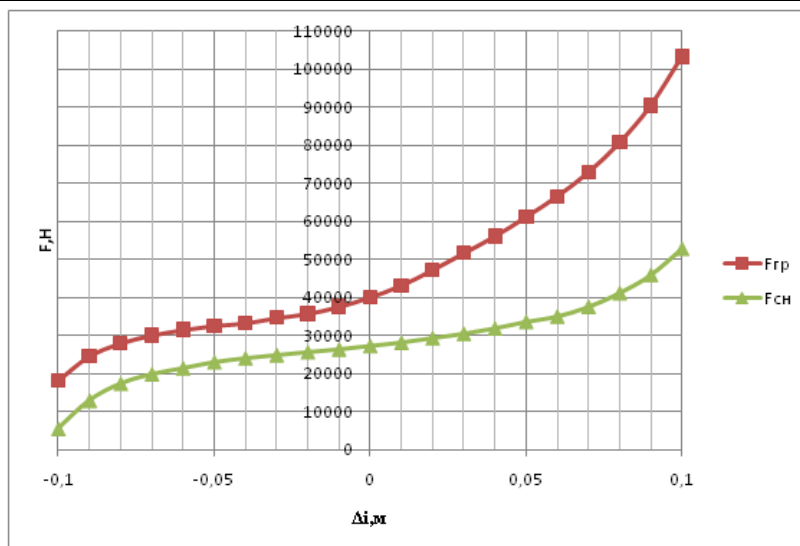


Рисунок 3 - Упругая характеристика подвески с гидropневматическим упругим элементом

Литература

1. Волошин Ю.Л. «Анализ схем подвесок и динамических моделей транспортных средств»: Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2001, № 2, стр.42-45.
2. Волошин Ю.Л. «Активные системы поддрессоривания тракторов и требования к их оптимизации»: Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2015, № 2, стр.30-34.
3. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение, 2004 г. – 592 с.

УДК 631.319.2

РОТОРНЫЙ ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Лахмаков В.С., к.т.н., доцент, Зыкун А.С.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В подготовке почвы под посадку картофеля с целью энергосбережения наблюдается тенденция минимизации приёмов обработки почвы и дифференциации способов обработки почвы в зависимости от ее окультуренности, механического состава и природно-климатических условий.

Важными показателями при возделывании картофеля являются благоприятные воздушный, температурный и водный режимы почвы. Исследованием физических свойств почвы, её водно-воздушным режимом занимались многие учёные. П.А. Некрасов и А.И. Антонов отмечают, что обработка почвы активными рабочими органами даёт пласт с большим содержанием зернистых мелкокомковатых частиц почвы. При фрезерной обработке, по сравнению с плужной, почва медленнее самоуплотняется, создаются лучшие условия для её аэрации, общая пористость сохраняется с большей устойчивостью в течение всего лета [1].

Нарезка гребней позволяет применять технологические приёмы и операции, способствующие снижению затрат труда не только при подготовке почвы, но и при уходе за посадками, при уборке картофеля и кроме того повышать урожайность [2].

Для улучшения качества рыхления и крошения почвы при подготовке почвы под посадку картофеля предлагается активный роторный гребнеобразователь (рисунок 1) [3].

Лабораторный образец роторного гребнеобразователя (рисунок 1) собран на тяговой балке 1, к которой прикреплены две вертикальные стойки 2 при помощи кронштейнов 3. На каждой стойке установлено по одной подшипниковой опоре 4. В подшипниковых опорах установлен горизонтальный вал 5, на котором установлен ротор 6 в виде набора полудисков

разного радиуса таким образом, что они расположены под углом к продольно-вертикальной плоскости, причем полудиски меньшего радиуса установлены ближе к центру образуемого гребня, а полудиски большего радиуса – к периферии гребня. Привод ротора осуществляется с помощью средства привода 7 и передачи 8.

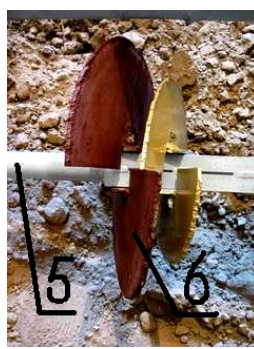
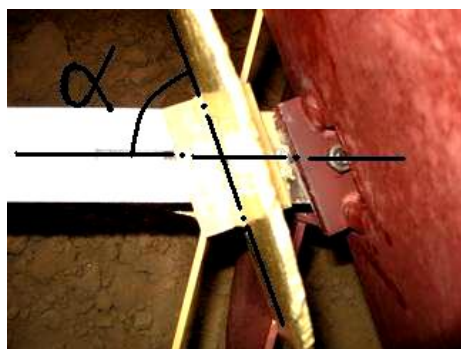
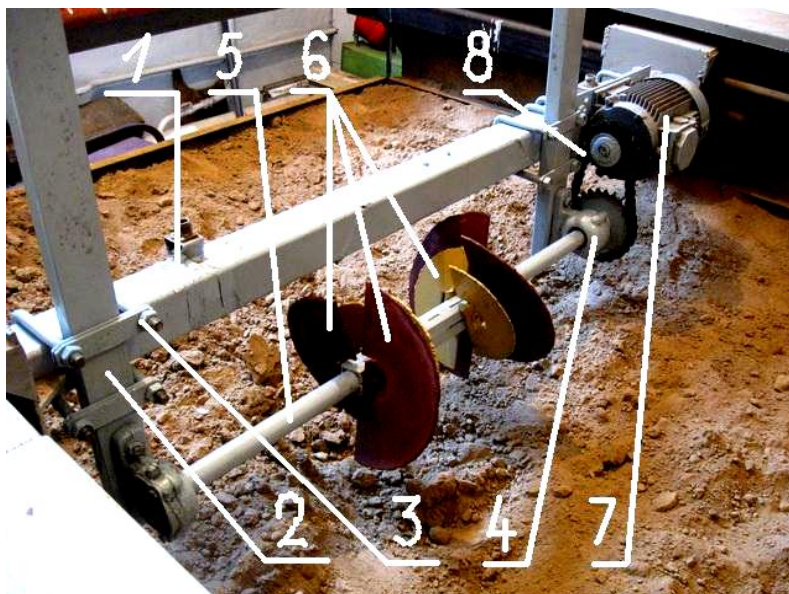


Рисунок 1 – Лабораторный образец роторного гребнеобразователя:

1 – тяговая балка; 2 – стойка вертикальная; 3 – кронштейн крепления стойки к балке; 4 – подшипниковая опора; 5 – горизонтальный вал гребнеобразователя; 6 – роторы гребнеобразователя; 7 – средство привода; 8 – привод

Привод тяговой балки осуществлялся цепью от регулируемого гидромотора, чем и достигалось изменение скорости поступательного движения. Для бесступенчатой регулировки частоты вращения приводного электродвигателя использовался электронный преобразователь частоты CFM340/2,2 кВт. Угол установки полудисков устанавливался вручную с использованием угломера.

В результате лабораторного эксперимента были определены оптимальные углы установки полудисков к продольно-вертикальной плоскости α , частота вращения ротора n , поступательная скорость агрегата v .

Установлено, что при $\alpha = 75^\circ$, $n = 145 \text{ мин}^{-1}$ и $v = 1,5 \text{ м/с}$, достигается оптимальное соотношение качества гребнеобразования и крошения почвы.

Для подтверждения полученных результатов лабораторных исследований был изготовлен полевой образец роторного гребнеобразователя с гидравлическим приводом (рисунок 2). Кроме того в ходе полевого эксперимента определялись оптимальные параметры глубины обработки почвы, угловой скорости роторов и поступательной скорости движения агрегата.

В результате работы роторного гребнеобразователя получены гребни правильной геометрической формы высотой 18-20 см при ширине междурядий 70 см (Рисунок 3). Таким образом, предлагаемая конструкция позволит улучшить качество рыхления и крошения почвы при гребнеобразовании, что приведёт к повышению урожайности картофеля.



Рисунок 2 – Роторный гребнеобразователь



Рисунок 3 – Поле после гребнеобразования

Литература

1. Холодок Л.А., Лахмаков В.С. Водо- и энергосберегающие технологии в агропромышленном комплексе. – Мн., 2004
2. Лахмаков В.С. Подготовка почвы с нарезкой гребней под картофель комбинированной машиной. Диссертация на соискание учёной степени к.т.н. – Мн.; 1989
3. Роторный рабочий орган для гребнеобразования: патент на полезную модель 6392U, МПК А01В 13/02 / Зыкун А.С., Лахмаков В.С. и др.; опубл. 30.08.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 4. – С. 157.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Мельникова Н.Ю., Чеботарев В.П., д.т.н., профессор
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Оценка качества посева определяется конечным результатом, если при этом будут получены дружные всходы и к началу уборки обеспечат оптимальную густоту посева, равномерное размещение растений в рядах или по площади питания. Чтобы получить такие результаты, необходимо создать наилучшие условия для прорастания семян, когда они пройдут пять фаз развития: водопоглощение, набухание, рост первичных корешков, развитие ростка и становление проростка. При этом должно быть в достаточном количестве обеспечено сочетание водного, воздушного и теплового факторов при условии равномерного распределения семян по площади поля на заданную (оптимальную) глубину.

Известны основные требования, предъявляемые к посеву: высев заданного количества семян на единицу площади поля; равномерное распределение их по площади поля; заделка на требуемую глубину. Соблюдение данных агротехнических требований и применения усовершенствованных технических средств позволит не только повысить качество посева, но и получить высокие урожаи.

Способ посева - одно из направлений, которое позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур. На основании анализа проблемы можно сделать вывод, что равномерное распределение семян по площади поля оказывает положительное влияние на полевою всхожесть, позволяет им получать влагу и солнечный свет в необходимом количестве, снижает количество погибших растений и засорённость посевов и, как результат - повышает урожайность.

Анализ существующих способов посева позволил установить, что узкорядный способ обеспечивает наиболее равномерное распределение семян. Площадь питания при узкорядном посеве приближается к форме квадрата, что позволяет растениям лучше развиваться и дружнее созревать, в итоге получают более высокие урожаи (установлено, что уменьшение ширины междурядья на 1 см в среднем обеспечивает прирост урожая зерна на 0,7-1,0%). Также

следует отметить, что использование узкорядного способа посева с шириной междурядья 6-8 см, является одним из эффективных способов борьбы с эрозией почвы [1].

Второе направление, при котором достигается наиболее интенсивное формирование урожая - тип применяемых в сеялках сошников. Ведь от качества заделки семян в значительной мере зависят их всхожесть и развитие корневой системы, конкуренция между культурными растениями, равномерное их созревание. Сошники современных посевных агрегатов и сеялок должны удовлетворять основным агротехническим требованиям, таким как: открывать бороздки одинаково заданной глубины; не выносить нижние слои почвы на поверхность во избежание потери влаги; уплотнять дно бороздок для восстановления капиллярности почвы; не нарушать равномерность потока семян; равномерно распределять семена по площади питания [2].

Производители сельскохозяйственных машин предлагают сегодня целый ряд сошников различных видов: однодисковый, двухдисковый, долотовидный, анкерный и др. Анализ существующих типов применяемых сошников позволяет сделать следующий вывод: сошники наральникового типа семена заделывают на малую и среднюю глубину. Они более равномерно, чем дисковые, высевает семена на чистых полях с хорошо разрыхленной легкой по механическому составу почвой. На более тяжелых почвах и при повышенной влажности рекомендуется использовать дисковые сошники, так как они качественно заделывают семена и лучше самоочищаются. Установленные за сошником катки, кроме удержания сошника на требуемой глубине хода, уплотняют почву над семенами, создают контакт между ними, тем самым повышая всхожесть семян. Для равномерной заделки семян на малую глубину на легких почвах применяют катковые органы с клиновидной формой рабочей поверхности. Семена подаются непосредственно в бороздку из семяпровода, оканчивающегося воронкой, и вдавливаются в дно бороздки дополнительным катком. Бороздки задеваются загортчем, который равномерным слоем над семенами распределяет рыхлую почву, что дает хороший доступ кислорода. [3]

На основании проведенных теоретических исследований процесса посева зерновых с использованием узкорядного способа и выделенных основных агротехнических требований предъявляемых к сошнику в процессе сева установлено, что необходимо совершенствование конструкции сошниковой группы, отличающейся заделывающей системой. Предлагается схема сошника для узкорядного способа посева с шириной междурядья 62,5 мм, которая позволит:

- сформировать подуплотненное дно бороздки именно в месте выкладки посевного материала;
- проводить равномерный сев при одной и той же норме высева, с последующим прикапыванием и закрытием рыхлым слоем почвы;
- эффективно бороться с водной эрозией почв.

Литература

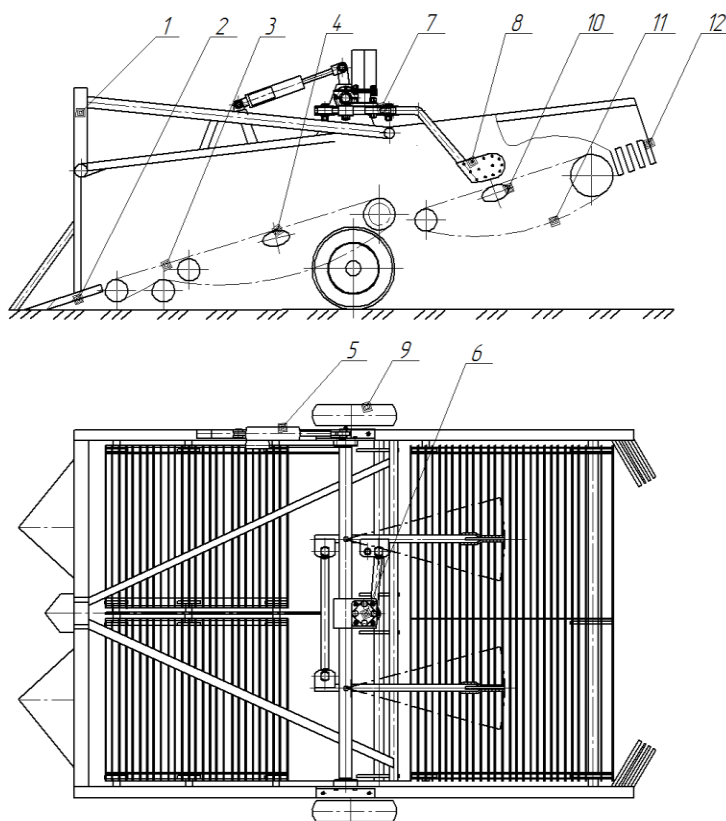
1. Чеботарев, В.П. Узкорядный посев – перспективное направление возделывания сельскохозяйственных культур / В.П. Чеботарев и др. // Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства. Материалы международной научно-практической конференции.- Минск: БГАТУ, 2017. - С. 344-347.
2. Халаский, В.М. Сельскохозяйственные машины/ В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: КолосС, 2004. – 624с.
3. Любушко Н.И., Зволинский В.Н. Зерновые сеялки на рубеже XXI века / Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2001. – №.2.

РАСЧЕТ ИНТЕНСИФИКАТОРА СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ ДЛЯ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Портянко Г.Н., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент, Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гронская Е.Г., Гурнович М.Н., Веремеев А.Д.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Основным недостатком прутковых сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машин является сгруживание клубненой массы на поверхности элеватора при работе в тяжелых условиях, что нарушает устойчивое выполнение технологического процесса и резко снижает сепарирующую способность. Для устранения этого недостатка над рабочей ветвью элеваторов устанавливаются различного вида интенсификаторы [1]. Однако проведенный нами анализ показал, что все они имеют целый ряд, как достоинств, так и недостатков.

Для повышения эффективности процесса сепарации предлагается сепарирующее устройство картофелеуборочной машины, содержащее прутковый элеватор с установленным над ним в направлении движения вороха интенсификатором сепарации (рисунок 1). Интенсификатор сепарации выполнен в виде двух параллельных приводных рычагов с закрепленными на их нижних концах трапециевидными пластинами и рабочими элементами. Рабочие элементы интенсификатора 8 выполнены в виде упругих ремней прямоугольного сечения, которые укреплены на пластинах рычагов так, что огибающая рычаг часть ремня установлена навстречу потоку вороха, а концы ремня крепятся к трапециевидным пластинам.



1 – рама; 2 – лемех; 3 – элеватор основной; 4, 10 – встряхиватель эллиптический; 5 – штоковый мотор-редуктор; 6 – гидромотор; 7 – рычаги интенсификатора; 8 – рабочие элементы; 9 – колеса ходовые; 11 – элеватор второй; 12 – решетка сужающая

Рисунок 1 – Картофелекопатель КТН-2В с интенсификатором

Верхние концы рычагов крепятся сзади к ступицам подшипников, которые установлены на осях поворотного вала, установленного на раме машины 1. В центре поворотного вала сверху установлена пластина, на которой закреплен гидромотор МГП-90 б на валу, которого закреплен кривошип. С помощью шатуна он соединяется с кронштейном, приваренным к

правому рычагу, спереди к ступицам подшипников правого и левого рычагов крепятся кронштейны которые в свою очередь шарнирно связаны шатуном.

Поворот вала, а следовательно подъем и опускание механизма осуществляется при помощи электрического штокового мотор-редуктора «Warner electric» D2405B506 MB 0688 5 который запитан от электросети трактора.

Выбор кинематических параметров устройства, а именно частоты вращения кривошипа приводящего рычаги интенсификатора сепарации, производим исходя из исключения повреждения клубней картофеля рабочими элементами. Скорость соударения клубней картофеля с рабочими элементами должна быть меньше либо равна максимально допустимой скорости, при которой клубни получают повреждения в пределах агротехнических требований $V_{кр}=2,2$ м/с [1].

Исходя из условия, что время перемещения частиц вороха на расстояние L , после контакта с рабочим элементом, должно соответствовать времени полуоборота вала кривошипа t

$$t = \frac{2 \cdot V_{кр}}{g},$$

$$t = \frac{2 \cdot 2,2}{9,81} = 0,45 \text{ с.}$$

Допустимая частота вращения вала кривошипа.

$$n = \frac{30}{t},$$

$$n = \frac{30}{0,45} = 66,7 \text{ с}^{-1}.$$

Приняв отношение длины коромысла интенсификатора l к радиусу кривошипа r как $\lambda = l/r = 3$, определяем радиус кривошипа и дальность перемещения частиц после контакта с рабочим элементом.

$$r = 900 \cdot \cos \alpha / (\lambda \cdot n^2 \cdot k),$$

где k - коэффициент учитывающий свободные колебания полотна элеватора, $k=2,0...2,5$; α - угол наклона полотна элеватора, $\alpha = 20^\circ$.

$$r = 900 \cdot 0,94 / (3 \cdot 66,7^2 \cdot 2,0) = 0,032 \text{ м.}$$

Величина перемещения частиц вороха на расстояние L , после контакта с рабочим элементом.

$$L = \frac{r \cdot k \cdot \pi \cdot n \cdot V_э}{15 \cdot g},$$

где $V_э$ – скорость полотна элеватора, м/с.

$$L = \frac{0,032 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 66,7 \cdot 1,8}{15 \cdot 9,81} = 0,164 \text{ м.}$$

Работает картофелекопатель следующим образом. Подрезанный лемехами 2 пласт грядки поступает на основной элеватор машины 3, где он подвергается крошению за счет

разности поступательной скорости машины и скорости полотна элеватора. На основном элеваторе часть поступившей почвы просеивается через просветы между прутками. Для ускорения процесса просеивания почвы рабочая ветвь основного элеватора имеет вертикальное встряхивание, осуществляемое встряхивателями эллиптической формы 4.

Непросеявшийся ворох с основного элеватора перебрасывается на второй элеватор 11, который, работая аналогично основному, дополнительно просеивает почву. В случае, когда сепарирующей способности второго элеватора недостаточно, тракторист с помощью электрического штокового мотор-редуктора 5 поворачивает вал интенсификатора и вводит его рабочие элементы в контакт, с клубненосным пластом включив при этом подачу масла к гидромотору 6 от бортовой гидросистемы трактора через регулируемый дроссель. Непросеявшаяся на нем почва, комки, камни, клубни картофеля и ботва выбрасываются на поле по следу машины.

Для сужения валка картофеля, укладываемого за копателем и облегчения его подбора, по сторонам, установлены сужающие решетки 12 с обрезиненными гребенками.

Предлагаемое устройство позволяет обеспечить возможность локального воздействия на клубненосный пласт в наиболее загруженных зонах по ширине элеватора, что даёт возможность произвести распределение почвенного пласта по всей ширине более равномерным слоем, с целью улучшения просеивания почвы и повышения производительности сепарирующего устройства при сохранении повреждаемости в пределах агротехнического допуска.

Длина рычагов на которых устанавливаются рабочие элементы интенсификатора принята равной $L_1=L_2=0,555$ м. При этом угол поворота каждого из них составляет 30° .

Литература

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. – 2-е изд. перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1984. – 320с.

УДК 631.354.2.026

МОДЕРНИЗАЦИЯ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент,

Портянко Г.Н., к.т.н., доцент, Белый С.Р., Кузнецов Д.А.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время используются для обмолота аксиально-роторные устройства (рисунок 1) состоящие из вращающегося ротора и неподвижного или вращающегося кожуха.

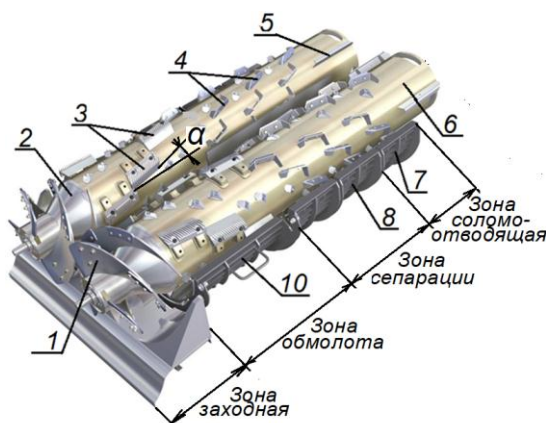


Рисунок 1 – Аксиально-роторные устройство:

1 – винтовые направители; 2 – зона заходная; 3 – бича; 4 – винтовые планки; 5 – планки; 6 – ротор; 7 – соломоотводная часть ротора; 8 – сепарирующая часть ротора; 9 – воздушно-очистительная система; 10 – молотильно-сепарирующая часть ротора

Аксиально-роторное молотильное устройство состоит из зоны обмолота в которой под действием бичей 3 происходит выделение зерна из колоса, солома из зоны соломоотвода распределяется по полю.

Аксиально-роторное молотильное устройство обеспечивает обмолот хлебной массы и сепарацию зерна из движущегося ее потока до уровня, которому соответствует коэффициент недомолота $\delta_n = 0,8 \%$ и коэффициент сепарации $k_c = 9,7 \%$. При этом обеспечивается меньшее дробление зерна и потери, чем при использовании классической молотильной системы, состоящей из молотильного барабана и деки [1].

Однако, при уборке высокостебельных, зачастую полегающих, высокоурожайных и засоренных сорняками хлебов в зоне обмолота аксиально-роторных МСУ происходит скручивание хлебной массы в жгуты, из-за чего возрастают потери зерна, и увеличивается энергоемкость процесса [2].

С целью устранения отмеченных недостатков нами предлагается установить дополнительно рабочие органы виде трех рядов бичей 1 и одного ряда штифтов 2 на роторе (рисунок 2).

Бичи устанавливаются по окружности ротора с шагом 250 мм [2], что обеспечит дополнительное воздействие на колос и уменьшить вероятность наматывания хлебной массы на ротор.

В момент приема хлебной массы ротор штифтами 2 выбивает часть зерна из колосьев, а идущие следом штифты ротора 2 снимают зерно-стебельчатую массу, деформируют ее и протаскивают между дополнительными штифтами подбарабанья, увеличивая эффект перетирания колосьев.

Центробежные силы перемещают зерно и мякину через решетку подбарабанья, а солома остается в роторной зоне. Спиральное движение материала, происходящее под действием вращающегося ротора, обеспечивает несколько его проходов через решетки сепаратора, после чего он лопатками сбрасывает в разгрузный желоб, откуда подается на разбрасыватель соломы, измельчитель или распределяется по стерне.

Установка дополнительных бичей по окружности ротора в три ряда с шагом 250 мм обеспечит дополнительное воздействие планок на колос, что способствует повышению коэффициента вымолота зерна из колоса за счет более интенсивного воздействия на хлебную массу и снижению потерь, а также повышению пропускной способности молотильного аппарата.

Таким образом, внесенные в конструкцию МСУ изменения позволяют, обеспечивает улучшение качества обмолота за счет снижения потерь и дробления.

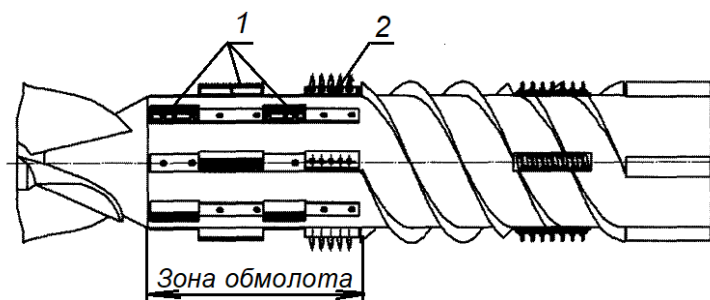


Рисунок 2 – Предлагаемая модернизация роторного молотильного устройства:
1 - бичи; 2 – штифты

Литература

1. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные машины/Н.И. Кленин, А.Г Левшин. – М.: КолосС, 2008. -816 с.
2. Ломакин С.Г. Сравнительная оценка аксиально-роторных МСС с различными типами дек молотильной части / С.Г. Ломакин, В.Е. Бердышев, А.В. Шевцов//Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. -2015. -№1(37). - С. 199-202.

УДК 631.31.05

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Ракова Н.Л., к.т.н., доцент, Бойко Т.В., к.т.н., доцент,

Бондаренко Д.Н., Мельникова Н.Ю., Троц Е.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Традиционную вспашку выполняют лемешными плугами, оборудованными предохранителями рабочих органов или без них.

Для защиты от поломок рабочих органов на почвообрабатывающих машинах и орудиях применяют предохранительные устройства, одностороннего (неавтоматического) и двухстороннего (автоматического) действия.

К предохранителям одностороннего действия относятся групповые (фрикционно-штифтовые, пружинный групповой) и индивидуальные (штифтовой), которые выключают все рабочие органы или один.

На старопашотных землях количество камней в пахотном слое меньше, поэтому эффективно использовать более дешевые плуги, оснащенные предохранителями в виде срезных болтов.

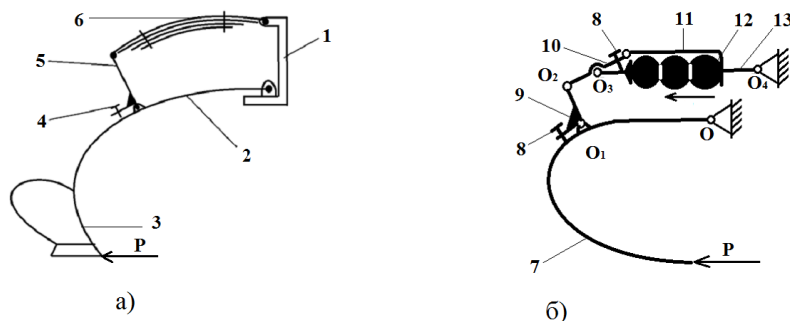
Предохранители двухстороннего действия делятся на групповые, индивидуально-групповые, индивидуальные. Групповые предохранители не нашли широкого распространения. Из всех индивидуально-групповых широкое распространение получили рычажные, их применяют на почвах с часто встречающимися препятствиями.

Индивидуальные предохранители в зависимости от типа аккумулятора бывают пружинные, рессорные, гидropружинные, гидравлические, резиновые подушки, гидропневматические. Широкое распространение получили автономные пружинные, рессорные предохранители, резиновые подушки, а с общим аккумулятором - гидропневматические.

Все эти предохранители имеют ряд недостатков. К недостаткам гидропневматических предохранителей относятся: сложность конструкции, большие значения тягового сопротивления при обходе камней, трудность регулировки. Пружинные и рессорные предохранители значительно проще чем гидропневматические, но так же требуют больших затрат времени для регулировки силы сопротивления.

Плуги с рычажно-пружинными предохранителями представлены практически каждой фирмой изготовителем плугов, и отличаются конструктивными параметрами, такими как: расположение пружины относительно горизонтали, количества используемых пружин, использование пружин растяжения или сжатия, и т.д.

Рессорные предохранители (рисунок 1, а) получили широкое распространение, ими оснащены плуги общего назначения необоротного типа и изготавливаются очень многими предприятиями и фирмами. Главные их достоинства – простота конструкции и надежность работы.



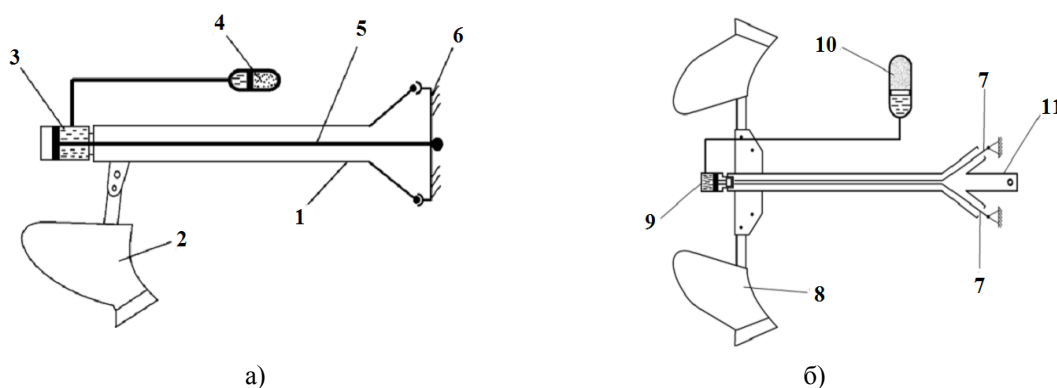
а) – предохранительная система рессорного типа; б) – предохранительная система в виде резиновых подушек; 1 – кронштейн секции; 2 – грядиль; 3 – корпус; 4 – болты регулировочные; 5,9 – рычаг двулучный; 6 – рессора; 7 – стойка; 8 – регуляторы натяжения; 10 – коромысло; 11 – рычаг; 12 – подушки резиновые; 13 – ось

Рисунок 1 – Конструктивные схемы плугов с предохранительной системой рессорного типа и в виде резиновых подушек

Плуг с предохранителями в виде резиновых подушек (рисунок 1, б) работает следующим образом. При наезде на препятствие, усилие P действует на грядиль 7, заставляя ее вращаться вокруг шарнира O , которая давит на двуплечий рычаг 9, вращая его вокруг оси O_1 , поворачивая рычаг в виде коромысла 10 в центре которого шарнирно крепится ось 13 с резиновыми подушками 12. Другой конец коромысла шарнирно крепится к рычагу 9, который сжимает в процессе работы резиновые подушки 12. Регуляторы 8 натяжки предохранителя установлены как на двуплечем рычаге, так и на коромысле 10.

Предохранители гидравлического типа широкого распространения не получили, так как по эффективности значительно уступали предохранителем встроенным в гидропневматическую систему.

Большое распространение получают, так называемые «универсальные» предохранительные системы (рисунок 2, а), которые пригодны для установки на оборотных и загонных плугах.



а) – с «универсальной» защитой гидравлического типа; б) – с гидропневматической предохранительной системой Hidromatic с двумя упорами фирмы Lemken;

1, 11 – грядиль; 2, 8 – корпус; 3 – гидроцилиндр; 4, 10 – аккумулятор гидропневматический; 5 – тяга; 6 – кронштейн; 7 – рычаг упорный; 9 – гидроцилиндр.

Рисунок 2 – Конструктивные схемы плугов с гидропневматической предохранительной системой.

Данная система предохранения работает следующим образом. При наезде на камень корпуса 2 грядиль 1, упираясь в гнезда кронштейна 6 поворачивается вверх. При этом, тяга 5 перемещает шток гидроцилиндра 3 вправо, вытесняя жидкость в гидропневматический аккумулятор 4. После прохода препятствия система возвращается в исходное положение.

Пневматические предохранители (рисунок 2, б) работают следующим образом, при наезде корпуса 8 плуга на камень грядиль 11 поднимается вверх сжимая пневмопредохранитель 9. Часть воздуха из сжатого предохранителя по пневмопроводу перетекает в другие. Достоинствами пневматической предохранительной системы являются: экологичность, ни. Серьезным недостатком данной системы являются габариты предохранителей. Другим недостатком является то, что определенные марки тракторов старых конструкций не оборудованы компрессорами, что затрудняет их использование с плугами данного типа.

На основании анализа конструкций предохранительных устройств плугов для обработки почв, засоренных камнями установлено, что для регулировки предохранительных устройств пружинного и рессорного типов требуется значительно больше времени, чем для регулировки гидропневматических устройств; основными недостатками предохранительных устройств гидропневматического типа являются сложность конструкции и высокое значение энергоемкости процесса обхода препятствия.

Установлено что пневматические предохранительные устройства еще недостаточно исследованы, что сдерживает процесс совершенствования их конструкций и широкое внедрение в практику.

Литература

1. Кленин, Н.И. Саун В.А., Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. – 2-е

издан., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. Заведений), стр. 132-136

2. <https://findpatent.ru/patent/200/2002394.html> © , 2012-2019

3. <https://findpatent.ru/patent/210/2106773.html> © , 2012-2019

УДК 63.631

ABOUT THE CURVILINEAR PROFILE OF ACCELERATING DEVICES

Mikhail Dovzhik, candidate of sciences, docent, **Chyrva Andrew**, candidate of sciences, docent,

Alexey Kalnaguz

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

With the help of variation method based on the Euler-Lagrange equation have been determined the shapes of the guiding blades of centrifugal accelerating devices in which solids move between two specified points of the centrifugal field within minimal time limits. Detailed mathematical conversions have been done during solving the initial differential equation. Three forms of final brachistochrone equations have been received. The properties of this curve have been determined depending on the values of the constant in the Euler-Lagrange condition and the conditions for existence of actual solutions have been described depending on the value of integration constants.

Brachistochrone curves corresponding to three ranges of constant values requiring a minimum of initial integral while determining the minimum of time for body moving from one point of the centrifugal field to another one have been constructed. The curves have been constructed both in absolute and relative coordinates. Simplified brachistochrone equations for the most abundant case in practice when the initial relative velocity of a moving particle can be neglected have been obtained. The parameters boundaries of the investigated curves under which their curvature can cause considerable frictional forces and even jamming of the material in the guiding blades have been determined. In this regard the conclusion has been made that for acceleration of solid particles the shape of the blades should be as close to the rectilinear as possible. The curvilinear profile of the blades can be justified in case of liquid or gaseous material acceleration, for example, in centrifugal pumps and ventilators.

The search for extremums of functionals has been carried out since the appearance of the differential and integral calculus. In the science history are visible traces of these searches in solving of a great variety of problems. One of these problems is the task of finding the curve shape of the fastest descent into the gravity field which was tried to be solved by Galileo back in the 16th century. I. Bernoulli was the first to have solved this problem in 1696. After I. Bernoulli the problem of brachistochrone in the field of gravity was solved by Isaac Newton, Jacob Bernoulli, G.V. Leibniz, G.F. Lopital, E.V. Cirmhaus, everyone of which solved it by its own method.

The field of gravity at the surface of the Earth can be considered as a parallel force field. However, one can consider the motion of particles under the action of a wide variety of forces in force fields of various configurations, for example, in electromagnetic fields.

The centrifugal field arising in the rotating system refers to the central fields. Centrifugal rotor mechanisms are widely used as ventilators, pumps and compressors as well as for conveying speed to hard particles, for example in shot blasting machines for cleaning or hardening parts surfaces, mineral fertilizer spreaders, drying, separating and mixing devices. The acceleration of the material particles in all these cases is performed with the help of rotating rotor blades. The same principle is also used in the construction of a scattering centrifuge [1], where self-jointing of particles occurs during their rotation relative to their own centers of gravity during taking-off from the rotor, and in other constructions. In all these cases, the shape of guiding blades is of great importance depending on the tasks to be solved the most important of which are the provision of the required productivity, the velocity of particles at the outlet, or minimal deterioration of the blades surface. Therefore, the problem of finding the shape of brachistochrone in a centrifugal force field is still topical and of

practical importance. This is an issue not only of the corresponding apparatus performance but first of all it concerns the interaction of the sliding mass with the base material.

An attempt to find the brachistochrone equation in a centrifugal field was undertaken in 1982 [2]. The equations in polar coordinates were obtained and the limits of their applicability for practical purposes were determined. In this paper, some refinements are given and a more detailed solution of the problem of brachistochrone in a centrifugal field as well as the research results of this curve properties for various initial parameters are presented.

The conducted studies show that the profile of the accelerating blades of centrifugal devices in the form of brachistochrone can hardly be considered the most rational. The curvature of the blade at the exit from the rotor, although decreasing in comparison with the curvature at the beginning of the motion, leads however to an increase of the normal force and hence also of the frictional forces.

Therefore, the use of blades in centrifugal accelerating devices in the form of brachistochrone or in the form of another curved profile can be justified only in certain cases, for example, in the structures of centrifugal pumps, ventilators or turbines.

Literature

1. Holin B.G, Tatjanchenko B.Ya. The method of granular materials centrifugation and the factor of centrifuge separation. "Theoretical fundamentals of chemical technology", No. 3, vol. III, 1979.
2. Holin BG, Tatjanchenko B.Ya. Brachistochrone in the centrifugal field. "News of Universities. Mechanical engineering", No. 2. Publishing house of MSTU named after Bauman, M., 1982.

УДК 631.563.4

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF COUNTERFLOW JET MIXERS OF LIQUID COMPONENTS IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Samoichuk K.O., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, **Viunyk O.V.**, Tavsia State Agrotechnological University named after Dmitry Motorny, Melitopol, Ukraine

The process of mixing of the liquid components is quite widespread in agricultural production, for example, in the preparation of uterine (working) solutions of pesticides for spraying gardens, seed dressing, fertilizer solutions for plant nutrition, preparation of animal drug solutions, etc. Among the many designs of mixers for liquid components, the most common devices with mixers. The mixing processes in such devices are well studied, the technological processes for their manufacture are developed and their production is established, but these devices have high energy and material consumption. Today, the development and implementation of the production of mixing apparatuses, which will ensure high-quality mixing of liquid components with minimal energy and time, is very relevant. Reducing energy consumption while maintaining or improving the quality of mixing liquids is possible due to the use of counterflow jet mixing. After analyzing the existing designs of jet mixers [1-3], we developed a scheme of the mixing apparatus (Figure 1). The basic theoretical dependencies of the mixing process are determined, the optimal location of nozzles is theoretically determined [4]. The experimental research technique has been developed [5]. The influence of factors on optimization criteria is determined. To conduct experimental studies of the process of mixing the liquid components, an experimental mixing device and an experimental setup were developed and manufactured (Figure 2). The vortex pump 1 creates the necessary supply pressure of the main component. Pressure control is carried out using a pressure gauge 2. Through the supply channel 3, the main component enters the counter-current jet mixer 5. The admixed component enters the mixer from tank 4 through the supply channel 6. After mixing in a counter-current jet mixer, the mixed product is discharged through channel 8. The quality of mixing is controlled using a conductivity meter 7. The mixing process was studied for liquids whose densities differ significantly ($\rho_m \gg \rho_a$) and for liquids whose densities are close ($\rho_m \approx \rho_a$).

To conduct experimental studies as liquids, significantly differing in density, we used GOST 2874-82 tap water with a temperature of 20 °C (290 °K) and sugar syrup (sugar content 50%). The

content of the mixed component in the mixed product was determined by the density of the resulting solution using an AC-3 hydrometer-sugar meter. To study the process of mixing liquids of similar density, tap water and a weak sugar solution (sugar content 10%) with the addition of citric acid were used. The content of the mixed component in the mixed product was determined by titration of the resulting solution.

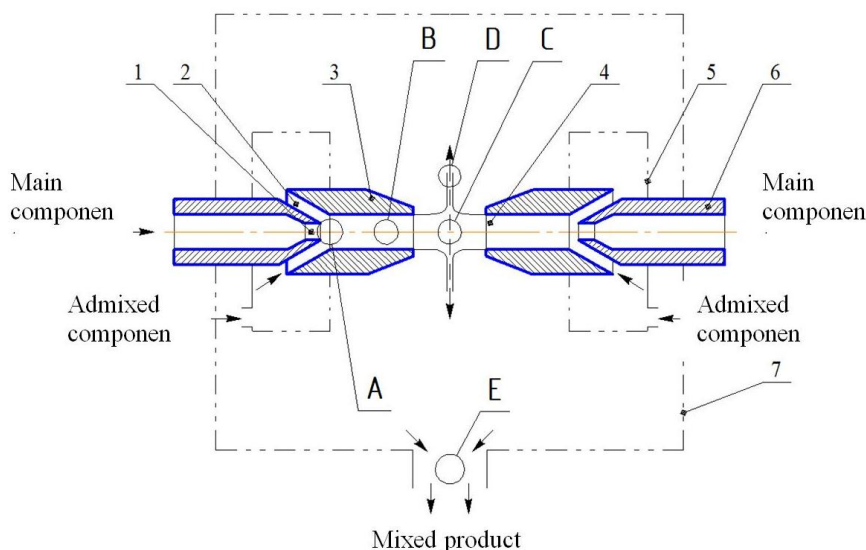


Figure 1 - Diagram of a counter-current jet fluid mixer.

- 1 - working nozzle; 2 - receiving chamber; 3 - mixing chamber; 4 - nozzle mixing chamber; 5 - feed chamber of the mixed component; 6 - working pipe; 7 - camera fluid collection; A, B, C, D, E - mixing zones

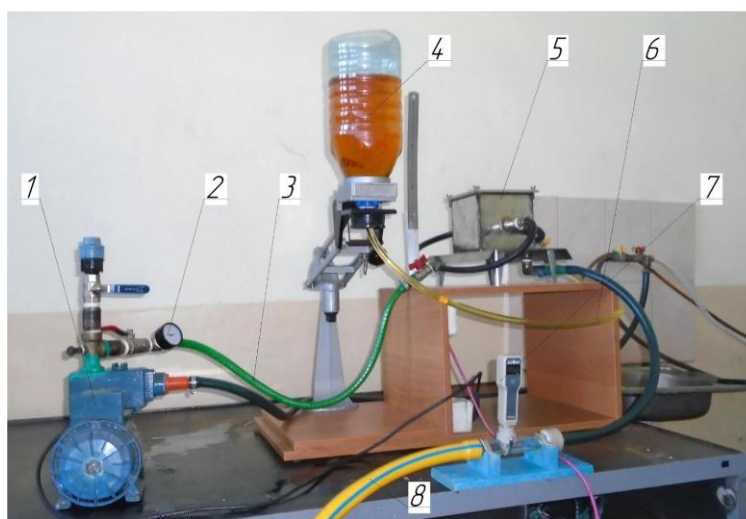


Figure 2 - Experimental setup:

- 1 - vortex pump; 2 - pressure gauge; 3 - feed channel of the main component; 4 - a container with an admixed component; 5 - feed channel of the admixed component; 6 - counterflow jet mixer; 7 - conductivity meter; 8 - mixed product discharge channel

Based on the research results, the dependences of mixer performance on the distance between nozzle's orifice, the concentration of the mixed component on the supply pressure of the main component at different values of the annular gap in the receiving chamber, and the dependence of the quality of mixing liquids in different modes are constructed.

The results of the analysis of the obtained experimental data indicate that the distance between the nozzle's orifice is the most significant factor influencing the concentration of the mixed component in the mixed product. The least influence is exerted by the feed pressure of the mixed component. A close relationship of such factors as the size of the gap in the receiving chamber and the supply pressure of the main component is also noted. The reason for this is the increase in pres-

sure in the collision zone of the oncoming jets, which leads to a decrease in the pressure drop at the inlet and outlet of the nozzles and, as a result, to a decrease in the injection coefficient.

The quality of mixing increases with increasing speed of collision of the jets, which occurs when the supply pressure of the main component at the inlet to the mixer increases. In general, the results of the study indicate the high promise of this type of mixer, since the specific energy consumption of the process is 3-4 times less than that of classical capacitive mixing devices.

The results can be used to build an analytical model of counterflow jet mixers, dispersants and other hydraulic devices.

Literature

1. Gang Pan An experimental study of turbulent mixing in a tee mixer using PIV and PLIF/ Gang Pan, Hui Meng // *AICHe Journal*. – 2001. – Vol. 47, Issue 12. – P. 2653–2665.
2. Daas M. Submerged jet mixing in nuclear waste tanks: a correlation for jet velocity / M. Daas, R. Srivasta, D. Roeltan // *WM Symposia*. – 2007. – Vol. 41, Issue 14. – P. 9.
3. Joshua Jacob Engelbrecht Optimization of a hydraulic mixing nozzle Iowa State University, 2007. – 65 p.
4. Самойчук К. О. Визначення відстані між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв/ К. О. Самойчук, О. В. Полудненко, В. Г. Циб // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: науково-фахове видання / ТДАТУ*. – Мелітополь, 2015. – Вип. 15., т.1. – С. 30 – 38.
5. Experimental investigations of sugar concentration for counterflow jet mixing of drinks / К. Samoichuk [и др.] // *Technology audit and production reserves: науч. журн./Полтав. гос. аграр. академия.*–Харьков, 2017.– Т.2, № 3. – С. 41–46.

УДК 621.8

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Крот А.М.¹, д.т.н., профессор, **Авраменко П.В.**², к.т.н., доцент,

Вабищевич А.Г.², к.т.н., доцент, **Вырский Н.Н.**³, **Попов В.Б.**⁴, к.т.н., доцент

¹ОИПИ НАН Беларуси, ²БГАТУ, г. Минск, ³НТЦ ОАО «Гомсельмаш», ⁴ГГТУ, г. Гомель, Республика Беларусь

В настоящее время в основе разработки высокотехнологичной и конкурентоспособной продукции лежит использование перспективных компьютерных технологий, обеспечивающих информационную интеграцию и системную поддержку жизненного цикла продукции, так называемых CALS технологий. Ядро CALS-технологий составляют САД/САЕ/САМ/PDM – технологии, в которых традиционный последовательный подход к разработке новых изделий заменен принципиально новым интегрированным подходом, получившим название «параллельное проектирование». В основе этой технологии лежит идея совмещенного во времени компьютерного проектирования изделия (САД), выполнения многовариантных инженерных расчетов (САЕ, компьютерный инжиниринг – наукоемкая составляющая CALS-технологий) и технологической подготовки производства (САМ), что позволяет использовать проектные данные, начиная с самых ранних стадий проектирования и инженерного анализа одновременно различными группами специалистов (PDM).

Актуальность применения САЕ-технологий в отечественной промышленности предопределена тем, что ведущие фирмы мира три последних десятилетия в своих приоритетных разработках эффективно используют наукоемкие САЕ-технологии инженерного анализа. В ОАО «Гомсельмаш» активно внедряются современные компьютерные САЕ-технологии: для решения пространственных задач механики деформируемого тела и задач теплопередачи и теплообмена используется интегрированная система прочностного анализа (FEM-система) ИСПА; для решения задач кинематического и динамического моделирования сложных меха-

нических систем внедрена система ADAMS; для решения нелинейных и быстропротекающих процессов в деформируемых средах со сложными реологическими свойствами, задач контактного динамического взаимодействия, а также задач механики конструкций, содержащих жидкость, используются системы MARC и LS-DYNA и др.

Одной из важнейших областей, где не в полной мере были задействованы CAE-технологии, является исследование аэрогидродинамических процессов в рабочих органах сельскохозяйственных машин, проектируемых в ОАО «Гомсельмаш». Это моделирование работы системы очистки в зерноуборочных комбайнах на основе программных комплексов CFD-анализа, а также исследование процесса транспортировки технологической массы в кормоуборочных комбайнах.

При создании 3D-моделей в системе автоматизированного проектирования (CAD) конструкторами в первую очередь преследуется цель наиболее точно отразить реальную геометрию проектируемых узлов и деталей для проверки их собираемости и подготовки документации. Однако немаловажным является создание 3D-модели с учетом ее пригодности для систем инженерных расчетов (CAE). Зачастую модель, созданная в CAD-системе, отличается от модели для CAE-системы. Поэтому при подготовке расчетов с помощью CAE-систем много времени отводится на трансляцию CAD-модели в CAE-модель. Для проведения аэрогидродинамического анализа необходимо создавать новую 3D-модель, отвечающей проточной части рабочих органов, так как в конструкторской модели проточной части вообще не существует. Действительно, при подготовке моделей для аэрогидродинамического анализа существует ряд особенностей. Исходной 3D-моделью для CFD-системы является расчетная область, отвечающая исследуемому проточному пространству рабочих органов. При этом 3D-модель должна быть «сшитой и гладкой», в которой отсутствуют острые углы, соединения между частями по ребру или вершине, самопересекающиеся поверхностные линии и т.п.

В процессе проведения конструкторских разработок неотъемлемой частью является получение достоверной информации о результатах испытаний опытных образцов рабочих органов кормоуборочных комбайнов (ускорителя выброса, силосопровода и т.д.) соотнесение их с параметрами, закладываемыми на стадии проектирования, введение в конструкцию проточных частей изменений, необходимых для достижения требуемых параметров. Учитывая, что проточные части сельхозмашины представляют сложные пространственные поверхности, их доводка без наличия специальных математических моделей и прикладных программных систем инженерного анализа (для проведения газодинамического анализа с помощью CFD-системы необходимы твердотельные электронные модели проточных полостей исследуемого изделия) является весьма трудоемкой и требует значительных временных и материальных ресурсов.

Поэтому проведение газодинамического анализа (описание аэродинамики движения технологической массы неоднородной структуры в воздушном потоке, протекающего в рабочих органах кормоуборочного комбайна) наиболее перспективно с помощью систем вычислительной газодинамики (CFD-систем типа STAR-CD, STAR-Design, STAR-CCM+, CFX, Fluent) с применением высокопроизводительных кластерных систем семейства «СКИФ».

Литература

1. Крот А.М., Вырский А.Н., Минервина Е.Б., Пигенко В.А., Ткачева П.П. Компьютерное моделирование аэродинамических процессов в транспортирующих органах кормоуборочных комбайнов // Информатика. – 2006. – №3 (11). – С. 80-90.
2. Крот А.М., Ткачева П.П., Спагар И.Н. Компьютерное моделирование пароводяных потоков внутри рабочей камеры микротурбины и оценивание коэффициента полезного действия для усовершенствования конструкции турбоагрегата // Информатика. – 2017. – № 2. – С. 24-36.

УДК 631.354.2

АКСИАЛЬНО-РОТОРНЫЕ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ**Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент,****Портянко Г.Н., к.т.н., доцент, Белый С.Р., Кузнецов Д.А.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время одной из основных тенденций совершенствования зерноуборочных комбайнов является повышение пропускной способности и производительности. В зерноуборочных комбайнах: производительность, пропускную способность, потери и повреждение зерна в первую очередь определяют параметры и конструкция молотильно-сепарирующая система.

Молотильно-сепарирующие системы (МСС) предназначены для вымолота зерна из колоса и сепарации (выделения) вымолоченного зерна из соломистого (грубого) вороха.

В зависимости от применяемых МСУ и сепарируемого вороха используют следующие типы МСС:

- «классическая», состоит барабанно-декового МСУ и сепаратора соломистого вороха типа клавишный соломотряс;

- аксиально-роторная система, состоящая из аксиально-роторного МСУ и аксиально-роторного сепаратора соломистого вороха.

В комбайнах получили широкое распространение аксиально-роторные молотильные аппараты, в которых зерно вымолачивается за счет центробежной силы создаваемой ротором при вращении и сепарируется из грубого вороха в пространстве между ротором и неподвижным или вращающимся полностью или частично решетчатым кожухом.

Различают продольно-поточные (рисунок 1, а) и аксиально-роторные (рисунок 1, б) молотильно-сепарирующие системы (МСС). В первых ротор и кожух расположены вдоль направления движения комбайна, во-вторых – перпендикулярно ему.



Рисунок. 1– Зерноуборочные комбайны с роторной молотильной системой:

а – расположенной по направлению движения; б – перпендикулярно направлению;

1 – наклонная камера; 2 – ротор; 3 – кожух; 4 – воздушно-решетчатая очистка

Процесс выделения зерна из колоса выполняется в следующей последовательности. Поступающая растительная масса лопастями ротора 1 захватывается и перемещается к молотильно-сепарирующей зоне, в которой движется по винтовой поверхности. Зерно вымолачивается и просеивается сквозь отверстия кожуха 3 на воздушно-очистительную систему 4, а ворох поступает в сепарирующую зону ротора. Путь, проходимый массой в пространстве между ротором и кожухом, длиннее, чем подбарабанье бильного или штифтового МСУ. Большой путь обеспечивает высокий вымолот зерна при зазорах в 3...4 раза больше, чем в барабанных устройствах. При увеличенных зазорах обеспечивается вымолот с меньшим (в 2...3 раза) травмированием зерна.

Роторная технология обмолота и сепарации перед классической (барабанно-дековой) с соломотрясом имеет следующие преимущества:

- во-первых, это обеспечивает большую площадь сепарации, что позволяет повысить её пропускную способность (рисунок 2.);
- во-вторых, обуславливает возможность работы на засоренных хлебах из-за способности сепарирующих поверхностей к самоочищению [1].
- в-третьих, роторные комбайны превосходят комбайны классической схемы по технологической эффективности за счет большей удельной пропускной способности (на 1 м ширины молотилки) и значительно меньшего дробления зерна (1,5...2,0 раза) [2].

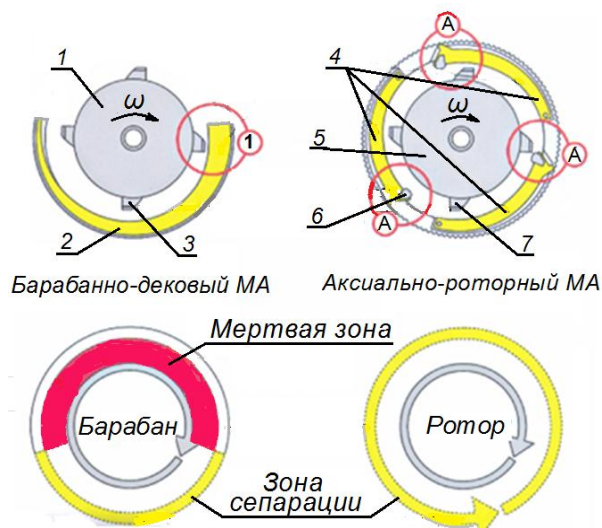


Рисунок 2 – Схема работы молотильного аппарата:
А – взаимодействие бича барабана с декой; 1 – барабан; 2 – дека барабанно-декового МА; 3 – бич; 4 – дека аксиально-роторного МА; 5 – ротор; 6 – бич кожуха ротора; 7 – бич ротора

Недостатком аксиально-роторного молотильного аппарата является:

- повышенная энергоемкость рабочего процесса при приведенной подаче $q = 5 \dots 10$ кг/с свыше на 10...15 %, чем у комбайнов с классической молотилкой измельчает стебли и вследствие чего возрастает нагрузка на сепарирующие органы;
- затруднено выполнение выделение зерна при повышенной влажности из хлебной массы.

Литература

1. Белов М.И. Роторные молотильно-сепарирующие устройства / М.И. Белов, Ю.М. Шрейдер // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. - № 11- С. 43-50.
2. Шрейдер Ю.М. Повышение эффективности зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами / Ю.М. Шрейдер // Техника и оборудование для села. – 2015- № .- С. 3-27.

УДК 629.366

СНИЖЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА СДВОЕННЫХ ВЕДУЩИХ КОЛЕС ТРАКТОРА

Бобровник А.И.¹, д.т.н., профессор, Варфоломеева Т.А.²

¹БНТУ, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В связи с действующей тенденцией в мировом тракторостроении новые создаваемые машины должны отличаться от предшественников большей энерговооруженностью для повышения производительности и возможности механизации выполнения все большего количества работ одной машиной. Но достижение новых высоких показателей сопровождается рядом проблем, которые необходимо решить на стадии проектирования.

Обзор современной научной литературы свидетельствует о том, что, несмотря на постоянное улучшение потребительских качеств тракторов, динамическая нагруженность силовых передач является высокой, поэтому поиск путей повышения надежности и снижения материалоемкости является актуальной задачей.

В работах современных ученых отмечается, что увеличение единичной мощности и энергонасыщенности машин сопровождается повышением нагруженности конструкций, износом наиболее нагруженных деталей, наиболее быстрым темпом накопления усталостных повреждений, более частыми отказами. Теме исследования динамики силовых передач посвящены работы известных ученых Аниловича В.Я., Гуськова В.В., Ксеновича И.П., Тарасика В.П., Цитовича И.С. и других, которыми созданы методы проектирования, проведены расчетные и экспериментальные исследования силовых передач.

Значительная часть современных авторов направлена на снижение нагруженности ходовой части и силовой передачи за счет установки упруго-демпфирующего тягово-сцепного устройства, влияющего на стабилизацию тягового усилия. По данным А.В. Шишкина применение такого устройства снижает динамичность нагружения на 25%, уменьшает буксования на 3-5%, снижает часовой и погектарный расход топлива на 16%. Другие авторы предлагают устанавливать упругие элементы с нелинейной характеристикой в подвеску задних колес. При этом увеличивается касательная сила тяги на 20-25%, снижается сопротивление передвижению. Динамическая нагруженность силовых передач может быть снижена за счет использования различных упругодемпфирующих и иных устройств в конструкциях самих передач. Так в работах А.В. Мержевского отмечается, что силовые приводы представляют собой сложные многомерные крутильно-колебательные системы. Динамическая нагруженность этих приводов формируется поличастотными крутильными колебаниями, интенсивность которых определяется динамическими свойствами силовых приводов и параметрами внешних воздействий. Особенно интенсивны они в резонансных и околорезонансных режимах. Свитчевым А.И. предложены математические модели сложных динамических систем силовых передач, отражающие особенности пространственных колебаний рабочих органов агрегатов, взаимодействующих с переменной массой при детерминированных и случайных возмущающих воздействиях

Наиболее мощными в линейке тракторов ОАО «МТЗ» являются тракторы «Беларус-3022/3522/4522». На эксплуатационные свойства тракторов значительное влияние оказывает конструкция ходовых систем, особенно задних ведущих колес и трансмиссия. Коробка передач - ступенчатая, диапазонная, с шестернями постоянного зацепления, переключение передач внутри диапазонов с помощью фрикционных гидравлически управляемых муфт. Энергонасыщенные колесные трактора «КИРОВЕЦ» для сельского хозяйства оборудуются механической коробкой передач, а универсальная колесная машина «КИРОВЕЦ» К-702 МВА-УДМ2 механической трансмиссией с гидротрансформатором. Исследования Г.М. Оганесяна показали, что количество резонансных зон для механической трансмиссии в 4 раза больше, чем для гидромеханической. Установлено, что чем ближе элемент к гидротрансформатору, тем более пологая корреляционная функция процесса его нагружения, а на спектральной плотности основная часть энергии колебаний смещается в сторону околонулевых частот и при этом снижается динамичность нагрузки.

В настоящее время основной комплектацией для тракторов «Беларус-3022/3522/4522» являются задние шины: 620/70 R42, 710/70 R 42, 710/75 R 42. Расчеты показывают, что тракторы с серийными ходовыми системами не обеспечивают допустимый уровень воздействия на почву. Разработанная ОАО «МТЗ» комплектация, приведенная в таблице, обеспечивает допустимый уровень воздействия движителей на почву при влажности почвы до 0,6 НВ, а для трактора «Беларус-4522» в летне-осенний период таблица 1 [1].

При движении энергонасыщенного трактора с сельскохозяйственной машиной в колее трактора плотность почвы повышается, а для выращивания большинства сельскохозяйственных культур оптимальная плотность почвы 1,1-1,3 г/см³. Для улучшения тягово-сцепных свойств с сохранением агроэкологических требований устанавливают сдвоенные колеса.

Таблица 1 - Воздействие задних колес на почву

№	Параметр	Беларус-3022	Беларус-3522	Беларус-44522
1	Нагрузка, кГ	3135	3430	4066
2.	Размеры шин ДхВ, м	1,959х0,710	2,085х0,800	2,147х0,900
3.	Пятно контакта на жестком основании, мхм	0,347х0,320	0,386х0,360	0,450х0,405
4.	Среднее давление, кПа	99	73	65
5.	Среднее давление на почву, кПа	90	66	59
6.	Максимальное давление на почву, кПа	135	99	107
7.	Напряжения в почве на глубине 0,5 м, кПа	35	35	41

Лидером на тракторном рынке для крупных хозяйств является FENDT 900 Vario с бесступенчатой трансмиссией. Благодаря интеллектуальным технологиям управления он имеет более высокую производительность. Встроенная система регулирования давления в шинах для работы в поле и для движения по шоссе от 0,6 до 2,5 бар в процессе движения позволяет оператору обрабатывать с культиватором на 8% большую площадь, сэкономить до 8% дизельного топлива при мощности двигателя 300 кВт. При этом масса трактора минимальная - всего 10,8 т с запасом грузоподъемности до 7,2 т. с уникальной системой балансирования.

Испытания трактора высокого технического уровня FENDT на сдвоенных задних и передних колесах одинакового диаметра показал, что трактора со сдвоенными колесами имеют значительные преимущества перед другими системами таблица 2 [2].

Таблица 2 - Показатели трактора FENDT с различными ходовыми системами

Ходовая система	Производительность, Га/ч (%)	Расходы/га (%)
Широкая резина	144	59
Сдвоенные колеса спереди и сзади	181	55
Сдвоенные колеса сзади	144	69
Стандартные шины с номинальным давлением	112	90
Стандартные шины с высоким давлением	100	100

Для сдваивания колес трактора используют различные устройства со специальными ободьями и проставками [3]. Однако при выполнении технологических процессов в полевых условиях имеет место криволинейное движение, сопровождающееся разностью скоростей движения сдвоенных колес как переднего, так и заднего мостов одного борта, что приводит к снижению эксплуатационных показателей всего агрегата.

Нами предложено устройство для снижения нагруженности бортов ходовой системы сдвоенных ведущих колес трактора при криволинейном движении, содержащее управляемую блокировочную муфту рис. 1 [4]. Сдвоенное колесо одного борта содержит связанную с рычагом управления блокировочную муфту с шариками, расположенными в выполненных полусферических выемках ведущих элементов. Принцип работы изложен на рис.1 а, б.

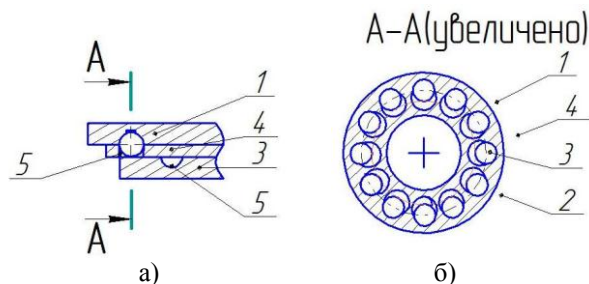


Рисунок 1 - Принцип работы управляемой блокировочной муфты:

а) положение шариков при передаче крутящего момента на наружное колесо; б) сечение А-А;

1- внутренняя втулка, 2-ступица наружного колеса, 3-блокировочная муфта, 4-шарики, 5-отверстия для шариков

Принцип работы шариковой предохранительной муфты представлен на рис. 2.

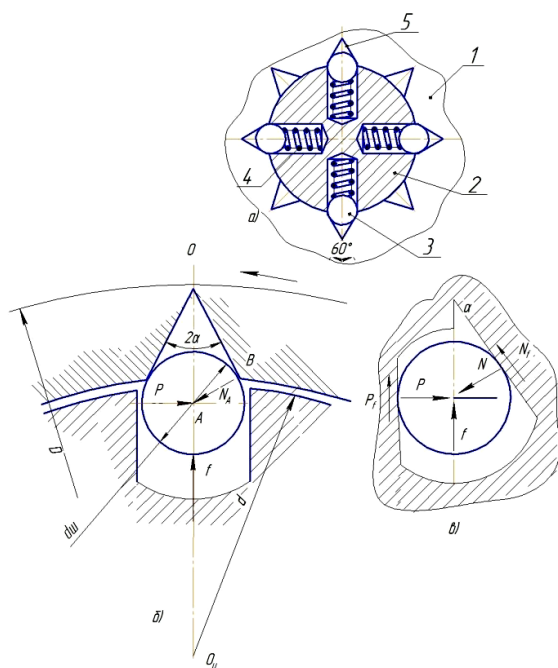


Рисунок 2. Предохранительная муфта
1-обойма; 2- вал; 3 шарик; 4- пружина;
5- угол конической лунки

Расчет шариковой предохранительной муфты выполнен по методике, изложенной в работе [5].

Крутящий момент, передаваемый на ведомую часть муфты четырьмя шариками:

$$M_{кр} = P \left(\frac{d_1}{2} + f \frac{d_{ш}}{2} \right).$$

где $M_{кр}$ - крутящий момент; P - окружное усилие, действующее на шарик; d_1 - диаметр, на котором приложена сила P ; $d_{ш}$ – диаметр шарика; f – коэффициент трения. $d_1 = D - 2AO$.

В начале включения на шарик действует окружное усилие:

$$P_1 = \frac{M_{кр1}}{(2d_1 + fd_{ш})}.$$

Из условия равновесия шарика находим осевую силу F_1 сжимающую пружину шарика в начале включения:

$$F_1 = P_1 \frac{\sin \alpha - 2f \cos \alpha - f^2 \sin \alpha}{\cos \alpha + f \sin \alpha}.$$

Выполнен анализ устройств по снижению нагруженности силовых узлов. Для повышения эффективности тракторов ходовые системы укомплектованы сдвоенными колесами, нагруженность которых увеличивается при криволинейном движении. Предложено устройство и методика расчета предохранительной шариковой муфты для снижения динамической нагруженности сдвоенных колес.

Литература

1. Гедроить Г.И., Зезетко Н.И и др. «Развитие конструкции ходовой системы трактора «Беларус» мощностью 300...450 л.с.». – Агропанорама, № 4 2017, с. 5-9.
2. www.profi-agropark.by.
3. Бобровник А.И., Варфоломеева Т.А. Показатели трактора «Беларус» со сдвоенными колесами. - Агропанорама, № 3 2019, с.5-9.
4. Патент на изобретение №22574 ВУ МПК В 60 В 11/12, Трактор // БГАТУ / Прищепов М.А., Бойков В.П., Бобровник А.И., Варфолмеева Т.А. и другие.- Заявл.- 29.11. 2017 г., №а20170445.
5. В.Я Анилович, Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов, Анилович В.Я. Водолажченко Ю.Т//М.Машиностроение, 1965 г. - 520 с.

УДК 620.9

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОЧИСТКИ ЗЕРНА НА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ РАЗНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Бондаренко Л.Ю.¹, к.т.н., доцент, Жарков А.В.²,

¹ТГАТУ, г. Мелитополь, ²ООО «ЮБС-Холод», г. Харьков, Украина

Энергоемкость производства сельскохозяйственной продукции в Украине в 2-4 раза выше, чем в развитых странах. Это приводит к увеличению себестоимости производимой продукции, а, следовательно, снижает ее конкурентоспособность как на международном рынке, так и внутри страны. Поэтому необходимо использовать мероприятия по снижению энергоемкости продукции за счет внедрения энергосберегающих технологий.

Цель работы – применение энергетического эквивалента при оценке сельскохозяйственных агрегатов.

Основным оценочным критерием технологических систем на предприятиях различного рода деятельности является энергетический эквивалент затрат. А показателем экономической эффективности является энергетическая эффективность. Именно его целесообразно использовать при анализе технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, а именно для выбора наименее энергозатратного комплекса работ [1, 2].

Методика расчета энергетического эквивалента сельскохозяйственной продукции приведена в [3].

В качестве примера, рассмотрим расчет полной энергоемкости зерноочистительных комплексов, которые устанавливаются на сельхозпредприятиях и произведем выбор наиболее энергоэкономичного агрегата для очистки зерна.

Технические данные зерноочистительных агрегатов ЗАВ-10А, ЗАВ-20У, ЗАВ-25, ЗАВ-40У составлена на основе [4] и приведена в табл. 1.

Продолжительность работы агрегата в часах определяется по формуле:

$$t = \frac{K}{Q},$$

где K – объем производства зерна в год, по статистическим данным хозяйства, $K = 8000$ т; Q – производительность агрегата, т/ч [3].

Удельные затраты электроэнергии на очистку одной тонны зерна согласно методике [3] определяются по формуле:

$$W_{уд} = \frac{P_{уст}}{Q},$$

где $P_{уст}$ - установленная мощность электродвигателей, кВт

Таблица 1 – Техническая характеристика зерноочистительных агрегатов

Показатели	ЗАВ-10А	ЗАВ-20У	ЗАВ-25	ЗАВ-40У
Производительность на пшенице при влажности до 16% и засоренности до 10%, т/ч	18	30	25	60
Установленная мощность, кВт	21,2	46,37	78,5	61,22
Масса оборудования, кг	11940	24457	26571	28000
Полнота удаления примесей в продовольственном зерне (эффект очистки),%	60			
Потери полноценного зерна в невозвратные отходы, %	1,5			
Количество обслуживающего персонала, чел.	1			

Произведем расчет затрат электроэнергии на очистку всего объема зерна:

$$W = W_{уд} \cdot K.$$

Результаты расчета сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет затрат труда и электроэнергии на очистку зерна

Показатели	ЗАВ-10А	ЗАВ-20У	ЗАВ-25	ЗАВ-40У
Продолжительность работы, ч	444	267	320	133
Затраты труда, чел.·ч	444	267	320	133
Удельные расходы электроэнергии, кВт·ч/т	1,18	1,55	3,14	1,02
Расход электроэнергии, кВт·ч·10 ³	9,44	12,4	25,12	8,16

Величина полных затрат энергии на очистку зерна определяется по формуле:

$$E = E_{\text{пр}} + E_{\text{к}} + E_{\text{и}} + E_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{пр}}$, $E_{\text{к}}$, $E_{\text{и}}$, $E_{\text{тр}}$ – соответственно прямая, косвенная, инвестиционная составляющие полных затрат и энергетическая оценка затрат труда, МДж.

Здесь прямые затраты энергии можно определить по формуле:

$$E_{\text{пр}} = q_{\text{э}} \cdot W, \quad (2)$$

где $q_{\text{э}}$ – энергетический эквивалент электроэнергии, $q_{\text{э}} = 12$ МДж/кВт·ч; W – затрата электроэнергии, кВт·ч [3].

Рассчитаем косвенные затраты энергии по формуле:

$$E_{\text{к}} = q_{\text{к}} \cdot K \cdot K_{\text{с.в}}, \quad (3)$$

где $q_{\text{к}}$ – энергетический эквивалент исходного зерна, $q_{\text{к}} = 12$ МДж/кг с.в; $K_{\text{с.в}}$ – коэффициент сухого вещества зерна, $K_{\text{с.в}} = 0,86$ [3].

Инвестиционные затраты энергии определим по формуле:

$$E_{\text{и}} = q_{\text{и}} \cdot m, \quad (4)$$

где $q_{\text{и}}$ – энергетический эквивалент амортизации оборудования, $q_{\text{и}}=20$ МДж/кг за год; m – масса оборудования, кг [4].

Трудовые затраты энергии определим по формуле:

$$E_{\text{т}} = q_{\text{т}} \cdot T, \quad (5)$$

где $q_{\text{т}}$ – энергетический эквивалент, $q_{\text{т}} = 50$ МДж/чел·ч; T –трудозатраты, чел·ч [3].

Подставим значения, полученные из выражений (2) – (5) в формулу (1) и определим расчетный энергетический эквивалент очищенного зерна:

$$q = \frac{E}{K_{\text{с.в}} \cdot K_{\text{оч}}},$$

где $K_{\text{оч}}$ – количество зерна после очистки, с учетом потерь:

$$K_{\text{оч}} = 8 \cdot 10^3 \cdot [100 - (0,6 \cdot 10 + 1,5)] = 7,4 \cdot 10^6 \text{кг.}$$

Результаты расчета энергетического эквивалента использования зерноочистительных комплексов приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Расчет энергетического эквивалента очищенного зерна

Энергозатраты	ЗАВ-10А	ЗАВ-20У	ЗАВ-25	ЗАВ-40У
Косвенные энергозатраты, МДж·10 ⁶	82,56			
Прямые энергозатраты, МДж·10 ⁶	0,113	0,149	0,304	0,098
Инвестиционные затраты, МДж·10 ⁶	0,239	0,489	0,535	0,56
Трудовые затраты, МДж·10 ⁶	0,022	0,014	0,016	0,007
Энергозатраты на очистку зерна, МДж·10 ⁶	0,934	1,212	1,413	1,225
Полные энергозатраты, МДж·10 ⁶	82,934	83,212	83,413	83,225
Энергетический эквивалент оч. зерна, МДж/кг с.в.	13,032	13,075	13,107	13,077

Вывод: наиболее энергоэкономичный вариант очистки зерна в хозяйстве с годовым объёмом производства зерна 800 т/год будет на агрегате ЗАВ-10А, для которого энергетический эквивалент составит $q = 13,032$ МДж/кг.

Литература

1. Караев О.Г. Розрахунок енергоємності виробництва садивного матеріалу в плодовому розсаднику / О.Г. Караев, О.І. Матковський // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2001. – Вип. 1, т. 20. – С.90-94
2. Караев О.Г. Енергетична оцінка застосування азотних добрив в інтенсивних яблуневих садах півдня України / О.Г. Караев, Г.В. Дмитриєнко // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Садівництво», 2001, № 5. – С.170-177.
3. Свидетельство №79184 о регистрации авторского права на Литературно-письменное произведение научного характера «Энергоёмкость продукции с учётом ВИЭ» / Жарков А. В.; Жарков В.Я. (Украина). – № 80331; заявл. 11.05.2018; опубл. 21.05.2018.
4. Комплексная механизация послеуборочной обработки зерна и подготовка семян // Техника и оборудование для села. – 2002. – №3. – С.11-12.

УДК 631.361.8

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ КОРНЕПЛОДОВ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Брусенков А.В., к.т.н., Белокопытов А.А.

ТГТУ, г. Тамбов, Российская Федерация

Одним из главных факторов при выращивании крупного рогатого скота (КРС) является нормированное кормление сельскохозяйственных животных на всех этапах их роста и развития [1]. Важную роль в росте и развитии животных играет не только общий уровень кормления, но и сбалансированность рационов, их детализация [2, 3].

Корнеплоды являются важнейшей составной частью рационов животных. На корм животным и птице их используют в сыром виде в составе влажных кормосмесей или комбинированного силоса, в виде сухой стружки или в запаренном виде в смеси с другими кормами. Они обогащают рационы легкоперевариваемыми углеводами и витаминами, повышают вкусовые качества кормов, стимулируют пищеварение, действуют как диетический корм, улучшают репродуктивные качества животных.

В соответствии с требованиями и способами обработки кормового продукта применяют различные кормоприготовительные машины. Обработка различных кормов дает возможность повышать усвояемость их организмом животного, увеличивать питательность, сокращать расходы энергии на выживание, повышать вкусовые качества, предупреждать заболевания животных и уничтожать вредные влияния некоторых кормов на продукцию животных.

Одним из самых сложных и достаточно энергоёмких процессов при кормлении сельскохозяйственных животных является измельчение [4, 5]. Для измельчения корнеклубнеплодов в кормоприготовительных цехах используют измельчители, выпускаемые промышленностью в стационарном и передвижном вариантах (в последнем случае их переоборудуют для применения в стационарных условиях). Как показывает проведённый анализ обзор и

анализ конструкций измельчителей корнеплодов, выпускаемые промышленностью машины отличаются металлоемкостью, имеют низкие показатели качества измельчения, высокую энергоёмкость выполняемого процесса, не всегда отвечают современным зоотехническим требованиям [4].

С целью повышения их надёжности и производительности при сохранении качества получаемой продукции, а также снижения энергоёмкости процесса резания корнеплодов предлагается устройство (рисунок 1), которое состоит из кожуха 1 с загрузочной 2 и выгрузочной 3 горловинами [6]. Внутри кожуха 1 неподвижно установлен вертикальный режущий барабан 4, состоящий из кольцевых ножей, расположенных относительно друг друга на расстоянии, которое соответствует зоотехническим требованиям. Режущий барабан 4 крепится к кожуху 1 с помощью шпилек 5, расположенных относительно друг друга под углом 45° и обеспечивающих их соосность. Степень измельчения корнеплодов регулируется установкой сменного блока кольцевых ножей режущего барабана 4 с различным расстоянием между ними.

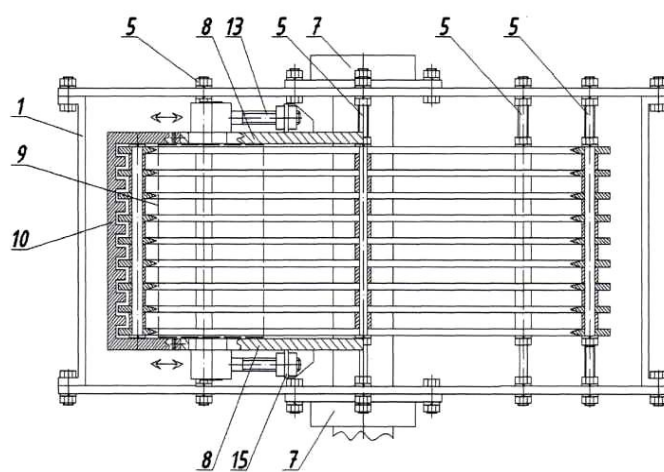
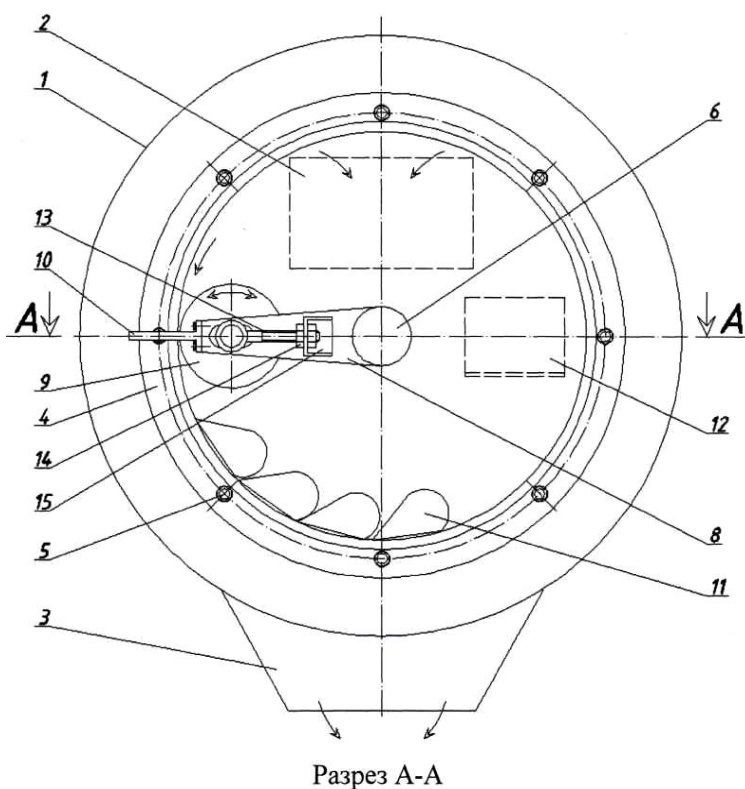


Рисунок 1 – Устройство для измельчения корнеплодов

Через центр режущего барабана 4 проходит вал 6, свободно вращающийся в подшипниковых узлах 7 кожуха 1. На валу 6 на водилах 8 установлен прессующий валец 9, перемещающийся вдоль оси вращения водил в сквозных пазах и вращающийся в подшипниковых узлах скольжения. К водилам 8 болтами крепится гребёнка 10 для проталкивания измельчаемых корнеплодов 11 через кольцевые ножи и одновременной очистки межножевого пространства режущего барабана 4. Регулировка зазора между режущим барабаном 4 и вальцом 9 осуществляется через смотровые окна 12, расположенные симметрично с двух сторон кожуха 1 с помощью устройства, состоящего из накидного болта 13, двух гаек 14 и кронштейна 15. Привод вала 6, водила 8 с устройством для регулировки зазора и прессующего вальца 9 осуществляется от мотор-редуктора 16 через предохранительную муфту 17. Мотор-редуктор 16 крепится четырьмя болтами к станине 18.

Устройство работает следующим образом. Предварительно очищенные в моечной машине корнеплоды (сахарная и кормовая свекла, брюква, турнепс) через загрузочную горловину 2 поступают во внутреннюю полость неподвижного режущего барабана 4, где под действием собственной силы тяжести скатываются в его нижнюю часть, защемляются между ножевой решеткой и вальцом 9 и продавливаются через неё. Готовый продукт в виде пластинок под действием гребёнки 10 и собственного веса выгружается через выгрузную горловину 3.

Такая схема работы предлагаемого устройства позволяет получать пластинки, соответствующие зоотехническим требованиям, что в конечном счёте приведёт к повышению качества измельчения и улучшению усвояемости данного вида кормов сельскохозяйственными животными. Быстрая замена одного блока кольцевых ножей на другой в процессе эксплуатации, наличие гребёнки для проталкивания и очистки межножевого пространства режущего барабана позволяют повысить надёжность и эксплуатационные показатели предлагаемого устройства, а применение вальцового механизма снижает энергоёмкость процесса резания и повышает её производительность [4].

Литература

1. Синельников, В.М. Повышение экономической эффективности молочного животноводства за счет оптимизации рациона кормления. / В.М. Синельников, А.И. Попов, Н.М. Гаджаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2017. – №2(64). – С. 86-93.
2. Головкин, В.А. Совершенствование работы мясоперерабатывающего предприятия на основании оптимизации сырьевой зоны / В.А. Головкин, В.М. Синельников, А.И. Попов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2018. – №1(67). – С. 58-66.
3. Синельников, В.М. Концептуальные подходы к инновационному обновлению кластера молочного скотоводства / В.М. Синельников, А.И. Попов, Н.М. Гаджаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2019. – №1(71). – С.86-94.
4. Брусенков, А.В. Разработка технологического процесса и устройства для измельчения корнеклубнеплодов с вальцовым подпором: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 // Брусенков А.В. – Тамбов, 2015. – 222 с.
5. Брусенков, А.В. Обоснование способов и средств для измельчения корнеклубнеплодов [электронный ресурс]: монография / А.В. Брусенков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 128 с.
6. Патент на изобретение №2692052 РФ, МПК А01F 29/08, В02С 4/10. Корнеклубнеперезка / А.В. Брусенков, С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, В.С. Ненашев – №2018109837; заяв. 20.03.2018; опубл. 19.06.2019, Бюл. №17.

УДК 629.336.023.1

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МНОГОКОЛЕСНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ С ПОЧВОЙ

Гедроить Г.И.¹, к.т.н., доцент, Бобрышов А.В.², к.т.н., доцент,Безручко А.Ф.¹, к.т.н., доцент, Занемонский С.В.¹¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь²СтГАУ, г. Ставрополь, Российская Федерация

У машинно-тракторных агрегатов для внесения органических и минеральных удобрений, работающих с прицепами, транспортировщиками рулонов по одному следу проходит 4...5 колес. В составе тракторных поездов количество колес одного борта может увеличиваться до семи. Колеса имеют разные размеры, жесткость и конфигурацию профиля шин, давление воздуха в шинах, нагрузки. При решении задач оптимизации параметров ходовых систем необходимо учитывать изложенные обстоятельства.

Обосновано, что поверхность контакта шины с почвой можно представить в виде усеченного эллиптического параболоида [1, 2]. Уравнение поверхности этого параболоида получено в виде:

$$z = h + \lambda - \frac{y^2}{\frac{b_0^2}{\Delta}} - \frac{x^2}{2R - h - \lambda},$$

где b_0, Δ – характерные размеры шины, определяющие форму части ее профиля, контактирующую с опорной поверхностью. Для большинства шин $2b_0$ – ширина беговой дорожки, Δ – стрела дуги протектора (высота беговой дорожки). Для торообразных и оболочковых шин $2b_0$ – ширина профиля шины, Δ – половина высоты профиля шины. В частных случаях могут быть приняты промежуточные значения названных параметров; h – глубина следа; λ – радиальная деформация шины; z, x, y – координаты.

Схема взаимодействия колес с почвой при качении по следу приведена на рисунке 1. На колесо радиуса R действуют нормальная нагрузка G , толкающая сила P . После прохода колеса остаются максимальная остаточная h_{m1} и средняя остаточная h_{s1} глубина следа. Индексом 1 обозначены параметры, относящиеся к предшествующему колесу.

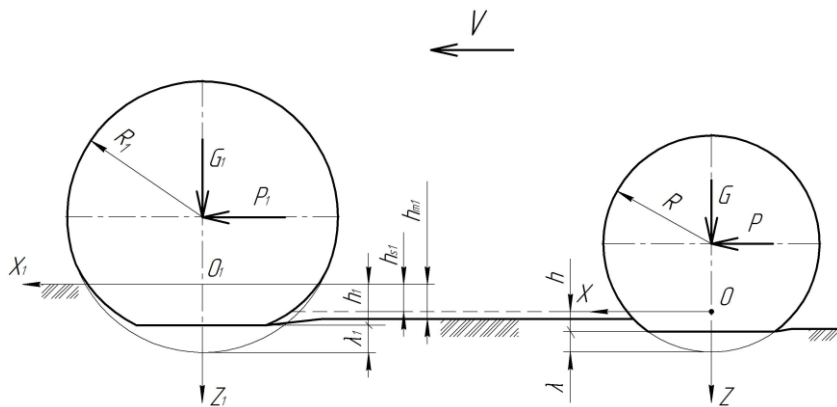


Рисунок 1 – Расчетная схема при движении колес по следу

Приняты следующие допущения:

- форма поверхности контакта каждого колеса описывается в соответствии с изложенными выше предпосылками;

- с целью соблюдения единого методологического подхода, сложная форма следа предшествующего колеса, полученного исходя из принятой поверхности контакта, усредняется по глубине;

- влияние касательных реакций почвы в контакте не учитываем;

- распределение нормальных давлений в контакте подчиняется закону гиперболического тангенса, предложенного В.В. Кацыгиным;

- упругие деформации почвы не влияют на процесс качения исследуемого колеса. Они восстанавливаются к моменту прохода следующего колеса.

Определить глубину следа и силу сопротивления качению любого колеса многоколесной ходовой системы в наиболее общем случае можно при решении уравнений:

для глубины следа

$$h = \frac{\sigma_0}{K} \operatorname{arth} \frac{G_{nl}}{2b_0\sigma_0\sqrt{(2R-\lambda)\Delta} \left(\sqrt{\frac{\lambda}{\Delta}-1} + \frac{\lambda}{\Delta} \arcsin \sqrt{\frac{\Delta}{\lambda}} \right)} - h_{s1};$$

$$G = \frac{\alpha b_0 \sigma_0^2}{K} \sqrt{\frac{2R-h-\lambda}{\Delta}} \ln \frac{ch \frac{K}{\sigma_0} (h_{s1} + h)}{ch \frac{K}{\sigma_0} h_{s1}} + G_{nl},$$

для силы сопротивления качению

$$P_f = P_{fn} + P_{fu}; \quad P_{fn} = \frac{2b_0\sigma_0^2}{K} \ln \frac{ch \frac{K}{\sigma_0} (h_{s1} + h)}{ch \frac{K}{\sigma_0} h_{s1}}; \quad P_{fu} = K_u B_k \lambda,$$

где σ_0 – несущая способность почвы; K – коэффициент объемного смятия почвы k , приведенный к размерам колеса; R – свободный радиус колеса; h_{s1} – средняя остаточная глубина следа от предшествующих колес; α – расчетный коэффициент; G – нормальная нагрузка на колесо; G_{nl} – часть нагрузки, воспринимаемая в плоской части контакта шины с почвой.

Принимается по характеристике шин на жестком основании [3]; P_f – сила сопротивления качению колеса; P_{fn} – составляющая силы сопротивления качению из-за деформации почвы; P_{fu} – составляющая силы сопротивления качению из-за деформации шины; B_k – ширина плоской зоны контакта шины с почвой; K_u – давление шины на дорогу при нулевом значении давления воздуха в шине.

Предложенная модель позволяет рассчитать силу сопротивления качению и глубину следа от многоколесных ходовых систем с учетом реальных параметров шин и эксплуатационных факторов.

Литература

1. Горин Г.С. Исследование колеобразования при качении ведомого колеса / Горин Г.С., Гедроить Г.И., Юреть И.Е. // Воздействие ходовых систем сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов на почву: сб. науч. трудов. – Горки, 1991. – С. 11-18.
2. Гедроить Г.И. Сопротивление качению ведомых пневматических колес / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2010, № 1. – С. 26–30.
3. Гедроить Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2009, № 4. – С. 23–27.

УДК 59.089

**ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДИКИ СНЯТИЯ
КАРДИОИНТЕРВАЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У МОЛОДНЯКА
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, С УЧЁТОМ ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА**

Герасимов М.А., Емельянов С.Д.
РГАТУ, г Рязань, Российская Федерация

Изучение кардиоинтервалометрических показателей – чрезвычайно перспективное направление научных исследований [1-5]. Выявление возрастных закономерностей изменения вторичных показателей ЭКГ, позволяет сделать выводы о вегетативном тоне и типе нервной деятельности [6-10]. Эти данные помогают прогнозировать развитие желательных качеств у молодняка в раннем возрасте и, следовательно, проводить выборку животных с высокой хозяйственной ценностью.

В настоящее время уже довольно широко применяются методики выявления индекса напряжения и вегетативного тонуса [11-15]. Базой для данных вычислений является фиксация показателей ЭКГ. Применение метода было опробовано такими учёными, как Емельянова А.С., Степура Е.Е. и тд. Существуют даже исследования, позволяющие учитывать внешние условия, имеющие место в рамках практической реализации эксперимента. Например, время на адаптацию, которая позволяет улучшить качество получаемого ЭКГ, за счёт стабилизации сердечного ритма. В результате снижается количество артефактов, то есть помех, затрудняющих расшифровку кардиоинтервалограммы. В предыдущем опыте мы уже выяснили, что для тёлочек голштинской породы время адаптации в три минуты является достаточным, и улучшает качество ЭКГ, снижая содержание артефактов на 11%.

Однако в работе не был учтён фактор полового диморфизма. Бычки и тёлочки аналогичного возраста могут иметь сильно отличающиеся показатели исходного вегетативного тонуса и индекса напряжения. Предполагается, что бычки будут проявлять большую склонность к симпатикотонии, вследствие более активной деятельности эндокринной системы (выработка андрогенов и адреналина).

Ключевые слова: ЭКГ, кардиоинтервалограмма, индекс напряжения.

В данной работе ставится цель – выявить методы улучшения качества получаемых кардиоинтервалограмм и снижения количества присутствующих в них артефактов, с учётом фактора полового диморфизма.

Задачи: 1) Выявить эффективность модифицированного способа фиксации ЭКГ-показателей у бычков, с учётом их половых особенностей.

2) Уточнить данные об внешних условиях, благоприятствующих получению достоверных сведений, касательно индекса напряжения и исходного вегетативного тонуса для бычков.

Исходя из заявленного предположения, в данной работе предлагается увеличить время на адаптацию к новым условиям с трёх до пяти минут. В соответствии с задумкой, появление дополнительного времени приведёт к снижению уровня стресса, а, следовательно, нормализует состояние нервной и сердечно-сосудистой систем. Нормализация позволит получать более точные результаты при анализе кардиоинтервалограммы, а главное снизит количество артефактов на записи.

Для проверки теории был разработан эксперимент по следующей схеме. Взято две группы животных, одна из которых задумана как экспериментальная, а вторая как опытная. Обе группы содержали по тридцать бычков голштинской породы месячного возраста. Условия кормления и содержания животных были аналогичными. Для кардиоинтервалометрии использовали комплексную электрофизиологическую лабораторию «CONAN-4.5» в системе фронтальных отведений по методике Роцевского за 2 – 3 часа до приема пищи.

Снятие ЭКГ проводилось в утреннее время, в осенний период, за час до приёма пищи. В контрольной группе процедура проводилась по методике, аналогичной таковой у тёлочек, то есть время адаптации составило 3 минуты. В опытной группе фиксация данных начина-

лась через промежуток в пять минут. По окончании процедуры требовалось сравнить получившиеся кардиоинтервалограммы на предмет количества артефактов.

Регистрация кардиоинтервалограмм проводилась в системе фронтальных отведений с помощью, специализированной комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN 4.5.», регистрировались 100 последовательных кардиоинтервалов (R-R), что делало расчёт индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, а также исходный вегетативный тонус. Отдельно подсчитывалось процентное содержание артефактов в записи, что является основным исследуемым аспектом данной работы. Для описания данного параметра мы вновь используем такое понятие как качественно-количественный анализ ЭКГ.

Процесс проведения качественно-количественного анализа ЭКГ проходил в четыре этапа. Во-первых, был проведён подсчёт количества артефактов в каждой отдельно взятой кардиоинтервалограмме. Во-вторых, вычислено в процентах, какую часть от записи составляют артефакты. В-третьих, собраны в единую систему данные по всем ЭКГ из одной группы, что позволяет рассчитать процент артефактов на всю группу. В-четвёртых, проведено сравнение данных по обоим группам.

Помимо процентного содержания артефактов на группу мы отдельно обратили внимание на наличие таких кардиоинтервалограмм, которые вовсе не содержат ни одного артефакта. Для простоты обозначим такие ЭКГ как «чистые». Именно «чистые» ЭКГ являются наиболее предпочтительными так, как выдают наиболее достоверный результат и, следовательно, позволяют с высокой степенью надёжности делать выводы об искомых параметрах – индексе напряжения и исходном вегетативном тоне. Мы также подсчитали в процентах, какую часть от общего количества измерений на каждую группу составят именно «чистые» кардиоинтервалограммы. Получившиеся значения также сравнивались между собой. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Группа	Опытная	Контрольная
Количество животных	30	30
Количество артефактов на группу, %	5	10
Количество «чистых» кардиоинтервалограмм	12	1
Количество «чистых» кардиоинтервалограмм, %	15+/-2.9%	3+/-1,7%

При анализе таблицы 1 мы видим, что в опытной группе, где проводилась регистрация данных по методу с учётом полового диморфизма, общий процент артефактов от всего объёма записей ЭКГ составил 5%. В то же время, в контрольной группе, где исследование проводилось классическим методом, данный показатель дошёл до 10%. Таким образом разница между группами составила 5%. Помимо того, в опытной группе наблюдается 12 «чистых» кардиоинтервалограмм, то есть таких записей, на которых не обнаружено ни одного артефакта. То есть, данный показатель составляет 15 % от всего имеющегося объёма данных по конкретной группе, стало быть более третьей части от общего количества. В контрольной группе «чистых» записей оказалось только 1, что составляет 3% от данных по группе. Таким образом разница между долей желательных кардиоинтервалограмм в опытной и контрольной группах составила 12%, то есть 11 образцов.

Таким образом качественно-количественный анализ полученных, в ходе эксперимента, данных указывает на значительные улучшения качества зафиксированных данных. В случае применения метода Емельяновой число «чистых» кардиоинтервалограмм увеличилось с 1/30 от общего массива до почти трети. Оставшаяся часть записей, по-прежнему содержала артефакты, однако их количество сократилось до единичных.

Выводы: 1) Необходимо учитывать половой диморфизм при проведении кардиоинтервалометрических исследований.

2) Желательный период времени для регистрации ЭКГ у бычков составляет 5 минут.

Литература

1. Связь функционального состояния сердечно-сосудистой системы молочной продуктивности коров по электрокардиографическому обследованию. Емельянова А.С. Рязань, 2011.
2. Анализ показателей вариационных пульсограмм у коров с различной молочной продуктивностью. Емельянова А.С. Зоотехния. 2010. № 6. С. 16-18.
3. Анализ изменения длительности сегментов ЭКГ при физической нагрузке у телочек с разным исходным вегетативным тонусом. Емельянова А.С. Сельскохозяйственная биология. 2010. Т.45. № 2. С 77-81.
4. Рекомендации по оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы крупного рогатого скота. Емельянова А.С. Рязань, 2010.
5. Оценка исходного вегетативного тонуса коров с различной молочной продуктивностью по индексу напряжения регулярных систем организма. Емельянова А.С. Естественные и технические науки. 2009. № 6 (44). С.148-149.
6. Сравнительный анализ электрокардиографических показателей высокопродуктивных и низкопродуктивных коров-первотелок с разным исходным вегетативным тонусом регуляторных систем. Емельянова А.С. зоотехния. 2010. № 4. С6-8.
7. Взаимосвязь изменения удоев и перенесенного стресса у коров-первотелок при применении янтарной кислоты. – Емельянова А.С., Лупова Е.И. АгроЭкоИнфо. 2014. № 1 (14). с. 5.
8. Индекс вегетативного равновесия у телок с разной вегетативной реактивностью. Емельянова А.С. Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 4. С. 28-29.
9. Сравнительный анализ показателя адекватности процессов регуляции у молодняка крупного рогатого скоты до и после физической нагрузки. Емельянова А.С. Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2009. № 4. С. 16-17.
10. Показатель вегетативной реактивности у коров-первотелок при адаптации к острому стрессу. Лупова Е.И., Емельянова А.С. Аграрная Россия. 2012. № 10. с. 43-44.
11. Анализ взаимосвязи вторичных показателей вариационных пульсограмм коров и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил». Емельянова А.С., Никитов С.В. Естественные и технические науки. 2012. № 2 (58). С. 132-134.
12. Анализ зависимости молочной продуктивности и вегетативного показателя ритма коров первотелок. Емельянова А.С., Емельянов С.Д. Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. 2010. № 4 (8). с. 12-13
13. Электрокардиографическое обследование, как один из интерьерных методов предварительного прогнозирования молочной продуктивности коров. Емельянова А.С. диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Рязань. 1999.
14. Кардиоинтервалометрические исследования в молочном скотоводстве. Емельянова А.С., Борычева Ю.М., Степура Е.Е., Емельянов С.Д. В сборнике: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2016. С. 164-167.
15. Анализ повышения молочной продуктивности при применении биологической добавки «Витартил» коровам с разным ИВТ (по данным ЭКГ). Емельянова А.С., Никитов С.В. Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 5. С9-11.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛОВ 2-РОДА В ФОРМЕ ЛЕЖАНДРА И СФЕРИЧЕСКОЙ ТРИГОНОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ДУГИ РЕЗАНИЯ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ РОТАЦИОННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Головченко Г.С., Калнагуз О.М.
СНАУ, г. Сумы, Украина

Рассмотрены закономерности изменения длины дуги резания в зависимости от радиуса фрезерного барабана R (табл. 1), подачи на один нож S (табл. 2), показателя кинематического режима работы почвообрабатывающей фрезы λ (табл. 3), которые определялись с применением эллиптических интегралов 2 – рода (1) и с помощью закономерностей сферической тригонометрии (2).

Длина дуги резания рабочими органами почвообрабатывающих фрез определяется по формуле:

$$l = 2R \frac{1+\lambda}{\lambda} \left[2 \int_0^{90^\circ} \sqrt{1-K^2 \sin^2 \varphi} d\varphi - \int_0^{90^\circ - \frac{\varphi_1}{2}} \sqrt{1-K^2 \sin^2 \varphi} d\varphi - \int_0^{90^\circ - \frac{\varphi_2}{2}} \sqrt{1-K^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \right], \quad (1)$$

где R – радиус фрезерного барабана, м; λ – показатель кинематического режима работы почвообрабатывающей фрезы, $\lambda = \frac{\omega R}{v}$, здесь ω – угловая скорость фрезерного барабана,

град./с; v – поступательная скорость, м/с; K – модуль, $K = \frac{2\sqrt{\lambda}}{1+\lambda}$; φ_1 – угол между вертикалью и радиусом фрезерного барабана, направленным от точки пересечения траектории лезвия ножа с поверхностью грунта, градусы, $\varphi_1 = \arccos \frac{R-h}{R}$; φ_2 – угол между вертикалью и радиусом фрезерного барабана, проведенным к вершине гребня на дне борозды, градусы, $\varphi_2 = \frac{\pi}{z(\lambda-1)}$.

С помощью закономерностей сферической тригонометрии длина дуги резания определяется по формуле:

$$l_{сф.} = R\varphi, \quad (2)$$

где R – радиус фрезерного барабана, м; φ – центральный угол, радианы, $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$. Здесь φ_1 – угол между вертикалью и радиусом фрезерного барабана, направленным от точки пересечения траектории лезвия ножа с поверхностью грунта, радианы; φ_2 – угол между вертикалью и радиусом фрезерного барабана, проведенным к вершине гребня на дне борозды, радианы.

Таблица 1 – Зависимость длины дуги резания от радиуса барабана R ($h=0,10$ м, $S=0,060$ м, $\lambda = 6,26$)

R , м	z , шт.	φ_1 , град.	φ_2 , град.	φ , град.	φ , рад.	l , м	$l_{сф.}$, м	$\frac{l}{l_{сф.}}$	l'	δ
0,18	3	63° 40'	11° 24'	75° 04'	1,310	0,206	0,236	0,873	0,203	-1,45
0,24	4	54° 20'	8° 33'	62° 53'	1,097	0,227	0,263	0,863	0,226	-0,44
0,30	5	48° 40'	6° 50'	55° 30'	0,968	0,249	0,290	0,859	0,249	0
0,36	6	43° 46'	5° 42'	49° 28'	0,863	0,266	0,310	0,858	0,266	0

Таблица 2 – Зависимость длины дуги резания от подачи на один нож S ($R=0,24\text{ м}$, $h=0,10\text{ м}$, $\lambda=6,26$)

z , шт.	S , м	φ_1 , град.	φ_2 , град.	φ , град.	φ , рад.	l , м	$l_{\text{сф.}}$, м	$\frac{l}{l_{\text{сф.}}}$	l'	δ
8	0,030	54° 20'	4° 16'	58° 36'	1,023	0,212	0,245	0,865	0,211	-0,47
7	0,034	54° 20'	4° 53'	59° 13'	1,033	0,214	0,248	0,862	0,213	-0,46
6	0,040	54° 20'	5° 44'	60° 04'	1,048	0,217	0,251	0,864	0,216	-0,46
4	0,060	54° 20'	8° 33'	62° 53'	1,097	0,227	0,263	0,863	0,226	-0,44
2	0,120	54° 20'	17° 06'	71° 26'	1,246	0,257	0,299	0,859	0,257	0

Таблица 3 – Зависимость длины дуги резания от глубины возделывания h ($K=0,689$, $R=0,24\text{ м}$, $S=0,06\text{ м}$)

h , м	λ	φ_1 , град.	φ_2 , град.	φ , град.	φ , рад.	l , м	$l_{\text{сф.}}$, м	$\frac{l}{l_{\text{сф.}}}$	l'	δ
0,06	0,689	41° 25'	8° 33'	49° 58'	0,872	0,178	0,209	0,851	0,180	1,12
0,08	0,689	48° 10'	8° 33'	56° 43'	0,990	0,204	0,237	0,860	0,204	0
0,10	0,689	54° 20'	8° 33'	62° 53'	1,097	0,227	0,263	0,863	0,226	-0,44
0,12	0,689	60° 00'	8° 33'	68° 33'	1,196	0,249	0,287	0,867	0,247	-0,80

Из таблиц 1-3 следует, что длина дуги резания в общем виде определяется по формуле $l = \varepsilon R \varphi$, где $\varepsilon = \frac{l}{l_{\text{сф.}}}$. Для зависимостей $l' = f(R, S, h)$ $\varepsilon = 0,86$, тогда $l' = 0,86R\varphi$.

Определение длины дуги резания с применением эллиптических интегралов 2 – рода требует значительно больше времени, чем с помощью сферической тригонометрии. Анализируя данные таблиц 1-3 имеем, что относительное отклонение δ длины дуги резания в рабочем интервале параметров и режимов работы почвообрабатывающей фрезы, которая определяется по формулам (1) и (2) находится в пределах 0...1,45%.

Литература

1. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике (для инженеров и учащихся втузов)/ И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. –608с.
2. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т.2/ Г. М. Фихтенгольц – «Наука», главная редакция физико-математической литературы. - Москва,1969. – 800 с.
3. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, М.Я. Довжик; за ред. Д.Г. Войтюка. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 543 с.

УДК 63.631

ИСПЫТАНИЯ ТРАКТОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ОСТАТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Горовой М.В.¹, Горовой В.М.², к.т.н., доцент, Горовой Д.М.³

¹СНАУ, ²Роменский колледж СНАУ, ³ООО «Юпитер-9 Агросервис», г. Сумы, Украина

Пожнивная обработка, произведенная в течении суток – снижает риск высыхания и сохраняет влагу для следующих культур – позволяет контролировать вторичный рост (падалицу, сорняк). Вторичный рост может быть затем устранен механически путем повторной поживной обработки или химически путем с применением гербицидов . Для послеуборочной обработки можно использовать культиваторы, лушпильники, бороны.

С каждым годом на полях Украины растет количество тракторов и сельскохозяйственных машин зарубежного производства. Среди лидеров производителей которые предлагают новые машины на наш рынок это фирмы «John Deer», «Claas», «New Holland», «Case IH»,

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

«Fendt», «Massey Ferguson», причем трактора разной мощности. К примеру трактора фирмы «John Deere» выпускаются с мощностью 45 – 570 л.с., «Fendt» 73 - 598 л.с., «Case IH» 110 - 558 л.с.. В таких условиях возникает вопрос выбора. Поэтому трактор выбирают под сельскохозяйственную машину.

На базе ООО «СЛАВГОРОД» (Украина, Сумская обл, Краснопольский р-н, с. Славгород) 08.08.2019 года были проведены испытания тракторов: Case IH Magnum 340 + борона SALFORD (6,7 м), John Deere 8345R + борона SALFORD (6,7 м), Fendt 936 + борона SALFORD (6,7 м) для послеуборочной обработки остатков зерновых культур [1,2]. Целью которых было определить качественные показатели и исследовать эксплуатационные характеристики тракторов при заделке пожнивных остатков ранних зерновых (озимая пшеница), производительности тракторов и фактический расход топлива также сравнить качество работы исследуемых агрегатов.

Мощность испытываемых тракторов находится в диапазоне John Deere 8345R6 345- 380 л.с., Case IH Magnum 340: 340 - 375 л.с., Fendt 936: 330 – 360 л.с..

Борона тяжелая дисковая (Salford) - предназначена для работы по любому фону - от стерни до пласта многолетних трав. Секции износоустойчивых сферических дисков, расположены под различными углами атаки в передней и задней части рамы. Орудие активно выравнивает поверхность, измельчает и перемешивает растительные остатки с почвой. Комплектуется как гладкими, так и зубчатыми сферическими дисками толщиной 6,4 мм и диаметром 560, 610 или 660 мм. Расстояние между дисками 19, 23 или 27 см. Дополнительное оборудование включает в себя усиленную трехрядную борону (зуб 12,7x480 мм) и ребристые катки (диаметр 356 мм).

Отличительные особенности дисковых борон Salford: За счет большого веса рамы и диаметра вала имеет большее, чем у конкурентов давление диска на почву - 109 кг, что позволяет устойчиво заглубляться до 15 см (на усредненной почве при усредненной влажности). Угол атаки дисков регулируется от 15 до 20 градусов.



Рисунок - Трактора и борона используемые для испытаний.

Таблица - Показатели и эксплуатационные характеристики тракторов при заделке пожнивных остатков.

№ п/п	Показатель	Fendt		Case		John Deere	
		Подъем	Спуск	Подъем	Спуск	Подъем	Спуск
1.	Скорость выполнения операции, км/час.	16	25	13,3	19	15,3	31
2.	Расход топлива, л/га.	6,6	3,8	6,6	4,2	6,7	3,5
3.	Площадь обработки, га.	5,8		4,3		6,13	
4.	Глубина обработки, см.	35-42	35-42	35-42	35-42	35-42	35-42
5.	Пробуксовка, %	3	2	2	0	5	3

Литература

1. Борона тяжелая дисковая (Salford) [Электронный ресурс] // Агробаза. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_ed23570f-619c-4f23-ad5f-a9927a3f0e76
2. Технические характеристики тракторов [Электронный ресурс] // ТОВ «Юпітер 9 Агросервіс». – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://jupiter9.com.ua/>

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИМСЯ РАБОЧИМ КОЛЕСОМ

Горовой С.А., к.т.н., доцент
СНАУ, г. Сумы, Украина

Динамические, а именно центробежные насосы, используются практически во всех областях промышленности и сельского хозяйства всех без исключения стран. Механическая энергия привода преобразуется в гидравлическую энергию жидкости в рабочем колесе центробежного насоса [1].

Расчетные и исследовательские данные, которые определяют величины и направления гидродинамических сил и их моментов в бесконтактных уплотнениях проточной части насосов, подробно приведены в работах [2, 3]. Гидродинамические силы в уплотнениях могут быть причиной автоколебаний ротора, а могут существенно уменьшить виброактивность агрегата. Возможна оптимизация вибрационных параметров центробежных насосов с учетом гидродинамических процессов в щелевых уплотнениях между ротором и статором [4].

Предлагается идея совместить функции динамических опор и уплотнений в едином узле бесконтактного уплотнения центробежного насоса. Достижение данной идеи реализуется путем предоставления ротору - колесу возможности свободно самоустанавливаться в статорных оболочках уплотнений и стабилизироваться в осевом направлении при наличии ограниченных по амплитуде радиально - угловых и осевых колебаниях при сохранении динамической устойчивости на разных частотах вращения.

Базовым вариантом центробежного насоса с щелевыми опорами - уплотнениями стал консольный центробежный насос, у которого рабочий орган - колесо имело возможность радиально - углового и осевого самоцентрирования в двух симметричных щелевых уплотнениях со стороны основного и покрывающего дисков рабочего колеса [5]. Концевое уплотнение связано с рабочим колесом и герметизирует насос от протечек рабочей жидкости в окружающую среду. Проведенные экспериментальные исследования натурального образца такого центробежного насоса позволили предложить и испытать еще две конструктивные схемы насосных агрегатов с самоустанавливающимся в опорах - уплотнениях рабочим колесом.

Была испытана еще одна конструкция центробежного насоса с консольным рабочим колесом. В данной схеме применение разновеликих в радиальном направлении щелевых опор - уплотнений позволяет создать одностороннее устройство разгрузки осевых сил с камерой авторазгрузки и саморегулируемым торцевым зазором между кольцевыми торцевыми выступами рабочего колеса и специального элемента корпуса. Радиальные жесткие лопатки уменьшают закручивание потока жидкости в задней пазухе, что ведет к росту давления жидкости перед задним щелевым уплотнением, увеличивая его гидростатические жесткостные и демпфирующие свойства. Применение сферического шлицевого соединения для передачи крутящего момента на рабочее колесо позволяет этому колесу самоустанавливаться в щелевых опорах - уплотнениях и самоцентрироваться по торцевому зазору в осевом направлении. Такая конструктивная схема эффективно работает при незначительных давлениях подпора на входе в насос (не больше 2 – 3 бар). В качестве рабочего органа насоса следует использовать колеса с $n_s = 60 - 100$, им присущи высокие напоры при малых и средних подачах жидкости.

Также была испытана схема варианта центробежного насоса с колесом двустороннего входа. Поскольку традиционное выполнение корпусов насосов с рабочим колесом двустороннего входа рассчитано на применение двух симметричных опор - уплотнений одного диаметра, то возникает задача уравнивания остаточных осевых усилий, которые действуют со стороны проточной части и концевого уплотнения на рабочее колесо. В данной конструкции разгрузка осевых сил достигается применением автоматического конструктивного узла, в состав которого входит торцевой кольцевой выступ, камера авторазгрузки и питательный канал – дроссель, соединяющий зону давлением нагнетания с камерой автораз-

грузки. Применение радиальных лопаток в боковой пазухе со стороны концевой уплотнения колеса уменьшает закрутку потока в пазухе, что ведет к повышению давления в ней. Небольшая несимметрия эпюр давлений между двумя боковыми пазухами увеличивает жесткость характеристики “осевое усилие - зазор” устройства авторазгрузки и уменьшает свободный осевой ход рабочего колеса в пределах торцевого зазора устройства авторазгрузки. Использование сферического шлицевого соединения для передачи крутящего момента от электродвигателя на рабочее колесо позволяет последнему самоустанавливаться в целевых опорах - уплотнениях и стабилизироваться по торцевому зазору камеры авторазгрузки в осевом направлении. Такая конструкция менее чувствительная к величине давления подпора чем схема с колесом консольного типа, поэтому она может быть использована в технологических гидросетях со значительными подпорами и большими расходами перекачиваемой жидкости.

С точки зрения надежности осевой разгрузки и достаточно малых ограничений по величине давления подпора (до 5 бар) наиболее рациональной есть конструктивная схема консольного насоса первого типа. Такая конструкция, вследствие своей практически полной геометрической симметрии как в радиальном, так и в осевом направлениях, позволяет добиться наиболее эффективной самоустановки рабочего колеса. Однако для ее реализации нужна более существенная доработка рабочего колеса и боковых пазух статорной части насоса, чем для несимметричной конструкции .

Экспериментальные стендовые и промышленные испытания всех приведенных выше конструктивных схем центробежных насосов с самоустанавливающимся в опорах - уплотнениях рабочим колесом показали их продолжительную работоспособность в диапазоне подач от - 20% до +10% от номинальной при величине давления подпора от 0 до 5 бар. При выходе на нерасчетные режимы, особенно в зоне больших подач, нормальное самоцентрирование рабочего колеса нарушается под влиянием резко возрастающей радиальной силы со стороны спирального отвода, что снижает срок эксплуатации насоса. Следует также отметить, что чем более жесткая муфта применена в кинематике привода, тем выше требования к центрированию осей насоса и электродвигателя. Достаточно полно требованиям долговечности и податливости при передаче необходимого крутящего момента отвечают такие возможные комбинации конструктивных элементов:

- 1) втулочно - пальцевая муфта со стороны электродвигателя и сферическое шлицевое соединение в ступице рабочего колеса;
- 2) муфта с упругими элементами со стороны электродвигателя и сферическое шлицевое соединение в ступице рабочего колеса;
- 3) сферическое шлицевое соединение как со стороны электродвигателя, так и сферическое шлицевое соединение в ступице рабочего колеса.

Можно выделить такие основные преимущества предложенных конструктивных схем центробежных насосов с самоустанавливающимся в опорах - уплотнениях рабочим колесом по сравнению с традиционными схемами:

- 1) уменьшение массы и габаритов за счет ликвидации внешних опорных подшипниковых узлов;
- 2) улучшение вибро - акустических параметров насосного агрегата;
- 3) упрощение обслуживания насоса в условиях эксплуатации и упрощение центрирования осей насоса и электродвигателя.

Наиболее целесообразным выглядит применение этих насосных установок в сетях тепло- и водоснабжения городов и поселков, также в гидросетях сельскохозяйственных производств с использованием технически чистой или слабозагрязненной воды.

Литература

1. Михайлов А.А. Лопастные насосы / А.А. Михайлов, В.В. Малюшенко - М.: Машиностроение, 1977. - 192 с.

2. Марцинковский В.А. Бесконтактные уплотнения роторных машин. / В.А. Марцинковский - М.: Машиностроение, 1980. - 200 с.
3. Марцинковский В.А. Насосы атомных электростанций. / В.А. Марцинковский, П.Н. Ворона - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 256 с.
4. Беда И.Н. Разработка уточненной модели и исследование динамических характеристик системы ротор-щелевые уплотнения / Дис.... канд. техн. наук. - Москва, 1992. – 192 с.
5. Горовой С.А. Испытания насоса с самоустанавливающимся ротором на экспериментальном стенде / С.А. Горовой // Междун. институт компрес. и энергетич. машиностр., научно-производственный и информационный журнал “Компрессорное и энергетическое маш.строение” - 2018 - № 2 (52) - С. 12 - 17.

УДК 631.356.46

МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Грушецкий С.Н., к.т.н., доцент
ПГАТУ, г. Каменец-Подольский, Украина

Правительством Украины избран стратегический курс на развитие в аграрно-индустриальном направлении. Украина имеет уникальный природный потенциал, позволяющий стать лидером по производству сельскохозяйственной продукции в Европе. Однако, для успешного выхода на западные рынки необходимо обеспечить прежде всего конкурентоспособность собственной продукции, что достигается при комплексной механизации технологических процессов, снижении затрат труда, увеличении урожайности и качества получаемой продукции [1].

В нашей стране, к сожалению, выращивание картофеля во многих случаях осуществляется по старой, традиционной технологии. Нужно немедленно обновлять технику, морально устарела и крайне изношена. Также возникает проблема совершенствования существующих и открытие новых перспективных рабочих органов картофелеуборочной техники.

На основе проведенного анализа технологий и машин для уборки картофеля [1-4] нами выявлены основные факторы, влияющие на АТП уборочной техники, и составлена модель технологических процессов – копатели, копача-погрузчика и комбайна (рис. 1).

Объектом воздействия при уборке в технологической цепочке комбайна является картофельный ворох, в состав которого – $\varphi(t)$ входят: клубни, почва и растительные примеси (рис. 1). Процентное соотношение данных компонентов меняется во времени, при реализации технологического процесса в результате взаимодействия вороха с рабочими органами картофелеуборочных машин.

На выбор той или иной технологии сборки на момент ее проведения влияют: 1) неуправляемые факторы – $\Phi_i(t)$; 2) управляемые факторы – $\Phi_j(t)$ и z_n – кинематические и конструктивные параметры рабочих органов (рис. 1).

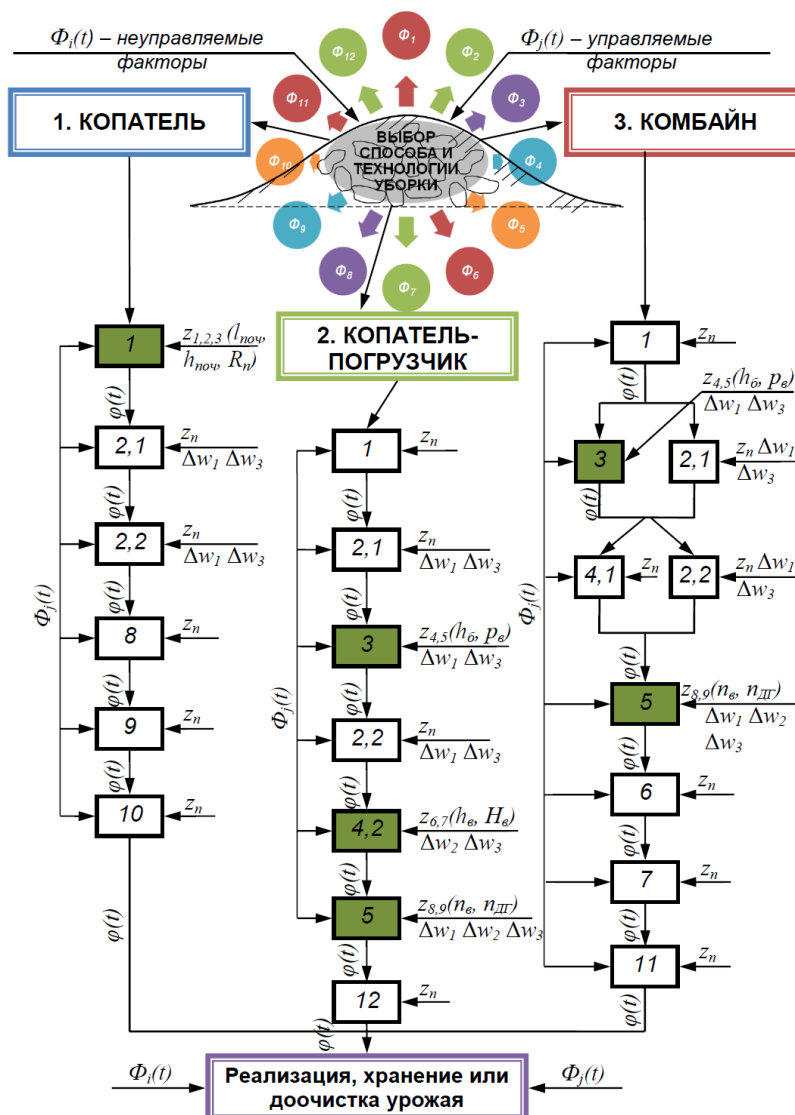
Неуправляемые факторы связаны с условиями произрастания картофеля и его биологическими свойствами, в том числе природно-климатическими условиями, урожайностью культуры, влажностью почвы, видом и составом почвы и др. Управляемые факторы $\Phi_j(t)$, связанные с организационными и техническими мероприятиями.

Организационные мероприятия зависят, в том числе, от сроков уборки, продолжительности (возможности) хранения картофеля, необходимого качества получаемой продукции (продовольственная, фуражная и другая картофель), наличия в хозяйстве трудовых ресурсов и основных производственных фондов (транспортные средства, картофелехранилища оборудование для очистки и сортировки картофеля и др.).

Технологические процессы картофелеуборочных машин: 1 – подкоп клубненосного пласта; 2 – первичная сепарация грунтовых примесей (2.1 – основной транспортер, 2.2 – дополнительный транспортер); 3 – разрушение грунтовых комков; 4 – ботвоудаление (4.1 –

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

редкопрутковый транспортер, 4.2 – ботвоудалитель пальчато-гребенчатого типа); 5 – вторичная сепарация мелких грунтовых и растительных примесей (сепарирующая горка с клубнебрасывающим отбойным валиком); 6 – транспортировка вороха на второй ярус комбайна (ковшовый транспортер); 7 – ручное доочистки клубней и отделения примесей (переборочный стол на комбайне); 8 – выгрузка клубней на поле; 9 – ручной сбор клубней в тару; 10 – загрузка тары с клубнями в транспортное средство; 11 – загрузка клубней в бункер комбайна; 12 – загрузка клубней в кузов транспортного средства.



■ – перспективные направления совершенствования технологических процессов уборочных машин

Рисунок 1 – Модель технологических процессов картофелеуборочных машин:

факторы [1]: Φ_1 – урожайность картофеля, т/га; Φ_2 – влажность почвы, %; Φ_3 – вид и состав почвы; Φ_4 – качество полученной продукции (картофель продовольственный, крахмалом и семенная); Φ_5 – продолжительность (возможность) хранения картофеля, дней; Φ_6 – площадь посадки картофеля; Φ_7 – природно-климатические условия; Φ_8 – срок уборки, дней; Φ_9 – обеспеченность хозяйства трудовыми ресурсами, чел.; Φ_{10} – обеспеченность хозяйства свободными транспортными средствами в срок уборки; Φ_{11} – наличие в хозяйстве картофелехранилища; Φ_{12} – наличие в хозяйстве оборудования для очистки и сортировки картофеля; z_n ($l_{ноч}$, $h_{ноч}$, R_n , $h_{об}$, p_e , $h_{в.э}$, H_b , n_e , $n_{дг}$) – кинематические и конструктивные параметры рабочих органов; $\Phi_i(t)$ – неуправляемые факторы; $\Phi_j(t)$ – управляемые факторы; $\varphi(t)$ – состав клубненосного вороха; Δw_1 – повышение полноты отделения грунтовых примесей, %; Δw_2 – повышение полноты отделения растительных примесей, %; Δw_3 – уменьшение количества повреждений клубней, %.

Разработана теоретическая модель технологических процессов уборочных машин включающая, как неуправляемые, так и управляемые факторы, оказывающие влияние на выбор той или иной технологии уборки картофеля – копателем, копателем-погрузчиком или комбайном,

при этом первые факторы в основном связаны с условиями произрастания данной культуры и ее биологическими свойствами, а вторые с организационными и техническими мероприятиями, в том числе и совершенствование рабочих органов машин.

Литература

1. Грушецкий С.М. Аналіз сучасних технологій вирощування і збирання картоплі / С.М. Грушецкий // зб. наук. праць ПДАТУ. Вип. 24, час. 2 (технічні науки) – Кам'янець-Подільський : ПДАТУ., 2016. – С. 55-64.
2. Грушецкий С.М. Огляд досліджень та аналіз конструктивно-технологічних схем грудкоруйнуючих робочих органів / С.М. Грушецкий // Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience», 7-8 лютого 2019 р. – Дніпро, 2019. – С. 149-154.
3. Грушецкий С.М. Аналіз конструкцій коренебульбозбиральних комбайнів і перспектива їх вдосконалення [Текст] / С.М. Грушецкий // Міжнародний електронний науково-практичний журнал «WayScience». – №1 (3). – Дніпро, 2019. – С. 73-99.
4. Технологии и машины для механизированной уборки картофеля (обзор, теория, расчет): монография / С.Н. Борычев; М-во с/х Рос. Федерации, Рязанс. гос. с/х академия (РГСХА). – Рязань РГСХА, 2011. – 220 с.

УДК 59.089

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СНЯТИЯ
КАРДИОИНТЕРВАЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ТЁЛОЧЕК КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА**

Герасимов М.А., Емельянов С.Д.
РГАТУ, г Рязань, Российская Федерация

Изучение кардиоинтервалометрических показателей – чрезвычайно перспективное направление научных исследований [1-5]. Выявление возрастных закономерностей изменения вторичных показателей ЭКГ, позволяет сделать выводы о вегетативном тоне и типе нервной деятельности [6-10]. Эти данные помогают прогнозировать развитие желательных качеств у молодняка в раннем возрасте и, следовательно, проводить выборку животных с высокой хозяйственной ценностью [11-15].

В распоряжении современного животноводства уже имеется метод выявления индекса напряжения и вегетативного тону на основе данных ЭКГ. Применение метода было опробовано такими учёными, как Емельянова А.С., Степура Е.Е. и тд. Однако, на данный момент, методика проведения кардиоинтервалометрического исследования не проработана детально. Остаётся ряд невыясненных вопросов, связанных с тем, как влияют на результат эксперимента внешние, сопутствующие ему условия.

В первую очередь стоит обратить внимание на то, что сам процесс снятие ЭКГ требует фиксации и, следовательно, является для животного стрессовой ситуацией. Стресс оказывает существенное влияние на функционирование нервной и сердечно-сосудистой систем животного. Данное влияние проявляется в учащении сердечного ритма, что влияет на результаты анализа кардиоинтервалограммы, повышая статистическую долю симпатикотонии. Кроме того, частый и нестабильный ритм сердца, вкпе с движениями тела тёлочки, снижают качество получаемой записи, на которой отмечается большое количество артефактов.

Ключевые слова: ЭКГ, кардиоинтервалограмма, индекс напряжения.

В данной работе ставится цель – выявить методы улучшения качества получаемых кардиоинтервалограмм и снижения количества присутствующих в них артефактов.

Задачи: 1) Выявить эффективность модифицированного способа фиксации ЭКГ-показателей у сельскохозяйственных животных по методу Емельяновой.

2) Уточнить данные об внешних условиях, благоприятствующих получению достоверных сведений, касательно индекса напряжения и исходного вегетативного тонуса по методу Емельяновой.

В прежних работах снятие ЭКГ проводилось на животных сразу же после их фиксации [1]. В данной работе предлагается оставлять тёлочкам время на адаптацию к новым условиям. В соответствии с задумкой, появление дополнительного времени приведёт к снижению уровня стресса, а, следовательно, нормализует состояние нервной и сердечно-сосудистой систем [2]. Нормализация позволит получать более точные результаты при анализе кардиоинтервалограммы, а главное снизит количество артефактов на записи [3].

Для проверки теории был разработан эксперимент по следующей схеме. Взято две группы животных, одна из которых задумана как экспериментальная, а вторая как опытная. Обе группы содержали по тридцать тёлочек голштинской породы месячного возраста [4]. Условия кормления и содержания животных были аналогичными. Снятие ЭКГ проводилось в утреннее время, в осенний период, за час до приёма пищи [5]. В контрольной группе процедура проводилась сразу после фиксации животного, без дополнительного времени для успокоения. В опытной группе фиксация данных начиналась через промежуток в три минуты. По окончании процедуры требовалось сравнить получившиеся кардиоинтервалограммы на предмет количества артефактов.

Регистрация кардиоинтерваллограмм проводилась в системе фронтальных отведений с помощью специализированной комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN 4.5.», регистрировались 100 последовательных кардиоинтервалов (R-R), что делало расчёт индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, а также исходный вегетативный тонус [6]. Отдельно подсчитывалось процентное содержание артефактов в записи, что является основным исследуемым аспектом данной работы. Для описания данного параметра мы используем такое понятие как качественно-количественный анализ ЭКГ [7].

Процесс проведения качественно-количественного анализа ЭКГ проходил в четыре этапа. Во-первых, был проведён подсчёт количества артефактов в каждой отдельно взятой кардиоинтервалограмме. Во-вторых, вычислено в процентах, какую часть от записи составляют артефакты. В-третьих, собраны в единую систему данные по всем ЭКГ из одной группы, что позволяет рассчитать процент артефактов на всю группу. В-четвёртых, проведено сравнение данных по обоим группам.

Помимо процентного содержания артефактов на группу мы отдельно обратили внимание на наличие таких кардиоинтерваллограмм, которые вовсе не содержат ни одного артефакта. Для простоты обозначим такие ЭКГ как «чистые». Именно «чистые» ЭКГ являются наиболее предпочтительными так, как выдают наиболее достоверный результат и, следовательно, позволяют с высокой степенью надёжности делать выводы об искомых параметрах – индексе напряжения и исходном вегетативном тонусе. Мы также подсчитали в процентах, какую часть от общего количества измерений на каждую группу составят именно «чистые» кардиоинтерваллограммы. Получившиеся значения также сравнивались между собой. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Группа	Опытная	Контрольная
Количество животных	30	30
Количество артефактов на группу, %	6	18
Количество «чистых» кардиоинтерваллограмм	14	4
Количество «чистых» кардиоинтерваллограмм, %	47,1+/-2.2%	16,7+/-1,3%

При анализе таблицы 1 мы видим, что в опытной группе, где проводилась регистрация данных по методу Емельяновой, общий процент артефактов от всего объёма записей ЭКГ составил 6%. В то же время, в контрольной группе, где исследование проводилось классическим методом, данный показатель дошёл до 15%. Таким образом разница между группами составила 11%. Помимо того, в опытной группе наблюдается 14 «чистых» кардиоинтервало-

грамм, то есть таких записей, на которых не обнаружено ни одного артефакта. То есть, данный показатель составляет 47,1 % от всего имеющегося объема данных по конкретной группе, стало быть почти половину от общего количества. В контрольной группе «чистых» записей оказалось только 4, что составляет 16,7% от данных по группе. Таким образом разница между долей желательных кардиоинтервалограмм в опытной и контрольной группах составила 33,4%, то есть 10 образцов.

Таким образом качественно-количественный анализ полученных, в ходе эксперимента, данных указывает на значительное улучшение качества зафиксированных данных. В случае применения метода Емельяновой число «чистых» кардиоинтервалограмм увеличилось с 1/6 от общего массива до почти половины. Оставшаяся часть записей, по-прежнему содержала артефакты, однако их количество сократилось до единичных.

Выводы: 1) Метод Емельяновой является эффективным способом улучшения качества получаемых кардиоинтервалограмм.

2) Период времени в 3 минуты является достаточным для качественного улучшения кардиоинтервалограмм.

Литература

1. Связь функционального состояния сердечно-сосудистой системы молочной продуктивности коров по электрокардиографическому обследованию. Емельянова А.С Рязань, 2011.
2. Анализ показателей вариационных пульсограмм у коров с различной молочной продуктивностью. Емельянова А.С. Зоотехния. 2010. № 6. С. 16-18.
3. Анализ изменения длительности сегментов ЭКГ при физической нагрузке у телочек с разным исходным вегетативным тонусом. Емельянова А.С. Сельскохозяйственная биология. 2010. Т.45. № 2. С 77-81.
4. Рекомендации по оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы крупного рогатого скота. Емельянова А.С. Рязань, 2010.
5. Оценка исходного вегетативного тонуса коров с различной молочной продуктивностью по индексу напряжения регулярных систем организма. Емельянова А.С. Естественные и технические науки. 2009. № 6 (44). С.148-149.
6. Сравнительный анализ электрокардиографических показателей высокопродуктивных и низкопродуктивных коров-первотелок с разным исходным вегетативным тонусом регуляторных систем. Емельянова А.С. зоотехния. 2010. № 4. С6-8.
7. Взаимосвязь изменения удоев и перенесенного стресса у коров-первотелок при применении янтарной кислоты. – Емельянова А.С., Лупова Е.И. АгроЭкоИнфо. 2014. № 1 (14). С. 5.
8. Индекс вегетативного равновесия у телок с разной вегетативной реактивностью. Емельянова А. Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 4. С. 28-29.
9. Сравнительный анализ показателя адекватности процессов регуляции у молодняка крупного рогатого скоты до и после физической нагрузки. Емельянова А.С. Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2009. № 4. С. 16-17.
10. Показатель вегетативной реактивности у коров-первотелок при адаптации к острому стрессу. Лупова Е.И., Емельянова А.С. Аграрная Россия. 2012. № 10. с. 43-44.
11. Анализ взаимосвязи вторичных показателей вариационных пульсограмм коров и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил». Емельянова А.С., Никитов С.В. Естественные и технические науки. 2012. № 2 (58). С. 132-134.
12. Анализ зависимости молочной продуктивности и вегетативного показателя ритма коров первотелок. Емельянова А.С., Емельянов С.Д. Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. 2010. № 4 (8). с. 12-13
13. Электрокардиографическое обследование, как один из интерьерных методов предварительного прогнозирования молочной продуктивности коров. Емельянова А.С. диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Рязань. 1999.
14. Кардиоинтервалометрические исследования в молочном скотоводстве. Емельянова А.С., Борычева Ю.М., Степура Е.Е., Емельянов С.Д. В сборнике: Инновационные подходы к раз-

виту агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2016. С. 164-167.

15. Анализ повышения молочной продуктивности при применении биологической добавки «Витартил» коровам с разным ИВТ (по данным ЭКГ). Емельянова А.С., Никитов С.В. Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 5. С9-11.

УДК 631.33.02

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СОШНИКА ДЛЯ ПОДПОЧВЕННО-РАЗБРОСНОГО СЕВА

Заец М.Л., к.т.н., доцент
ЖНАУ, г. Житомир, Украина

Технологический процесс сева зерновых культур сошником для подпочвенно-разбросного сева происходит следующим образом. Семена, подаваемого катушечным высевальным аппаратом, проходит через семяпровод, и попадает на распределитель или разбрасыватель семян. После контакта с распределителем или разбрасывателем семена равномерно распределяются по ширине захвата сошника и присыпается почвой с поверхности наральника сошника.

Движение семян по семяпроводу достаточно полно изложены в литературе. В работах Василенко П.М., Шевченко И.А., Гевко Б.М., Кирова А.А., Манчев А.В., Радугина Н.П., Сысолина П.В. и др. расчет значения скорости движения семян на прямолинейных и криволинейных участках семяпроводов и на выходе из семяпроводов.

Для равномерного распределения растений по ширине захвата сошника необходимо, чтобы поток семян, который попадает на распределитель, во-первых, был равномерным по сечению семяпроводов, во-вторых, подавался на вершину распределителя. Эти два условия являются необходимыми, так как невыполнение этих условий (даже довольно незначительное) приводит к существенной неравномерности распределения семян по ширине захвата сошника [1].

Одной из причин, вызывающих изменение траекторию движения зернового потока внутри семяпроводов, является изменение его положения в пространстве, выраженная в отклонении семяпроводов от вертикального положения, при поступательном движении сеялки. Это приводит к тому, что падающий внутри него поток семян смещается к стенкам семяпроводов и не попадает на вершину распределителя. В результате этих семян распределяется по ширине захвата сошника неравномерно.

Устранить перечисленные недостатки можно путем установки в распределителях направляющую, которая подает семена направленным потоком на распределитель и устраняет нежелательные эффекты смещения семян к стенкам семяпроводов. Обоснование основных параметров цилиндрической направляющей приведены в работе [1]. Для зерновых культур при норме высева 200 ... 220 кг / га рекомендуемый диаметр направляющей равна ($D=0,02$ м). Аналогичная конструкция применяется на сошниках агрегата АУП-18.05., где роль направляющей исполняет специальная воронка.

С направляющей семена направленным равномерным потоком поступают на распределитель сошника. Одним из путей обеспечения равномерного распределения семян по площади питания является выбор и обоснование рациональной конструкции распределителя семян и определение оптимальных параметров его установки в непосредственной взаимосвязи с параметрами сошника и на основе учета всего комплекса факторов, влияющих на качество распределения. Основным недостатком существующих распределителей семян является недостаточная дальность рассева по ширине захвата сошника. Для обеспечения необходимой

дальности распределения, предлагается использовать распределитель с криволинейной образующей и поверхностью, которая установлена под углом к горизонту схема которого представлена рис. 1. [2]

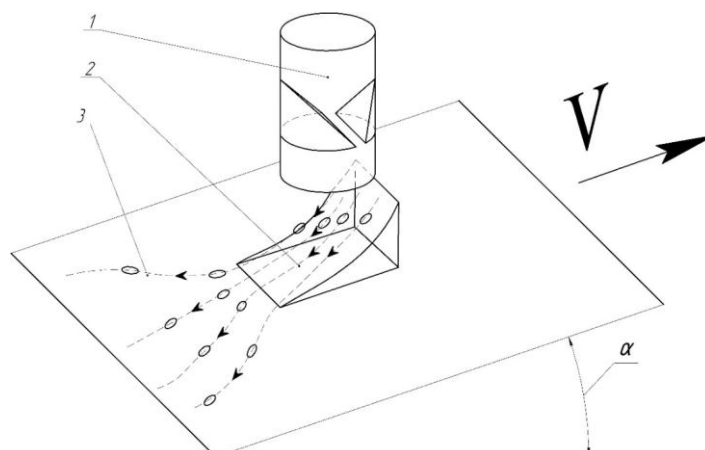


Рисунок 1 – Схема технологического процесса распределения семян:
1-направляч; 2-распределитель; 3-наклонный участок

Для обеспечения более равномерного распределения семян в середине полосы, распределитель смещен относительно оси направляющей вперед, по ходу движения сошника, на величину эксцентриситета. Семена, которые попали сразу внутрь наклонного участка за счет отражения от нее и верхнего почвозащитного щитка 4 (рис.2), хаотично распределяется в середине полосы, засеивается сошником [3].

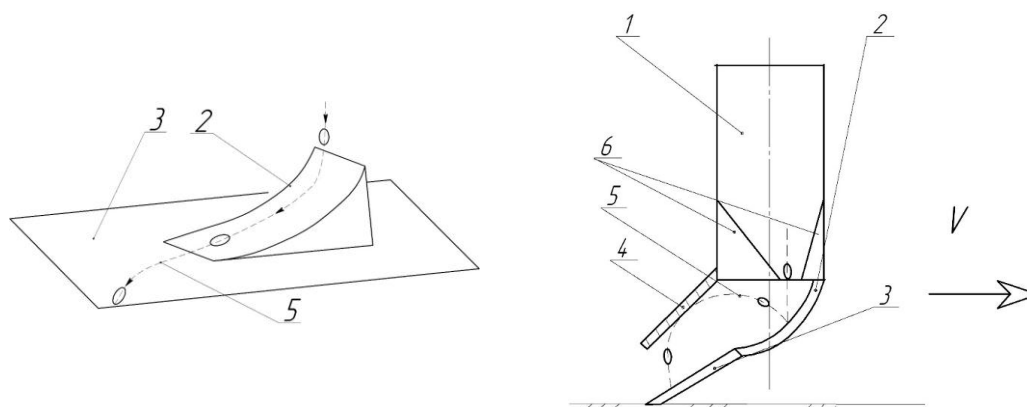


Рисунок 2 – Схема взаимодействия семян с комбинированным распределителем:
1 - семяпровод; 2 - распределитель; 3 - наклонный участок; 4 - верхний почвозащитная щиток;
5 - траектории движения семян; 6 - направляч

При аналитическом описании процесса движения семян были сделаны следующие допущения: поскольку в семяпроводах и далее в направляющей они ориентируются примерно в одном направлении и при контакте с поверхностями комбинированного распределителя большая часть семян ведет себя одинаково, семена рассматриваются как материальные точки. При поступлении семян на криволинейную поверхность распределителя часть из них в результате отскока движется по траекториям отражения, другая часть скользит по поверхности распределителя. Наибольшей скоростью движения и соответственно большим запасом кинетической энергии необходимой для распределения на большое расстояние, имеют семена, движущихся со скольжением, без отражения от поверхности распределителя. Поэтому при теоретическом описании движения семян по поверхности комбинированного распределителя принят к рассмотрению процесс движения таких семян [4].

Литература

1. Киров А. А. Обоснование процесса равномерного распределения семян по площади поля и параметров распределителя сошника для подпочвенном -разбросного посева: Дис.канд. техн. наук. - Кинель, 1984. - 218с.
2. Заец М. Л. Разработка экспериментального сошника для подпочвенного-разбросного сева зерновых колосовых культур / М. Л. Заец // Перспективы и тенденции развития конструкций и технического сервиса сельскохозяйственных машин и орудий: сб. тезисов ИИИ Всеукр. научно-практической. конф., 29-30 февр. 2017 - Житомир: жатка, 2017. - С. 164-166.
3. Заец М. Л. Обоснование скорости поступления семян на наклонную участок распределителя сошника для подпочвенного-разбросного способа сева / М. Л. Заец, С. В. Миненко // Техничко-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украина / ГНУ «УкрНДИПВТ им. Л. Погорелого ». - 2012. - Вып. 16 (30), кн. 1. - С. 334-342.
4. Заец М. Л. Теоретическое обоснование параметров распределителя семян сошника для подпочвенного-разбросного способа сева / М. Л. Заец // Конструирование, производство и эксплуатация сельскохозяйственных машин. - 2016. - Вып. 46. - С. 37-44.

УДК 636.52/58.083.002

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЛАЖНОСТИ ПОСЛЕДА КУРЕЙ
ОТ СРОКОВ ЕГО НАКОПЛЕНИЯ В КЛЕТОЧНЫХ БАТАРЕЯХ**

Ищенко Е.В., к.с.-х.н., **Палий А.П.**, д.с.-х.н., доцент
ХНТУСХ, г. Харьков, Украина

Интенсивные технологии производства продукции птицеводства базируются на использовании современных кроссов птицы с высокой яйценоскостью и способностью эффективно использовать питательные вещества корма. Одним из важных вопросов, которые достаточно часто возникают в процессе производственной деятельности таких предприятий, является образование значительного количества помета. Благодаря повышенному содержанию органического вещества, помет кур-несушек может быть не только ценным органическим удобрением, но и сырьем для биогазовых установок [1]. Но большинство птицеводческих предприятий, по некоторым причинам, не обладают новыми технологиями, применение которых позволяло бы эффективно утилизировать куриный помет с выгодой.

Свежий помет птицы представляет собой вещество вязкой консистенции влажностью 64-82% в зависимости от вида, возраста птицы, условий кормления и содержания. В свежем помете содержатся органические и неорганические вещества [2]. К неорганическим веществам относят воду, некоторые соединения азота (аммиак, нитраты), меди, фосфора, калия, цинка, кальция, марганца. К органическим веществам относят азотистые соединения (белки, пептиды, аминокислоты), углеродные соединения (липиды, глицерин, жирные кислоты, углеводы, в том числе клетчатка, сахара, спирты, летучие кислоты, целлюлозолигнины), сернистые соединения (сульфиды). В помете могут также содержаться антибиотики, соли тяжелых металлов, радионуклиды, остатки пестицидов и другие токсичные вещества, которые способны оказывать негативное влияние на экологическое состояние окружающей среды [3, 4].

В то же время фактических данных о влиянии сроков накопления помета на лентах клеточных батарей на его влажность достаточно мало, и этот вопрос требует более детального изучения.

Изучение кинетики подсушивания помета проводили в четырех типичных птичниках размером 18×96 м. Использовали 4-ярусные клеточные батареи фирмы «Hellmann» (Германия) для содержания кур-несушек со встроенными воздуховодами системы подсушивания помета и без таких воздухопроводов. Плотность посадки птицы в птичниках составляла 29,5-30,7 гол./м².

Кормление птицы осуществляли полнорационными гранулированными комбикормами согласно норм кормления, рекомендованных фирмой - поставщиком птицы. Параметры микроклимата контролировали и поддерживали в соответствии с рекомендациями по содержанию кур данного кросса.

Исследования проводились в холодный и в теплый периоды года. Срок накопления помета на ленточных транспортерах клеточных батарей при выполнении исследований составлял 7 дней.

Динамику влажности помета в зависимости от сроков накопления экскрементов на ленточных транспортерах клеточных батарей определяли при различных систем удаления помета.

Результаты изучения кинетики сушки помета на лентах клеточных батарей для содержания кур-несушек в зависимости от сезона года и типа батарей приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Зависимость влажности помета от сроков его накопления на ленточных транспортерах клеточных батарей:

1 - клеточные батареи со встроенными воздуховодами в теплый период года, 2 - клеточные батареи без встроенных воздухопроводов в теплый период года, 3 - клеточные батареи со встроенными воздуховодами в холодный период года, 4 - клеточные батареи без встроенных воздухопроводов в холодный период года.

Установлено, что как при использовании клеточных батарей с системой вентилирования лент, так и без них в летнее время обеспечивалась более высокая степень подсушивания помета, что объясняется более высокой температурой воздуха в птичнике и воздуха, подаваемого по воздуховодам в этот период. Если зимой температура воздуха в воздуховодах составляла от 10 до 20 °С (в среднем около 16 °С), то летом она в отдельные периоды достигала 28 °С.

В свою очередь, значительно более высокий уровень подсушивания помета наблюдался при использовании клеточных батарей с системой вентилирования лент. Начальная влажность помета составляла 66,9-72,6 %. Средний срок накопления помета на ленточных транспортерах в птицеводческих хозяйствах, как правило, составляет 5 дней. Зимой при применении клеточных батарей с воздуховодами за этот период влажность помета снижалась в среднем до 53 %, летом до 37 %; при применении клеточных батарей без воздухопроводов в соответствии с 58 и 49 %. Однако, в некоторых наиболее холодные дни влажность помета снижалась еще меньше.

Объем воздуха, который подавался по воздуховодам, составлял постоянную величину - 0,7 м³/час в расчете на 1 гол. Но температура воздуха в воздуховоде и доля в нем свежего воздуха изменялись в зависимости от температуры и влажности наружного воздуха.

Вывод. Использование в клеточных батареях для содержания кур-несушек встроенных воздухопроводов позволяет интенсифицировать процесс подсушивания помета на ленточных транспортерах - снизить влажность помета по сравнению с обычной системой на 6 % - за 5 дней и на 7% - за 7 дней его накопления.

Литература

1. Chaump K., Preisser M., Shanmugam S. R., Prasad R., Adhikari S., Higgins B. T. Leaching and anaerobic digestion of poultry litter for biogas production and nutrient transformation // K. Chaump, M. Preisser, S. R. Shanmugam, R. Prasad, S. Adhikari, B. T. Higgins // Waste Manag., 2019. – №84. – P. 413-422.
2. Ishchenko K. V., Palii A. P., Kis V. M., Petrov R. V., Nagorna L. V., Dolbanosova R. V., Paliy A. P. Investigation of microclimate parameters for the content of toxic gases in poultry houses during air treatment in the scrubber with the use of various fillers // K. V. Ishchenko, A. P. Palii, V.M. Kis, R. V. Petrov, L. V. Nagorna, R. V. Dolbanosova, A. P.Paliy // Ukrainian Journal of Ecology, 2019. – № 9 (2). – P. 74-80.
3. Dunlop M. W., McAuley J., Blackall P. J., Stuetz R. M. Water activity of poultry litter: Relationship to moisture content during a grow-out // M. W. Dunlop, J. McAuley, P. J. Blackall, R. M. Stuetz // Journal Environ Manage, 2016. – № 1 (172). – P. 201-206.
4. Palii A. P., Pylypenko S. H., Lukyanov I. M., Zub O. V., Dombrovska A. V., Zagumenna K. V., Kovalchuk Y. O., Ihnatieva T. M., Ishchenko K. V., Paliy A. P., Orobchenko O. L. Research of techniques of microclimate improvement in poultry houses // A. P. Palii, S. H. Pylypenko, I. M. Lukyanov, O. V. Zub, A. V. Dombrovska, K. V. Zagumenna, Y. O. Kovalchuk, T. M. Ihnatieva, K.V. Ishchenko, A. P. Paliy, O. L. Orobchenko // Ukrainian Journal of Ecology, 2019. – № 9 (3). – P. 41-51.

УДК 63.631

**ПОКРЫТИЕ ПОЧВЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ
РАЗБРАСЫВАТЕЛЯМИ УДОБРЕНИЙ**
Калнагуз А.Н., Головченко Г.С., Семерня Е.В.
СНАУ, г. Сумы, Украина

Удовлетворение потребности населения в продуктах питания и промышленности в сырье связано с повышением урожайности сельскохозяйственных культур. Практика показывает, что более 50 % прибавки урожая получают за счет внесения удобрений. Внесение удобрений – один из эффективных методов сохранения и повышения плодородия почвы, и как следствие, получения более высоких урожаев с высокими показателями качества. От характера распределения дозы удобрений по полю зависит средняя урожайность сельскохозяйственных культур. Максимально возможные урожаи сельскохозяйственных культур можно получить только при совместном применении органических и минеральных удобрений. При этом минеральные удобрения в основном способствуют повышению урожайности. Органические удобрения, помимо повышения урожайности, улучшают структуру и плодородие почв, способствуя увеличению содержания гумуса, что непременно сказывается на качестве продукции.

Рассеиванию твердых частиц центробежными разбрасывателями посвящено очень много научных работ. Например, в книге [1] подробно рассмотрены вопросы теории движения сыпучего материала по лопаткам центробежных аппаратов и его распределение по поверхности поля, предложены способы выбора параметров рабочих органов машин, исходя из требования равномерного распределения удобрений. Экспериментально получены данные о незначительной неравномерности распределения материала.

В теории центробежных разбрасывателей уделяется много внимания форме лопаток, изогнутых в виде, так называемой, брахистохроны. Это кривая наибыстрейшего перемещения из одной точки поля в другую. В центробежных разбрасывателях твердых частиц это не дает существенного результата. В статье [2] показано, что наиболее рациональными являются прямые радиальные лопатки. Однако существуют работы [3, 4], посвященные разработке моделей движения частиц грунта по поверхности лопатки роторного грунтометателя, в которых использованы уравнения динамики движения в форме уравнений Лагранжа первого рода.

Работа [5] посвящена изучению движения материальной частицы по лопатке центробежного рассеивающего аппарата аналитическим способом, осуществлено численное интегрирование системы дифференциальных уравнений.

В работе [6] показано, что единственным путем повышения производительности разбрасывателя остается увеличения рабочей ширины захвата машины. В работе [7] приведен анализ конструкции агрегатов для разбрасывания удобрений. В статье [8] изложены результаты теоретических исследований рассеивания удобрений центробежными рабочими органами и приведены результаты экспериментальных исследований. Показано, что на рабочей ширине захвата до 33 метров неравномерность посева нитроаммофоски может достигать 14%.

Результаты исследования движения материальных частиц по поверхностям лопаток центробежных роторов широко освещены в работах В.П. Горячкина, Л.Б. Левенсона, Б.А. Берга, П.М. Василенко, П.М. Заики и многих других ученых. Тем не менее, возникают вопросы, требующие дополнительного изучения. Например, остаются до конца не изученными причины неравномерности покрытия почвы при разбрасывании твердых материалов.

Центробежные разбрасыватели удобрений обычно оборудованы двумя роторами, вращающимися в противоположных направлениях в плоскости, наклоненной под некоторым углом к горизонтальной поверхности. Основные преимущества таких аппаратов – высокая производительность и большая ширина орошаемой полосы.

Оба вращающихся диска оснащены прямолинейными лопатками, количество которых, как правило, равно четырем, но возможны и другие варианты. Диски ограждены по контуру кольцевыми стенками, препятствующими произвольному выбросу материала, но имеют окна для направленного выбрасывания частиц. Назовем часть круга, ограниченную радиусами на границах такого окна сектором выброса. Как известно, твердая частица, покидающая диск, имеет переносную скорость, касательную к окружности, и относительную скорость, направленную радиально. Возможен случай, когда эти две скорости равны, если не учитывать трения и частица начинает свой путь с центра круга с нулевой скоростью.

Ширина полосы захвата почвы, обрабатываемой центробежными разбрасывателями удобрений, намного больше, чем у других конструкций подобного назначения, что достигается за счет большой начальной скорости выбрасываемых частиц. Это одно из важнейших преимуществ таких разбрасывателей. Интенсивность покрытия почвы удобрением зависит от скорости движения агрегата в осевом направлении и производительности всей установки.

Литература

1. Черноволов В.А. Моделирование процессов распределения минеральных удобрений центробежными аппаратами монография / В.А. Черноволов, Т.М. Ужахов. – М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Федер. гос. образ: зерноград [Рост. обл.], 2011. – 264 с.
2. Татьянченко Б. Я. Путешествие брахистохроны / Б. Я. Татьянченко, М. Я. Довжик, А.Н. Калнагуз. // Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». Минск «Беларуская навука». – 2018. – С. 274–281.
3. Шатохин В.М. Моделирование движения частицы грунта по шероховатой поверхности пространственной лопатки роторного грунтометателя / В.М. Шатохин, Н.В. Шатохина, А.Н. Попова // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь : СМКУ. – 2014. – Вып.48. – С. 201-210.
4. Семкив О. М. Исследование движения частицы грунта по лопатке с профилем оптимальной формы в поле центробежных сил инерции [Электронный ресурс] / О. М. Семкив, В.М. Шатохин, А. Н. Попова // Технічна естетика і дизайн.- 2012.- Вып. 11.- С. 165-174. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/texnect_2012_11_30.
5. Адамчук В. В. Дослідження руху матеріальної частинки добрива при відцентровому розсіюванні / В. В. Адамчук, С. Ф. Пилипака, В. М. Бабка. // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету./ Наші видання/ ВНАУ/. – 2012. – С. 24–33.

6. Адамчук О. Теория разгона удобрений рассеивающим рабочим органом центробежного типа [Электронный ресурс] / О. Адамчук // Научни трудове на Русенския университет. – 2013. – Т. 52, серия 1. – С. 22–30. Режим доступа: <http://conf.uni-ruse.bg/bg/docs/cp13/1.1/1.1-3.pdf>.
7. Прасолов Є. Я. Вдосконалення агрегату для розкидання мінеральних добрив / Є. Я. Прасолов, Є. В. Педора, Я. А. Бочарова // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. - 2013. - № 38 (1011). - С. 26–33. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpinrct_2013_38_6.
8. Адамчук В. Математическая модель разбрасывания минеральных удобрений центробежным способом [Электронный ресурс] / В. Адамчук, В. Яременко, Н. Борис // Agricultural Engineering, Research Papers . Vol. 45 Issue 1, p6-14. 9p.. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <http://ageng.asu.lt/ae/article/download/14/28>.

УДК 631.12:635.21

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЗЕРНОКОМПЛЕКСА

Колос В.А.¹, к.т.н., Сапьян Ю.Н.¹, Сулейманов М.И.¹, к.т.н.,

Кабакова Е.Н.¹, Ловкис В.Б.², к.т.н., доцент

¹ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Обработка урожая зерновых, зернобобовых, крупяных и других культур с получением зерновой, семенной и фуражной продукции базисных кондиций может насчитывать 32 варианта технологии – от «короткой», включающей только предварительную очистку, до «полной» с долгосрочным хранением [1]. В этой связи при организации работы зернокомплекса возникает проблема формирования оптимальных с позиции энергосбережения вариантов конфигурации поточных линий с учетом набора культур, влажности и засоренности зерноурожа, состояния и технического уровня оборудования, назначения и качества продукции. Энергосберегающая оптимизация зернокомплекса, как средство повышения его энергоэффективности (ЭЭ) и реализации потенциала энергосбережения (ППЭС), в научно-методической литературе освещена недостаточно. В данной статье рассмотрены вопросы алгоритмизированного вычисления и анализа критериев оптимизации в реальных производственных условиях.

Входные данные алгоритма – производительность и операционные расходы ТЭР машин, объемы обрабатываемого сырья и конечной продукции поточных линий обследуемого и базового комплекса определяются после верификации и актуализации схем линий и операционных карт приемки, размещения, обработки и хранения зерна. При возможном несоответствии расходов ТЭР машин данным техпаспортов, использовании традиционных и биологических топлив (ТТ и БТ) проводят выборочные опытные инструментальные измерения в ходе технологических операций. Показатели остальных машин, эксплуатируемых с соблюдением режимов и качества продукции, а также машин базового комплекса определяют по данным приборного учета и техдокументации. Для сопоставимости показателей обследуемого и базового комплексов исходную массу, влажность и засоренность зерноматериала принимают одинаковыми, а объемы продукции пересчитывают в плановые тонны (пл. т).

Выходными данными (показателями ЭЭ) являются начальные и прогнозируемые расходы и экономия ТЭР, прямая энергоемкость продукции, энергозатраты и ППЭС ТК. Вычислительный алгоритм следующий:

При использовании в поточной линии сушилки на ТТ его расход на s -ю продукцию t -й культуры, кВт·ч/пл. т вычисляется по формуле:

$$g_{Ttst} = g_{Tstz} M_{stz} / M_{st}, \quad (1)$$

где g_{TTstz} – операционный расход ТТ z -й сушилкой, физ. ед./пл. т.; M_{stz} , M_{st} – масса продукции соответственно z -й сушилки и линии, пл. т.

Расход электроэнергии на s -ю продукцию t -й культуры, кВт·ч/пл. т:

$$g_{эст} = \left(\sum_z g_{эстz} M_{stz} \right) / M_{st}, \quad (2)$$

где $g_{эстz}$ – операционный расход z -й машиной, установкой, системой, входящей в линию, кВт·ч/пл. т.

Расход БТ при использовании сушилки на БТ вычисляется по формуле, аналогичной (1). Учитывается расход ТТ на внутрихозяйственную выработку и доставку БТ к сушилке, переходящий на продукцию, физ. ед./пл. т:

$$g_{TTst}^{BT} = g_{TT}^{BT} g_{BTst},$$

g_{TT}^{BT} – расход ТТ на внутрихозяйственную выработку БТ, физ. ед./физ. ед.; g_{BTst} – расход БТ на продукцию по формуле (1).

В расход электроэнергии на продукцию линии с БТ-сушилкой включается расход на выработку БТ, кВт·ч/пл. т:

$$g_{эл} = g_{эст} + g_{э}^{BT} g_{BTst},$$

где $g_{эст}$ – расход на продукцию по формуле, аналогичной (2).

Прямая энергоемкость продукции \mathcal{E}_{Ist} (МДж/пл. т) вычисляется суммированием составляющих от расхода ТТ, БТ и электроэнергии, определяемых умножением на соответствующие энергосодержания (МДж/физ. ед.) [2].

Зернокомплекс считается энергоэффективным при соблюдении условия:

$$\mathcal{E}_{Ist} / \mathcal{E}_{Ibst} \leq 1, \quad (3)$$

где \mathcal{E}_{Ist} и \mathcal{E}_{Ibst} – прямая энергоемкость продукции поточных линий соответственно обследуемого и эталонного базового комплекса, МДж /пл. т продукции.

На практике условие (3), как правило, не выполняется, т.к. снижение энергоемкости до уровня базовой неосуществимо при недостатке финансовых средств на обновление комплекса. Поэтому энергоемкость поточных линий стремятся приблизить к значениям базового комплекса, а при его отсутствии снизить до минимально возможных с помощью энергосберегающих мероприятий 3-х видов: организационно-административных – для стимулирования экономии ТЭР, базисных, финансируемых агропредприятием, и инновационных, инвестируемых спонсорами, – для технико-технологического обновления поточных линий.

В ходе оптимизации из линий исключают машины, устаревшие по конструкции и параметрам, качеству работы, надежности, универсальности, технике безопасности, экологии. Возможность использования новых машин оценивается по стоимости, габаритам, производительности, расходам ТЭР и другим показателям. Производительность линий лимитируется операцией сушки, на которую приходится основная энергоемкость, поэтому к выбору сушилки предъявляется ряд важных требований [3]. Целесообразность использования сушилки на БТ или комплектования обычной сушилки топочным агрегатом ВУТ-1,5 (ООО «Амкодор-Можа») или АТ-1 (ОАО «Мозырьсельмаш») оценивается соотношениями (3), при этом базовой считается линия с сушилкой на ТТ.

Выявляют неэкономичные и выбирают перспективные энергосберегающие машины путем сравнения расходов ТЭР с аналогичными показателями эталонного базового комплекса, руководствуясь требованиями:

$$g_{nz} / g_{nzB} \leq 1 \text{ и } g_{zr} / g_{zrB} \leq 1, \quad (4)$$

где g_{nz} , g_{nzB} ; g_{zr} , g_{zrB} – операционные расходы z -й машиной обследуемого и базового комплекса (B) топлива n -го типа (ТТ, БТ) или электроэнергии, физ.ед./пл. т продукции.

По значениям энергоемкости s -й продукцию t -й культуры вычисляются прямые энергозатраты линий и всего зернокомплекса, МДж:

$$Q_{Пst} = \partial_{Пst} M_{st}; \quad Q_{П} = \sum_t \sum_s Q_{Пst}.$$

Затем вычисляется ожидаемый ППЭС зернокомплекса как разность начальных и базовых энергозатрат (%). При правильном выборе базового образца комплекса он является практически нереализуемым (теоретическим), а при отсутствии такового вообще не существует [4].

Целевая функция энергосберегающей оптимизации зернокомплекса – максимум доступного ППЭС (%):

$$P_{П} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Решение задачи сводится к поиску условных экстремумов ППЭС путем итеративных вычислений прогнозных энергозатрат по вариативным входным данным рассматриваемых конфигураций поточных линий до получения наибольших значений в рамках финансовых и других ограничений на практическую реализацию энергосберегающих мероприятий. По результатам вычислений и оценки показателей ЭЭ составляются окончательные схемы поточных линий и корректируются операционные техкарты зернокомплекса. Мероприятия оцениваются экономическими критериями и включаются в план повышения ЭЭ и реализации ППЭС зернокомплекса с указанием стоимости, экономического и энергетического эффекта, сроков практической реализации и окупаемости и т.д.

Практическое применение метода алгоритмизированных вычислений и анализа при энергосберегающей оптимизации объектов растениеводства, в т.ч. зернокомплексов, обеспечивает более точную, достоверную и оперативную оценку их ЭЭ и выявление максимально доступного ППЭС в конкретных условиях.

Литература

1. Анискин В.И., Зюлин А.Н. Особенности механизации послеуборочной обработки и хранения зерна в условиях рыночной экономики // Технологическое и техническое обеспечение производства продукции растениеводства: Науч. труды ВИМ. Т. 141, Ч. 2. – М.: ВИМ, 2002. – С. 3-13.
2. Ловкис В.Б., Колос В.А. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий // Механизация и электрификация с.-х.: Межвед. темат. сб. Т. 42. – Минск: РУП «НПЦ НАНБ по мех. с.-х.», 2008. – С. 13-19.
3. Чеботарев В.П. Сушка зерна. Теория, расчет, эксперимент. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2012. – 520 с.
4. Колос В.А., Сапьян Ю.Н., Кабакова Е.Н., Ловкис В.Б. К оценке энергосберегающего потенциала технологий. Н-т прогресс в с.-х.: Материалы междунар. н-т конф. – Мн: РУП «НПЦ НАН Беларуси по мех. с.-х.», 2017. – С. 295-298.

**ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ И РЕГЛАМЕНТОВ ЭНЕРГОАУДИТА
ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Колос В.А.¹, к.т.н., Сапьян Ю.Н.¹, Сулейманов М.И.¹, к.т.н., Кабакова Е.Н.¹, Ловкис В.Б.², к.т.н., доцент, ¹ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Тенденцией развития послеуборочных технологий является совмещение обработки урожая и режимного хранения продукции (продовольственной, семенной, фуражной) с подготовкой к посеву и (или) сбыту на технологических комплексах (ТК): зерноочистительно-сушильных, овощекартофелехранилищах и т.п. Они оснащены новейшим оборудованием, состав которого определяется назначением, физиологическими, биохимическими и технологическими свойствами поступающего с поля материала и товарной продукции. Конечная цель ЭА ТК – повышение энергоэффективности (ЭЭ) и реализация доступного потенциала энергосбережения (ППЭС) – достигается путем внедрения плана организационных, базисных и инновационных мероприятий, разрабатываемых в ходе мониторинга и энергосберегающей оптимизации ТК с учетом фактического финансового состояния сельхозпроизводителя и возможностей получения инвестиций.

При ЭА ТК рассматривается как совокупность поточных линий соответствующей конфигурации, обеспечивающих получение кондиционной продукции. Входными данными для алгоритмизированных оптимизационных вычислений в ЭА ТК являются производительность и операционные расходы ТЭР потребителями в составе основного оборудования ТК и систем автоматизации контроля-управления технологическими режимами, микроклимата (отопления-вентиляции-кондиционирования), охлаждения, водоснабжения, освещения, а также объемы исходного сырья и конечной продукции. Поскольку обработка урожая уменьшает энергопотенциал конечной продукции, то для послеуборочных ТК неприменимы интегральные критерии ЭЭ полевой технологии (коэффициент и индекс [1]). Выходными показателями в данном случае являются определяемые по 2-й версии ЭА [2] базовые, начальные и прогнозные расходы ТЭР на тонну продукции поточных линий ТК, прямая энергоемкость ее производства, энергозатраты и ППЭС технологии. Оптимальность рассматриваемых вариантов линий оценивается по уровням расхода ТЭР относительно их значений в базовом ТК – эталонном аналоге с самыми высокими для данного района (территории, региона) технико-экономическими показателями по данным информационного обеспечения ЭА.

Производительность и расходы ТЭР машинами обследуемого ТК на тонну продукции определяются выборочно (после осмотра и наблюдения за работой) опытным путем, а новыми технически исправными машинами, также как базового ТК, вычисляются по данным приборного учета, паспортов и инструкции по эксплуатации. Составляются и анализируются топливно-энергетические балансы (ТЭБ) сравниваемых ТК по топливу, тепло- и электроэнергии.

Для апробации методики ЭА были приняты достаточно сложные и энергоемкие объекты-представители: зерноочистительно-сушильный комплекс и овощекартофелехранилище.

Перечень процедур ЭА технологии приводится в 1-й графе его регламента.

При общем обследовании ТК проводится:

ознакомление с его устройством и функционированием, согласование порядка использования аудиторами статистической отчетности и техдокументации, составление технического задания, программы, графика и стоимости ЭА, подписание договора с заказчиком;

проверка соответствия марок и параметров машин паспортным данным, оценка уровня технологической дисциплины, полноты и адекватности техдокументации, контроля качества и потерь продукции продовольственного, семенного и фуражного назначения;

оценка уровня автоматизации контроля-управления технологическими режимами, освещенность рабочих мест и площадок ТО;

оценка порядка приемки, хранения, учета, соблюдения норм расхода ТЭР, в т.ч. местных и покупных;

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

анализ структуры сезонного потребления ТЭР, в т.ч. холодной и горячей воды на технологические и бытовые нужды, по показаниям штатных счетчиков; проверка счетов и тарифов на ТЭР и воду;

проверка актов закладки продукции на хранение и журнала наблюдений за условиями хранения, показателей потерь продукции, их соответствия нормативным и (или) проектным.

При мониторинге оборудования ТК определяются:

техническое состояние и работоспособность основного технологического оборудования, установленная мощность электродвигателей, вместимость бункеров, схемы поточных линий;

фактическая операционная производительность и расход ТЭР машинами и линиями по данным опытных приборных измерений при выполнении штатных технологических операций;

техническое состояние, характеристики и работоспособность систем автоматизации контроля-управления технологическими режимами, микроклимата (отопления-вентиляции-кондиционирования), охлаждения, водоснабжения, освещения;

техническое состояние, работоспособность и эксплуатационные показатели холодильных установок, электрических и водяных калориферов.

При обследовании строения хранилища в соответствии со стандартами другими нормативными документами определяются:

номер типового проекта, типы и марки стройматериалов, срок эксплуатации, площадь и вместимость, виды, состав и способы хранения продукции, коэффициент оборачиваемости;

состояние несущих и ограждающих конструкций (путем тепловизионного контроля), технических устройств, электрических и других сетей с составлением карты повреждений;

Энергосберегающая оптимизация ТК предусматривает:

обзор аналогов и выбор базового варианта, верификацию и актуализацию технологических карт обследуемого и базового ТК;

формирование массивов постоянных и вариативных входных данных алгоритма, вычисление начальных показателей ЭЭ машин, поточных линий и ТК в целом, составление начального ТЭБ;

выявление нерациональных элементов поточных линий и ТК в целом, разработка энергосберегающих мероприятий (организационных, базисных, инновационных);

обновление вариативных входных данных, итеративные вычисления прогнозных показателей и критериев ЭЭ, экономическая оценка мероприятий;

корректировка схем поточных линий и техдокументации ТК, составление прогнозного ТЭБ по видам энергии для сравнения с начальным и базовым;

формирование плана энергосберегающих мероприятий, обеспечивающих существенное повышение ЭЭ и реализацию ППЭС ТК, с выделением первоочередных (низкозатратных) и последующих (высокозатратных) позиций;

обсуждение результатов ЭА с заказчиком, внесение изменений в план мероприятий, уточнение техдокументации ТК и вариативных входных данных с повторной оценкой ЭЭ (при необходимости), подготовка и подписание окончательного плана мероприятий и отчета по ЭА.

Во 2-й графе регламента представляется информационно-методическое и метрологическое обеспечение ЭА: стандарты, нормативно-справочные материалы, техдокументация, научные рекомендации, инновационные БД, приборы и инструментальный для проверок и опытов, формы и бланки отчетности. В 3-й графе – конкретные результаты ЭА по каждой выполняемой процедуре: формализованные отчетные данные проверок, анализа, испытаний или вычислений, предложения в план энергосберегающих мероприятий и т.п.

Представленная методика и регламент будут использованы при разработке типовых инструкций по энергоаудиту в сельскохозяйственном производстве, обеспечивающих корректность, качество и достоверность результатов, существенное повышение энергоэффективности и практическую реализацию доступного потенциала энергосбережения послеуборочных технологий.

Литература

1. Ловкис В.Б., Колос В.А. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межвед. темат. сб. Т. 32. – Минск: РУП «НПЦ НАНБ по механизации с.-х.», 2008. – С. 13-19.
2. Колос В.А., Сапьян Ю.Н., Сулейманов М.И., Кабакова Е.Н., Ловкис В.Б., Абрамчик Л.А. Критерии энергосберегающей оптимизации технологии выращивания растений // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: Сб. науч. статей. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 412-416.

УДК 621.56/59

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ МОЛОКА НА ФЕРМЕ

Коршунов А.Б., к.т.н., доцент, **Коршунов Б.П.**, к.т.н.
ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

В настоящее время на молочных фермах широкое распространение получили танки-охладители с испарителями непосредственного действия. Однако у них есть целый ряд недостатков, которые могут приводить к снижению качества молока [1]. В этих танках начало охлаждения зависит от скорости заполнения молоком. Производитель, как правило, рекомендует включать компрессорно-конденсаторный агрегат, когда уровень молока достигнет лопаток мешалок. Это достаточно большой промежуток времени, в течение которого молоко будет оставаться неохлажденным. Следующий достаточно серьезный недостаток – смешивание холодного, находящегося уже в танке молока, и теплого, поступающего от последующих доек, что приводит к разрушению жировых и белковых клеток в теплом молоке, кроме того повышается его кислотность.

Одним из способов сохранения высокого качества молока является применение предварительного охлаждения с использованием воды в качестве хладоносителя. Однако применение таких систем сдерживается в силу сравнительно высокой температуры замерзания воды, что приводит к разрыву водопроводов и выходу из строя охлаждающего оборудования, кроме того, из-за плохого качества воды теплообменник требует частого технического обслуживания, очистки пластин и т.д. [3].

Одним из путей решения этой проблемы является использование в системах предварительного охлаждения экологически чистого хладоносителя с низкой температурой замерзания (Экосол) [3], преимущества которого:

1. Экологическая и токсикологическая безопасность – изготавливается из реагентов, используемых при производстве лосьонов, кремов и мазей для заживления ран, ссадин и порезов;
2. Хорошие смазывающие свойства, позволяющие увеличить срок службы сальниковых устройств центробежных насосов;
3. Пожаро- и взрывобезопасность;
4. Отсутствие коррозионного воздействия на различные металлы, используемые в системах охлаждения;
5. Лучшие теплофизические свойства по сравнению с рядом уже используемых и широко распространенных хладоносителей;
6. Малая вязкость при низких температурах, позволяющая уменьшить нагрузку на вал приводов электронасосов в системах охлаждения;
7. Относительно низкая стоимость.

Производится на основе этилкарбита в различных модификациях: экосол-65, экосол-40, экосол-20 и экосол-10 (цифра обозначает температуру замерзания), которые выбираются из условий эксплуатации и поставляются в готовом к употреблению виде.

На рисунке 1 представлена технологическая схема предварительного охлаждения молока на фермах с использованием природного холода и хладоносителя Экосол-40.

Система работает следующим образом.

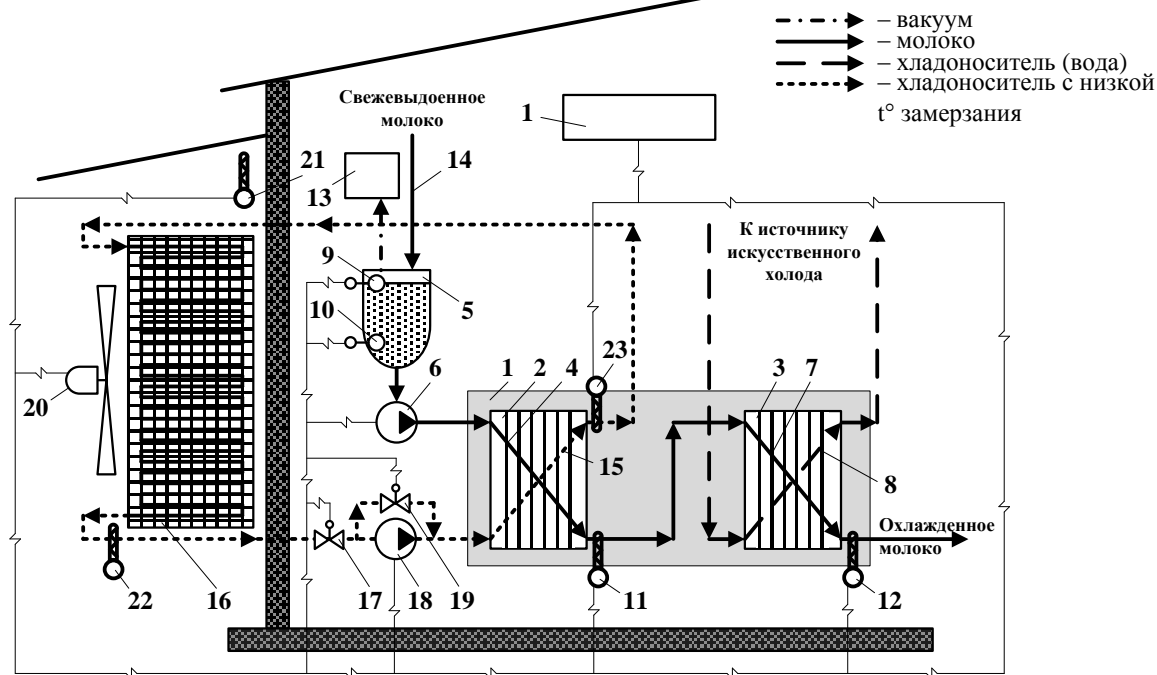


Рисунок 1. Технологическая схема предварительного охлаждения молока на фермах с использованием природного холода и хладоносителя Экосол-40

Релизер 5 вакуумируется вакуумным насосом 13 и свежесвыдоенное молоко по трубопроводам 14 попадает в него. Датчики уровней 9, 10 последовательно включают и отключают молочный насос 6 при достижении необходимого уровня молока в релизере. Молоко насосом 6 подается в канал для молока 4 первой секции 2 теплообменника 1, а затем в канал для молока 7 второй секции 3 теплообменника 1. Таким образом, молоко по каналам для молока 4 первой секции 2 теплообменника 1 и по каналам 7 второй секции 3 теплообменника 1 движется дискретно, «импульсами». Замкнутый герметизированный контур с приемником естественного холода 16 и каналами для хладоносителя 15 первой секции 2 теплообменника 1 заполняется Экосол-40.

В холодное время года экосол, находящийся в приемнике естественного холода 16, остывает и аккумулирует холод круглосуточно. Для активизации процесса аккумулирования холода при низкой температуре наружного воздуха по сигналу датчика температуры наружного воздуха 21 с блока управления 1 синхронно с молочным насосом 6 включается насос 18 и экосол попадает в канал 15 первой секции 2 теплообменника 1. При этом в зависимости от температуры экосола на входе в первую секцию 2 теплообменника 1 по показаниям датчиков температуры экосола 22 и 23 с блока управления 1 включается вентилятор 20 для интенсификации охлаждения экосола в приемнике естественного холода 16, а для предотвращения примерзания молока к стенкам секции 2 теплообменника 1 при понижении температуры экосола ниже 0°C регулируется поток охлажденного хладоносителя с низкой температурой заморзания с помощью электромагнитного вентиля 17 и электромагнитного вентиля байпаса 19, а также меняется и режим подачи молока и экосола – производится согласованная подача. В теплое время года охлаждение молока производится только во второй секции 3 теплообменника 1. Молоко, протекающее по каналу для молока 7 второй секции 3 теплообменника 1, охлаждается хладоносителем (ледяной водой), протекающей по каналу для хладоносителя 8 второй секции 3 теплообменника 1. Охлажденный хладоноситель поступает в этот канал из приемника-аккумулятора гарантированного искусственного холода.

Таким образом, холод, поступающий с экосолом от приемника естественного холода 16, используется для предварительного охлаждения молока. Окончательное охлаждение молока производится во второй секции 3 теплообменника 1.

Разработанная энергосберегающая технология предварительного охлаждения молока на фермах с использованием природного холода и экологически чистым хладоносителем с низкой температурой замерзания позволяет снизить расходы на электроэнергию, повысить надежность охлаждающих систем и сохранить высокое качество молока.

Литература

1. Коршунов Б.П., Марьяхин Ф.Г., Учеваткин А.И., Коршунов А.Б. Применение природного холода в АПК. М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2015. – 168 с.
2. Цой А.П., Круглов А.А., Тазитдинов Р.Р. Классификация хладоносителей и их анализ. Сборник докладов V Международной научно-технической конференции «КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2015» - Алматы, 2015. – С.161-164.
3. Коршунов Б.П., Марьяхин Ф.Г., Учеваткин А.И., Коршунов А.Б. и др. Патент РФ №2613454. Энергосберегающая установка для охлаждения молока с использованием искусственного и естественного холода и экологически безопасного хладоносителя с низкой температурой замерзания. Б.И. 2017, № 8.

УДК 631.358:633.521.02

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕРЕДНЕГО ОБТЕКАТЕЛЯ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ ПРИ УБОРКЕ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Пахучий А.М.

ХНАУ, г. Харьков, Украина

Анализ известных технологий комбайновой уборки сельскохозяйственных культур указывает на перспективность применения жаток очесывающего типа, обеспечивающих получение положительного эффекта: повышение производительности, уменьшение потерь, возможность сбора низкорослых культур, уменьшение энергоемкости процесса и т.д. [1-3]. Для обеспечения качественного выполнения процесса очёс растений необходимо учитывать свойства культур, собирают по обозначенной технологии [4, 5], что приводит к качеству выполнения технологического процесса.

Для моделирования и оптимизации комбинированных процессов уборки необходимо учитывать биометрические показатели растений льна масличного. Для сорта Южная Ночь (селекция Института масличных культур НААН) стандарт.

При взаимодействии обтекателя жатки очесывающего типа со стеблевой массой льна масличного происходит процесс сгибания растения, физическую модель которого рассмотрим на основе теории упругости. Обтекатель жатки действует на стебель растения с силой P , зона разветвления растения отклоняется от положения равновесия под воздействием силы тяжести G . Рассмотрим плоскую задачу в плоскости сечения растения xOy .

Дифференциальное уравнение изменения формы стебля растения под влиянием сил P и G запишем в виде:

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -Py - G_I x_{Ic} - G_{II} x_{IIc}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости стеблевой зоны растения, Па; I – момент инерции растения, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; x, y – координаты, м; P – критическая нагрузка, Н; G_I, G_{II} – сила тяжести стеблевой зоны и зоны разветвления, соответственно, Н; x_I, x_{II} – координата x центра масс стеблевой зоны и зоны разветвления, соответственно, м.

Перейдем к более точному дифференциальному уравнению изогнутой оси стеблевой зоны растения. Обозначая через θ гол, составляет касательную к изогнутой оси стеблевой зоны растения с осью x , и через s длину искривленной оси стеблевой зоны растения, отсчитываемый от нижнего до верхнего концов, напишем это уравнение в следующем виде:

$$EI \frac{d\theta}{ds} = -Py - G_I x_{Ic} - G_{II} x_{IIc}, \quad (2)$$

Кроме этого согласно взаимосвязи координат с расстоянием dS получаем интеграл, который решаем с использованием программного пакета Wolfram Mathematica:

$$\begin{aligned} \begin{cases} dy = \sin \theta ds, \\ dx = \cos \theta ds, \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} dy = \sqrt{\frac{EI}{2P}} \frac{\sin \theta d\theta}{\sqrt{(\cos \theta - \cos \alpha)}}, \\ dx = \sqrt{\frac{EI}{2P}} \frac{\cos \theta d\theta}{\sqrt{(\cos \theta - \cos \alpha)}}, \end{cases} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \begin{cases} y = \sqrt{\frac{EI}{2P}} \int_0^\alpha \frac{\sin \theta d\theta}{\sqrt{(\cos \theta - \cos \alpha)}}, \\ x = \sqrt{\frac{EI}{2P}} \int_0^\alpha \frac{\cos \theta d\theta}{\sqrt{(\cos \theta - \cos \alpha)}}, \end{cases} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \begin{cases} y = 2\sqrt{\frac{EI}{2P}}(1 - \cos \alpha), \\ x = 2\sqrt{\frac{EI}{2P}} \frac{(1 - \cos \alpha) F_2\left(\frac{\alpha}{2}, \cos ec^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) + \cos \alpha F_1\left(\frac{\alpha}{2}, \cos ec^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)}{\sqrt{(1 - \cos \alpha)}}, \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

где $F_2\left(\frac{\alpha}{2}, \cos ec^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) = \int_0^{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{1 - \cos ec^4\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sin \beta d\beta$ – нормальный эллиптический интеграл Лежандра 2-го рода;

$$F_1\left(\frac{\alpha}{2}, \cos ec^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) = \int_0^{\frac{\alpha}{2}} \frac{d\beta}{\sqrt{1 - \cos ec^4\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sin \beta} \quad \text{– нормальный эллиптический интеграл}$$

Лежандра 1-го рода.

Подставляя в (3) окончательно имеем выражения для расчета координат конечной точки стеблевой зоны

$$\begin{cases} y_{kl} = \frac{2\sqrt{2}h_t}{\pi} \sqrt{(1 - \cos \alpha)}, \\ x_{kl} = \frac{2\sqrt{2}h_t}{\pi} \frac{(1 - \cos \alpha) F_2\left(\frac{\alpha}{2}, \cos ec^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) + \cos \alpha F_1\left(\frac{\alpha}{2}, \cos ec^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)}{\sqrt{(1 - \cos \alpha)}}. \end{cases} \quad (4)$$

С использованием программного пакета Wolfram Mathematica установлены зависимости коэффициентов уравнения (4) от технической высоты растения h_t и густоты стояния растений n :

$$a = -27,1478 + 80,611 h_t + 0,195972 n; \quad (5)$$

$$b = 2,80374 - 12,6827 h_t - 0,0201917 n; \quad (6)$$

$$c = -0,00199444 + 0,991333 h_t - 0,000015 n \quad (7)$$

Обобщая (5) - (7) окончательно имеем уравнение рациональной формы обтекателя очесывающего жатки в декартовой системе координат:

$$y = (-27,1478 + 80,611 h_t + 0,195972 n) x^2 + (2,80374 - 12,6827 h_t - 0,0201917 n) y - 0,00199444 + 0,991333 h_t - 0,000015 n. \quad (8)$$

В результате теоретических исследований процесса сгибания растения льна масличного под действием обтекателя жатки очесывающего типа на основе теории упругости, получено уравнение рациональной формы обтекателя в декартовой системе координат в виде полинома второй степени, в зависимости от физико-механических параметров растений и густоты их стояния.

Литература

1. Шварцман М. Е., Тимченко А. В. Уборка урожая колосовых культур методом обмолота растений на корню жаткой двухбарабанной очесывающего типа «Славянка УАС». – Электрон. Дан. – 2014. – Режим доступа: <http://ukragroserv.com.ua>.
2. Данченко Н.Н. Агробиологические и биометрические характеристики стеблестоя риса – главные предпосылки к технологии его очеса на корню и автоматизации управления этим процессом / Н.Н. Данченко, Л.А. Дробашко // – Праці ТДАТА. – 2006.– Вип. 43.– С. 73– 85.
3. Моисеенко О.В. Исследование параметров и режимов работы приспособления для образования стерневых кулис: Диссертация кандидата технических наук/ Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск. – 2008.
4. Бурьянов М.А. Методика обоснования параметров обтекателя однобарабанной очесывающей жатки/ М.А.Бурьянов, А.И. Бурьянов, О.А. Костыленко //Тракторы и сельхозмашины, №7, 2015. - С. 19-23
5. Фусточенко А.Ю. Повышение эффективности функционирования жатки очесывающего типа совершенствованием параметров и режимов работы обтекателя. Автореф. канд. техн. наук. Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства. - Ростов-на-Дону. – 2015. - 19 с.

УДК 631.348

ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ В ПОПЕРЕЧНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Крук И.С., к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При работе сельскохозяйственных опрыскивателей могут возникать ситуации, приводящие к потере пестицидов: испарение мелких капель; скатывание с обрабатываемой поверхности крупных капель; огрехи и перекрытия соседних проходов; снос препаратов ветром; неравномерность распределения рабочей жидкости вдоль линии движения опрыскивателя и по ширине штанги опрыскивателя [1].

Неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата и вдоль движения агрегата определяется несоответствием нормы внесения при изменении рабочей скорости, изменением расхода жидкости вследствие перепадов давлений в жидкостной напорной магистрали, неправильным выбором высоты установки штанги, непостоянством расстояния

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

между распылителями и обрабатываемой поверхностью по всей длине штанги (угол установки, колебания штанги).

Для анализа изменения равномерности распределения рабочей жидкости по обрабатываемой поверхности рассмотрим, как изменятся параметры движения капель в факеле распыла при наличии колебаний штанги. Исследуем закономерности движения капли рабочей жидкости пестицида, вылетающей из сопла распылителя, расположенного на расстоянии l_p от точки подвеса штанги (рисунок 1). Примем следующие допущения: расчетная форма капли в виде шара; капля не меняет своей массы и формы на протяжении всей траектории движения; капли в процессе движения не соударяются и не сливаются; силы сопротивления полету капель в воздушной среде пропорциональны квадрату скорости и зависят от ряда параметров воздуха и жидкости.

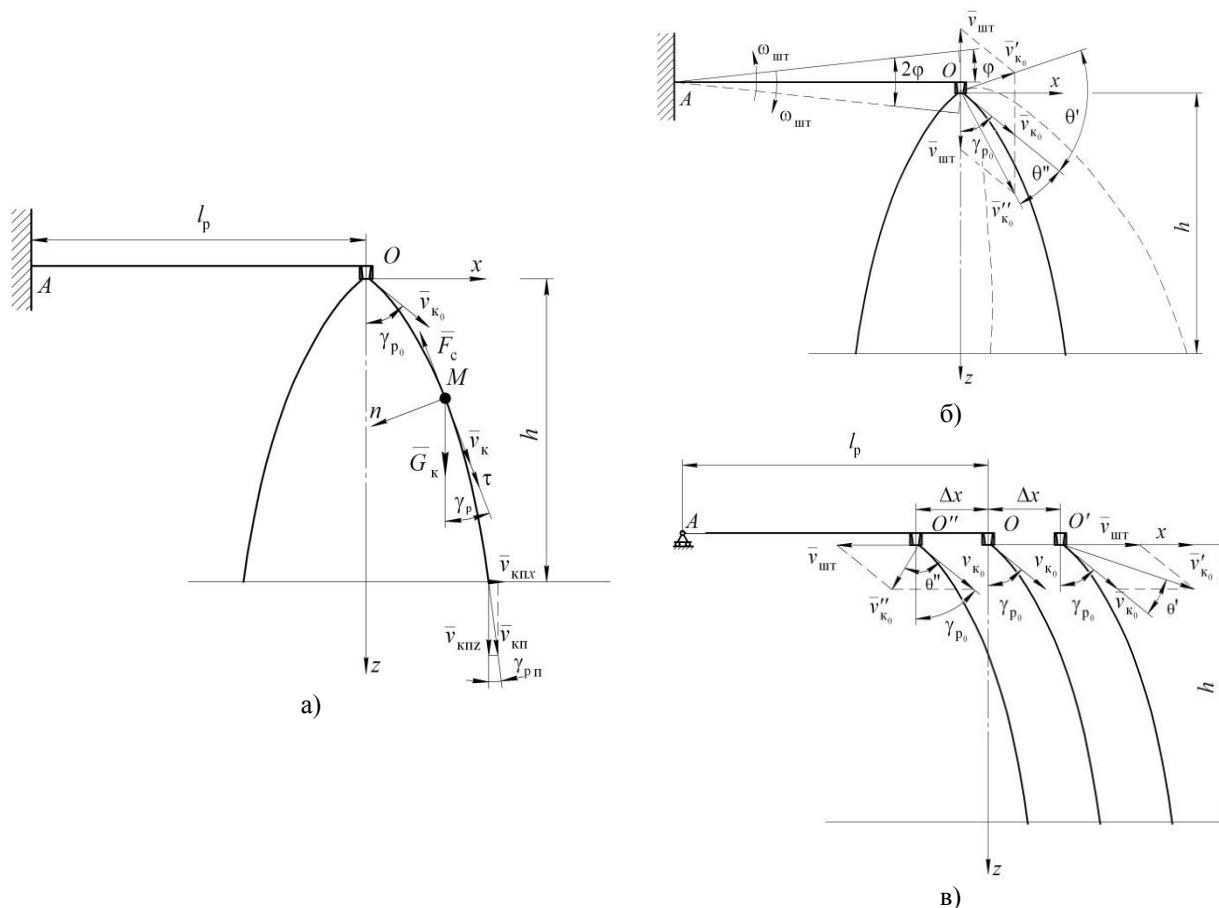


Рисунок 1

Капля жидкости M массой m_k , выброшенная из сопла распылителя в окружающую среду со скоростью v_{k0} под углом γ_{p0} к вертикали, совершает дальнейшее движение под действием сил тяжести G_k и лобового сопротивления воздуха F_c [1]:

$$F_c = -k_\lambda v_k^2, \quad G_k = m_k g,$$

где k_λ – приведенный коэффициент сопротивления; g – ускорение свободного падения.

Уравнения движения капли вдоль осей будут иметь вид:

$$Ox: m_k \frac{dv_{kx}}{dt} = -k_\lambda v_{kx}^2; \quad Oz: m_k \frac{dv_{kz}}{dt} = m_k g - k_\lambda v_{kz}^2,$$

где v_{kx}, v_{kz} – проекции скорости движения капли, соответственно, на оси Ox и Oz
 $v_{kx} = v_k \cdot \sin \gamma_p, v_{kz} = v_k \cdot \cos \gamma_p$.

После ряда математических преобразований, получены зависимости для определения кинематических параметров движения капель с учетом колебаний штанги опрыскивателя

$$v_{kx} = \frac{v_{kx_0}}{C_T v_{kx_0} t + 1}; v_{kz} = \frac{j(\eta e^{2jC_T t} - 1)}{\eta e^{2jC_T t} + 1}; x = \frac{1}{C_T} \ln |1 + C_T v_{kx_0} t|;$$

$$z = \frac{1}{C_T} \ln \left| \frac{1 + \eta e^{2jC_m t}}{1 + \eta} \right| - jt; t = \frac{e^{C_T x} - 1}{C_T v_{kx_0}}.$$

где C_T – отношение приведенного коэффициента сопротивления движению капли к ее массе [1]: $v_{kx_0} = v_{k_0} \cdot \sin \gamma_{p_0}, j^2 = \frac{g}{C_T}; \eta = \frac{j + v_{kz_0}}{j - v_{kz_0}}, v_{kz_0} = v_{k_0} \cdot \cos \gamma_{p_0}$.

С учетом возникающих колебаний изменяются начальные параметры вылета капли из сопла (рис. 1, б,в), нарушается траектория ее движения.

С учетом вида колебаний в данные формулы необходимо ввести корректирующие члены, учитывающие изменение линейных и угловых координат движения распылителя и величины и направления начальной скорости капли в момент вылета из сопла. При этом, как видно из расчетных схем, на конечный результат влияние оказывают скорость и направление движения распылителя на колеблющейся штанге, а также величина отклонения штанги от состояния статического равновесия (амплитуда).

При исследовании движения капель в поперечно-вертикальной плоскости при угловых движениях штанги (рисунок 1,б) следует учитывать отклонение штанги на угол ϕ , при этом амплитуда колебаний будет равна ϕ_i . Значит, начальная скорость вылета капли из сопла распылителя $\bar{v}'_{k_0} = \bar{v}_{k_0} + \bar{v}_{шт}$, а начальный угол $\gamma'_{p_0} = \gamma_{p_0} + \theta'$.

При линейных горизонтальных отклонениях штанги в поперечно-вертикальной плоскости (рисунок 1,в) учитывается отклонение Δx и скорость отклонения штанги $\bar{v}_{шт}$:
 $x' = x + \Delta x, \bar{v}'_{k_0} = \bar{v}_{k_0} + \bar{v}_{шт}$ и $\gamma'_{p_0} = \gamma_{p_0} + \theta'$.

Тогда для случая вращательного движения штанги имеем:

$$v_{kx} = \frac{v'_{kx_0}}{C_T v'_{kx_0} t + 1}; v_{kz} = \frac{j(\eta' e^{2jC_T t} - 1)}{\eta' e^{2jC_T t} + 1}; x = \frac{1}{C_T} \ln |1 + C_T v'_{kx_0} t|; \eta' = \frac{j + v'_{kz_0}}{j - v'_{kz_0}};$$

$$z = \frac{1}{C_T} \ln \left| \frac{1 + \eta' e^{2jC_m t}}{1 + \eta'} \right| - jt; t = \frac{e^{C_T x} - 1}{C_T v'_{kx_0}}.$$

Для случая поступательного движения штанги имеем:

$$v'_{kx} = \frac{v_{kx_0} + v_{шт}}{C_T (v_{kx_0} + v_{шт}) t + 1}; v_{kz} = \frac{j(\eta e^{2jC_T t} - 1)}{\eta e^{2jC_T t} + 1}; x' = \frac{1}{C_T} \ln |1 + C_T (v_{kx_0} + v_{шт}) t| + \Delta x;$$

$$z = \frac{1}{C_T} \ln \left| \frac{1 + \eta e^{2jC_m t}}{1 + \eta} \right| - jt; t = \frac{e^{C_T x} - 1}{C_T (v_{kx_0} + v_{шт})}.$$

В результате проведенных теоретических исследований получены зависимости, позволяющие определить кинематические параметры движения капель рабочего раствора пестицидов с учетом колебаний штанги в поперечно-вертикальной плоскости.

Литература

1. Крук, И.С. Научно-технические основы проектирования рабочих органов штанговых опрыскивателей / И. С. Крук. – Минск : БГАТУ, 2018. – 272 с.

УДК 624.138.2.678.06

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ
НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ МАШИН**

Довжик М.Я., к.т.н., доцент, **Сиренко Ю.В.**
СНАУ, г. Сумы, Украина

Получены три вида уравнений в параметрической форме для траектории неустановившегося движения четырехколесной машины с передними управляемыми колесами в функции угла поворота корпуса машины и в функции времени. Результатами работы можно воспользоваться для планирования разворотов МТА при выполнении сельскохозяйственных работ или для автоматического управления агрегатами и машинами.

Исследование условий криволинейного движения машин имеет важное практическое значение. Криволинейное движение существенно отличается от прямолинейного движения. Как правило, кинематические и динамические условия работы значительно усложняются, что требует изучения многих дополнительных факторов, влияющих на управляемость, устойчивость и надежность движения машины. В работе [1] приводятся результаты математического моделирования движения транспортного средства с целью установления оптимальных конструктивных параметров при выполнении определенных технических операций. В работах [2, 3] изучается кинематика произвольно расположенной опоры (колеса или гусеницы) через определение движения мгновенного центра скорости. Известны также попытки анализа силового взаимодействия колеса или гусеницы с грунтом во время поворота [4, 5]. Несмотря на значительное количество работ, посвященных криволинейному движению машин, следует отметить, что это явление изучено еще в недостаточной степени. Особенно ощущается необходимость в определении траектории движения с помощью аналитических уравнений, что дало бы возможность создавать соответствующие программы управления движением машин по криволинейным траекториям.

В данной статье сделана попытка описать криволинейную траекторию четырехколесной машины с передними управляемыми колесами с помощью параметрических уравнений в функции угла поворота корпуса машины ϕ и в функции времени t .

В работе [6] получены уравнения в параметрической форме для траектории неустановившегося движения четырехколесной машины с передними управляемыми колесами в функции угла поворота корпуса машины ϕ , описывающие вход в поворот и выход из поворота левого и правого направлений. В правой декартовой системе координат уравнение для центра масс машины S приведены в виде:

$$\begin{aligned}x &= \ell \left[-\frac{(1+k)^2}{4k} \phi^2 + \frac{\alpha_0(1-k^2)}{2k^2} \phi - \frac{\alpha_0^2 - 2k^2}{2k^3} \ell n \left| \frac{\alpha_0 + k\phi}{\alpha_0} \right| \right]; \\y &= \ell \left[\frac{(1+k)}{k} \phi - \frac{\alpha_0}{k^2} \ell n \left| \frac{\alpha_0 + k\phi}{\alpha_0} \right| \right].\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь ℓ – расстояние от центра тяжести до задней оси машины; α_0 – начальное значение курсового угла α , что соответствует времени $t = 0$ или точке $(x=0; y=0)$; k – коэффициент интенсивности изменения угла α , который принимается положительным при входе в поворот и отрицательным на участке выхода из поворота. При выводе этих уравнений был принят линейный закон изменения курсового угла: $\alpha = \alpha_0 + k\phi$.

При постоянной скорости v элементарная дуга: $dS = R d\phi = v dt$, где R – радиус кривизны траектории. После интегрирования этого уравнения и определения постоянной из условия $(\phi=0, t=0)$ с учетом α получим:

$$t = \frac{\ell}{vk} \ln \left| \frac{\alpha_0 + k\phi}{\alpha_0} \right| \text{ или } \phi = \frac{\alpha_0}{k} \left(e^{\frac{kv t}{\ell}} - 1 \right). \quad (2)$$

Уравнения (1) позволяют определять траектории неустановившегося движения независимо от скорости v , которая посредством учитывается аргументом ϕ . Но практическое воспроизведение траекторий осложняется в связи с непростым законом изменения ϕ во времени. По этим причинам целесообразно уравнения (1) записать через аргумент t , воспользовавшись зависимостью (2):

$$x = \ell \left[-\frac{\alpha_0^2 (1+k)^2}{4k^3} \left(e^{\frac{kv t}{\ell}} - 1 \right) + \frac{\alpha_0^2 (1-k^2)}{2k^3} \left(e^{\frac{kv t}{\ell}} - 1 \right) - \frac{\alpha_0^2 - 2k^2}{2k^2 \ell} vt \right];$$

$$y = \ell \left[\frac{\alpha_0 (1+k)}{k^2} \left(e^{\frac{kv t}{\ell}} - 1 \right) - \frac{\alpha_0}{k} \cdot \frac{vt}{\ell} \right]. \quad (3)$$

Уравнения (1) и (3) абсолютно идентичны, только записанные в функции различных аргументов. Уравнение (3) позволяет исследовать повороты и развороты машин и агрегатов в функции времени и получить все параметры движения (координаты x и y , углы α и ϕ , радиус кривизны R , путь $S=vt$) в соответствии с углом поворота руля или управляемых колес. В работе [7] получены новые уравнения для траектории неустановившегося движения четырехколесной машины:

$$x = vt \left[\left(1 - \frac{1}{2} \alpha_0^2 \right) - \frac{1}{2} \alpha_0 \left(k + \alpha_0 \frac{v}{\ell} \right) t - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} k^2 + \alpha_0 k \frac{v}{\ell} + \frac{1}{3} \alpha_0^2 \frac{v}{\ell^2} \right) t^2 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{8} k \frac{v}{\ell} \left(k + \alpha_0 \frac{v}{\ell} \right) t^3 - \frac{1}{40} k^2 \frac{v^2}{\ell^2} t^4 \right]; \quad y = vt \left[\alpha_0 + \frac{1}{2} \left(k + \alpha_0 \frac{v}{\ell} \right) t + \frac{1}{6} k \frac{v}{\ell} t^2 \right]. \quad (4)$$

Здесь функция курсового угла принята в зависимости от времени t : $\alpha = \alpha_0 + kt$, где коэффициент интенсивности изменения курсового угла k имеет размерность c^{-1} , а соотношение между ϕ и t согласно с приведенным выше выражением для элементарной дуги траектории будут:

$$\phi = \frac{v}{\ell} \left(\alpha_0 t + \frac{1}{2} k t^2 \right); \quad t = -\frac{\alpha_0}{k} + \sqrt{\left(\frac{\alpha_0}{k} \right)^2 + \frac{2\ell}{vk} \phi}. \quad (5)$$

Если же известны α_0 , v , ϕ_k и время t , то коэффициент k можно найти непосредственно из зависимости $\alpha = \alpha_0 + kt$.

Как видно, уравнения (4) пригодные для определения всех возможных маневров колесной машины и при любых значениях исходных параметров. Единственное ограничение при использовании этих уравнений обусловлено допущением $\sin \alpha = \alpha$, которое допустимо при-

ближенно при $\alpha < 30^\circ$, и которое влияет на траекторию кругового движения при значениях курсового угла за обозначенной границей.

Каждая из рассмотренных форм параметрических уравнений траектории неустановившегося движения колесной машины совершенствует предыдущую форму, которую также не следует отвергать, потому что каждая из приведенных форм имеет свои особенности. Уравнения (1), например, дают возможности строить траектории независимо от скорости движения, то есть построенная по этим уравнениям траектория при некоторых значениях α_0 и k верна для любой скорости v , если привести в соответствие с ней время движения t согласно (5). Уравнение (3) описывают неустановившееся движение в естественном виде – в функции времени. А уравнения (4) простые в использовании и тоже позволяют выразить все параметры движения в функции времени.

Литература

1. Поддубный В. И. Математическая модель движения колесного трактора / В. И. Поддубный // Ползуновский альманах. – 2005. – №3. – С.73-76.
2. Позин Б. М. Кинематические соотношения при взаимодействии движителя с грунтом при повороте / Б. М. Позин, И. П. Трояновская // Вестник ЮурГУ. Серия «Машиностроение». – Челябинск: изд-во ЮурГУ, 2005. – Вып. 7. – №14 (54). – С. 93-96.
3. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин / Г. А. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1981. – 272 с.
4. Трояновская И. П. Развитие и анализ взглядов на силовое взаимодействие колеса с грунтом при повороте машины / И. П. Трояновская // Сб. научных трудов «Механика и процессы управления», Труды XXXVIII Уральского семинара. Т.1 / УрО РАН. – Екатеринбург, 2008. – С. 230-237.
5. Трояновская И. П. Силовое взаимодействие гусеничного движителя с грунтом на повороте / И. П. Трояновская // Тракторы и с/х машины. – 2007. – №12. – С.19-20.
6. Мельник В. І. Аналітичний спосіб дослідження криволінійного руху чотирьохколісної машини. В. І. Мельник, М. Я. Довжик, Б. Я. Татяниченко, О. О. Соларьов, Ю. В. Сиренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. Прикладна механіка. *Вип. 3, № 7 (87), (2017). С. 59-65.*
7. Татяниченко Б. Я. Результаты аналитических исследований траектории криволинейного движения четырехколесных машин. // Б. Я. Татяниченко, Ю. В. Сиренко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22–24 ноября 2017 года) / редкол.: В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2017. – 324 - 327 с.

УДК 613.33.022.66

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИСКРЕТНОГО ПОТОКА СЕМЯН В ВЫСЕВНОМ АППАРАТЕ С ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ВОЗДУХА

Свирень Н.А., д.т.н., профессор, **Амосов В.В.**, к.т.н., доцент
ЦНТУ, г. Кропивницкий, Украина

В мировом сельскохозяйственном машиностроении одним из приоритетных направлений остается усовершенствования существующих и создание новых высевных систем точного высева. Это делается с целью сведения к минимуму затрат при выращивании технических культур при условиях качественного выполнения технологического процесса высева семян и соблюдение агротехнических требований [1-4].

Одним из перспективных направлений развития посевной техники есть проектирования высевных систем, которые создают стабильный однозерновой поток семян при обеспечении высокой производительности работы сеялок.

Для посева технических культур используется много разных высевных аппаратов, как отечественного, так и зарубежного производства.

Все проанализированные конструкции высевных аппаратов [1-6] имеют один общий недостаток. Это достаточно невысокая стабильность в обеспечении однозернового потока семян, особенно на повышенных скоростях работы.

Принимая во внимание все преимущества и недостатки существующих высевных аппаратов, кафедрой сельскохозяйственного машиностроения ЦНТУ продолжается исследования принципиально другой конструкции аппарата, в технологический процесс работы которого заложен принцип одиночного отбора семян ячейками диска с рециркулирующим потоком семян, которое создается за счет продувки семенной камеры высевного аппарата избыточным давлением воздуха [7].

Исследование проводили соответственно стандартной методики [8] с помощью лабораторной установки, которая содержит раму с приводом, макет высевного аппарата, компрессор с ресивером и измерительную аппаратуру: U-Подобные водные манометры с пневмометрическими трубками, электронный классификатор потока семян "ЭКПС-1" с фотоэлектронными датчиками [9] для регистрации ячеек на высевном диске и семян, которые попадают из ячеек к каналу сошника.

Форму и размеры камерок выбирали, исходя из предыдущих исследований [7], внутренний диаметр дисков был принят равным 200 мм, а количество ячеек – 48.

Изменение давки воздушного потока в аппарате получали за счет регулирования компрессора. Частоту обращения высевного диска аппарата меняли управляемым электроприводом.

На первом этапе исследования решали задачи обеспечения стойкого движения семенного потока в канале и четкого заполнения ячеек высевного диска семенами. Этого добивались за счет изменения направления и размеров воздушного сопла, выбора длины пассивной части семенного канала, высоты семенного канала в зоне контакта семян с ячейками высевного диска с помощью установки специальных накладок разной толщины и изменением давления воздушного потока в аппарате.

Проблему снятия лишних семян решали путем изменения размеров и расположения продольного щелевого сопла продувки, изменения формы и размеров зоны перехода ячеек с семенами из зоны влияния на них воздушных потоков в аппарате в зону транспортировки их к месту сбрасывания, изменения размеров и расположения перегородки в предкамерной полости.

Оказалось, что на характер движения семян в канале и на полноту заполнения им ячеек влияет как величина зоны контакта, так и характер соединения семенного канала с зоной контакта (зона открытых ячеек диска).

При высеве дражированных семян сахарной свеклы оптимальное заполнение камерок обеспечивает площадь стравливающего отверстия $150-225 \text{ мм}^2$. Задача формирования односеменного потока при высеве семян сахарной свеклы фракции 4,5...5,5 мм лучше всего решается при площади стравливающего отверстия близкой до 300 мм^2 .

Литература

1. Сисолін, П.В. Висівні апарати сівалок (еволюція конструкцій, розрахунки параметрів) [Текст]: посібник для студ. вищих навч. закл. із спец. "Машини та обладнання с.-г. виробництва" / П.В. Сисолін, М.О. Свірень; Кіровоградський національний технічний ун-т. – Кіровоград, 2004. – 160 с.
2. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин [Текст] / Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. – К., 2003. – 206 с.
3. Петренко, М.М. Аналіз конструкцій висівних апаратів точного висіву [Текст] / Петренко М.М., Васильковський М.І., Васильковська К.В. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка.– Т. 1 «Механізація сільськогосподарського виробництва». – 2010.– Вип. 93. – С. 157-163.

4. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки [Текст] / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін.; за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюка. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
5. Астахов В.С. Совершенствование пневматических высевающих систем сеялок [Текст]: Монография / В.С. Астахов. – Горки: БГСХА, 2007. – 152 с.
6. Сисолин, П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование [Текст] / П.В. Сысолин, Л.В. Погорельный. – К.: Феникс, 2005. – 264 с.
7. Свірень, М.О. Дослідження параметрів комірок висівного апарату надлишкового тиску рециркулюючим потоком насіння [Текст] / М.О. Свірень, А.С. Солових, І.К. Солових, О.В. Анісімов. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ. – 2011. – Вип.41; Ч.2. – С.44–48.
8. Випробування сільськогосподарської техніки. Машина посівні. Методи випробувань [Текст]: СОУ 74.3-37-129:2004 / М. Собчук, В. Погорілий, Л. Шустік та ін. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 86 с.
9. Пархоменко, М.Д. Устройство регистрации семенного потока [Текст] / М.Д. Пархоменко, А.А. Лукьяненко, И.К. Горевой // Проблемы разработки, производства та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кіровоград: КІСМ, 1995. – С.132–137.

УДК 631.333

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИНЫ С ИГОЛЬЧАТЫМИ ИНЖЕКЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Томчук В.В.

ВНАУ, г. Винница, Украина

При выращивании культур, особенно в условиях недостаточного увлажнения с применением ресурсосберегающих технологий типа No-till и Mini-till, перед производителями стоит вопрос о внесении удобрения, когда почва не обработана механически и покрыта слоем мульчи.

Внесение удобрений и инсектицидов, если почва не обработана механически и покрыта слоем мульчи, возможно при посеве и игольчатыми инжекционными ротационными рабочими органами. Прокалывание слоя почвы без образования сплошной щели и без подрезания корней является главным преимуществом игольчатых инжекционных ротационных рабочих органов (игольчатых дисков). Особенно это важно для узкорядных и сплошных посевов, для которых внесение гранулированных удобрений и прочих материалов разбрасыванием не имело альтернативы. Применение агрегатов с игольчатыми дисками на посевах технических культур создает возможность для максимального приближения рабочих органов к рядку и позволяет установить по два диска в одном междурядье. Кроме того, игольчатые диски можно применять на поле диагонально и контурно.

Применение технологии инжекционного внесения делает возможным оперативно доставить специальные растворы прямо к корневой системе растений. Жидкость моментально поглощается почвой. Поэтому азот не испаряется, а фосфор можно внести в легкоусвояемых формах непосредственно в зону нахождения корневых волосков. Нет периода ожидания растворения сухих гранул, внесенных разбрасывателем. Кроме того, после зимы при дефиците влаги, растения получают антистрессовую поддержку.

Специалисты инженерной службы предприятия «Аграрна Фрут Лука» г. Винница совместно с автором изготовили машину для инжекционного внесения растворов и приобрели практический опыт её применения в садоводстве.

Особенным нюансом на практике стало внесение растворов инсектицидов для борьбы с личинками майского жука и других вредителей, повреждающих корни растений.

Машина навесная, агрегатируется с тракторами класса 14 КН. Имеет сварную раму с двумя опорными колёсами. Над рамой установлена пластиковая ёмкость на 800 л. Под ней

размещен насос с распределительной арматурой. Насос приводится в действие от ВОМа трактора. Рабочее давление 3-5 атм.

Снизу к раме на пружинной подвеске крепятся инъекционные диски SpikeWheel американского производства (см. рисунок). Количество дисков подбирается в зависимости от операции.



Рисунок - Инъекционные рабочие органы SpikeWheel

Рабочие органы SpikeWheel конструктивно представляют собой диски из нержавеющей стали 304, оснащенные сменными инъекционными иглами из закаленного сплава с карбидовольфрамовыми наконечниками [1]. На концах игл есть боковые отверстия для выхода жидкости. На одном диске закреплено 12 игл. Корпус ступицы выполнен из композитного материала и оснащен нейлоновой дозирующей втулкой. Сменные инъекционные иглы производятся длиной 3 1/2 дюйма и 2 дюйма. Дозатор раствора в ступице колеса и

устроен так, что впрыскивание жидкости происходит только в момент нахождения иглы перпендикулярно к поверхности качения.

Глубина внесения рабочей жидкости зависит от состояния поверхности почвы и составляет 6-8 см. При обработке плантаций клубники устанавливались 8 дисков – по два на каждый из четырех рядков с междурядьем 90 сантиметров.

Технология инъекционного внесения растворов является перспективным направлением развития технологий вертикальной обработки почвы.

Машина для инъекционного внесения растворов позволяет за один проход производить две операции – внесение раствора и частичное рыхление почвы.

Важным практическим аспектом является возможность оперативного внесения инсектицидов для борьбы с личинками майского жука и других вредителей корней растений.

Литература

1. SpikeWheel. Components. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://spikewheel.com/products> (дата обращения 30.09.2019). – Название с экрана.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОДЕЛИ РИСОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Бекбосынов С.Б., к.т.н., профессор, Турымбетова Г.Д.

КазНАУ, г. Алматы, Республика Казахстан

В настоящее время рисоводческие хозяйства Кызылординской области приобретают современную высокопроизводительную сельскохозяйственную технику иностранного производства. Возникает проблема рационального выбора парка рисоуборочных комбайнов адаптивных к местным особенностям и определения экономически наиболее эффективного состава парка, который обеспечил бы уборку заданной площади в кратчайшие сроки с минимальными производственными затратами.

Для определения эксплуатационно-технологических и экономических показателей рисоуборочных комбайнов в области нами были проведены исследования и проанализирована их работа за последние два года. Согласно методике исследований определяли убранную комбайном площадь за сезон, количество намолоченного зерна, количество отработанных дней, удельный расход топлива и др.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Согласно результатам исследований комбайны LEXION 750 и TUCANO 580 превосходят других по нескольким параметрам. Комбайн LEXION 750 показал лучший результат по сезонному намолоту зерна – 21394,7 ц (суточная производительность 822,87 ц). Это на два процента выше, чем у TUCANO 580 – 19712,5 ц (суточная производительность 788,5 ц зерна) и на семь процентов, чем у John Deere STS 9770 – 15399 ц (суточная производительность 627,16 ц зерна). Комбайн CASE 2388 уступил LEXION 750 19 процентов, а ЕНИСЕЙ-1200PM – 16.

Комбайн CASE 2388 показал на уборке суточную производительность - 410,38 цн зерна, но функционировал в течение сезона не более 17 рабочих дней, т.е. сезонный намолот не превысил 7326,7 ц; комбайном модели ЕНИСЕЙ-1200PM намолочено 9297,4 ц зерна за 27 рабочих дней, а его суточная производительность составила 361,3 ц зерна. Таким образом, комбайн CASE 2388 по суточному намолоту выше, а по сезонной производительности ниже, чем комбайн модели ЕНИСЕЙ-1200PM. Комбайн CLAAS TUCANO 580 оказался самым экономичным по расходу горючего – 0,4 л/ц, что значительно ниже, чем у других аналогов (LEXION 750 – 0,5, ЕНИСЕЙ-1200PM – 0,5). Комбайны John Deere STS 9770 и CASE 2388 показали на Кызылординском поле низкие результаты 0,6 и 0,7 л/ц зерна.

Средняя суточная производительность по площади уборки комбайнов TUCANO 580 и LEXION 750 составила, соответственно, 13,5 га и 14 га, а комбайна John Deere STS 9770 – 10,75 га. Средняя суточная производительность комбайнов CASE 2388 и ЕНИСЕЙ-1200PM составила, соответственно, 4,25 га и 5,5 га.

Полученные результаты эксплуатационно-технологической оценки работы комбайнов продемонстрировали, что не все модели рисоуборочных комбайнов по всем техническим параметрам подходят для условия Кызылординской области. Комбайны LEXION 750 и TUCANO 580 (Германия) стали лучшими по таким важным показателям, как производительность и убранная площадь, а также по удельному расходу топлива. Но за счет высокой их стоимости повышаются эксплуатационные расходы. Эксплуатационно-экономические показатели рисоуборочных комбайнов приведены в таблице 1.

Таблица 1. - Эксплуатационно-экономические показатели комбайнов

Наименование показателей	Марки комбайнов				
	CASE 2388	John Deere STS 9770	TUCANO 580	ЕНИСЕЙ-1200PM	LEXION 750
Цена, тенге	40000000	70856733	58017000	16641485	71 794 865
Год приобретения	2010	2013	2015	2011	2017
Мощность, кВт	242	294	278	106,6	308
Обслуживающий персонал	1	1	1	1	1
Фактически отработанное время	17	25	25	25	26
Производительность за 1 ч основного времени, га/т	0,74/4,3	1,06/6,16	1,35/7,885	0,64/3,72	1,41/8,23
Расход топлива за час основного времени, кг/ч, кг/га/кг/т	30,95/0,53	28,56/0,49	19,98/0,34	22,35/0,38	21,48/0,36
Затраты, тенге*/ч					
-амортизационные отчисления	6058,8	13136,8	16254	2056,88	23606,7
-зарплата	1939	2772	3548	2975	3702
-ремонт и техническое обслуживание	9917	6730	1133	4933	675
-дизельное топливо	2684	3542	3160	1488	3548
-охрана среды	51,5	48,12	50,25	65,5	45,8
Часовые эксплуатационные затраты, тенге/ч	20650,3	26228,92	24145,25	11518,38	31577,5
Себестоимость уборки, тенге/га	27905,8	24744,3	17885,3	17997,5	22395
Себестоимость уборки, тенге/т	4802,4	4257	3062,2	3096,33	3836,8

*1 USD = 388,06 тенге

При испытаниях в одинаковых условиях совокупные затраты денежных средств на уборке риса по комбайну «Енисей-1200PM» (при производительности 3,72 т/ч основного времени)

равны 3096,33 тенге/т, а у комбайна «TUCANO 580» (его производительность составила 7,885 т/ч основного времени) – 3062,2 тенге/т, т.е. почти одинаковые затраты. Это объясняется тем, что хотя разница в ценах на комбайны существенные, но за счет более высокой своей мощности (278кВт) и конструкционных особенностей МСУ комбайн «TUCANO 580» превосходит по производительности комбайн «Енисей-1200PM», поэтому затраты на ремонт и ТО комбайна «TUCANO 580» ниже, чем затраты комбайна «Енисей-1200PM».

Затраты на ремонт и ТО на комбайны фирмы «John Deere STS 9770» и «CASE 2388» – 9917 и 6730 тенге соответственно. Это связано не только с тем, что комбайны фирмы John Deere и «CASE 2388» имеют большее количество отказов из-за срока эксплуатации, но и с тем, что запасные части этих комбайнов значительно дороже, чем у российских.

Для определения оптимального количества комбайнов рассмотрим на примере рисоводческого хозяйства «Магжан и К» (площадь основной культуры риса - 4500 га). В математической форме задача записывается следующим образом:

Общие затраты поставленной задачи определяются функцией вида [1, 2].

$$\text{Целевая функция: } Z = \sum_{j=1}^n C_j \cdot x_j \rightarrow \min$$

где j - номер марки рисоуборочного комбайна; C_j - себестоимость работы j -тым комбайном ($j = 1; n$).

Система переменных включает в себя группу переменных (x_1-x_5) обозначающих искомое число комбайнов соответствующего типа, используемых на уборке риса: x_1 – Case 2388; x_2 – John Deere STS 9770; x_3 – Tucano580; x_4 – Енисей-1200PM; x_5 – Lexion 750.

Тогда целевая функция имеет вид:

$$4802,4 \cdot x_1 + 4257x_2 + 3062,2x_3 + 3096,33x_4 + 3836,8x_5 \rightarrow \min .$$

Первая группа ограничений обеспечивает выполнение заданных объемов работ за период уборки риса. Эта группа ограничений показывает необходимость обязательного выполнения уборки риса на площади 4500 га и намолота 25000 тн зерна.

$$\text{по площади уборки } \sum_{j=1}^n S_j \cdot x_j \geq S,$$

$$126 \cdot x_1 + 265x_2 + 338x_3 + 160x_4 + 367x_5 \geq 4500,$$

$$\text{по намолоту зерна } \sum_{j=1}^n Q_j \cdot x_j \geq Q,$$

$$732,67 \cdot x_1 + 1539,9x_2 + 1971,25x_3 + 929,74x_4 + 2139,47x_5 \geq 23836,31,$$

где S - общая уборочная площадь риса, га; Q - сезонный намолот зерна, т.

Коэффициенты переменных в данном случае показывают производительности по площади уборки и намолоту зерна рисоуборочных комбайнов на уборке за весь период.

Ко второй группе ограничений относятся эксплуатационные затраты, которые определяют полезный эффект рисоуборочного комбайна в процессе его эксплуатации.

$$\sum_{j=1}^n R_j \cdot x_j \leq R,$$

$$20,65 \cdot x_1 + 26,228x_2 + 24,145x_3 + 11,518x_4 + 31,57x_5 \leq 500.$$

Коэффициенты переменных в данном случае показывают часовые эксплуатационные затраты рисоуборочных комбайнов, тыс.тенге.

Третья группа ограничений - стоимость основных фондов, млн. тенге.

$$\sum_{j=1}^n F_j \cdot x_j \leq F,$$

$$40 \cdot x_1 + 70,856x_2 + 58,017x_3 + 16,641x_4 + 71,79x_5 \leq 3575,44,$$

где F - стоимость валовой продукции, тенге, которая представляет собой валовой сбор (23836,31 тн) умноженный на сравнительную цену за 1 тн риса (150000 тенге).

Четвертая группа ограничений показывает необходимость обязательного выполнения уборки риса на площади 4500 га за агротехнический срок.

$$\sum_{j=1}^n \omega_j \cdot x_j \leq \frac{S}{T},$$

где T - агротехнический срок уборки риса, дни; ω - производительность в переводе на 10 часов работы при подборе и обмолоте валков, га/день.

$$7,4x_1 + 10,6x_2 + 13,5x_3 + 6,4x_4 + 14,1x_5 \leq \frac{4500}{25},$$

$$7,4x_1 + 10,6x_2 + 13,5x_3 + 6,4x_4 + 14,1x_5 \geq 180.$$

По своему содержанию переменные x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 могут принимать лишь целые неотрицательные значения, т.е. $x_{1,2,3,4,5} > 0$, x_j - целые числа.

В результате математического метода обоснования выбора модели рисоуборочных комбайнов рациональным будет использование 13 комбайнов марки Tiscano 580, которые позволяют получить максимальную прибыль в размере 3765,46 млн.тенге, сократить эксплуатационные затраты и обеспечить резерв основных запасных частей.

Литература

1. Практикум по математическому моделированию экономических процессов в сельском хозяйстве/А.Ф.Карпенко [и др.]. М.: Агропромиздат, 1985. – 269 с.
2. Экономико-математические методы и прикладные модели / В.В. Федосеев [и др.]. М.: ЮНИТИ, 1999. – 391 с.

УДК 629.114.2

О СВЯЗИ МЕЖДУ РЕЖИМАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

Попов В.Б., к.т.н., доцент
ГГТУ, г. Гомель, Республика Беларусь

Подъемно-навесное устройство (ПНУ) (рис.1а), как часть универсального энергетического средства (УЭС), регулярно функционирует в трех основных режимах [1] - рабочем, транспортном и режиме перевода навесной машины из рабочего положения в транспортное.

Связь между режимами функционирования выражается через общие выходные параметры функциональных математических моделей (ФММ), описывающих соответствующие режимы.

Координаты всех подвижных шарниров механизма навески (МН) и характерных точек замкнутой кинематической цепи (рис.1б) определяются относительно УЭС. В частности, координаты оси подвеса МН - P_{56} определяются по выражениям:

$$X_{56}(S) = X_{05} + L_{56} \cdot \cos \varphi_5(S), \quad Y_{56}(S) = Y_{05} + L_{56} \cdot \sin \varphi_5(S), \quad (1)$$

где, X_{05}, Y_{05} - координаты шарнира P_{05} на раме УЭС; φ_i - угол, образуемый соответствующим звеном, в правой декартовой системе координат.

Следует отметить, что часть выходных параметров режима перевода навесной машины из рабочего положения в транспортное (рис.1б) присутствует и в формализованном описании двух других режимов. Отличие состоит в диапазоне и характере изменения обобщенной координаты - S . В режиме “перевода” S изменяется от значения соответствующего началу

подъема НМ до конечного значения, соответствующего её транспортному положению. В технологическом режиме S колеблется около положения соответствующего рабочему положению оси подвеса, в транспортном режиме НМ колеблется вместе с УЭС.

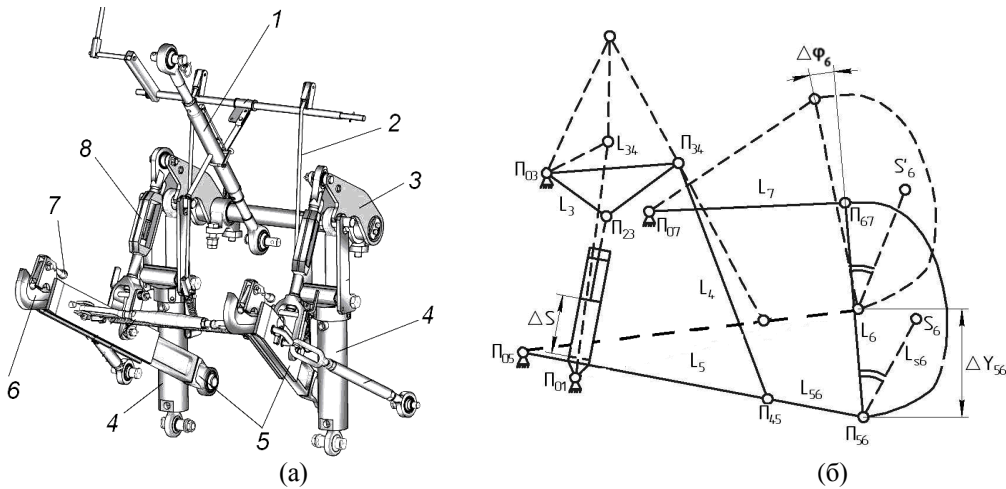


Рисунок 1 - Подъемно-навесное устройство (а) и схема плоского аналога механизма навески в рабочем и транспортном положениях (б):

1 – тяга верхняя; 2 – тяга механизма фиксации; 3 – рычаг поворотный;
4 - гидроцилиндры; 5 – тяги нижние; 6 – захват; 7 – ручка фиксатора; 8 – раскос.

При этом координаты характерной точки - центра тяжести НМ определяются в соответствии с выражениями:

$$X_{S_6}(S) = X_{S_6}(S) + L_{S_6} \cdot \cos[\varphi_6(S) + \varphi_{S_6}] \quad Y_{S_6}(S) = Y_{S_6}(S) + L_{S_6} \cdot \sin[\varphi_6(S) + \varphi_{S_6}], \quad (2)$$

где L_{S_6} и φ_{S_6} - характеристики вектора, проведенного от оси подвеса в центр тяжести рабочего орудия.

Аналитические выражения для передаточных чисел МН [2] определяются в процедуре кинематического анализа на оси подвеса - $I_m(S)$ и для конкретной НМ - $I_{S_6}(S)$:

$$I_m(S) = \varphi'_3(S) \cdot U_{53}(S) \cdot L_{S_6} \cdot \cos[\varphi_5(S)] \quad (3)$$

где $\varphi'_3(S)$ - аналог угловой скорости звена поворотного рычага; $U_{53}(S)$ - передаточное отношение; $L_{S_6}, \varphi_5(S)$ - длина нижней тяги и угол, образуемый ею в правой декартовой системе координат.

$$I_{S_6}(S) = \varphi'_3(S) \cdot U_{53}(S) \cdot \{L_{S_6} \cdot \cos[\varphi_5(S)] + U_{65}(S) \cdot L_{S_6} \cdot \cos[\varphi_6(S) + \varphi_{S_6}]\}, \quad (4)$$

где L_{S_6}, φ_{S_6} - вектор, равный расстоянию от оси подвеса до центра тяжести НМ и угол между ним и НМ, представленной звеном L_6 .

Зная $I_{S_6}(S)$ можно, не выполняя силовой анализ кинематической цепи, включающей МН и НМ, оценить нагрузку, передаваемую от навесной машины (P_6) через звенья МН на шток гидроцилиндра в любом положении оси подвеса:

$$F_g(S) = P_6 \cdot I_{S_6}(S) \quad (5)$$

В рабочем режиме мы имеем стохастические колебания оси подвеса МН относительно её рабочего положения. Выходные (геометрические, кинематические и силовые) параметры

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

ПНУ привязаны к изменяющейся обобщенной координате, соответствующей изменяющемуся положению оси подвеса.

Коэффициент полезного действия МН непостоянен из-за изменяющейся силы трения (F_{mp}^{np}) [2] и для любого положения оси подвеса МН определяется по выражению:

$$\eta = \frac{F_g}{F_g + F_{mp}^{np}}. \quad (6)$$

Важной характеристикой навесного пахотного агрегата является положение мгновенного центра вращения (МЦВ) навесной машины (рис. 2) в рабочем режиме [1], которое определяют устойчивость хода плуга, характер его заглубления в почву, нагрузку на опорном колесе и перераспределение нагрузки по осям УЭС.

$$X_p = \frac{(Y_{56} \cdot X_{05} - Y_{05} \cdot X_{56}) \cdot (X_{07} - X_{67}) - (X_{05} - X_{56}) \cdot (Y_{67} \cdot X_{07} - Y_{07} \cdot X_{67})}{(Y_{07} - X_{67}) \cdot (X_{05} - X_{56}) - (X_{07} - X_{67}) \cdot (Y_{05} - Y_{56})}, \quad (7)$$

$$Y_p = X_p \cdot \frac{Y_{56} - Y_{05}}{X_{56} - X_{05}} + \frac{Y_{05} \cdot X_{56} - X_{05} \cdot Y_{56}}{X_{56} - X_{05}}.$$

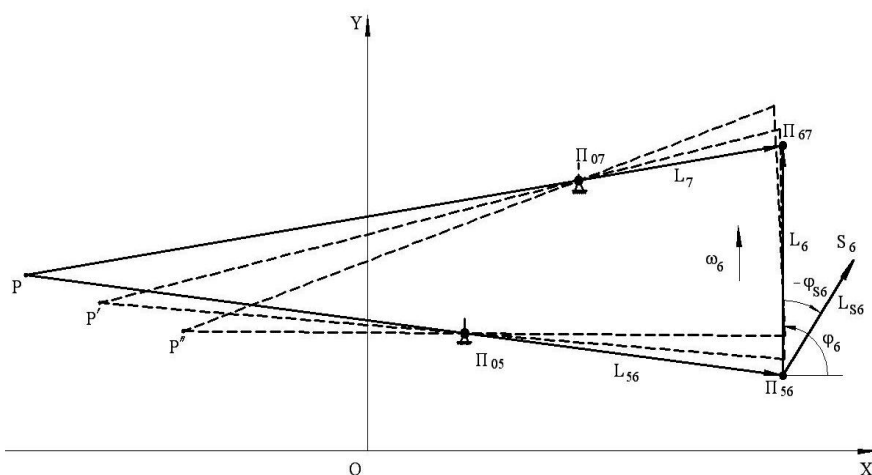


Рисунок 2 Изменение положения полюса МЦВ при качании оси подвеса МН

В режиме транспортного переезда из-за кинематического возбуждения со стороны микрорельефа [3] центры тяжести УЭС и навесной машины совершают сложные колебания в продольной плоскости, приобретая ускорения (\ddot{Y}_{S6}), вызванные контактированием колес УЭС с соответствующим агрофоном:

$$P_6^* = P_6 \pm m_6 \cdot \ddot{Y}_{S6}. \quad (8)$$

При этом нагрузка P_6^* , передающаяся на тяги МН, также носит вероятностный характер, что приводит к переменному характеру силового воздействия на раму УЭС и перераспределению нормальных реакций между передним и задним его мостами. Например, составляющие реакций в шарнирах на оси подвеса определяются стохастически изменяющейся нагрузкой P_6^* и геометрическими параметрами шарниров внешнего четырехзвенника (рис. 1).

$$R_{56}^x = \frac{P_6^* \cdot (X_{S6} - X_{56}) \cdot (X_{67} - X_{07})}{2 \cdot [(X_{56} - X_{67}) \cdot (Y_{67} - Y_{07}) - (Y_{67} - Y_{56}) \cdot (X_{07} - X_{67})]},$$

$$R_{56}^y = P_6^* \cdot \frac{(X_{S6} - X_{67}) \cdot (Y_{67} - Y_{07}) - (Y_{67} - Y_{56}) \cdot (X_{07} - X_{67})}{2 \cdot [(X_{56} - X_{67}) \cdot (Y_{67} - Y_{07}) - (Y_{67} - Y_{56}) \cdot (X_{07} - X_{67})]}.$$

Литература

1. Попов, В.Б. Анализ режимов работы подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства УЭС–290/450 «Полесье» // Актуальные вопросы машиноведения: сборник научных трудов / Гос. науч. учрежд. «Объед. инст-т машиностроения НАНБ»; редкол.: А.А. Дюжев [и др.]. – Минск, 2012. – Выпуск 1. – С. 99 – 102.
2. Попов, В.Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств – Механика - 2011: сб. науч. тр. V белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике / Объедин. Ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск, 2011. – т.1. с. 169-176.
3. Попов, В.Б. Математическое моделирование мобильного сельскохозяйственного агрегата в режиме транспортного переезда / В.Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого - 2005. - №3 - С. 13-18.

УДК 629

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОЦИЛИНДРОВ С ВНУТРЕННИМ ТОРМОЗНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Бартош П.Р., к.т.н., доцент, **Филипова Л.Г., Чикилевский Я.А., Розум С.П.**
БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

На практике имеется много разнообразных видов пневматических приводов и устройств. Благодаря надежности их работы, простоты управления они получили широкое применение во всех отраслях машиностроения и сельского хозяйства.

В ряде случаев поршни исполнительных устройств перемещаются с большими скоростями, в том числе с циклическим действием. Поэтому к таким устройствам предъявляются повышенные требования.

Очень часто требуются пневматические управляющие устройства с произвольной скоростью движения выходного звена в середине хода и с торможением в конце хода, чтобы избежать удара, недопустимого при выполнении ряда сельскохозяйственных технологических операций.

Можно управляющие устройства приводить в движение регулирующими органами в виде клапанов. При многократном срабатывании запорного элемента, где клапаны перемещаются с большими скоростями при посадке на седло, может происходить интенсивное разрушение уплотнительной кромки седла, что, в итоге приводит к выходу из строя исполнительных устройств. Это вызовет значительные экономические и эксплуатационные потери.

Поэтому для решения данной проблемы используют пневмоцилиндры с различными способами торможения в конце хода. Широкое применение получили пневмоцилиндры, принцип торможения которых заключается в том, что в конце хода канал 1, расположенный в крышке 2 цилиндра, перекрывается мягким тормозным элементом 3 – лепестковой манжетой (Рисунок 1), закрепленным на штоке 4. Уплотнительным элементом являются манжеты 5.

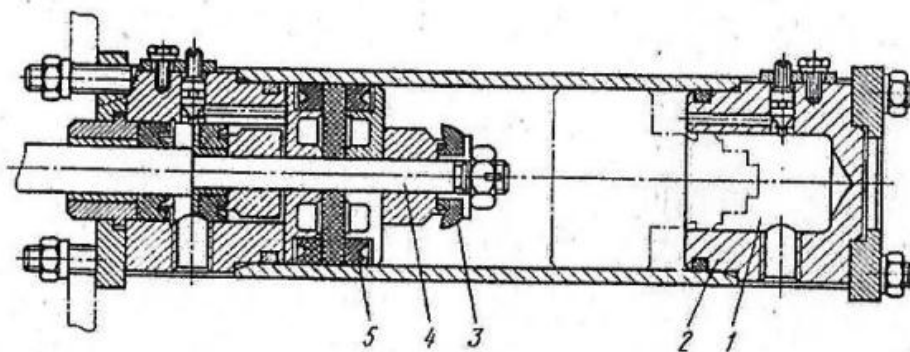


Рисунок 1 – Пневмоцилиндр с тормозным элементом – лепестковой манжетой

Такие конструкции просты в изготовлении, но имеют недостаток – отсутствие обратного клапана, роль которого выполняет манжета 3, обладающая большой жесткостью лепестков, что приводит к потере давления в момент движения поршня

Пневмоцилиндры с внутренним тормозным устройством фирмы «Ханна» («*Hanna*», США) отличаются тем, что мягкий уплотнительный элемент 3 (воротниковая манжета) расположен в крышке 2 цилиндра, а на штоке размещена гладкая металлическая втулка 4, которая перекрывает выпускное отверстие 5, и дальнейшее вытеснение воздуха из полости выпуска происходит через игольчатый дроссель 1 (Рисунок 2).

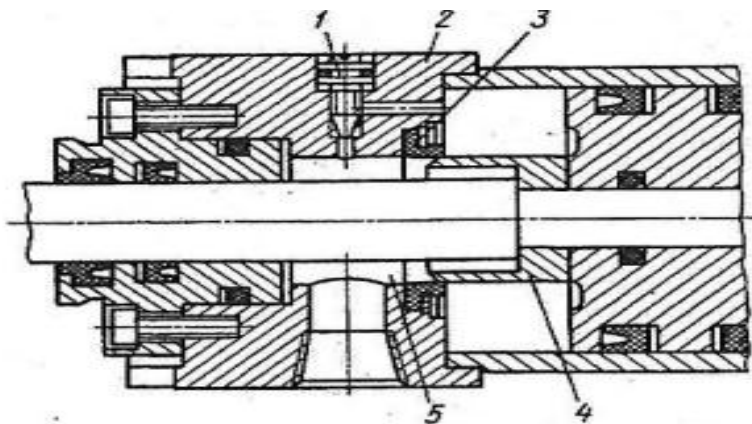


Рисунок 2 – Пневмоцилиндр фирмы «Ханна»

На основе проведенного обзора и анализа выявлены наиболее перспективные пневмоцилиндры с торможением поршня в конце хода. В настоящее время уже проводится их математическое моделирование. По результатам будет предложена методика расчета этих устройств, которую можно применять при проектировании пневмоприводов и пневмоустройств.

Литература

1. Елифанов С.П., Поляков В.И. Пневматические и гусеничные краны/ С.П. Елифанов, В.И Поляков. – М.: Высшая школа, 1985.– 312с.

УДК 621.785

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ НА ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

Бобровник А.И., д.т.н., профессор, **Табулин А.А.**, **Жилинин Д.Л.**

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Одной из основных задач, решаемых производителями сельскохозяйственной продукции, является снижение затрат на её производство. Применение газомоторного топлива становится реальной заменой традиционному жидкому топливу, поскольку стоимость газомоторного топлива примерно в два раза меньше чем дизельного топлива.

Рассмотрим перспективные варианты использования автотракторной техники на газовом топливе для сельского хозяйства с целью возможностью дальнейшего совершенствования на примере колесного трактора.

В качестве газомоторного топлива на сегодняшний момент выступает сжатый природный газ (СПГ) и сжиженный нефтяной газ в виде пропан-бутана (смесь двух газов: пропана и бутана, полученных из нефти и сконденсированных нефтяных попутных газов) (ПБА). Рассмотрим применяемые силовые установки тракторов с комбинированным смесеобразованием и тракторный двигатель, работающий только на газовом топливе.

В первом случае в дизельный тракторный двигатель, используя смесевой комбинированный вариант, встраивают систему регулируемой подачи газа во впускной коллектор. В

случае необходимости переоборудовать газодизельный тракторный двигатель обратно в дизельный двигатель не составит больших затрат и не повлияет на его дальнейшую работу.

Во втором случае переделка тракторного дизельного двигателя для работы на газовом топливе потребует более значительных затрат, так как возникает необходимость в снижении степени сжатия и осуществлении искрового зажигания газовой смеси. Это влечет внесение конструктивных изменений в виде установки прокладки под головку блока цилиндров, применения искрового зажигания, демонтажа системы подачи дизельного топлива. В этом случае обратная переделка газового двигателя в дизельный двигатель при возникшей необходимости становится практически невозможной, так как внесенные изменения в конструкцию потребуют финансовых затрат, несоизмеримых с намеченными задачами.

При использовании газа в качестве топлива для трактора следует разрабатывать двигатель, учитывающий свойства применяемого в работе газа. Очень важно, что пропан-бутан, для газодизеля не годится, так как не обеспечивает необходимых параметров горения при высокой степени сжатия. [1]. При проектировании газодизельного двигателя трактора необходимо учитывать, что при работе переоборудованного дизельного двигателя газоздушная смесь готовится не в цилиндре, а на некотором удалении от него. В результате возникает инерционность в работе педали подачи газа и запаздывание воздействия на неё водителем. Как возможное решение проблемы – это впрыскивание газа в цилиндр через несколько форсунок, для образования необходимого объема смеси.

Благодаря чистоте метана и бедной рабочей смеси газовый выхлоп по сравнению с работой обычного дизельного двигателя более экологически чистый. Однако обеднение смеси газодизеля ведет к потере мощности до 6%, снижается приемистость и медленно набирается скорость. Как положительный момент уменьшается износ цилиндропоршневой группы, так как газ не смывает с поверхности цилиндра масляную пленку, и сокращается расход масла на угар. Одновременно в газодизельном двигателе увеличиваются срок службы моторного масла и ресурс цилиндропоршневой группы. Это достигается уменьшением отложений на деталях цилиндропоршневой группы.

На сегодняшний момент не разработана методика оценки срока службы моторного масла, применяемого в газодизельных и газопоршневых двигателях. Отработанная диагностика для дизельных тракторных двигателей требует доработки, так как температура самовоспламенения газа примерно в два раза выше температуры самовоспламенения у дизельного топлива: около 700°C у газа, (320-380)°C у дизтоплива. Октановое число у метана имеет показатель 120, поэтому степень сжатия дизеля для газа будет слишком высокой. Возникает повышенная нагрузка на детали цилиндропоршневой группы и, вследствие возросшей температуры в камере сгорания, увеличится воздействие на масляную пленку на стенках цилиндров, что может привести к повышению окислительных процессов и образованию загрязнений в работающем масле. [2]

На долговечность работы смазочного материала, оказывают влияние такие факторы как режимы работы двигателя. Во время нагрузок при работе трактора с прицепными устройствами (плуг, сеялка и т.д.) неизбежно возникает режим работы двигателя с повышением температуры, приводящим к перегреву. Учитывая высокую температуру в цилиндрах двигателя из-за применения СПГ или ПБА возникают условия, при которых в масле начинаются окислительные процессы, которые могут привести к необратимому разрушению присадок. Выявить процесс деструкции присадок, вызванный процессами перегрева масла, окисления с образованием органических кислот и солей, образования загрязнений в маслах можно применяя диагностику смазочных материалов с использованием инфракрасной спектроскопии (ИК-спектроскопия) в дополнении физико-химических методов. Это позволит создать объективную оценку текущего состояния смазочного материала. Широкое применение нашли методики определения кислотного и щелочного чисел, а также вязкости. Неизбежное увеличение кислотного числа при эксплуатации ограничивается его предельным значением, отклонение от стандартного темпа роста может свидетельствовать о наличии проблем в режимах эксплуатации или состоянии газодизельного двигателя. Определение щелочного числа масла в га-

зодизельных двигателях необходимо для мониторинга его состояния при особо длительные интервалах замены. В данном случае так же ограничивается его минимальное значение и оценивается темп его снижения. Величина и кривая изменения вязкости дают информацию о состоянии смазочного материала и газодизельного двигателя. Это актуально для моторных масел, срок эксплуатации которых в газодизельных двигателях будет отличаться от сроков для обычного дизельного двигателя, и точно не определен – в данном случае имеется возможность скорректировать срок службы и оценить время или пробег до его замены. В настоящее время для определения того, что моторное масло в двигателе ранее было перегрето, выраженного в деструкции присадок, применяется метод ИК-спектроскопии. Метод основан на анализе инфракрасных спектров поглощения, отражения или рассеяния. Сравнивая инфракрасные спектры образца со спектрами известных веществ, можно идентифицировать неизвестное вещество, определить основной состав смазочного материала, провести фракционный или структурно-групповой анализ. Применяя метод корреляционного анализа по полученным спектрам можно определить физико-химические характеристики смазочных материалов. Приборной частью метода служат Фурье - спектрометры, основанные на получении инфракрасного спектра путем сканирования по сдвигу фаз между двумя частями разделенного светового пучка. Использование метода ИК- спектроскопии позволяет провести неразрушающий анализ, так как в процессе исследования моторного масла физические изменения не происходят. При необходимости можно провести качественный и количественный анализ сложных многокомпонентных продуктов (базовые масла плюс пакеты присадок). Метод характеризуется быстродействием, а в процессе испытания требуется микроколичество испытываемого продукта. [3]. Для установления предельных состояний в процессе эксплуатации моторного масла для газодизельного и газопоршневого двигателя можно применить стандартизованную методику мониторинга состояния находящихся в условиях эксплуатации смазочных материалов методом анализа трендов с помощью инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье ASTM E2412-10. Пример исследований масел моторных применяемых в газопоршневых двигателях приведен на рисунке 1. Анализ проводился в Научно-исследовательской испытательной лаборатории «Гидропневмосистем и нефтепродуктов» филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт» с использованием Фурье спектрометра инфракрасного Nicolet 6700.

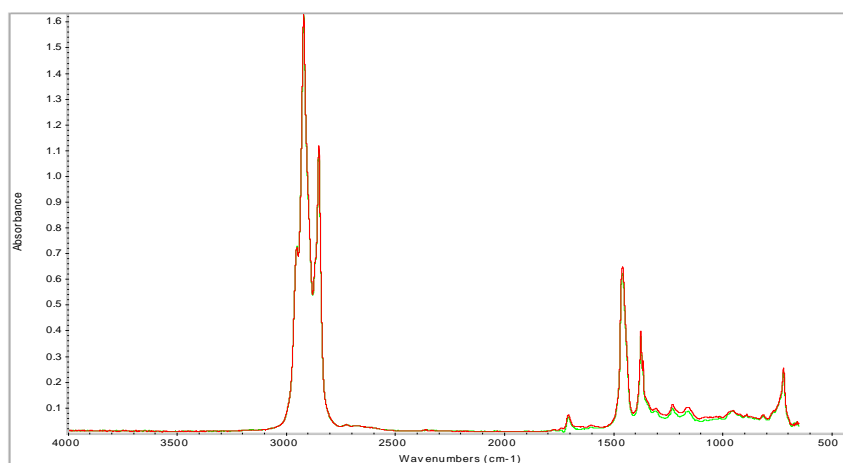


Рисунок 1 Спектры: Масло моторное для газодизельных двигателей и масло, использованное в газопоршневом двигателе

В результате исследований периодически наблюдалась повышенная абсорбция на длине волны 1710 см^{-1} , что выявило окисление масла, вызванное повышением рабочей температуры. Это может быть вызвано работой двигателя при высокой температуре поршней и цилиндров, а также повышением температуры топлива в камере сгорания. Повышенная абсорбция на длине волны 1630 см^{-1} выявляет плохое сгорание топлива, что вызывает перегрузку двигателя, выраженную в излишней нагрузке на поршни и цилиндры и, как следствие,

может привести к прорыву газов через поршневые кольца. Увеличение значений пиков при 1150 см^{-1} , 1250 см^{-1} может свидетельствовать о появлении загрязнений в масле, вызванных продуктами сгорания с образованием оксидов серы.

Применение данной методики в совокупности с вышеуказанными физико-химическими методами позволит проводить диагностику моторных масел в газомоторных и газопоршневых двигателях, а также упростить, снизить стоимость и повысить эффективность проведения постоянного мониторинга состояния газомоторных тракторов через диагностику моторных масел.

Использование мониторинга моторного масла позволит установить оптимальные сроки по замене масла, а также выбрать оптимальные допуски и марки масел моторных, которые можно использовать при работе в газомоторных и газопоршневых двигателях.

Литература

1. Коллеров Л.К. Газовые двигатели поршневого типа / Л.К. Коллеров. Л.: Машиностроение, 1968, 248 с.
2. Соколов А.И. Оценка работоспособности машин по параметрам работающего масла. Учеб. пособие / А.И. Соколов, Н.Т. Тищенко, В.А. Аметов. – Томск: Изд-во Томского университета. 1991. – 200 с.
3. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах под редакцией чл.-корр. РАН В.В. Клюева, т.7 – Москва, 2005. – 828 с

УДК 621.891: 631

О ПРИМЕНЕНИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ПРИВодОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Бобровник А.И., д.т.н., профессор, **Филипова Л.Г.**, **Чикилевский Я.А.**
БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При выполнении разных технологических операций используют различные виды приводов в зависимости от используемого источника энергии: электродвигателя или гидронасоса. Энергия может передаваться кинематическим, механическим приводом (содержащим валы, опоры, муфты, карданы) или гидравлическим путем в виде гидронасоса, гидромотора постоянной или переменной производительности. В последнее время находят применение двухпоточные приводы, когда энергия может передаваться к рабочему органу двумя путями – механическим и гидравлическим.

В кинематические цепи часто вводят гидромуфты или гидротрансформаторы, которые значительно снижают инерционные массы машин, что приводит к снижению динамических нагрузок. При этом пиковые нагрузки снижаются до 3 раз по сравнению с механическим приводом. Широко применяются для снижения угловых крутильных колебаний демпферы колебаний, которые подразделяются на упругофрикционные, гидравлические и резинометаллические. Однако недостаточно внимания уделяется анализу упругих элементов, устанавливаемых в сложных кинематических цепях приводов машин.

Рассеивание энергии в механической системе происходит в материале деталей и элементах соединений между деталями конструкции. Анализ амплитудно-частотных характеристик механизмов с упругой муфтой при малом демпфировании показывает, что в режимах разбега могут возникать резонансные колебания, если угловая скорость установившегося движения больше собственной частоты. Характер резонансных кривых колебаний системы в рабочем режиме зависит от вида нагрузки. Упругая нагрузка, создаваемая присоединенными к рабочему органу упругими элементами: пружинами, рессорами, упругими ограничителями хода или упругими свойствами обрабатываемой среды и т.д., вызывает смещение резонанса в область более высоких частот.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

При обосновании схемы высокоточных приводов рассматривались три варианта подвода и распределения крутящего момента на звеньях дополнительно установленной планетарной передачи (таблица 1) [1]. Из условия габаритов конструкции выбран вариант, когда крутящий момент подводится на водило, которое жестко связано с ведомым колесом передачи, и двумя параллельными потоками распределяется на солнечную шестерню и эпициклическую (рисунок 1), связанную соответственно с торсионом и полым валом. Момент на ведущем колесе будет определяться суммой моментов, действующих на основные звенья планетарной передачи.

Таблица 1 – Варианты подвода крутящего момента при заданном передаточном числе (U_{ij}^i), с числами зубьев колес Z_i

Ведущее звено планетарного механизма	Момент на солнечном колесе, M_a	Момент на водиле, M_h	Момент на эпициклическом колесе, M_e
Эпициклическое колесо	$M_a = M_B \frac{Z_a}{Z_B}$	$M_h = -M_B \left[\frac{Z_B}{Z_a} + 1 \right]$	M_B
Водило	$M_a = -M_h \frac{Z_B}{Z_B + Z_a}$	M_h	$M_e = -M_h \frac{Z_e}{Z_B + Z_a}$
Солнечное колесо	M_a	$M_h = M_a \left[\frac{Z_B}{Z_a} + 1 \right]$	$M_e = M_a \frac{Z_B}{Z_a}$

Минимально допустимый диаметр торсиона d_{min} и угол закрутки φ_{max} определяются по известным зависимостям из сопротивления материалов.

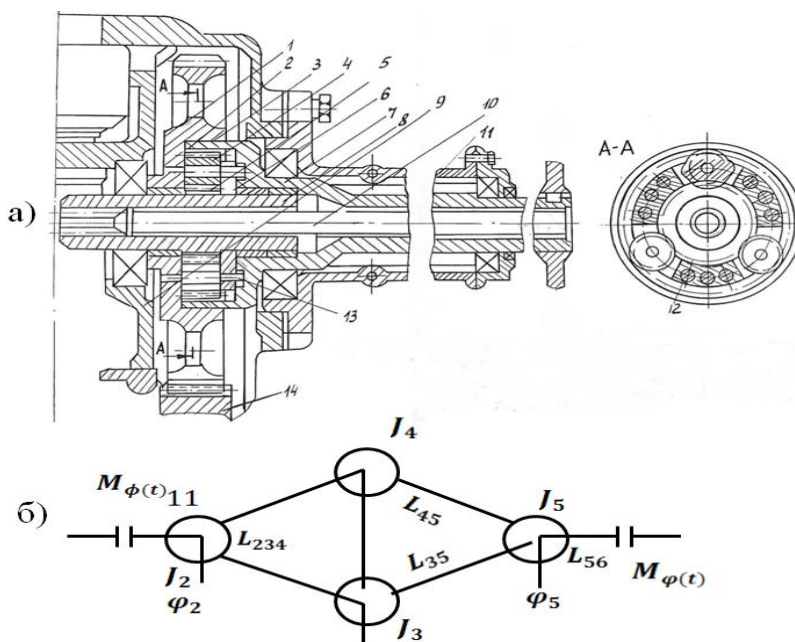


Рисунок 1 – Уруго-эластичный привод трансмиссии (а), крутящие моменты (б):
 (1 – колесо; 2 – планетарный механизм; 3,5,14 – шестерни; 4 – сателлиты; 6 – водило;
 7 – полуось; 8 – вал; 9 – корпус; 10 – торсионный вал; 11 – рукав; 12 – перемычки; 13 – оси)

БНТУ совместно с УП «Минский тракторный завод» провело испытания конструкции упруго-эластичного привода колесного трактора.

Жесткость торсионного вала выбиралась исходя из кинематического расчета и соотношения передаваемых моментов солнечного и эпициклического колес. Исходя из компоновочных возможностей рекомендуется $M_B / M_a = 2.5$, податливость торсионного вала $20.9 \cdot 10^{-5}$ рад/Н м.

Принимая во внимание, что момент на солнечной шестерне должен быть по возможности большим, рациональным является случай, когда диаметры солнечной шестерни и сателли-

тов соизмеримы, т.е. передаточное число передачи солнечная шестерня-сателлит находится в пределах 1.2 – 1.4, отношение чисел зубьев эпициклической и солнечной шестерен 1.4 – 2.6.

При обеспечении достаточной прочности сателлитов и солнечной шестерни, а также сравнительно малом отношении Z_b/Z_a , диаметр эпициклической шестерни оказывается больше диаметра ведомой шестерни, что недопустимо. В случае, если $Z_b/Z_a < 2.6$, эффективность работы снизится, так как момент на торсионе уменьшится. Поэтому исходя из параметров торсионного вала, конструктивных возможностей $2.4 < Z_b/Z_a < 2.6$ принимается момент на торсионе – 2397...2538 Н м, а рациональная величина диаметра торсиона 27. . 29 мм.

С целью повышения работоспособности, долговечности и точности привода трансмиссии ведомая шестерня передачи выполнена из двух связанных через подшипник частей. При этом одна из частей связана с другим концом полуоси, а другая часть шестерни – с другим концом торсиона, расположенного соосно полуоси, при этом зубья венца на одной из них выполнены напротив впадин венца другой шестерни.

Расчеты на ЭВМ показали, что максимальное значение крутящего момента на 20 – 30% меньше в опытном, чем в серийном варианте.

Податливость серийной системы (на 5 передаче) по данным лабораторных испытаний составила $2.33 \cdot 10^{-5}$ рад/Н м, а коэффициент затухания 1.41 с^{-1} , а опытной соответственно $5.28 \cdot 10^{-5}$ рад/Н м и 2.34 с^{-1} .

Разгон машины с упруго-эластичным приводом в трансмиссии сопровождается уменьшением угловой скорости двигателя по сравнению с серийной трансмиссией на 3 – 5 рад/с. Процесс изменения угловой скорости отличается большей плавностью и способствует улучшению условий работы двигателя и всей трансмиссии. Исследования показали, что снижение жесткости трансмиссии уменьшает коэффициент динамичности с 3.2 до 2.2.

Таким образом, предложен высокоточный привод в кинематической цепи, содержащий упруго-эластичный привод в виде планетарной передачи и торсиона, позволяющие уменьшить динамические нагрузки в 1,5 раза, улучшить условия работы всей трансмиссии и двигателя, уменьшить нагрузку двигателя из-за снижения колебаний момента сопротивления, сократить время и путь разгона привода.

Литература

1. Кудрявцев, В.Н. Курсовое проектирование деталей машин: уч. пособие/ В.Н.Кудрявцев [и др.]; под общ. ред. В.Н.Кудрявцева – Ленинград: Машиностроение, 1984.-399 с.

УДК 621.436.068.8

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САЖЕВЫХ ЧАСТИЦ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Белоусов В.А.¹, к.т.н., доцент, Костенич В.Г.², к.т.н., доцент, Белоусов Д.В.³

¹БГСХА, г. Горки, ²БГАТУ, г. Минск, ³БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Эффективным способом снижения дымности отработавших газов дизельных двигателей внутреннего сгорания используемых в сельскохозяйственном производстве является установка в системе выпуска сажевого электрофильтра-дожигателя. Сложность и многообразие явлений, протекающих в электрофильтре, являются серьёзным препятствием при их строгом аналитическом описании. Размер сажевых частиц является одним из главных параметров, определяющих эффективность осаждения в сажевом электрофильтре. Изучение эффективности осаждения на модели электрофильтра требует дополнительного исследования размеров частиц сажи, собранной с внутренних поверхностей выхлопных труб дизелей.

Одним из классических методов определения дисперсности частиц является седиментационный метод, основанный на законе Стокса. Кратко изложим суть данного метода. На частицу сажи радиусом a , равномерно падающую в неподвижной гомогенной жидкости, находящейся в сосуде с достаточно большим диаметром действует сила гравитационного

поля $F_g = \frac{4}{3} \pi g a^3 (\gamma_c - \gamma_{жс})$ и сила сопротивления среды $F_c = 6 \pi a \mu_{жс} \frac{h_c}{t_c}$ [1]. Так как частица движется равномерно, то приравняем действие этих сил и выразим радиус частицы

$$a = \sqrt{\frac{9 h_c \mu_{жс}}{2 g t_c (\gamma_c - \gamma_{жс})}}, \quad (1)$$

где h_c – высота падения частицы, м; $\mu_{жс}$ – вязкость жидкости, Н·с/м²; t_c – время седиментации, с; $\gamma_{жс}$ – плотность жидкости, кг/м³.

Определенный по формуле (1) размер частиц требует проверки выполнения закона Стокса: $Re = 2 a h_{жс} \gamma_{жс} / t_c \mu_{жс} \leq 0,5$. При невыполнении данного условия необходимо применить в сосуде жидкость с другой плотностью или увеличить высоту падения частицы.

Построение кривой распределения частиц по размерам выполним на основе анализа седимента по методу Данеша [2]. На рисунке показана схема изготовленной нами установки для определения дисперсности частиц.

Установка работает следующим образом. В широком цилиндре 1 происходит седиментация определенного количества частиц сажи. Цилиндр соединен с узкой, наклонной (1...5°) в горизонтальной плоскости трубкой 2, один конец которой возвышается над уровнем жидкости в цилиндре. При засыпке в цилиндр сажевых частиц плотность жидкости увеличивается, а ее уровень в узкой наклонной трубочке повышается.

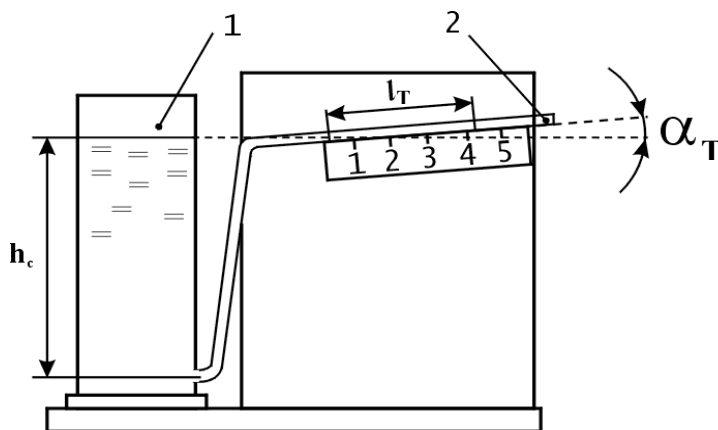


Рисунок – Схема установки для определения дисперсности частиц сажи по методу Данеша

После того как произойдет седиментация частиц определенного размера, плотность жидкости в цилиндре уменьшается и, соответственно, уменьшается уровень жидкости в наклонной трубочке. В процессе опускания жидкости в наклонной трубочке, через заранее определенные промежутки времени отмечаем положение мениска. Количество частиц сажи, оставшихся в растворе подсчитываем по следующей формуле

$$G_c = \frac{\gamma_c V_{см} \gamma_{жс} l_T \sin \alpha_T}{h_c (\gamma_c - \gamma_{жс})}, \quad (2)$$

где G_c – масса частиц сажи в смеси, кг; $V_{см}$ – объем смеси, м³; l_T – длина столбика жидкости в измерительной трубочке, м; α_T – угол наклона измерительной трубочки, град.

Тогда количество частиц сажи, осевших на дне цилиндра за время $t_{c(i)}$, определим из выражения

$$G_{0(i)} = G_p - G_{c(i)}, \quad (3)$$

где G_0 – масса частиц, осевших на дне цилиндра, кг; G_p – масса частиц, засыпанных в цилиндр, кг.

Средний радиус частиц определим по формуле

$$\bar{a} = \sum \frac{\bar{a}_i G_{m(i)}}{G_p}, \quad (4)$$

где a_i – средний размер частиц в интервале, м; $G_{m(i)}$ – масса частиц в интервале, кг.

На изготовленной, согласно рисунку, установке проведены лабораторные исследования дисперсности сажевых частиц, собранных с внутренней поверхности выхлопных труб тракторов семейства «Беларус». Перед исследованием производилась предварительная подготовка образцов сажевых частиц посредством просеивания и измельчения на электровибромельнице. Потребность в подготовке заключается в обеспечении необходимого соответствия размеров исследуемых частиц взвешенным частицам ОГ. При исследованиях условно принято отсутствие на поверхности частиц адсорбированной растворимой органической фракции. Геометрические параметры установки следующие: объем седиментационного сосуда $V_{см} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, диаметр $6,35 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; высота падения частицы $h_c = 0,285 \text{ м}$; угол наклона измерительной трубочки $\alpha_T = 3^\circ$. Масса частиц, засыпанных в цилиндр $m_c = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, их плотность $\gamma_c = 1450 \text{ кг/м}^3$. В качестве рабочей жидкости использован ацетон ГОСТ 2768-84: $\gamma_{жс} = 792 \text{ кг/м}^3$, $\mu_{жс} = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ Н·с/м}^2$.

Плотность сажевых частиц определяет скорость осаждения в инерционных фильтрах и принимает значения для промышленных саж $1550 \dots 1900 \text{ кг/м}^3$ – для истинной и $80 \dots 300 \text{ кг/м}^3$ – для насыпной [3-5]. Истинная плотность сажевых образований определена экспериментально известным пикнометрическим методом [2]. В качестве объёмной жидкости использовались: керосин, нефрас. Плотность определяли по выражению:

$$\gamma_c = \frac{G_1 \gamma_{жс}}{(G_1 + G_2) - G_3}, \quad (5)$$

где G_1 – масса навески частиц, кг; G_2 – масса пикнометра, наполненного жидкостью, кг; G_3 – масса пикнометра с частицами и жидкостью, кг.

Анализ результатов исследований показывает, что плотность, определенная с использованием керосина, несколько выше (на 3 %), чем когда использовался нефрас; по-видимому, это связано с растворением некоторой органической фракции сажевых частиц. Согласно проведенным исследованиям установлено, что средняя истинная плотность частиц дизельной сажи составляет 1450 кг/м^3 .

Литература

1. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 352 с.
2. Спурный К., Йех Ч., Седлачек Б., Шторх О. Аэрозоли. Пер с чеш. – М.: Атомиздат, 1964. – 360 с.
3. Теплотехнический справочник: В 2 т / Под ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева. – М.: Энергия, 1976. – Т. 2. – 896 с.
4. Крикоров В.С., Колмакова Л.А. Электропроводящие полимерные материалы. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 176 с.
5. Фиалков А.С. Формирование структуры и свойств углеродистых материалов. – М.: Металлургия, 1965. – 288 с.

УДК 629.366

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» СО СДВОЕННЫМИ КОЛЕСАМИ

Варфоломеева Т.А.¹, Головач В.М.¹, Бондарчик А.О.¹, Шпак М.А.¹,
Коломиец И.Е.¹, Сапьян Ю.Н.²

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Установка сдвоенных колес придает технике совершенно новые эксплуатационные качества. Исследования в этой области помогут использовать сдвоенные колеса трактора для увеличения уровня производительности сельхозтехники при обработке почвы.

Целью данного исследования является анализ технических параметров тракторов «БЕЛАРУС» со сдвоенными колесами.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Колесный трактор обладают большей универсальностью, меньшей металлоемкостью, легче агрегируется с навесными машинами, проще в обслуживании. Срок службы их ходовой части больше. В настоящее время в сельском хозяйстве Республики Беларусь широко используются энергонасыщенные тракторы. Использование колесных тракторов на ранневесенних работах при переувлажнении почвы ограничено их недостаточными тягово-сцепными свойствами. Большое значение в земледелии имеет вес данных движителей, который можно значительно снизить за счет использования системы сдвоявания колес при одновременном снижении в них уровня давления воздуха до $0,8-0,9 \text{ кг/см}^2$. [1]

Системы сдвоявания колес без внесения изменений в конструкцию тракторов являются оптимальным вариантом снижения степени уплотнения по следу трактора с обеспечением уменьшения данного значения более чем в 1,5–2 раза, и значительным повышением проходимости движителей в условиях повышенной влажности, со значительным увеличением их тягового усилия, что более чем актуально в ранние сроки проведения сельскохозяйственных работ в условиях высокого содержания почвенной влаги. Системы сдвоявания колес: снижают пробуксовку за счёт лучшего сцепления протектора с почвой, расход топлива; повышают производительность, грузоподъемность трактора; позволяют снизить давление в шинах, соответственно и давление на почву по следу колёс трактора и способствует росту урожайности; уменьшают изношенность шины. Техника со сдвоенными колесами может работать на поверхностной обработке почвы с внесением удобрений, севе, подкормке многолетних растений, обработке полей и лугов, пахоте, обработке почв повышенной влажности, находят свое применение при культивации почвы, и особенно при предпосевной обработке почвы. Применение сдвоявания ведущих колес на тракторах «БЕЛАРУС» находит широкое применение. В таблице 1 приведены технические параметры тракторов «БЕЛАРУС» со сдвоенными колесами. Системами сдвоявания комплектуют весь модельный ряд тракторов «БЕЛАРУС».

Таблица 1 - Технические параметры тракторов «БЕЛАРУС» со сдвоенными колесами

Технические параметры						
1	2	3	4	5	6	7
Марка трактора	«Беларус 82.1»	«Беларус 1221.2»	«Беларус 1523»	«Беларус 2022.3»	«Беларус 3022.1»	«Беларус 4522»
Тяговый класс	1,4	2	3	4	5	6
Мощность двигателя (номинальная), кВт	59,6	98	116	156	220,6	317
Рабочий объем, л	4,75	7,12	7,12	7,12	8,7	12,5
Запас крутящего момента, %	15	18,6	16,5	30	30	30
Вместимость топливного бака, л	130	140	120	120	500	650
Максимальная скорость движения, км/ч	34,3	35	32	40	39,8	40
База, мм	2450	2760	2760	2920	3000	3000
Колея колес, мм:						
передних	1430/1990	1540/ 2090	1540/2115	1640/2190	1830/1950	2000/2150
задних	1350/2050	1530/ 2150	1520/2435	1800/2500	1780/2744	2000/2550

1	2	3	4	5	6	7
Грузоподъемность навесной системы, кгс	3200	4300	2000/6500	6500	10000	5500/11500
Габаритные размеры, мм	3930x1970x2800	4500x 2300x2850	4710x 2300x3000	5230x 2400x3120	6100x2630x3160	7100x3020x3600
Масса, кг	3850	5300	5700	6680	11500	14800
Шины передние	11,2-20	420/70R24	420/70R24	420/70R24LS	540/65R30	600/70R34
задние	15,5R38	18,4R38	520/70R38	580/70R42	580/70R42	710/75R42
Наименьший радиус поворота, м	4,1	5,4	5,5	5,8	5,5	6,5
Расстояние между осями сдвоенных колес, мм	590	635	610	715	715	845
Масса комплекта, кг	189,8	225,6	243	377,9	377,9	434,1

Выполнен анализ колесных тракторов «Беларус». Весь модельный ряд тракторов «Беларус» может быть укомплектован системами для сдваивания колес.

Литература

1. Бобровник А.И., Шматко С.Б., Варфоломеева Т.А. //Совершенствование привода ходовых систем сельскохозяйственных колесных тракторов// Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции. Института механизации и технического сервиса. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2017 – С. 25-27.

УДК 629.032

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ НА ПОЧВУ

Гедроить Г.И.¹, к.т.н., доцент, Занемонский С.В.¹,

Варфоломеева Т.А.¹, Сулейманов М.И.², к.т.н.

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

В качестве нормируемых показателей согласно ГОСТ 26955-86 [1, 2] приняты максимальные давления на почву и нормальные напряжения в почве на глубине 0,5 м в зависимости от сезона и влажности почвы, выраженной в долях наименьшей влагоемкости почвы (НВ). При расчете максимального давления на почву по ГОСТ 26953-86 вводятся поправки, зависящие от типа почвы (I_1), нагрузки на единичный движитель (I_2), режима работы движителя (I_3), количества движителей, перемещающихся по одному следу (I_4), высоты протектора (I_5).

Допустимые нормы воздействия движителей на почву для двух- и трехосных прицепов, пересчитанные с учетом вышеназванных коэффициентов, представлены в таблице 1.

Рассчитаем показатели уровня воздействия ходовых систем серийных прицепов на почву. ГОСТ 7057-81 [3] рекомендует определять контурную площадь F_k экспериментально. Однако это требует специального оборудования.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Таблица 1 – Нормы максимальных давлений на почву прицепов, агрегируемых тракторами 4х4 (кПа)

Влажность почвы	Суглинистая почва		Супесчаная почва	
	двухосные прицепы	трехосные прицепы	двухосные прицепы	трехосные прицепы
Весенний период				
Св. 0,9 НВ	80	80	96	96
Св. 0,7 НВ до 0,9 НВ вкл.	115	110	138	132
Св. 0,6 НВ до 0,7 НВ вкл.	138	132	166	158
Св. 0,5 НВ до 0,6 НВ вкл.	173	165	207	198
0,5 НВ и менее	207	198	248,4	238
Летне-осенний период				
Св. 0,9 НВ	100	100	120	120
Св. 0,7 НВ до 0,9 НВ вкл.	138	132	166	158
Св. 0,6 НВ до 0,7 НВ вкл.	161	154	193	185
Св. 0,5 НВ до 0,6 НВ вкл.	207	198	248	238
0,5 НВ и менее	242	231	290	277

Аналитически определить контурную площадь пятна контакта на жестком основании можно из выражения [4]:

$$F_k = \varepsilon k_L k_B \frac{\pi}{4} a_k b_k;$$

где ε – коэффициент эллипсовидности пятна контакта; k_L – коэффициент длины пятна контакта; k_B – коэффициент ширины пятна контакта; a_k – длина отпечатка контурной площади на жестком основании, м; b_k – ширина отпечатка контурной площади на жестком основании, м.

Средние значения коэффициентов ε , k_L , k_B составляют соответственно 1,07, 0,78, 0,81. При этом дальнейшие расчеты выполним по формулам:

$$h = \frac{D}{2} - r_{ст}; \quad a_k = 2\sqrt{Dh}; \quad b_k \approx 0,9B; \quad F_{кп} = F_k \cdot K_1,$$

где h – деформация шины, м; D – наружный диаметр шины, м; $r_{ст}$ – статический радиус качения колеса, м; B – ширина профиля шины, м; $F_{кп}$ – площадь пятна контакта шины колеса с опорной поверхностью, м²; K_1 – коэффициент, зависящий от наружного диаметра шины колеса.

Среднее давление q_k и максимальное давление q_{max} (кПа) находим из выражений:

$$\overline{q_k} = \frac{m_k \cdot g}{10^3 \cdot F_{кп}}; \quad q_{max} = \overline{q_k} \cdot K_2,$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; m_k – масса, создающая статическую нагрузку на почву единичным колесным движителем, кг; K_2 – коэффициент продольной неравномерности распределения давления по площади контакта шины. $K_2=1,5$.

Нормальное напряжение в почве (σ_h) на глубине $h = 0,5$ м вычисляем по формуле, кПа:

$$\sigma_h = 0,637 \cdot \overline{q_k} \cdot \left[\operatorname{arctg} \frac{a \cdot b}{h\sqrt{a^2 + b^2 + h^2}} + \frac{h \cdot a \cdot b (a^2 + b^2 + 2h^2)}{(a^2 + h^2)(b^2 + h^2)\sqrt{a^2 + b^2 + h^2}} \right],$$

где a – 1/2 длины площади контакта, м; b – 1/2 ширины площади контакта, м.

Расчетные значения максимальных давлений на почву и нормальных напряжений в почве представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные значения максимальных давлений на почву и нормальных напряжений в почве для тракторных прицепов

Марка прицепа	Обозначение шины	Контурная площадь на жестком основании F_k , м ²	Площадь контакта с почвой $F_{кп}$, м ²	Среднее давление на почву q_k , кПа	Максимальное давление на почву q_{max} , кПа	Максимальное нормальное напряжение в почве σ_n , кПа
2ПТС-4,5	13,0/75-16(НС8) мод. Бел-104	0,072	0,094	176,4	264,6	27,3
ПСТ-9	16,5/70-18(НС10) мод. КФ-97	0,092	0,111	285,7	428,6	50,7
ПСТБ-12	16,5/70-18(НС10) мод КФ-97	0,092	0,111	365,5	548,2	64,9
ПСТБ-17	16,5/70-18(НС14) мод. КФ-97	0,092	0,111	344,1	516,1	61,1
ПС-45	16,5/70-18(НС14) мод. КФ-97	0,092	0,111	299,0	448,6	53,1

Приведенная методика позволяет оценить уровень воздействия колесных движителей на почву по нормируемым показателям на стадии разработки машин, сравнить уровень воздействия на почву различных шин.

Сравнение результатов расчетов с нормируемыми показателями свидетельствует, что современные тракторные прицепы не соответствуют уровню воздействия движителей на почву. Например, максимальное давление на почву движителем прицепа ПСТ-9 составляет 428,6 кПа, при норме в 207 кПа в весенне-летний период и 242 кПа в летне-осенний для суглинистых почв влажностью 0,5НВ и менее (таблица 1). Вышесказанное свидетельствует о том, что ходовые системы прицепов требуют совершенствования.

Литература

1. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86. – М. Издательство стандартов, 1986.–7 с.
2. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву: ГОСТ 26953-86. – М. Издательство стандартов, 1986. – 11 с.
3. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний: ГОСТ 7057-81. – М. Издательство стандартов, 1998. – 18 с.
4. Гедроить Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2009, № 4. – С. 23–27.

УДК 629.3.032

ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Гедроить Г.И., к.т.н., доцент, Михалков В.В., Бондаренко И.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Одним из способов повышения проходимости создаваемых автомобилей является увеличение количества ведущих мостов. Это приводит к усложнению трансмиссий и увеличению массы автомобиля. Ниже приводится анализ изменения удельных показателей автомобилей при изменении колесной формулы.

Автомобильный транспорт в условиях современного хозяйства занят как на транспортировке грузов на большие расстояния по дорогам с усовершенствованным покрытием, так и на внутривозвращенных перевозках, с выездом на поля. Параметры современных автомобилей больше соответствуют движению по дорогам. Наиболее распространены автомобили с колесной формулой 4×2, 6×4, 4×4 и 6×6 (таблица 1).

Таблица 1 - Технические характеристики грузовых автомобилей 6×6, 6×4, 4×4 и 4×2.

Технические характеристики	Марка машины					
	МАЗ 6517	МАЗ 5516	ГАЗ 33086	ГАЗ 3309	УАЗ 3303	Газель Next
1	2	3	4	5	6	7
Колесная формула	6×6	6×4	4×4	4×2	4×4	4×2
Грузоподъемность, кг (m_r)	19000	19000	4000	4500	1225	1440
Снаряженная масса, кг (m_c)	14500	13000	4000	3530	1845	2060
Полная масса, кг (m_a)	33500	32000	8000	8030	3070	3500
Мощность двигателя, кВт	309	243	87,5	87,5	82,5	88,3
Максимальная скорость, км/ч (m/c)	80 (22,2)	92 (25,55)	95 (26,4)	95 (26,4)	110 (30,55)	134 (37,22)
Контрольный расход топлива, л/100 км (Q)	40	36	19,3	19,3	15,4	10,3
Отношение m_c / m_r	0,76	0,68	1	0,78	1,5	1,43
Отношение Q / m_a	0,00119	0,001125	0,00521	0,0024	0,00501	0,00294
Отношение N_e / m_r	0,0163	0,0128	0,0219	0,0194	0,067	0,061

Анализ табличных данных показывает, что отношение снаряженной массы грузового автомобиля к его грузоподъемности у автомобиля с колесной формулой 6×6 выше на 10,5% по сравнению с автомобилем имеющим колесную формулу 6×4. У среднетоннажного грузового автомобиля с колесной формулой 4×4, этот показатель выше на 22% по сравнению с автомобилем с колесной формулой 4×2, а у малотоннажных автомобилей тот же показатель выше у автомобиля с колесной формулой 4×4 на 6,7% по сравнению с автомобилем, имеющим колесную формулу 4×2.

Отношение контрольного расхода топлива на 100 км пути к полной массе автомобиля имеющего колесную формулу 6×6 на 5,5% больше по сравнению с автомобилем имеющим колесную формулу 6×4. У среднетоннажных грузовых автомобилей этот показатель составляет 54%, а у малотоннажных 41,3%. В первом и втором случаях показатель выше у полноприводных автомобилей.

Максимальная скорость у автомобилей с полным приводом меньше на 13...17,9% по сравнению с автомобилями с колесными формулами 6×4 и 4×2, при этом, чем меньше грузоподъемность автомобиля, тем разница в максимальной скорости автомобиля больше.

Отношение мощности к грузоподъемности автомобиля имеет следующее соотношение: у автомобилей с колесной формулой 6×6 оно больше на 21,5% по сравнению с колесной формулой 6×4, у автомобилей со средней грузоподъемностью при колесной формулой 4×4 отношение выше на 11,5%, а у малотоннажных по сравнению с колесной формулой 4×2 такое же отношение выше 8,9%.

Следует отметить, что рыночная стоимость полноприводных автомобилей также выше.

При увеличении количества ведущих мостов автомобилей ухудшаются их удельные показатели по массе, расходу топлива, стоимости. Их приобретение и использование целесообразно при наличии специфических условий эксплуатации и видов выполняемых работ.

Литература

1. Гедроить, Г.И. Развитие конструкций ходовых систем трактора «БЕЛАРУС» мощностью 300...450 л. с. / Г.И. Гедроить, Н.И. Зезетко, А.В. Медведь // Агротранспорт, 2017. – №4. – С. 5–9.
2. Гедроить, Г.И. Совершенствование конструкций автомобилей для сельского хозяйства / Г.И. Гедроить, В.В. Михалков // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 21–23 ноября 2018 года) / редкол.: В. П. Чеботарев [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2018. – 688 с. 214 – 217.
3. <http://truck-auto.info/maz/559-mvu-30.html>

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ

Дайнеко Т.М., к.с.-х.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Производство зерна – важнейшая задача земледелия. Зерно является не только ценным продуктом питания, но и кормом для сельскохозяйственных животных, а также сырьем для промышленности. Чем больше зерновые ресурсы страны, тем более прочно ее положение на мировой арене. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016-2020 гг. предусматривает дальнейшее повышение урожайности зерновых культур на 12% и доведение ее до 41 ц/га. Одним из путей решения поставленной задачи является использование регуляторов роста растений [1, 2].

Целью исследований являлось изучение эффективности применения регуляторов роста (Экосил и Эпин-Экстра) на яровой пшенице на дерново-подзолистой связносупесчаной почве среднего уровня плодородия Центральной зоны Беларуси. Исследования проводились в условиях мелкоделяночного опыта.

Экосил – биологический регулятор роста (продукт совместного производства ученых России и Беларуси), природный комплекс тритерпеновых кислот, выделенных из экстракта древесной зелени пихты сибирской. Обладает ростостимулирующим, антистрессовым и фунгицидным действием. Эпин-Экстра (ЭЭ) – универсальный антистрессовый адаптоген на основе высоко очищенного 24-эпибрасинолида (Россия). Кроме защиты растений от заморозков, засоления и других стрессовых ситуаций, способствует устойчивости их к комплексу болезней, снижению содержания нитратов, радионуклидов, пестицидов, тяжелых металлов.

Регуляторы роста вносились однократно путем опрыскивания посевов яровой пшеницы в фазу конца кущения – начала выхода в трубку. Норма расхода регулятора роста Экосил – 60 мл/га, Эпин-Экстра – 50 мл/га. Расход рабочей жидкости 300 л/га.

Изучение эффективности применения регуляторов роста на яровой пшенице осуществлялось в 2015 и 2017 гг. на одинаковом фосфорно-калийном фоне – $P_{50}K_{90}$, но при разных уровнях азота: N_{90} и N_{110} . Доза N_{110} вносилась дробно: N_{90} – под культивацию и N_{20} – в фазу кущения в виде подкормки. В опытах в качестве азотного удобрения использовалась мочевины, фосфорного – аммонизированный суперфосфат, калийного – калий хлористый. Предшественник яровой пшеницы – картофель. В опытах возделывалась яровая пшеница сорта Рассвет, районированного для условий Беларуси, I репродукции. Технология возделывания яровой пшеницы – общепринятая для Центральной зоны Беларуси. Повторность опытов четырехкратная, расположение вариантов рендомизированное. Схема опыта с яровой пшеницей представлена в таблице 1.

Годы исследований различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, а именно: 2015 год характеризовался как засушливый (ГТК=0,90), 2017 – как умеренно влажный (ГТК=1,51).

В результате исследований установлено, что на продуктивность яровой пшеницы на фоновых вариантах без применения регуляторов роста наибольшее влияние оказал не уровень минерального питания, а погодные условия, складывающиеся в период вегетации. В условиях 2015 года урожайность зерна на фоне 1 составила 49,8 ц/га, на фоне 2 – 45,6 ц/га, в 2017 году – 44,4 и 43,8 ц/га соответственно (таблица 1).

Температурные условия вегетационного периода 2015 года были близки к средней многолетней, за исключением августа (на +5,0 °C выше нормы). Засушливые периоды июня и августа чередовались с достаточно влажными в мае и июле, где количество осадков соответственно составило 128,0 и 101,7 % от нормы. Недобор осадков в июне (17,6 % от нормы) при умеренной температуре воздуха незначительно отразился на урожае яровой пшеницы.

Не смотря на то, что 2017 год характеризовался как умеренно влажный, осадки выпадали крайне неравномерно. В мае их количество составило 46% от нормы, в июне – 64 %, а в

третьей декаде июля – 331 % (106 мм вместо 32 мм по норме). При этом первая и вторая декады мая и начало июня были холоднее обычного. Все это привело к снижению урожайности в 2017 году по сравнению с 2015 годом.

Таблица 1 – Продуктивность яровой пшеницы сорта Рассвет в зависимости от применения регуляторов роста

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону	
	2015 г.	2017 г.	Среднее за 2 года	ц/га	%
1. Фон 1 – N ₉₀ P ₅₀ K ₉₀	49,8	39,1	44,4	-	-
2. Фон 1 + Экосил	48,8	39,3	44,1	-0,3	-0,7
3. Фон 1 + ЭЭ	55,1	47,3	51,2	+6,8	+15,3
4. Фон 2 – N ₁₁₀ P ₅₀ K ₉₀	45,6	42,1	43,8	-	-
5. Фон 2 + Экосил	53,1	40,2	46,6	+2,8	+6,4
6. Фон 2 + ЭЭ	52,5	48,6	50,6	+6,8	+15,5
НСР ₀₅	4,6	3,2			

Применение регуляторов роста в среднем за два года увеличивало урожайность зерна яровой пшеницы на 2,8–6,8 ц/га или на 6,4–15,5 % по сравнению с минеральными фонами. Наибольшую эффективность на обоих минеральных фонах показал вариант с внесением ростостимулятора Эпин-Экстра: на фоне N₉₀P₅₀K₉₀ урожайность зерна составила 51,2 ц/га или 15,3 % к фону, на фоне N₁₁₀P₅₀K₉₀ – 50,6 ц/га или 15,5 % к фону. По годам исследований в вариантах с ним наблюдалась такая же зависимость. Получение наивысшей прибавки урожая от применения Эпин-Экстра произошло за счет достоверного увеличения длины колоса и количества зерен в нем.

Действие регулятора роста Экосил по годам исследований находилось на уровне фоновых вариантов, лишь в засушливом 2015 году на фоне N₁₁₀P₅₀K₉₀ существенно не отличалось от действия Эпин-Экстра, обеспечив прибавку урожая 7,5 ц/га (на 0,6 ц/га выше, чем в варианте с ЭЭ).

Таким образом, в среднем за два года применение на дерново-подзолистой связносупесчаной почве среднего уровня плодородия регулятора роста Эпин-Экстра на яровой пшенице в фазу конца кущения – начала выхода в трубку было более эффективным и стабильным по годам, чем ростостимулятора Экосил: прибавка урожая к минеральным фонам составила 6,8 ц/га.

Литература

1. Ступин, А.С. Влияние Циркона и Эпин-Экстра на продуктивность озимой и яровой пшеницы/А.С. Ступин//Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Пермь, 2011. – С.45-47.
2. Карпеня, Г.М. Повышение продуктивности культур с помощью природного регулятора роста Экосил /Г.М. Карпеня /Наше сельское хозяйство. – №1. – 2009. – С. 22-25.

УДК 629.38

СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ГИДРОПРИВОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Джежора С.В., Филипова Л.Г., Шабунько А.А.

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Пукты приемо-сортировочные предназначены для приема картофеля, лука репчатого и столовых корнеплодов от самосвальных транспортных средств с задней выгрузкой, частичного отделения почвенных примесей и др. и загрузки клубней в контейнеры или подачи на загрузочные конвейеры. Благодаря гидравлическому приводу всех рабочих органов регулировка производится почти мгновенно и бесступенчато, что позволяет подбирать оптимальные режимы работы для конкретных параметров продукта. Использование гидропривода в

сельскохозяйственной технике позволяет удобно вписать в механизмы компактные гидродвигатели (гидроцилиндры и гидромоторы) и соединить их трубопроводами или шлангами с насосной установкой.

Гидрофицированная сельскохозяйственная техника компактнее, их детали и узлы можно легко стандартизировать и нормализовать.

Серийная гидравлическая система ППС-20-60 изображена на рисунке 1.

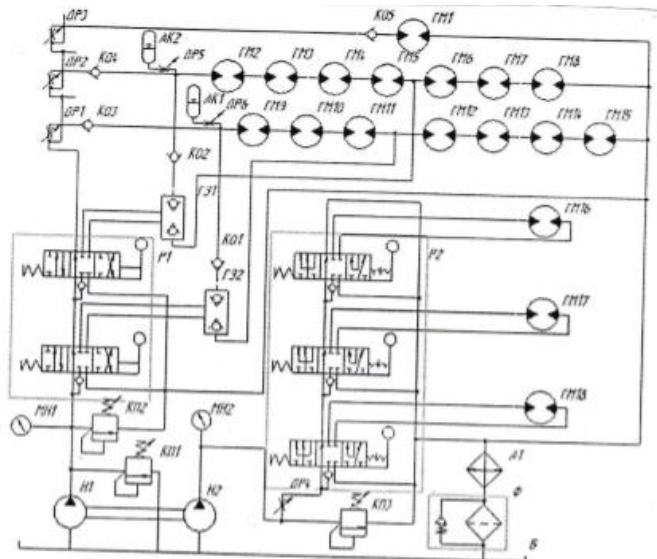


Рисунок 1 - Гидравлическая схема ППС 20-60

Для поддержания постоянного давления используются предохранительные клапаны (давление настройки 10 МПа). Так же в гидросистеме присутствуют два гидроаккумулятора. Для охлаждения рабочей жидкости в системе установлен теплообменный аппарат. Контроль давления осуществляется по двум манометрам. Фильтрация жидкости происходит при помощи фильтра тонкой очистки.

К достоинствам системы можно отнести:

1. Наличие дросселей ДР, которые позволяют регулировать поток рабочей жидкости к гидромоторам и таким образом регулировать скорость вращения их валов.
2. Наличие в гидросистеме тандемного насоса.
3. Присутствие в системе теплообменного аппарата.

К недостаткам системы можно отнести наличие ручного управления в гидрораспределителях.

Для улучшения работоспособности и облегчения труда обслуживающего персонала предлагается модернизировать серийную гидросистему, заменив тип управления гидрораспределителей Р1, и Р2 с механического на электрический (электронный). Таким образом, модернизированная гидросистема будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

Она состоит из насосной станции, включающей в себя следующие гидравлические устройства: бак Б, насосы Н1+Н2, соединенные муфтой с электродвигателем, фильтр Ф, маслоохладитель АТ; распределительно-клапанной и регулирующей гидроаппаратуры, состоящей из: гидрораспределителей Р1 и Р2, дросселей ДР, регулирующих расход, гидрозамков Г31 и Г32, гидромоторов привода валцов ГМ2-ГМ15, гидромоторов привода транспортеров ГМ16-ГМ18 и гидромотора привода бункера ГМ1.

Распределитель Р1 управляет движением гидромоторов ГМ 1..ГМ 15.

При включении левой позиции происходит вращение гидромоторов ГМ2...ГМ5 и зарядка гидроаккумулятора АК2.

При включении средней позиции происходит вращение гидромотора ГМ1.

При включении правой позиции происходит вращение гидромоторов ГМ6...ГМ8. Вторая секция гидрораспределителя работает аналогично.

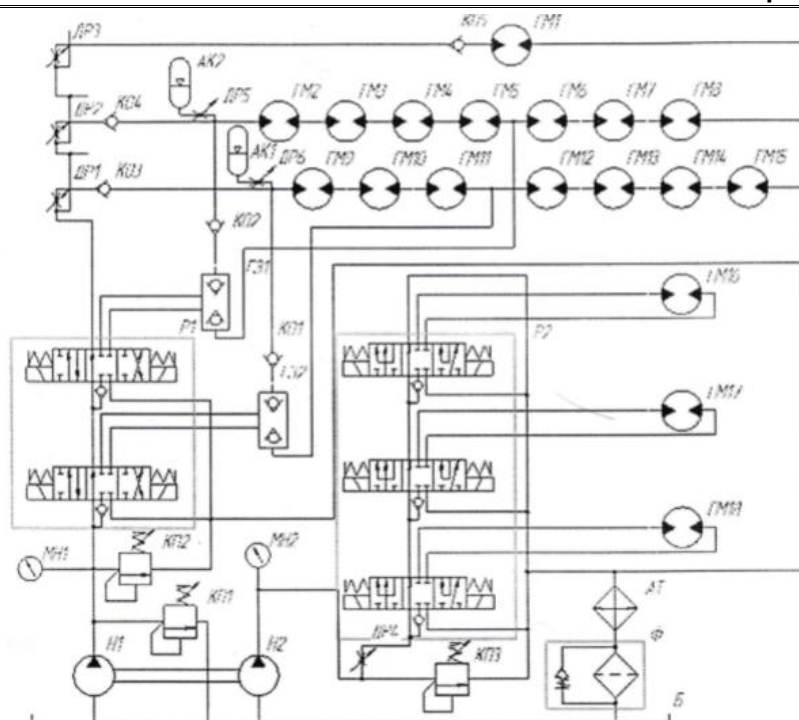


Рисунок 2 - Модернизированная гидросистема

Распределитель Р2 управляет движением гидромоторов ГМ15.ГМ18.

Для ограничения давления насоса Н1 в гидросистеме установлены два предохранительных клапана КП1, КП2. Контроль давления осуществляется при помощи манометра МН1. Для ограничения давления насоса Н2 в гидросистеме установлен предохранительный клапан КП3. Контроль давления осуществляется при помощи манометра МН2.

Фильтрация рабочей жидкости происходит при помощи фильтра Ф. Охлаждение рабочей жидкости происходит при помощи теплообменного аппарата АТ.

Такая система открывает широкие возможности для автоматизации цикла, контроля и оптимизации рабочих процессов, применения копировальных, адаптивных или программных систем управления, легко поддается модернизации и состоит, главным образом, из унифицированных изделий, серийно выпускаемых специализированными заводам.

Литература

1. Руководство по эксплуатации комбайна с выгрузным транспортером ППК-2 «ПОЛЕСЬЕ».
2. Орлов Ю.М. Объемные гидравлические машины/ Ю.М.Орлов. – М.: Машиностроение, 2006. – 223с.

УДК 621.182

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКСИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНОГО ГИДРОНАСОСА ИЛИ ГИДРОМОТОРА

Жданко Д.А., к.т.н. доцент, Тимошенко В.Я., к.т.н. доцент,
Сушко Д.И., Захарова В.С.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Применение качественной диагностики при эксплуатации гидропривода позволяет обеспечить его надёжность и организовать эффективную систему эксплуатации и ремонта. По этой системе основной и дорогостоящий ремонт или замена делается по фактическому состоянию гидроагрегата, а необходимость и прогнозирование такого ремонта устанавливается бортовой системой диагностирования или в процессе периодического технического обслуживания, сочетаемого с диагностированием [1, 2].

Качество диагностирования определяется, в основном, достоверностью, а также другими необходимыми показателями, которые зависят от роли диагностики в системе эксплуатации и ремонта машин [1, 2].

В процессе эксплуатации машин с гидроприводом технические параметры гидрооборудования изменяются от номинального до предельного значения в зависимости от влияния различных факторов как конструктивно- технологических, так и эксплуатационных.

Для поддержания гидростатической трансмиссии машин в исправном и работоспособном состоянии и своевременного обнаружения внезапно возникшего отказа необходимо периодически контролировать техническое состояние гидравлического оборудования. Средства технической диагностики позволяют своевременно обнаружить возможность внезапного отказа, распознать характер и место скрытой неисправности, предотвратить повреждения гидрооборудования, последующий ремонт и простой машины до восстановления работоспособного состояния. Таким образом, своевременное обнаружение неисправностей с помощью средств диагностики технического состояния является более целесообразным, чем устранение отказа путём замены поврежденного гидрооборудования.

Для диагностики технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии разработано устройство [3] с использованием метода отсчета утечек рабочей жидкости, позволяющее снизить металлоёмкость установки, обеспечить стабильность показаний манометра и использующее, вместо механического, гидравлическое торможение вала проверяемого агрегата во время его диагностирования.

Схема для диагностирования аксиально-плунжерных гидронасосов и гидромоторов приведена на рисунке 1.

Суть метода состоит в том, что в бесштоковой полости гидроцилиндра с помощью гидронасоса и редукционного клапана создается постоянное рабочее давление рабочей жидкости, при котором она одновременно поступает в нагнетательную полость и полость слива проверяемого гидроагрегата, обеспечивая тем самым торможение его вала и истечение рабочей жидкости через зазоры в сопряжениях проверяемого агрегата (внутренние утечки).

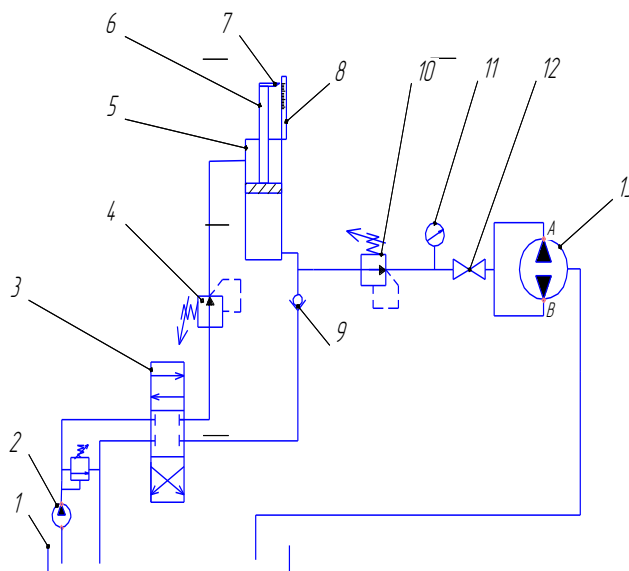


Рисунок 1 – Схема для диагностирования аксиально-плунжерных гидронасосов и гидромоторов;

1 - гидробак, 2 - гидронасос с электроприводом, 3 - гидрораспределитель управления с предохранительным клапаном, 4 - редукционный клапан, 5 - гидроцилиндр со штоком 6- указателем, 7- мерная линейка, 9- обратный клапан, 10 - редукционный клапан, 11 – манометр, 12 – кран, 13 - проверяемый агрегат (аксиально-плунжерный насос или аксиально-плунжерный гидромотор).

Объемные энергетические потери, как показывает практический опыт и результаты многочисленных исследований, являются основным критерием отказа гидронасосов и гидромоторов. Поэтому объемный КПД принят повсеместно в качестве основного диагностического параметра [4, 5].

$$\eta_o = \frac{Q_m - q_{ym}}{Q_m} = 1 - \frac{q_{ym}}{Q_m}, \quad (1)$$

где Q_T – теоретическая производительность насоса;

$$Q_T = V_o \cdot n, \quad (2)$$

V_o – рабочий объем насоса (мотора); n – частота вращения вала насоса (мотора); q_{yt} – утечки жидкости в насосе (моторе).

Запишем формулу 1 с учетом выражения 2

$$\eta_o = \frac{Q_T - q_{yt}}{Q_T} = 1 - \frac{q_{yt}}{V_o n}. \quad (3)$$

Утечки рабочей жидкости через зазоры между гильзой и плунжерами насоса (мотора) при диагностировании равны расходу жидкости, вытесняемой поршнем гидроцилиндра

$$q_{yt} = \frac{\pi(D_u^2 - d^2) \cdot l}{4t},$$

где D_u – диаметр штоковой полости цилиндра, м; d – диаметр штока, м; l – перемещение штока гидроцилиндра за время падения давления, м; t – время перемещения штока, с;

Как видно из зависимости 3 по утечкам рабочей жидкости можно оценить техническое состояние диагностируемых агрегатов.

Литература

1. Анилович, В.Я. Надёжность машин в задачах и примерах // В.Я. Анилович [и др.]. – Харьков: Око, 2001. – 320 с.
2. Александровская, Л. Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем // Л.Н. Александровская [и др.]. – М.: Логос, 2001. – 206 с.
3. Установка для проверки герметичности аксиально-плунжерного гидронасоса или гидромотора: пат. 22573 Респ. Беларусь МПК7 G 01M 3/28 / Д.А Жданко, В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.И. Сушко, В.В. Никончук; заявитель БГАТУ. – № а20170438; заявл. 2017.11.23; опубл. 30.06.19 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019.
4. Тимошенко, В.Я. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Е.С. Некрашевич // Агропанорама. – 2009. – № 1. – С. 44–48.
5. Столяров, А.В. Повышение долговечности аксиально-поршневого гидронасоса с наклонным блоком восстановлением и упрочнением изношенных поверхностей деталей: автореф. дис. канд. техн. наук. Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева, 2009. – 18 с.

УДК 621.43.001.4

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АКСИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНЫХ НАСОСОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

Жданко Д.А., к.т.н. доцент, Тимошенко В.Я., к.т.н. доцент,

Сушко Д.И., Захарова В.С.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Наиболее уязвимы в гидростатической трансмиссии аксиально-плунжерные насосы, имеющие прецизионные детали и составляющие около 90% её стоимости [1].

По данным Минсельхозпрода РБ во время уборочной кампании 2018 года из-за неисправности гидростатической трансмиссии простояло 21,9% зерноуборочных комбайнов.

На сегодняшний день ни сельскохозяйственные предприятия, ни предприятия агротехсервиса не имеют диагностического оборудования с помощью которого можно было бы оценить состояние аксиально-поршневых регулируемых насосов. В результате при выходе из

строю гидростатической трансмиссии, т.е. остановки самоходной машины, не представляется возможным определить, какой из двух агрегатов неисправен – насос или мотор. В результате в ремонт на специализированное ремонтное предприятие хозяйства вынуждены отправлять оба агрегата.

В БГАТУ сотрудниками кафедры ЭМТП разработано диагностическое устройство [1-3], позволяющие в условиях хозяйств и предприятий агросервиса проводить объективное безразборное диагностирование аксиально-плунжерных насосов и при необходимости производить их послеремонтную обкатку.

Нагрузочный дроссель постоянного сечения может быть использован также при техническом диагностировании гидроприводов и гидропередат сельскохозяйственной техники, строительных и дорожных машин в условиях производства, ремонта или в условиях эксплуатации.

Нагрузочный дроссель постоянного сечения (рисунок 1) содержит корпус 1 со сквозным каналом, с одной стороны которого нарезана резьба до центра корпуса, заканчивающаяся упорным буртиком, сменный дроссель постоянного сечения 2, уплотнительный элемент 3, а также по обе стороны вставки имеются отверстия 4 с резьбой, соединенные с основным каналом, для ввинчивания датчиков 10 давления и датчиков 11 температуры рабочей жидкости и отверстия 5 с резьбой для присоединения рукавов высокого давления. Для удобства завинчивания нагрузочного дросселя на нем имеются два симметрично-расположенных сверления 6 малого диаметра под специальный инструмент.

Диаметр отверстия сменной цилиндрической вставки определяется по параметрам диагностируемого гидропривода по зависимости (1).

$$d_{omm} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{o.n} n_n \eta_o}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}} (p_{ном} - p_1)}}, \quad (1)$$

где $V_{o.n}$ – рабочий объем насоса, м³; n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с⁻¹; η_o – объемный КПД насоса; μ – коэффициент расхода; ρ – плотность жидкости, кг/м³; $p_{ном}$ – номинальное давление насоса, Па; p_1 – давление на входе в насос (после дросселя), Па.

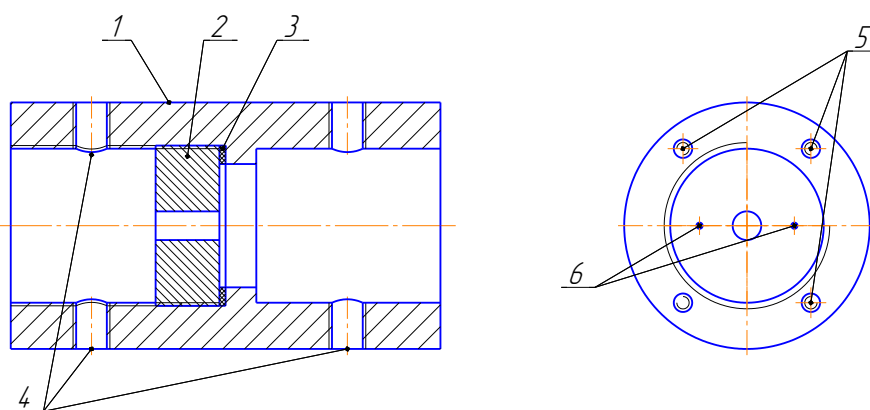


Рисунок 1 –Нагрузочный дроссель постоянного сечения (общий вид):

1 – корпус; 2 – сменный дроссель постоянного сечения; 3 – уплотнительный элемент; 4 – отверстия с резьбой для ввинчивания датчиков давления и датчиков температуры рабочей жидкости; 5 – отверстия с резьбой для присоединения рукавов высокого давления; 6 –сверления под специальный инструмент

Нагрузочный дроссель постоянного сечения работает следующим образом (рисунки 1 и 2). По параметрам диагностируемого насоса 9 определяется диаметр отверстия нагрузочного дросселя 2 по приведенной выше зависимости. С помощью специального инструмента сменный дроссель постоянного сечения 2, посредством симметрично-расположенных сверлений 6 малого диаметра, вворачивается в корпус 1 до упора в буртик и уплотнительный элемент 3. К корпусу устройства присоединяются рукава высокого давления с помощью прижимных шайб и болтов,

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

ввинчиваемых в резьбовые отверстия 5, расположенные с торцевых сторон корпуса 1. Включается привод диагностируемого насоса (например, двигатель внутреннего сгорания 7), включается полная подача жидкости (если насос с регулируемой подачей) и по показаниям датчиков 10 давления и датчиков 11 температуры, вставленных в корпус 1 через резьбовые отверстия 4, и датчика 8 частоты вращения вала насоса 9 (двигателя внутреннего сгорания 7), соединенных с блоком 12 обработки данных, выводится информация диагностирования на внешний дисплей 13, компьютер или смартфон об объемном коэффициенте полезного действия насоса, рассчитанного по зависимости 2.

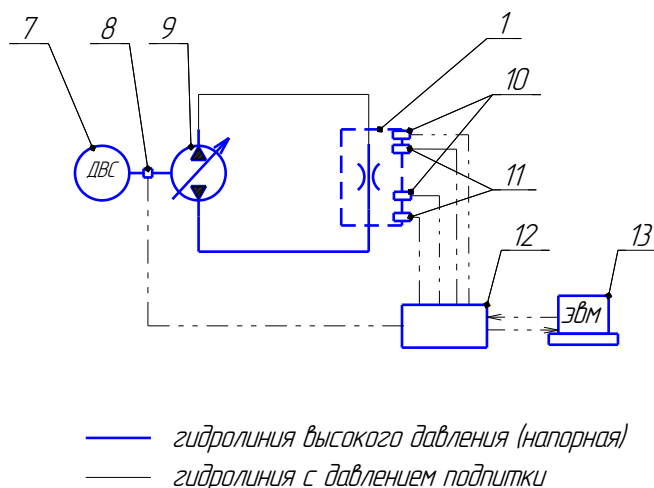


Рисунок 2 – Схема подключения и работы нагрузочного дросселя постоянного сечения

1 – нагрузочный дроссель постоянного сечения; 7 – двигатель внутреннего сгорания; 8, 10 и 11 датчики давления, температуры и частоты вращения; 9 – диагностируемый гидронасос; 12 – блок обработки данных; 13 – компьютер

$$\eta_o = \frac{\mu \pi d^2}{4 \cdot V_{o,n} n_n} \sqrt{\frac{2 p_n (1 + \beta_T (T - T_1))}{\rho_1}} \quad (2)$$

где ρ_1 – плотность жидкости при температуре T_1 , кг/м³; β_T – коэффициент объемного расширения. Для минеральных масел $\beta_T = 800 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$; T – температура жидкости в момент снятия показаний, К; T_1 – температура жидкости, при которой определялась плотность ρ_1 , К. Для минеральных масел $T_1 = 293 \text{K}$.

Если объемный КПД находится в интервале от 0,75 до 0,96, насос – исправен.

Литература

1. Тимошенко, В.Я. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Е.С. Некрашевич // Агропанорама. – 2009. – № 1. – С. 44–48.
2. Патент на полезную модель №2340 ВУ МПК G 01M 15/00. Стенд для диагностирования гидростатических трансмиссий/ БГАТУ, Тимошенко В.Я., Крот Д.А., Ярош В.В. и др. – Заявл. 19.04.2005.
3. Жданко, Д.А. Диагностирование агрегатов гидростатических трансмиссии/ Д.А. Жданко, В.Я. Тимошенко, Д.И. Сушко // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практической конференции на 25-й Международной специализированной выставке «Белагро-2015», Минск, 4 июня 2015 г./ М-во с.х. и прод. Респ. Беларусь, РО «Белагросервис», УО «Белорус. гос. аграр. техн. ун-т»; редкол.: Н.А. Лабушев [и др.]. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2015. – С. 179-184.

УДК:621.431

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**Жданко Д.А.**, к.т.н. доцент, **Непарко Т.А.**, к.т.н. доцент, **Тимошенко В.Я.**, к.т.н. доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Мощность двигателя в процессе его использования постепенно снижается. Уменьшение мощности происходит из-за износа цилиндра-поршневой группы, механизма газораспределения, узлов топливо-, воздухоподачи и т.п. Другими словами фактическая величина мощности является комплексным диагностическим параметром, характеризующим техническое состояние как двигателя в целом, так и отдельных его узлов и механизмов. Поэтому периодический контроль мощности путем ее измерения в производственных условиях позволяет своевременно определять и устранять технические неисправности, то есть поддерживать двигатель в работоспособном состоянии.

Использование тормозных стендов в условиях сельскохозяйственного предприятия по ряду объективных причин затруднено. Для условий сельхозпроизводителя перспективными являются безтормозные методы определения мощности. К ним относятся следующие методы: профессора Н.С. Ждановского, парциальный и динамический [1].

Первые два из указанных методов применимы для разных дизельных и бензиновых двигателей с мощностью до 100 л.с. (73,6 кВт). Они являются простыми, однако имеют сравнительно низкую точность. Поэтому предпочтительным является динамический метод определения мощности двигателя.

Динамический метод основан на определении мощностных показателей дизелей по параметрам переходных процессов, в частности по изменению частоты вращения коленчатого вала при полном или частичном разгоне (или выбеге).

Разгон рекомендуется применять для определения эффективной мощности, а полный и частичный выбег – для определения полной индикаторной мощности дизеля, мощности каждого цилиндра в отдельности и механического КПД.

Этот метод основан на анализе переходных процессов, возникающих в дизеле при резком увеличении или выключении подачи топлива.

Уравнение движения при неустановившемся режиме работы двигателя имеет вид

$$I_d \frac{d\omega}{dt} = M_i - M_c = M_e, \quad (1)$$

где I_d – приведенный момент инерции двигателя; ω – угловая скорость коленчатого вала, рад/с; M_i – индикаторный момент двигателя; M_c – момент сопротивления двигателя, $H \cdot m$; $\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon$ – угловое ускорение двигателя, c^{-2} ; M_e – эффективный крутящий момент двигателя, $H \cdot m$.

Указанный метод положен в основу цифрового измерителя мощности двигателя ИМД-Ц и его модификаций. Указанное устройство состоит из индуктивного датчика, цифроаналогового преобразователя, дифференцирующего устройства, аналогово-цифрового преобразователя и цифрового табло. Первичный преобразователь устанавливается в отверстие картера двигателя над зубьями венца маховика. При отсутствии такого отверстия оно всегда может быть высверлено.

В конструктивном исполнении устройство достаточно универсально и пригодно для измерения частоты вращения и ускорения выбега двигателей большинства тракторов, применяемых в сельском хозяйстве.

Эти тракторы, по основным параметрам, определяющим процесс измерения (например, число зубьев на венце маховика, частота вращения, соответствующая номинальной мощности, приведенный момент инерции и т.п.) не унифицированы и поэтому вводятся калибровочные коэффициенты.

Перед использованием прибора его калибруют по частоте вращения ω и по угловому ускорению ε [2]. Калибровка заключается в установке на шкалах прибора так называемых калибровочных значений ω и ε .

Калибровочное значение устройства по частоте вращения коленчатого вала для двигателей устаревших и новых марок [2] определяют по формуле

$$n = \frac{187500}{z}, \quad (2)$$

где z – число зубьев на венце маховика двигателя конкретной марки.

Калибровочное значение устройства по ускорению для двигателей всех марок одинаково [2] и равно $327,2 \text{ с}^{-2}$.

В руководстве по устройству [2,3] калибровочные значения других параметров приведены только для двигателей старых марок, полученные экспериментальным путем. Поэтому для современных двигателей эти значения можно определить по формуле (1), используя данные внешней (скоростной) характеристики двигателя.

В качестве калибровочных коэффициентов частоты вращения коленчатого вала в области номинальной частоты вращения и в области максимального крутящего момента эталонного (нового) двигателя конкретной марки в первом приближении можно принять значения номинальной частоты вращения значения n_n и частоты вращения $n_{Me \max}$ из регуляторной (внешней) характеристики двигателя, которая может быть найдена в руководстве по эксплуатации трактора или в доступной интернет-сети.

В настоящее время заводы-изготовители, как правило, в технической характеристике указывают номинальную мощность двигателя $N_{ен}$, номинальный $M_{ен}$ и максимальный момент $M_{e \max}$ и соответствующие им частоты вращения n_n и $n_{Me \max}$. Приводится также и частота вращения холостого хода n_{xx} при максимальной подаче топлива.

Приведенный момент двигателя I_d и момент сопротивления (прокрутки) M_c можно определить экспериментальным путём из следующих соображений. Зная, что

$$I_d \cdot \varepsilon_n = M_c \quad (3)$$

с помощью динамометрического ключа можно определить M_c прокручиванием коленчатого вала неработающего двигателя. Далее экспериментально определяем время выбега (замедления) t_b неработающего двигателя от максимальной частоты вращения n_{xx} коленчатого вала до полной его остановки.

Уравнение равнозамедленного движения коленчатого вала можно представить как

$$\omega = \frac{\omega_{xx}}{t_b} t + \omega_{xx}$$

Зная, что

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt},$$

находим, что, ускорение выбега

$$\varepsilon_b = \frac{\omega_{xx}}{t_b} \quad \text{или} \quad \varepsilon_b = \frac{\pi n_{xx}}{30 t_b}, \text{ с}^{-2}.$$

По зависимостям (2) и (3) определить калибровочное значение устройства по частоте вращения n коленчатого вала двигателя, момент инерции I_d и угловое ускорение ε_b выбега.

Из регуляторной характеристики двигателя выписываем значения номинальной n_n частоты вращения $n_{метax}$ при максимальном эффективном моменте $M_{етax}$ и максимальные обороты n_x холостого хода.

По зависимостям

$$\varepsilon_{Me \max} = \frac{M_{e \max}}{I_d},$$

$$\varepsilon_n = \frac{M_{en}}{I_d}$$

Определяем эталонные значения угловых ускорений ε_n в области номинальной частоты вращения n_n и в области максимального крутящего момента M_{emax} .

По известным калибровочным значениям углового ускорения ε_n , ε_{max} и ε_{xx} строим зависимость эффективной мощности N_e двигателя от углового ускорения ε . Далее по методике [1, 2, 3] калибруют устройство ИМД-ЦМ и измеряют ускорение разгона $\varepsilon_{изм}$ и по его величине определяют фактическое $N_{эф}$ значение эффективной мощности двигателя.

Можно предположить, что использование расчетных значений калибровочных параметров при использовании устройства ИМД-ЦМ приведет к снижению точности измерений. Разработчики прибора рекомендуют их определять экспериментальным путем на тормозных стендах [2]. Однако в настоящее время нет основания подвергать сомнению заводскую паспортную характеристику двигателя. Более того, исследованиями установлено [4], что в тракторах механизаторы органолептически замечают падение мощности, если оно превышает 25% номинального значения. Для современного энергонасыщенного трактора, например, БЕЛАРУС-4522С, это составит более 85 кВт [5]. Поэтому в данном случае любое ориентировочное фактическое значение для оценки состояния двигателя в условиях сельскохозяйственного предприятия является актуальным.

Литература

1. Присс, В.И. Диагностирование тракторов /В.И. Присс [и др]; Под редакцией В.И. Присс. – Мн.: Ураджай, 1993.
2. Устройство измерительное ИМД-Ц. Инструкция по техническому диагностированию. – М., 1984. – 42с
3. Устройство измерительное ИМД-Ц. Методические указания по поверке 2781.801-МУ.
4. Казакевич, П.П. Обновление парка обкаточных устройств и их импортозамещение / П.П. Казакевич, В.Я. Тимошенко // Агропанорама, 2010. – С. 45-48.
5. Новиков, А.В. Эксплуатационная оценка широкозахватного пахотного агрегата на базе трактора «БЕЛАРУС 4522С» / А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Т.А. Непарко, Ф.И. Назаров, Н.Д. Лепешкин // Агропанорама. – 2017. – № 2. – С. 2-8.

УДК 631.348

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ

Крук И.С., к.т.н., доцент

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В связи с постоянными совершенствованиями конструкций опрыскивателей, направленных на повышение производительности за счет увеличения ширины захвата и рабочей скорости движения агрегатов, все большее внимание уделяется разработке несущих конструкций и схем навешивания штанг. При движении опрыскивателя по полю его штанга совершает динамические колебания в вертикальной плоскости, что влияет не только на качество выполнения технологической операции, но и надежность конструкции сельскохозяйственной машины. Даже в условиях хорошо выровненной поверхности поля при скорости движения трактора $8 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$ амплитуда колебаний штанги длиной 12 м может достигать значений $\pm 20 \text{ см}$ [1-3].

Исполнение несущей конструкции штанги и способ ее крепления к раме опрыскивателя определяют его надежность и технологические режимы работы, а также качество выполняемого процесса. Подвеска штанги является важным элементом конструкции современного опрыскивателя и призвана изолировать штангу от возмущений рамы (места навески), вызванных микропрофилем поля. Во время работы опрыскиватель колеблется относительно трактора в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях: продольно-вертикальной, поперечно-вертикальной, горизонтальной [2, 3].

Подвеска штанги в большой мере определяет плавность ее хода, которая взаимосвязана с равномерностью опрыскивания. Среди конструкций независимого крепления штанги к раме опрыскивателя выделяются маятниковые и шарнирно-рычажные маятниковые подвески [3-5]. Различают одно-, двух-, трех- и четырехточечные навески. В зависимости от положения точек пересечения осей наклонных тяг (выше или ниже точек крепления их к раме) подвески подразделяются на А-образные, V-образные, Ж-образные и Х-образные [3–5]. Маятниковая подвеска штанги используется при работе на полях ровного рельефа, а шарнирно-рычажная – при работе на склонах.

В поперечно-вертикальной плоскости штанга, в зависимости от схемы подвески, может совершать независимые движения (рисунок 1): вертикальные и угловые (вращательные) вместе с точкой подвески, линейные и угловые относительно точки подвески.

При жестком способе крепления штанги на раме опрыскивателя (рисунок 1,а), штанга совершает вертикальные и угловые движения вместе с точкой подвески и угловые, определяемые конструкцией штанги, ее упругими и жесткими свойствами. Вертикальные и угловые движения точки подвески вызваны поочередным или одновременным копированием колесами опрыскивателя неровностей поверхности поля. Жесткое крепление штанги или ее составных частей к несущей раме опрыскивателя налагает ограничение на рабочие скорости движения агрегата и ширину захвата, следовательно, и на его производительность, что не позволяет обеспечить качественную обработку агрофонов, засоренных камнями, с высокой неровностью поверхности поля. Этот тип крепления оправдан только при ширине захвата до 15 м и рабочих скоростях до $6...7 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$ [3–5].

При шарнирной подвеске (рисунок 1,б,в) штанга совершает вертикальные и угловые движения вместе с шарниром, закрепленным на раме опрыскивателя, а также угловые относительно шарнира. Величина отклонений концов штанги определяется величиной возмущений, сопротивлением в шарнире, конструкцией штанги (ее упругими и жесткими свойствами) и системой ее стабилизации.

При установке штанги на криволинейные и прямолинейные опорные поверхности (рисунок 1,г,д) штанга совершает вертикальные и угловые движения вместе с опорной поверхностью и, в зависимости от конструкции системы стабилизации, параметров установки гасителей и упоров, может совершать как угловые, так и горизонтальные движения по отдельности и одновременно.

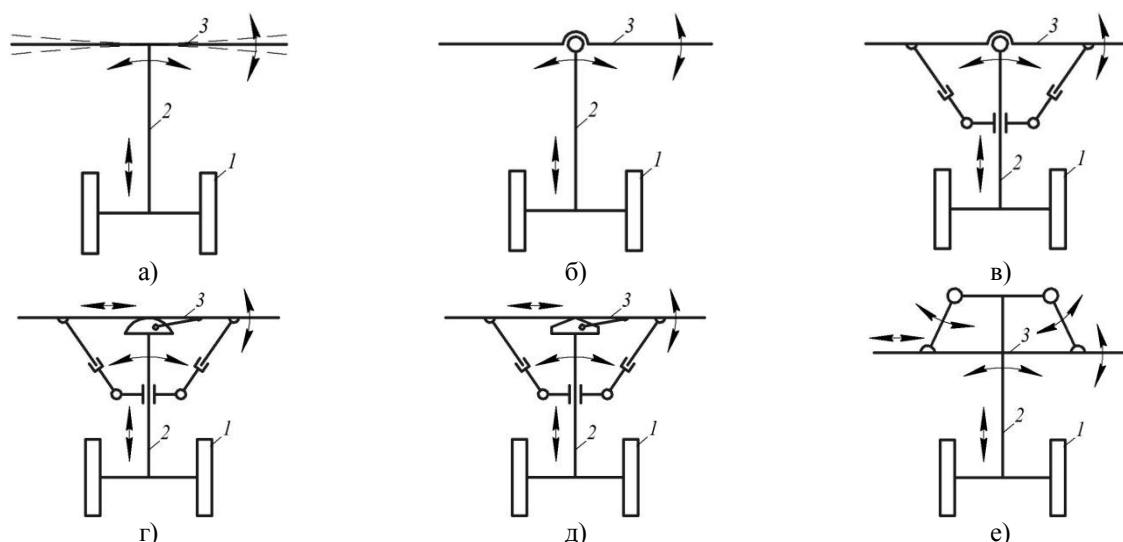


Рисунок 1 – Схемы навесок штанг полевых опрыскивателей:

- а – жесткая; б – шарнирная, в – шарнирная с элементами гашения колебаний; г – с использованием криволинейной опорной поверхности; д – с использованием прямолинейной опорной поверхности;
 1 – ходовая система; 2 – рама опрыскивателя; 3 – штанга

При рычажно-шарнирных маятниковых подвесках (рисунок 1,е) штанга также совершает вертикальные и угловые движения вместе с точками подвеса и, в зависимости от конструкции и соотношений размеров маятников и рычагов, может совершать как угловые, так и горизонтальные движения по отдельности и одновременно.

На основе анализа возможных независимых перемещений штанги полевого опрыскивателя была разработана следующая конструкция [6] (рисунок 2). Штанга опрыскивателя 5 опирается на ребро треугольной призмы 2, установленной в центральной части верхней балки подвижной рамки 3, выполненной в форме прямоугольника. При одновременном наезде опорных колес опрыскивателя на препятствие возникает возмущающая сила, которая выводит штангу из положения равновесия, вызывая ее вертикальные колебания. Подвижная рамка 3 имеет одну степень свободы и может совершать движения только в вертикальной плоскости, двигаясь в направляющих пазах несущего портала 1. Пружины 8, установленные между опорной пластиной 7 и порталом 1, сглаживают возмущающую силу, передающуюся от портала к горизонтальной пластине 7, гидроцилиндру 6, подвижной рамке 3 и штанге 5. Амортизаторы 4 гасят возникающие в вертикальной плоскости колебания. Упругие колебания пружин в конструкции гасятся установкой дополнительного амортизатора между горизонтальной пластиной и порталом.

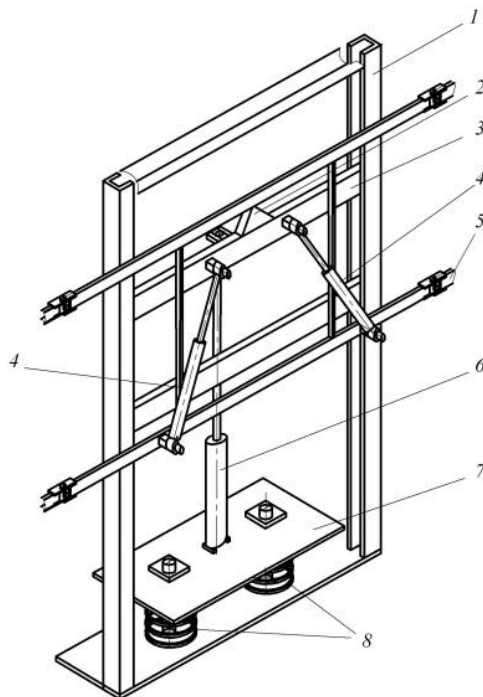


Рисунок 2 – Схема установки штанги на раме полевого опрыскивателя

Данная конструкция позволяет снизить динамическую нагрузку на несущую конструкцию штанги, снизить амплитуду ее колебаний и внедрена в конструкциях опрыскивателей ОАО «Мекосан» и ОАО «Дятловская сельхозтехника»

Литература

1. Ротенберг, Ю. Ю. Высота штанги полевого опрыскивателя / Ю. Ю. Ротенберг, Т. В. Раскатова, И. А. Редкозубов // Защита и карантин растений. – 2011. – № 5. – С. 42–43.
2. Петровская, Е. В. Повышение равномерности распределения рабочей жидкости штангового опрыскивателя: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Е. В. Петровская. – Челябинск, 2006. – 195 с.
3. Крук, И.С. Научно-технические основы проектирования рабочих органов штанговых опрыскивателей / И. С. Крук. – Минск : БГАТУ, 2018. – 272 с.
4. Сельскохозяйственные машины (основные тенденции развития тракторных опрыскивателей) / В. В. Ченцов. – М. : ЦНИИТЭИ Тракторное и с.-х. машиностроение, 1984. – Вып. 12. – 58 с.
5. Вікович, І. А. Конструкції і динаміка штангових обприскувачів : монографія / І. А. Вікович. – Львів : Видавн. Нац. універс. «Львівська політехніка», 2003. – 460 с.
6. Опрыскиватель прицепной штанговый: пат. 20400 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И. С. Крук, В. А. Агейчик, П. С. Корженевич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № а 20121842; заявл. 27.12.2012; опубл. 30.08.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 4. – С. 83–84.

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Зенов А.А.

БГАТУ г. Минск, Республика Беларусь

В последние десятилетия в системе обработки почвы дисковые почвообрабатывающие орудия нашли широкое распространение. Дисковые орудия сегодня используются при выполнении различных технологических операций. Они применяются для лущения стерни, основной обработки почвы, грядообразования, нарезки борозд, окучевания и даже выкапывания картофеля. Разнообразие конструкций этих рабочих органов ставит вопрос о уточнении их классификации.

Основным признаком для классификации дисковых рабочих органов является форма, а дополнительным – технологическая принадлежность диска (Рисунок 1).

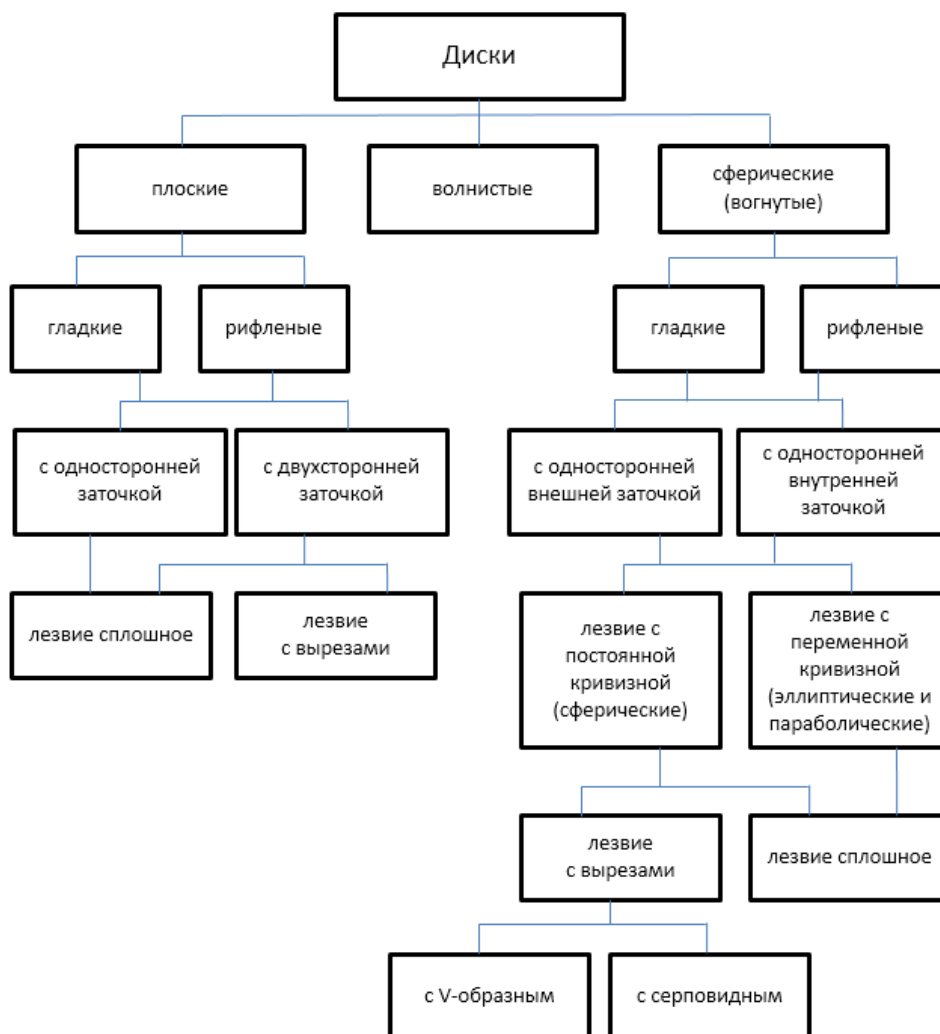


Рисунок 1 – Классификация дисковых рабочих органов

Плоские диски с односторонней заточкой и сплошным лезвием применяются в двухдисковых сошниках сеялок и, реже, в плужных ножах. Плоские диски с двухсторонней заточкой со сплошным, иногда с вырезным, лезвием применяются в качестве ножей в плугах и корне-клубнеуборочных машинах.

Деление вогнутых дисков производится: по кривизне, по характеру заточки и по форме лезвия. Основной формой является сферическая (с постоянной кривизной). Диски с пере-

менной кривизной, применявшиеся в некоторых конструкциях дисковых плугов, не имеют преимуществ перед сферическими, в силу чего они не получили распространение.

Типичной для сферических дисков является задняя заточка лезвия – со стороны выпуклой поверхности диска. Диски с верхней заточкой – со стороны вогнутой поверхности диска – имеют ограниченное применение.

В приведенной схеме классификации дисков по форме не выделена разновидность сферических дисков с плоской сердцевинной и кольцевым гофром, применяемая в дисковых боронах для увеличения прочности, так как это отличие является второстепенным конструктивным признаком, не влияющим на качество производимой диском работы.

Однако один геометрический признак еще не является исчерпывающим для определения принадлежности того или иного диска, особенно сферического, вследствие чего возникает необходимость в указании его технологического назначения. Поэтому определяя сферические диски, указывают: сферический диск плуга, сферический диск лушительника, сферический диск бороны, сферический диск однодискового сошника сеялки и так далее. Ссылка на орудие или рабочий орган определяет прочность диска и его кривизну, так как каждой технологической группе дисковых рабочих органов присуще определенное значение размеров и геометрических параметров.

Так же в последние годы широкое применение получили волнистые диски, предназначенный для обработки почвы без перемешивания ее слоев. Именно волнистые диски по сравнению со сферическими дисками предотвращают появление слоев повышенной плотности.

Таким образом, приведенная классификация дисковых рабочих органов позволит решать задачи анализа их конструкций, отражать их отличительные признаки и при необходимости дополнять новыми.

Литература

1. Петровец, В. Р. Сельскохозяйственные машины: практикум / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Минск: Ураджай, 2002. – 292 с.
2. Каталог сельскохозяйственной и другой техники, машин и оборудования, производимых в Республике Беларусь: каталог / под общ. ред. С. К. Карповича. – Минск : РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2019. – 756 с.; сост. :А. В. Касьянчик [и др.].

УДК 631.352

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ САМОХОДНОЙ КОСИЛКИ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕЕ КОНСТРУКЦИИ

Кецко В.Н.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Многолетние травы – один из основных источников наиболее дешевого корма для КРС при формировании прочной кормовой базы в сельскохозяйственных предприятиях республики.

Снижение затрат энергоресурсов и себестоимости корма можно обеспечить путем максимального использования высокопроизводительных подборщиков-измельчителей кормов. Для этого необходимо, чтобы валки для заготовки сенажа - 8-10 кг на погонный метр. Этого можно достичь путем сдваивания и страивания валков при кошени трав.

В республике используются самоходные косилки-измельчители КС-80, Е-301, Е-302, Е-303, КПС-5Г; на подборе валков с измельчением - КСК-100А, К-Г-6 «Полесье», а так же техника зарубежных производителей.

Патентный поиск показал, что известна косилка-плющилка, состоящая из самоходного шасси, фронтальной жатки, плющильного аппарата и валкообразующего устройства [1].

Косилка-плющилка работает следующим образом. При движении по травостою в процессе скашивания травы косилкой заламывающий брус сначала отклоняет стебли вперед,

мотовило направляет их к жатке, удерживая во время обрезания, а потом срезанные стебли продвигает под шнек. Шнек сужает поток срезанной травы до ширины входного отверстия плющилки и перемещает его к вальцам. Вальцы производят надлом и сплющивание стеблей и быстрое перемещение в валкообразователь, который сужает поток расплющенной травяной массы и формирует ее в валок.

Недостатком данной косилки-плющилки является низкая эффективность операции скашивания на полях с низкой урожайностью трав и в целом сельскохозяйственной работы - уборки трав, по причине недогрузки самоходного высокопроизводительного подборщика-измельчителя при подборе валков. Максимальную загрузку которого можно обеспечить путем сдваивания или страивания образованных косилкой валков.

В БГАТУ разработана конструкция самоходной косилки [3] (см. рисунок 1, вид сбоку).

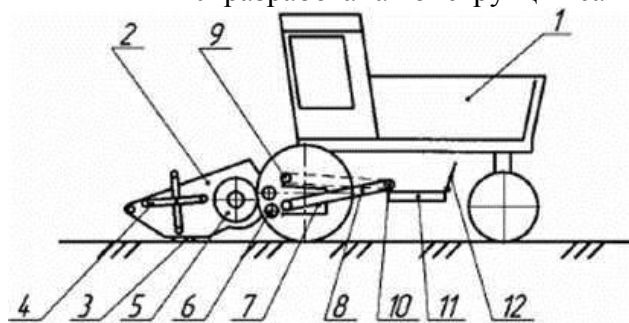


Рисунок 1 – Самоходная косилка

Самоходная косилка содержит самоходное шасси 1, фронтальную жатку 2 с центральным выбросным окном, которая включает в себя режущий аппарат 3, мотовило 4, шнек 5, плющильный аппарат 6, включающий два вальца, валкообразующее устройство 7, представляющее собой две боковины по ширине плющильного аппарата 6, продольный транспортер 8 в виде бесконечной ленты, надетой на передний ролик 9 и задний ролик 10, реверсивный поперечный транспортер 11 в виде бесконечной ленты, установленный сзади и под продольным транспортером 8, дефлектор 12, установленный вдоль задней кромки поперечного транспортера.

Самоходная косилка работает следующим образом.

При поступательном движении самоходной косилки вперед растительная масса подводится мотовилом 4 к режущему аппарату 3, срезается и направляется к шнеку 5. Шнек 5 суживает ее и подает в плющильный аппарат 6, где она расплющивается.

При расположении переднего ролика 9 продольного транспортера 8 в верхнем положении (на рисунке показано штриховыми линиями) скошенная растительная масса укладывается в валок под остовом самоходного шасси, между его колесами. При этом ширина валка регулируется положением боковин валкообразующего устройства 7.

При расположении переднего ролика 9 продольного транспортера 8 в нижнем положении растительная масса из плющильного аппарата 6 подается на продольный транспортер 8, по которому перемещается на реверсивный поперечный транспортер 11, который перемещает растительную массу вправо или влево на скошенный косилкой ранее валок. Дефлектор 12 препятствует сбрасыванию растительной массы с продольного транспортера 8 под остов самоходного шасси. Эффективность сельскохозяйственной работы уборки в целом будет выше, так как число проходов по полю уборочного агрегата, подбирающего растительную массу после косилки, сократится.

Литература

1. Непарко Т.А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учеб. пособие. / Т.А. Непарко, А.В.Новиков, И.Н.Шило; под общ. ред. Т.А.Непарко, – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 199 с.
2. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колосс, 2003.- С.257-259.
3. Самоходная косилка : патент 5567 Респ. Беларусь, МПК А 01D 43/00 / В.Н.Кецко, С.А.Легенький, Ю.А.Башко; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. - № u 20090151; заявл. 02.03.2009.

УДК 631.352

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ ПОЛЯ, КОНТАКТИРУЮЩЕЙ С ДВИЖИТЕЛЯМИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ

Быков Н.Н., к.т.н., доцент, **Кецко В.Н.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Процесс заготовки различных видов кормов из многолетних трав включает несколько операций (кошение, ворошение, сгребание в валок, подбор с измельчением и т.д.), выполняемых без разрыва во времени или с небольшим разрывом (несколько часов), возможно синхронное движение агрегатов (например, транспортных). Причем, для всех операций характерно движение агрегатов в одном направлении, что способствует наложению следов, а это в свою очередь, усиливает отрицательное воздействие на почву и урожайность. Главным при заготовке кормов является сокращение общего пути машин при выполнении каждой операции и уменьшение площади поверхности поля, подвергающейся воздействию движителей.

Основными способами движения, применяемыми при выполнении операций возделывания кормов из многолетних трав являются: челночный, круговой, всвал, вразвал, с расширением прокосов, перекрытием, комбинированный. Основными способами поворотов являются: беспетлевой дугообразный, беспетлевой с прямолинейным участком, петлевой грушевидный. Целесообразность применения способа движения и вида поворота в нашем случае определяется минимальной площадью и кратностью наложения следов МТА в технологических операциях.

При уборке заданного участка площадь поля, подвергающаяся воздействию ходовой системы машин, определяются из выражения

$$F_{\text{сч}} = b_{\text{сч}}(S_p + S_x), \text{ м}^2, \quad (1)$$

где S_p, S_x – путь проходимый машиной соответственно на рабочем и холостом ходах; $b_{\text{сч}}$ – суммарная ширина следов ходового аппарата, м.

Для челночного способа движения путь, проходимый машиной на рабочем ходу, равен

$$S_p = \frac{c \cdot L}{b_M}, \text{ м}, \quad (2)$$

где c, L – соответственно ширина и длина участка, м; b_M – ширина захвата машины, м.

Путь на холостом ходу

$$S_x = \left(\frac{c}{b_M} + 2m \right) \cdot (6R + 2e), \quad (3)$$

где m – число проходов машины вдоль ширины участка при обкосах участка; R, e – соответственно радиус поворота и длины выезда машины, м.

Суммарный путь машины на участке

$$S = \frac{c \cdot L}{b_M} + \left(\frac{c}{b_M} + 2m \right) \cdot (6R + 2e), \quad (4)$$

При постоянном значении площади участка путь на рабочем ходу не зависит от выбора направления движения, является величиной постоянной. На значение холостого пути оказывает влияние соотношение сторон. Если обозначить отношение ширины участка к его длине через μ , то общий путь запишется в виде

$$S = \frac{\mu \cdot L^2}{b_M} + \left(\frac{\mu \cdot L}{b_M} + 2m \right) (6R + 2e), \quad (5)$$

Анализ и расчеты по этой формуле показывают что с увеличением μ число поворотов и длина пути увеличиваются. Наименьшая длина пути будет при

$$\mu \leq \frac{b_M}{L}; \text{ и } m = 0.$$

Более интенсивно холостой путь увеличивается при $\mu > 1$. Для уменьшения холостого пути направление движения следует выбирать вдоль большей стороны загона. Это оправдано еще и тем, что при этом увеличивается коэффициент использования времени и производительность машины. Наибольшее влияние на общее значение пути и площадь следа оказывает ширина захвата машины, с увеличением которой путь и уплотненная площадь уменьшаются. С учетом выражений 1 и 5 площадь следов машины на участке выразится зависимостью

$$F_{cl} = b_{ck} \left(\frac{\mu \cdot L^2}{b_M} + \left(\frac{\mu \cdot L}{b_M} + 2m \right) \right) \cdot (6R + 2e), \quad (6)$$

Используя данные технической характеристики машины и кинематические характеристики участка по формуле 6 можно определить площадь, подвергающуюся воздействию ходовой системы машины.

Литература

1. Быков Н.Н. Рациональное использование кормоуборочной техники в технологических операциях заготовки кормов (для условий БССР).-Дис. ...к.т.н. – Горки, 1989г.-198с.
2. Непарко Т.А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учеб. пособие. / Т.А. Непарко, А.В.Новиков, И.Н.Шило; под общ. ред. Т.А.Непарко, – Минск : ИВЦ Минфина, 2015.

УДК 631.87

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАВОЗА КАК ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, **Костюкевич С.А.**, к.с.-х.н, доцент,
Назаров Ф.И., **Муравицкий В.В.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Производство животноводческой продукции на промышленной основе характеризуется высоким уровнем экономической эффективности производства и продуктивности. Вместе с тем концентрация больших групп животных на ограниченной площади и беспривязное содержание их приводит к тому, что на животноводческих комплексах получается огромный выход жидкого навоза. Так, при производстве 1 кг молока количество навоза составляет до 5 кг, 1 кг свинины – 20 кг, 1 кг говядины – 25 кг. На свиноводческом комплексе по выращиванию и откорму 108 тыс. голов в год при гидросмывном способе уборки навоза из помещений ежегодно накапливается до 1 млн. м³ навозных стоков. В этом объеме содержится до 1500 т азота, до 800 т фосфора, и до 1,3 т. калия, которыми можно удобрить до 5000 га сельскохозяйственных угодий [1].

Проблема рационального использования навоза как органического удобрения при соблюдений требований охраны окружающей природной среды от загрязнения отходами животноводства имеет исключительно важное народнохозяйственное значение. Эта проблема в целом относится к числу наиболее сложных, так как ее решение находится на стыке различных отраслей (биологии, зоотехнии, ветеринарии, химии, физики, агрономии и т.д.). Решение такой проблемы следует рассматривать во взаимосвязи производственных операций: от стойла животных до места реализации навоза с учетом соблюдения всех санитарно-гигиенических условий работы обслуживающего персонала.

Навоз – ценное органическое удобрение, содержащее все питательные вещества, необходимые для роста растений. Он представляет собой сложную полидисперсную систему,

включающую твердые, жидкие и газообразные вещества. В зависимости от технологии содержания животных навоз делят на три вида: твердый (подстилочный) с влажностью менее 86%, полужидкий (влажность 86–92%) и жидкий (более 92%). Два последних вида получают при бесподстилочном содержании животных, как правило, на крупных животноводческих фермах и комплексах.

Навозоудаление – самый трудоемкий и сложный процесс на крупных животноводческих комплексах. Капитальные затраты на строительство систем удаления и утилизацию навоза достигают 30% от общих затрат на строительство комплексов. Система должна обеспечивать своевременное и эффективное удаление навоза из помещения, погрузку, транспортировку в хранилище, хранение, обеззараживание, эффективное использование питательных веществ, внесение в почву в оптимальные агротехнические сроки, создать оптимальные параметры микроклимата в помещениях о вокруг них.

В настоящее время с целью снижения потерь питательных веществ в навозе используют закрытые навозохранилища. Навозохранилища бывают круглые металлические и прямоугольные железобетонные. В нашей республике наибольшее распространение получили железобетонные. Глубина такого хранилища от 2,4 до 3 метров, длина и ширина от 3,6 метров до 12,6 метров. Ширина зависит от объема необходимого для хранения и от мощности перемешивающего насоса. Факторы, влияющие на размер навозохранилища следующие: поголовье стада, количество дней хранения навоза, ожидаемое количество возможного попадания осадков (протечка поилок, вода после мойки помещений и т.д.).

При новых технологиях беспривязного содержания животных, навоз в коровниках в большинстве случаев удаляется скреперными установками. Затем в жидком виде с помощью специального насоса-миксера подается в навозохранилище. Технологическая схема переработки навоза приведена на рисунке 1.

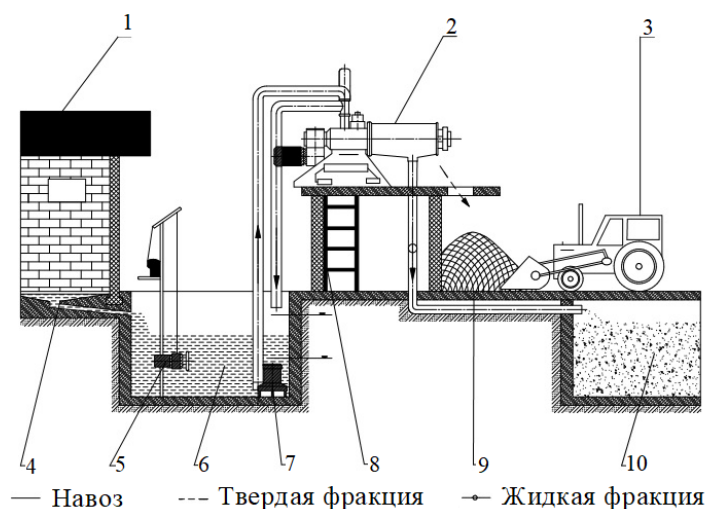


Рисунок 1 – технологическая схема утилизации навоза:

1-здание для животных, 2-сепаратор, 3-трактор, 4- навозопровод, 5- миксер, 6-навозохранилище, 7- насос, 8- лестница, 9- твердая фракция, 10- жидкая фракция навоза.

При хранении навоз в навозохранилище расслаивается на жидкую и твердую часть и для того, чтоб его выгрузить из хранилища необходимо хорошо перемешать (создать однородную массу) для чего используются миксер и насос. После перемешивания навоз подается в сепаратор. Шнек, расположен внутри сепаратора, транспортирует поток массы в отсек с повышенным давлением. Шнек закреплен в специальном фильтре, через который жидкая фракция выводится наружу из установки. За фильтром находится секция повышенного давления, в результате действия которого твердые частицы образуют пробку и жидкость не вытекает с этой стороны, а только через фильтр. Через секцию повышенного давления выходит ухой продукт.

Благодаря простому принципу регулировки противодавления в камере сжатия можно легко регулировать качество конечных продуктов (сухого и жидкого). В результате сепарирования получается жидкая фракция – идеальное удобрение для полива и сухая фракция – компост без запаха и проблем при хранении. Испытания технологии с использованием сепаратора были проведены в СПК «Агрокомбинат «Снов». Результаты производительности от сухого вещества и диаметра отверстий в фильтре приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Производительность сепаратора [2]

% выхода сухого вещества	Производительность, м ³ /ч			
	Фильтр 0,25мм	Фильтр 0,5 мм	Фильтр 0,75 мм	Фильтр 1,0 мм
1 – 2	2 – 15	8 – 40	–	–
3 – 5	1 – 10	6 – 20	8 – 30	–
6 – 9	–	4 – 12	6 – 15	8 – 20
10 – 12	–	2 – 8	4 – 12	6 – 15
13 – 15	–	1 – 4	2 – 8	4 – 10

Система утилизации жидкого навоза хорошо работает при влажности 94% и выше. Перед использованием жидкий навоз должен быть хорошо перемешан для чего используются миксер и насос.

Внедрение данной технологии позволит улучшить экологическую обстановку вокруг комплексов, сохранить питательные вещества в навозе. Результаты разделения сухой и жидкой фракции зависят от таких факторов, как: состав корма животных, ингредиенты навоза, температура, срок хранения навоза и его вязкость.

Литература

1. Кольга, Д.Ф. Животноводческие фермы и комплексы - источник экологического давления на окружающую среду / Д.Ф. Кольга, И.М. Швед // Агропанорама – 2010. – № 4. – С. 32–35.
2. Техническое обеспечение процессов в животноводстве. Энергосберегающие технологии и технические средства уборки и утилизации навоза [Текст] : пособие / Д. Ф. Кольга [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009. – 64 с.

УДК 636.87

ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ

Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, **Костюкевич С.А.**, к.с.-х.н., доцент, **Баринов В.Д.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В Решении Президента и правительства к 2023 году произвести 1000 кг зерна, 1000 кг картофеля, 1000 кг молока на душу населения. Для получения сельскохозяйственной продукции в таком объеме планируется повысить плодородие почв за счет увеличения объема внесённых органических удобрений, в объеме не менее 40 млн. тонн в год (10 тонн на гектар пашни). Наряду с обеспечением растений питательными элементами органические удобрения являются существенным источником органического вещества. Они улучшают физические, химические и биологические свойства почвы. Использование навоза в качестве ограниченного удобрения является одним из определяющих факторов в системе мер по повышению плодородия почвы.

Для успешной борьбы с семенами сорных растений в компостах необходимо соблюдать повсеместно технологию их приготовления, соотношение компонентов; экскремент животных, торф, солома, костра, опилки. Несоблюдение этих соотношения снижает эффективность биотермических факторов подавления жизнеспособности семян сорняков на стадии приготовления и хранения органических удобрений.

Для успешной борьбы с сорняками необходима система мероприятий, в задачу которой входят: уничтожение сорняков, очистка почвы и навоза от семян сорняков, их корневищ и корней, предотвращение нового заноса сорняков на поля.

Семена сорняков в навоз и компосты могут попадать путем повторного засорения от осыпавшихся семян созревших растений, произрастающих на поверхности буртов.

В экскрементах животных обнаруживается сорняков от 200 тыс. до 700 тыс. на 1 т. в полужидком курином помете - от 20 до 80 тыс. от крупного рогатого скота. Более повышенное содержание семян сорняков содержится в подстилочном навозе, их количество в 1 т навоза может достигать от 5 до 7 млн. штук.

Значительная часть жизнеспособных семян сорняков может быть уничтожена в процессе хранения органических удобрений в самом бурту. Наиболее эффективным при этом является горячий способ хранения. Гибель семян сорняков происходит в летний период уже при температуре 30-50°C. При более высоких температурах гибель семян сорняков ускоряется.

Однако для создания высоких температур в буртах необходимо, чтобы навоз в своем составе имел большой вес соломы или других энергетических материалов: костры, опилки и др.

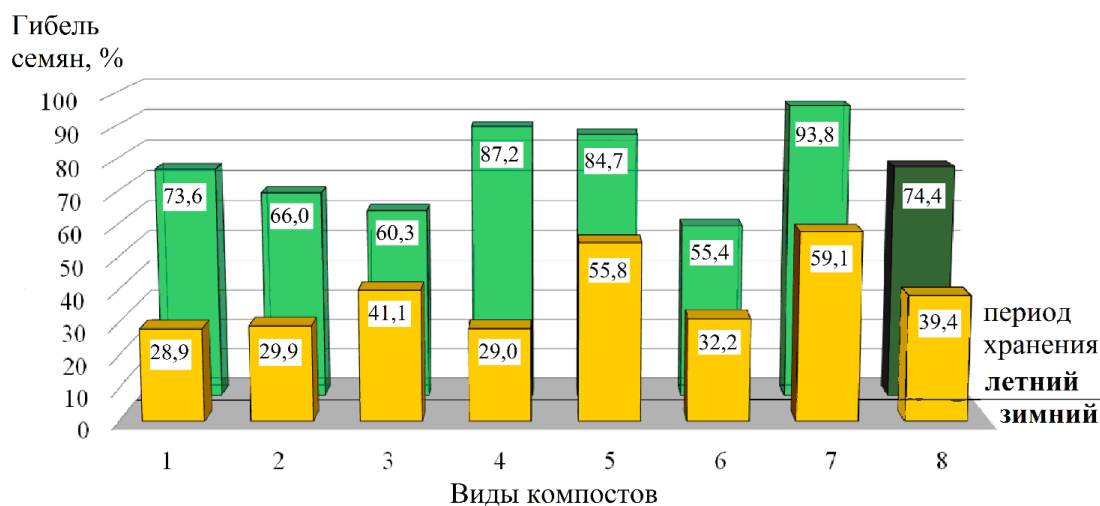
При норме внесения подстилки коровам в количестве 3 кг соломы в сутки на 1 голову максимальная температура хранящегося навоза может достигнуть 20-30°C, при внесении 6 кг/голову - 40°C, при 9 кг/голову - 55°C, при 12 кг/голову - 60°C и выше.

При совместном компостировании полужидкого навоза, торфа и соломы оптимальное соотношение между этими компонентами – 1:0,3:0,05. Температура в буртах этих компостов достигает 38-40°C, что губительно действует на жизнеспособность семян сорных растений.

Таким образом, регулируя количество соломы в подстилке скоту можно создавать различные биотермические условия в хранящемся бурту.

Навоз быстрее разогревается, если его послойно укладывают в навозохранилищах или рыхло на площадках в кучи. В сухую летнюю погоду высохший навоз следует поливать водой или жижой. При значительном содержании соломы температура внутри бурта может достигать 70-72°C. Эта технология испытывалась на э/б «Суворова» Узденского района.

В приготовленных таким образом торфонавозно-соломистых компостах температура повышается в летних условиях до 38-40°C, семена сорняков за 5-месячный срок хранения погибает на 68-100% (рисунок 1).



Примечание: 1 - ПЖН+Т-1:1; 2 - ПЖН+Т-1:0,75; 3 - ПЖН+Т-1:0,5; 4 - ПЖН+Т+С-1:0,5:0,05; 5 - ПЖН+Т+С-1:0,5:0,025; 6 - ПЖН+Т+С-1:0,3:0,025; 7 - солоmistый навоз КРС; 8 - среднее.

ПЖН – полужидкий навоз крупного рогатого скота (КРС), Т – торф низинный, С - солома озимой пшеницы.

Рисунок 1 – Потери жизнеспособности семян сорных растений в компостах за период летнего четырехмесячного и зимнего пятимесячного их хранения

Гибель семян сорных растений достигается также и при холодном способе хранения компостов. В данном случае навоз или компосты укладываются плотно в бурт. Температура внутри бурта не повышается выше 20-30°C. Семена сорняков теряют всхожесть через 4-5 месяцев хранения. Гибель семян сорняков достигается наличием метана, аммиака и органических кислот.

При производстве и хранении торфогазовых компостов в зимних условиях положительных температур в буртах не отмечается, почти все биотермические процессы приостанавливаются, а при суровой зиме бурты промерзают на глубину 20-50 см и более. И только с наступлением положительных температур воздуха, начинается разогревание буртов. Весной их необходимо перебуртовать, вследствие чего температура повышается, достигается гибель семян сорняков на 48-55% после летнего срока хранения.

Основными семенами сорных растений засоряющие почву являются: марь белая, ромашка непахучая, горец шероховатый, куриное просо и прочие злаковые. В 1 т экскрементов животных семян сорняков может достигать от 5 до 7 млн. штук. Температура, влажность и свет оказывают значительное влияние на прорастания семян, их жизнеспособность и долговечность. Гибель семян сорных растений происходит при температуре 30-50 С. Семена сорняков теряют всхожесть в компостах через 3-4 месяца хранения летом и 4-5 зимой.

Литература

1. Кольга, Д.Ф. Животноводческие фермы и комплексы - источник экологического давления на окружающую среду / Д.Ф. Кольга, И.М. Швед // Агропанорама – 2010. – № 4. – С. 32–35.
2. Техническое обеспечение процессов в животноводстве. Энергосберегающие технологии и технические средства уборки и утилизации навоза [Текст] : пособие / Д. Ф. Кольга [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009. – 64 с.

УДК 631.15:33

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Королевич Н.Г., к.э.н., доцент, **Оганезов И.А.**, к.т.н., доцент, **Кабакова Е.Н.**²

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Республика Беларусь (РБ) не обладает достаточными для полного обеспечения экономики и социальной сферы собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР), значительную их часть стране приходится импортировать. В этих условиях использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является одним из актуальных направлений развития энергетической сферы республики и важным аспектом диверсификации ТЭР. К 2020 году в области возобновляемой энергетики Беларуси поставлена задача увеличить долю ВИЭ в валовом потреблении топливно-энергетических ресурсов с 5,5 % до 6 %, долю местных видов топлива - с 14,2 % до 16%, что позволит снизить объем вредных выбросов в атмосферу и, соответственно, повысить экологическую безопасность страны.

Твердые виды топлива согласно европейским нормам Pre-Norm prCEN/TS 14961 подразделены на группы. Для генерации тепловой и электроэнергии применяется древесная щепа, которая относится к важной группе древесной биомассы (в эту группу входят дрова, пеллеты, брикеты).

В связи с этим в Кобринском районе Брестской области реализуется пилотный проект по выращиванию энергетической вербы, которую планируется использовать в измельченном виде в качестве биотоплива на местных котельных ЖКХ района. Всего под энергетические плантации отведено около 1500 га. На 1 га высаживается примерно 15 тыс. растений. Площадь первой плантации - 500 га. Через год планируется увеличить площадь посадок еще на 1 тыс. га. Средний прирост растения - 1,5-2 метра в год, что в 14 раз быстрее роста обычного

леса. Урожайность достигает до 25 т сухой массы с 1 га. Теплотворная способность сухого вещества составляет приблизительно 17–18 Мдж/кг. Энергетическую вербу убирают раз в три года. При наличии трех участков по 500 га, планируется непрерывно обеспечивать местным топливом (МВТ) котельные ЖКХ Кобринского района Брестской области.

Планируется получить себестоимость 1 Гкал получаемого тепла Кобринской мини-ТЭЦ на данном топливе - 40,74 долл. США/Гкал при тарифах централизованной энергосистемы РБ для потребителей Брестской области - 58,15 долл. США/Гкал.

По действующим организационно-технологическим нормативам по планированию работ в сельскохозяйственном производстве для выращивания энергетической вербы следует использовать технологические карты возделывания, которые были разработаны отечественными исследователями [1-3] на основании полевых экспериментов на заложенных плантациях, в основе которых лежит базовая технологическая карта.

Базовая технологическая карта возделывания энергетической вербы состоит из V основных технологических этапов [1-3]:

I. Основная обработка почвы, внесение гербицидов сплошного действия, внесение минеральных удобрений; II. Предпосадочная обработка, посадка, внесение минеральных удобрений; III. Уход за посадкой; IV. Уборка древесины; V. Ликвидация плантации, включающая ряд технологических операций.

В течение плановой эксплуатации плантации в пределах 22 лет предусмотрено циклическое повторение ряда технологических этапов:

-технологические этапы I (Основная обработка почвы, внесение гербицидов сплошного действия, внесение минеральных удобрений), II (Предпосадочная обработка, посадка, внесение минеральных удобрений), V (Ликвидация плантации) выполняются 1 раз;

-технологический этап III (Уход за посадкой) – 7 раз;

-технологический этап IV (Уборка древесины)– 6 раз.

Необходимо отметить, что время эксплуатации не лимитируется 21 годом, а может варьировать от 19 до 25 лет при 6–8 трехлетних циклах, оканчивающихся уборкой древесины.

Первый технологический этап, связан с основной обработкой почвы, внесением гербицидов сплошного действия, внесением минеральных удобрений. Это – лущение стерни (2522ДВ+БДТ-10); механизированная вспашка почвы (Беларус-2522ДВ+ППО-8-40); ранневесеннее боронование (2522ДВ+БДТ-10); культивация (Беларус1221+АКШ-7,2); смешивание минеральных удобрений с погрузкой в разбрасыватель; транспортировка и внесение фосфорных и калийных удобрений (Беларус-1212+РУ-7000); подвоз воды для приготовления раствора гербицида сплошного действия (Беларус-80.1+МЖТ-Ф-6) ; приготовление раствора и внесение гербицидов сплошного действия (Беларус-82.1+Мекосан-2500-18).

Второй технологический этап, связан с предпосадочной обработкой почвы, внесением минеральных удобрений. Это – предпосадочная обработка почвы (Беларус1221+АКШ-7,2); погрузка азотных удобрений (Беларус-80.1+ПКУ-0,8А); транспортировка и внесение азотных удобрений (Беларус-1523 + РУ-7000); заготовка черенков на маточных плантациях (вручную); погрузка, подвоз и выгрузка посадочного материала (Беларус-80.1+2ПТС-4,5), посадка посадочного материала.

Третий технологический этап связан с уходом за посадкой , внесением минеральных удобрений. Это – смешивание минеральных удобрений с погрузкой в разбрасыватель (Беларус-80.1+ИСУ-4А); транспортировка и внесение фосфорных и калийных удобрений (Беларус-1221.1+РУ-7000); погрузка азотных удобрений (Беларус-80.1+ПКУ-0,8А); транспортировка и внесение азотных удобрений (Беларус-1523+РУ-7000); рыхление междурядий (Беларус-82.1+ОКГ-4); подвоз воды для приготовления раствора гербицида (Беларус-82.1+РЖТ-5) приготовление раствора и внесение гербицида (Беларус-82.1+Мекосан-2500-24).

Четвертый технологический этап связан с уборкой биомассы кормоуборочным комбайном КВК-800 «ПАЛЕССЕ FS80» с специальной жаткой HS2. Уборку урожая энергетической вербы осуществляют зимой. Для этого используют обычный кормоуборочный комбайн со специальной жаткой. Механизмы измельчающего аппарата комбайна сразу же перерабаты-

вают растения в щепу. Измельченную древесную биомассу вывозят на край поля. Там урожаем выгружают и буртуют. Такие бурты, объемом 1000-2000 м³, можно делать высотой до 4 м, щепы в них сохнут под открытым небом. В дождь она промокает, как показал опыт, на глубину не более 10-15 см. Влажность свежесобранной энергетической вербы обычно составляет 45-50%. Опыт хранения щепы в буртах, показал, что к апрелю влажность можно снизить до 30%, а в мае – до 25%. Это является одним из основных факторов экономии стоимости тепловой энергии, так как переработанная комбайном щепы является готовым топливом для мини-ТЭЦ.

На модернизированных котельных ЖКХ нужно использовать экономически оправданный метод утилизации энергии из топочного газа на основе установок его конденсации, которыми оснащаются современные системы центрального теплоснабжения, работающие на биомассе. Обычно установка состоит из трех компонентов - экономайзера, конденсатора (утилизирующего теплоту уходящих газов) и подогревателя воздуха. Экономайзер утилизирует водяные пары из дыма, охлаждая их ниже точки росы. При конденсации выделяется дополнительное количество тепловой энергии, которое составляет 15-20%. Помимо теплового эффекта, экономайзер производит дополнительную очистку дымовых газов, снижая выбросы твердых частиц в атмосферу.

В Кобринском районе планируется внедрение современных теплоисточников общей мощностью 29 МВт, которые будут работать на МВТ. В результате использования МВТ при выходе проектируемых мини-ТЭЦ на полную мощность здесь планируется экономить 42600 т у. т. в год. Расчетный срок окупаемости – не более 7,5 лет.

Литература

1. Бутько А. А., Пашинский В. А., Родькин О. И. Техничко-экономические аспекты производства щепы при возделывании ивы белой (*Salix alba*) // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. - 2017. - № 1. - С. 100–110.
2. Бутько, А. А., Пашинский, В. А., Родькин, О. И. Оценка энергоемкости производства щепы при возделывании древесно-кустарниковой породы с коротким периодом роста ивы белой вида *Salix alba*. // Энергоэффективность. -2016. - № 6. – С. 24–27.
3. Бутько, А. А., Пашинский, В. А., Родькин, О. И. Оценка жизненного цикла производства щепы при возделывании древесно-кустарниковой породы с коротким периодом роста ивы белой (*Salix alba*) // Экологический вестник. - 2016. - № 4 (38). - С.89-97.

УДК 621.436.2:621.899

МЕТОДИКА И УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ

Костенич В.Г.¹, к.т.н., доцент, Белоусов В.А.², к.т.н., доцент

¹БГАТУ, г. Минск, ²БГСХА, г. Горки, Республика Беларусь

От надёжности работы агрегатов очистки масла зависит надёжность и долговечность автотракторных двигателей. Существующие маслоочистители двигателей внутреннего сгорания (ДВС) не всегда в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним. К недостаткам масляных фильтров ДВС можно отнести, например, высокую вероятность открытия перепускного клапана или прорыва фильтрующей шторы из-за высокой вязкости непрогретого масла в полнопоточном фильтре в период пуска и прогрева двигателя [1]. В результате поступления к парам трения двигателя вместе с неочищенным маслом абразивных частиц последние вызывают повышенный износ двигателя, что значительно сокращает его моторесурс.

С целью устранения вышеуказанных недостатков предлагается использование для очистки масла в автотракторных двигателях полнопоточных фильтров с фильтрующими элементами из углеродных тканей, позволяющими производить подогрев масла при запуске двигателя [2].

Для испытания предлагаемого фильтра на базе стенда КИ – 5278 [3] создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рисунке. Стенд состоит из масляного бака 10, всасывающего патрубка 12, масляного насоса 11, предохранительного клапана 6, распределителя 5, плиты 4 для установки фильтров 19, технологического фильтра 9, золотниковой устройства 1, мерного бака 2 с трубкой 3, манометров 18 и 20, сливного крана 13 и трубопроводов 7, 8, 14, 15, 16.

В масляную магистраль последовательно включён дроссель (а) распределителя и параллельно – дроссель (б), с помощью которых регулируется давление при испытании фильтров. Давление измеряется манометрами 20 и 18 соответственно на входе в фильтр и на выходе из него.

Для испытания предлагаемых фильтрующих элементов на различных температурных режимах стенд был дополнительно оборудован электронагревателем масла 27 с электроконтактным термометром, кранами 21 и 22 для отбора проб масла до и после фильтра; милливольтметром 23 с термопарами для контроля за температурой масла на входе в фильтр и на выходе из него; трехходовым краном 30 для отключения технологического фильтра 9. Для обеспечения подачи напряжения на фильтрующий элемент, в схему стенда были включены лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) 24, выпрямитель напряжения 25, реостат 26. Снятие электрических характеристик фильтра производилось при помощи амперметра 28 и вольтметра 29.

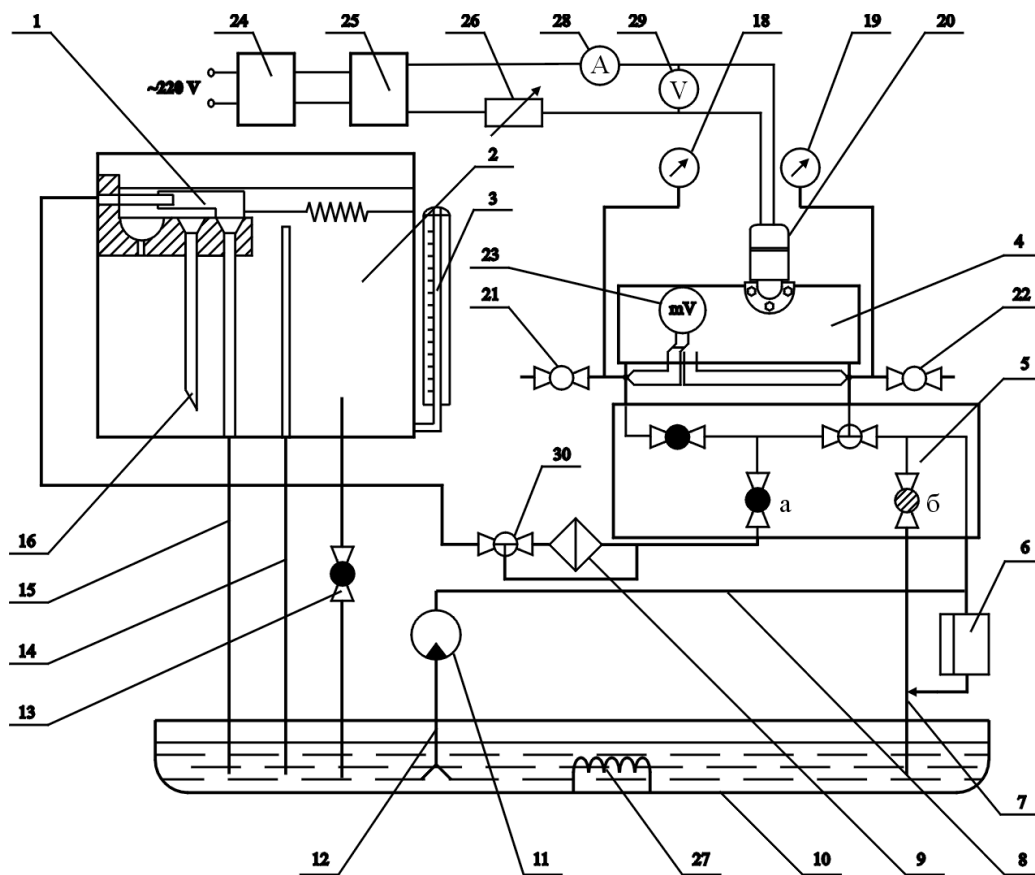


Рисунок – Схема установки для испытания фильтров с фильтрующими элементами из углеродных тканей.

При стендовых испытаниях фильтров определяются следующие параметры: герметичность, гидравлическая характеристика, изменение концентрации загрязняющих примесей в масле по времени, изменение перепада давления масла на фильтре по времени, тонкость и полнота отсева.

Для определения характеристик фильтров применяются измерительная аппаратура, обеспечивающая суммарную погрешность определения характеристик не более 0,5 % и масло М-10Г₂. Для искусственного загрязнения масла используется кварцевая пыль с удельной поверхностью 10500 см²/г.

Гидравлическая характеристика фильтра определяется прокачкой незагрязненного масла через незагрязненный фильтр при температуре масла в баке $t_m = 80^\circ\text{C}$ и разных расходах масла Q . Расход доводится постепенно до максимальной величины, которая должна быть на 30 % выше максимального расхода на фильтре двигателя.

Характеристика загрязненности фильтра определяется прокачкой масла при постоянном режиме работы фильтра по расходу Q_1 для полнопоточных фильтров и температуре t_m масла на входе в фильтрующий элемент, и при постоянном режиме загрязнения масла.

Перед введением в бак навеска искусственного загрязнителя тщательно размешивается в 150–200 см³ масла, отобранного из магистрали установки. Навески загрязнителя вводятся периодически через каждые 30 мин фильтрации масла в течение всего срока проведения испытаний.

Через каждые 30 мин., 1, 3, 5 часов и далее через каждые 4 часа отбираются пробы масла массой $G_n = 100$ г. После отбора каждой пробы масла в бак заливается 100 г чистого масла.

Тонкость и полнота отсева определяются на установке по такой же методике, как и при определении характеристики загрязнения, но с использованием в качестве искусственного загрязнителя кварцевой пыли с удельной поверхностью 5600 см²/г.

Отобранные пробы масла анализируются для определения тонкости и полноты отсева методом микроскопического анализа. Обработка результатов определения характеристик фильтра производится по формулам: перепад давления масла в фильтре ΔP , МПа

$$\Delta P = P_1 - P_2;$$

средний расход масла через фильтр Q , л/мин

$$Q = \frac{\Delta V \cdot 60}{\Delta T};$$

полнота отсева

$$\varphi = \frac{X_0 - X_1}{X_0},$$

где X_0 – массовая концентрация загрязнителя в масле перед фильтром, %; X_1 – массовая концентрация загрязнителя в масле после фильтра, %.

Литература

1. Костенич В.Г. Анализ способов очистки масла в двигателях внутреннего сгорания. «Механизация мелиоративных работ». Сборник научных трудов. Горки, 1997.– С. 18–23.
2. Костенич В.Г. Регенерируемый фильтр для очистки масла в двигателях внутреннего сгорания // Молодежь, наука, аграрное образование и производство: Сб. научн. трудов.– Витебск, 1999.– С. 119–120.
3. Стенд для испытания масляных насосов и фильтров тракторных и комбайновых двигателей КИ – 5278. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Орёл, 1993. – 38 с.
4. ГОСТ 7155 – 85. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Фильтры тонкой очистки масла. Технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1986.– 18 с.

УДК 631.312

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ КОЛЬЧАТО-ПРУТКОВОГО КАТКА НА ПОЧВУ

Крук И.С.¹, к.т.н., доцент, Назаров Ф.И.¹, Назарова Г.Ф.¹, Болат Унат²,

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²КазНАУ, г. Алматы, Республика Казахстан

Для уплотнения и выравнивания почвы, дробления глыб, разрушения почвенной корки применяют катки [1-3]. Рабочая поверхность данных рабочих органов разнообразна и предназначена для выполнения различных функций. По форме поверхности можно выделить кольчато-шпоровые, кольчато-зубчатые, гладкие, кольчатые, борончатые и прутковые катки.

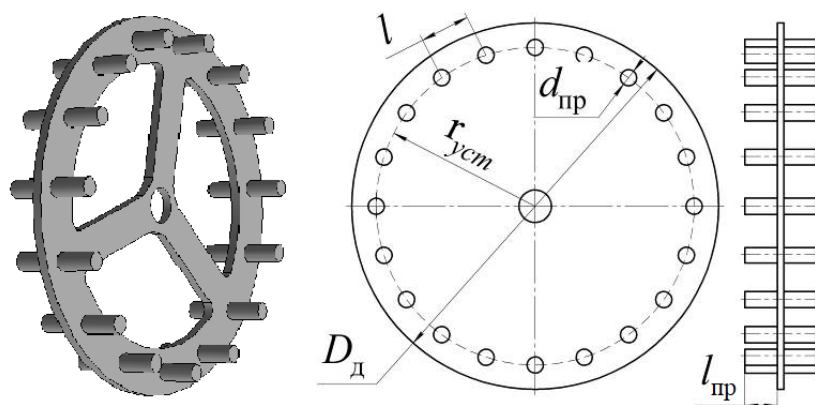


Рисунок 1 – Общий вид и основные параметры кольчато-пруткового катка

Кольчато-прутковый почвообрабатывающий рабочий орган (рисунок 1) является комбинацией кольчато-шпорового и кольчато-зубчатого катков и представляет собой набор колец, снабженных прутками цилиндрической формы. Прутки устанавливаются на некотором удалении от кромки диска, что улучшает крошение крупных глыб. На ось диска устанавливаются с некоторым зазором, что позволяет катку самоочищаться [4]. Прутки, углубляясь, крошат и уплотняют нижний подповерхностный слой почвы, а выходя из нее, разрыхляют верхний поверхностный слой.

Уплотняющие и разрушающие способности катка зависят от его скорости движения, массы, диаметра и ширины захвата [4]. С увеличением скорости движения агрегата глубина погружения катка в почву и величина ее уплотнения уменьшается. От давления катка на почву зависит глубина его погружения и качество крошения пласта.

Давление кольчато-пруткового катка на почву можно определить по формуле

$$P_d = \frac{q_{пр}(2l_{пр} + l)}{S_k}, \quad (1)$$

где $q_{пр}$ – удельная нагрузка на каток, кН/м; $l_{пр}$ – длина прутка, м; l – расстояние между прутками, м; S_k – площадь пятна контакта, м².

Удельная нагрузка на катки общего назначения в зависимости от условий работы принимается в пределах от 2 до 6 кН/м [5].

Площадь пятна контакта для кольчато-пруткового катка определяется по формуле

$$S_k = \frac{4l_{пр} \cdot d_{пр} \sqrt{2r_{ycm} h_{пр}}}{\pi l}, \quad (2)$$

где $d_{пр}$ – диаметр прутка, м; r_{ycm} – радиуса окружности на котором установлены прутки, м; $h_{пр}$ – глубина погружения катка в почву, м.

Из формулы (2) видно, что площадь пятна контакта зависит от диаметра и длины прутков, а так же от расстояния между ними.

С учетом формулы (2) формула (1) примет вид

$$P_d = \frac{\pi q_{пр}(2l_{пр}l + l^2)}{4l_{пр} d_{пр} \sqrt{2r_{ycm} h_{пр}}}. \quad (3)$$

На рисунке 2 показаны графики изменения давления кольчато-пруткового катка на почву в зависимости от его геометрических размеров и действующей удельной нагрузки.

Приведенные графики показывают, что при уменьшении пятна контакта при одинаковой удельной нагрузке давление катка на почву увеличивается, следовательно, улучшается качество крошения почвенного пласта.

А. Садулла установил, что для работы катка без сгруживания с камками высотой до 0,1 м его диаметр должен быть не менее 0,29 м [5]. Данное условие применима для всех видов катков. С учетом данных исследований и полученных зависимостей наибольшее давление на почву будет достигаться при радиусе установки катков 0,15 м.

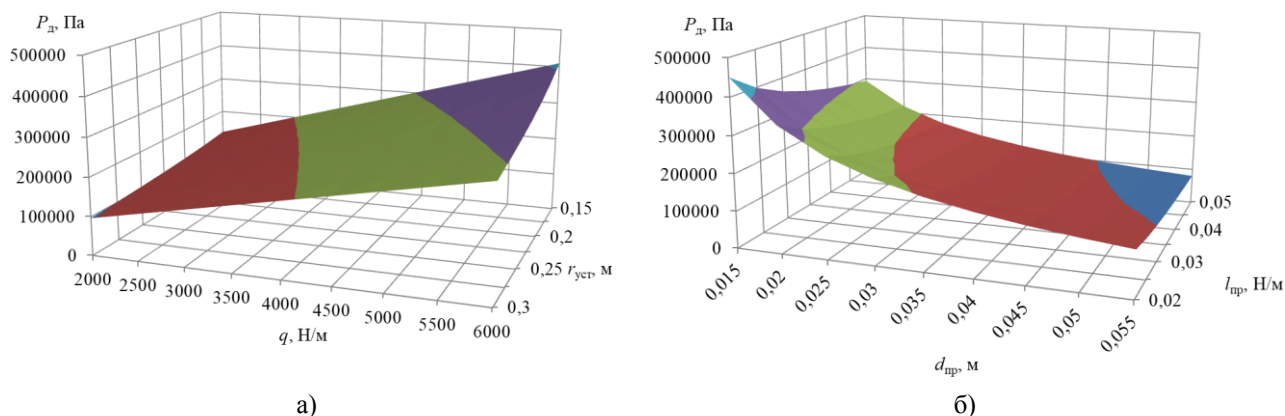


Рисунок 2 – Графики зависимости давление кольчато-прутковое диска на почву от радиуса окружности установки и распределенной нагрузки(а), диаметра и длины прутка(б)

Давление кольчато-пруткового диска на почву необходимо для разрушения комков и крупных глыб. Наибольшие значения давления достигаются при минимальном диаметре и длине прутка установленном на удалении от центра катка на 0,15 м.

Литература

1. Клочков, А.В. Сельскохозяйственные машины / А.В. Клочков Н.В. Чайчиц, В.П. Буяшов – Минск : Ураджай, 1997. – 494 с.
2. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, [и др.]; – М. : Агропромиздат, 1986. – 687 с.
3. Сельскохозяйственные машины / А.В. Клочков [и др.]; под ред. Р. Я. Лифшиц. – Минск: Ураджай, 1997 – 494 с.
4. Проектирование катковых приставок для пахотных агрегатов. Рекомендации / И.С. Крук [и др.] – Минск : БГАТУ, 2017. – 104 с.
5. Аминов, С. Обоснование параметров уплотнительного катка к предпосевному орудью для хлопководства: дис...канд. техн. наук: 05.20.01 / С. Аминов. – Янгиюль, – 1988. – 160 с.

УДК 631.43:631.012

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВОГРУНТА ПРИ СДВИГЕ

Ляхов А.П., к.т.н., доцент, Кошля Г.И.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Для исследования сцепных свойств звеньев гусениц, а также физико-механических свойств грунта при сдвиге, показатели которых используются при физическом моделировании и аналитическом расчете силы тяги тракторов нами предлагается конструкция установки, отличающаяся от известных прототипов.[1]

Известна установка [1] для исследования сцепных свойств гусеничных звеньев в полевых условиях, навешиваемая на самоходное шасси ДСШ-16. Основной узел установки тележка с монтируемыми на ней звеньями, которая с помощью гидравлического цилиндра перемещается относительно грунта по горизонтальным направляющим установки. Вертикальным гидроцилиндром создается нагрузка, вдавливающая трак в грунт, и тем самым создается различное нормальное давление, соответствующее рабочему в реальной гусенице. Вертикальное и горизонтальное усилие при сдвиге звена относительно грунта замеряется гидравлическими месдозами.

При исследовании звеньев на слабых грунтах шасси для неподвижного состояния якорится, а на плотных грунтах ее необходимо переустанавливать на лыжи и перемещать с помощью трактора-буксира.

Недостатками данной установки является сложность используемой гидравлической системы и нестабильность вертикальной нагрузки на звено, значительная погрешность измеряемых показателей с использованием гидравлических месдоз, трудоемкость переустановки и необходимость иметь дополнительное оборудование при исследованиях на плотных грунтах.

Задача, которую решает предлагаемая конструкция, заключается в повышении точности и достоверности получаемых результатов, снижении трудоемкости экспериментов.

Технически это достигается тем, что в отличие от прототипа вертикальная нагрузка на исследуемые штамп или звено создается за счет веса грузов, уложенных на специальную площадку 2 рамы установки, причем максимальный вес грузов рассчитан на максимальное давление реального движителя трактора. Так как при испытаниях давление должно меняться в некотором диапазоне (10–50 кПа), для этого предусмотрена возможность перераспределять вес грузов на штамп или звено 7 и опорные колеса 9 в задней части установки за счет поворота специальной коленчатой оси 10, которая крепится к раме. Положение колес 9 относительно рамы 1 изменяется поворотом коленчатой оси гидроцилиндром 11. При повороте оси 10 рама 1 установки приподнимается либо опускается относительно почвы и часть веса грузов снимается с штампа или звена и воспринимается колесами или наоборот. В транспортном положении, шток гидроцилиндра 11 выдвинут и колеса 9 максимально приближены к раме 1 установки, что позволяет приподнимать ее заднюю часть, при этом навески трактора также поднята и контакт штампа звена с почвой отсутствует, что позволяет установке свободно перемещаться в нужном направлении.

Тележка 5 с жестко прикрепленными к ней специальными стяжками штампом либо звеном гусеницы установлена в направляющих рамы на подшипниках и передней частью соединена с рамой через тензометрическое звено 6. В рабочем положении установки, когда исследуемые штамп или звено гусеницы нагружено вертикальной нагрузкой, а трактор-тягач начинает движение, тележка стремится за счет сил сцепления сохранить состояния покоя, а после преодоления сил сцепления штампа или звена с почвой начинает движение вместе с установкой. При этом тензозвено непрерывно регистрирует изменение силы сцепления штампа или звена в зависимости от величины сдвига.

На величину силы сцепления в функции сдвига оказывают влияние также глубина погружения звена в почву и величина смещения относительно почвы. Эти величины регистрируются специальным устройством 13 с реоходными датчиками отдельно измеряющими глубину и смещение штампа или звена.

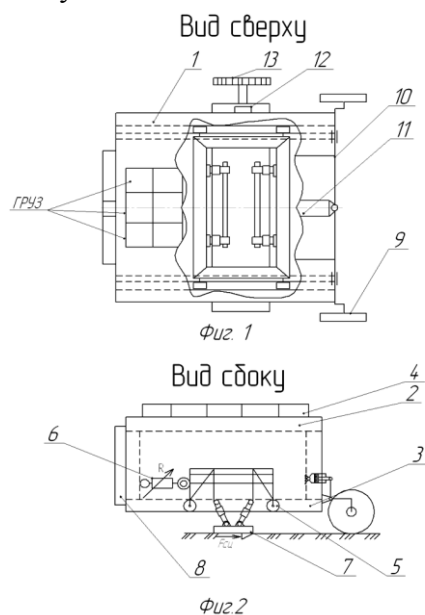


Рисунок 1 – Изображена предложенная установка для исследования сцепных свойств гусеничных звеньев в полевых условиях

Величина вертикальной нагрузки на штамп или звено зависит от положения опорных колес установки относительно рамы.

Установка присоединяется к трактору-тягачу и ее сдвиг относительно грунта производится на минимальных оборотах двигателя.

На рисунке 1 изображена предложенная установка для исследования сцепных свойств гусеничных звеньев в полевых условиях (фиг.1 – установка вид сбоку, фиг.2 – вид сверху).

Предлагаемая конструкция такой установки в отличие от известных позволяет повысить точность результатов эксперимента, снизить трудоемкость его проведения.

Литература

1. Гуськов В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. М. «Машиностроение», 1966. - 195 с.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДВИЖИТЕЛЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВОГРУНТА НА ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА ТРАКТОРОВ

Ляхов А.П., к.т.н., доцент, Кошля Г.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Трактор является основным энергетическим средством мобильного машинно-тракторного агрегата. Такими агрегатами выполняется более 90% сельскохозяйственных операций в растениеводстве. Эффективность использования машинно-тракторного агрегата (МТА) в большей степени зависит от совершенства конструкции трактора в целом и его двигателя.

Совершенство конструкции и тягово-сцепные свойства трактора принято оценивать обобщенным показателем, который называют тяговый КПД. [2]

$$\eta_{\tau} = \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_r \cdot \eta_f \cdot \eta_{\delta} \quad (1)$$

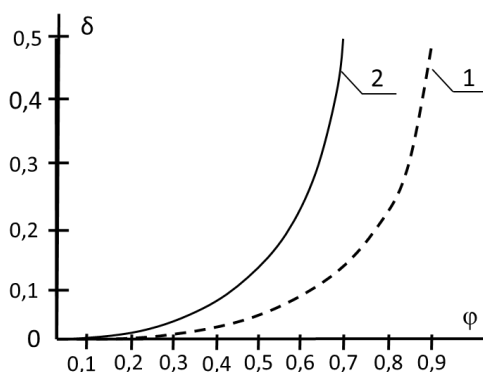
где $\eta_{\text{тр}}$ - КПД учитывающий потери в трансмиссии трактора; η_r - КПД учитывающий потери в движении трактора; η_f - КПД учитывающий потери, связанные деформацией почвогрунта при движении грунта; η_{δ} - КПД учитывающий потери при буксовании трактора.

Многочисленные исследования показывают сделать вывод, что основным видом потерь, снижающим тяговый КПД трактора являются потери, имеющие место при взаимодействии двигателей с почвогрунтом, с целью уменьшения потерь, снижающих тягово-сцепные свойства трактора.

В теории трактора [1, 2] принято считать основными показателями тягово-сцепных свойств трактора коэффициенты сцепления ϕ , сопротивлению качению f и буксование δ , которые являются взаимосвязанными.

Так величина буксования δ зависит от сцепных свойств двигателя, типа и состояния почвогрунта, а сцепные свойства оцениваются коэффициентом сцепления ϕ , которые функционально зависят от буксования δ т.е. $\phi = f(\delta)$.

Проведенные экспериментальные исследования [1] позволят установить связь между ϕ и δ (рисунок 1).



1 - гусеничный движитель, 2 — колесный движитель.

Рисунок 1 – Экспериментальные зависимости между коэффициентами сцепления ϕ и буксованием δ

Сила сцепления двигателя с почвогрунтом, а следовательно и тяговые свойства трактора определяются по следующей зависимости

$$P_{\phi} = \phi \cdot G_{\text{сц}} \quad (2)$$

где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес трактора.

Следовательно тяговые свойства трактора растут пропорционально ϕ и $G_{\text{сц}}$, а для более точных расчетов P_{ϕ} по зависимости (1) необходимо иметь численные значения ϕ , которые могут быть определены исследованием специальных сдвиговых установок.

Теоретически доказано и экспериментально подтверждено, что рост силы сцепления P_ϕ происходит до определенных пределов, после чего он замедляется. Это объясняется зависимостью ϕ от $G_{сц}$, так величина $G_{сц}$ определяет удельное давление движителя на почвогрунт, рост которого уменьшает коэффициент ϕ (рисунок 2).

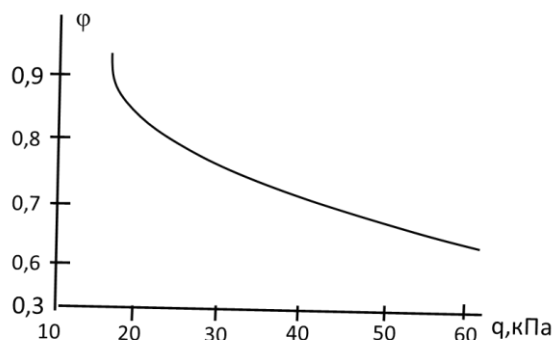


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента сцепления от удельного давления движителя на почвогрунт

Известно[3], что при номинальном режиме работы двигателя трактора касательная сила тяги равна

$$P_{кн} = \frac{0,159 \cdot N_{ен} \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{n_{ен} \cdot r_k} \quad (3)$$

где $N_{ен}$ - номинальная мощность двигателя; $i_{тр}$ - передаточное отношение трансмиссии на данной передаче; $\eta_{тр}$ - КПД трансмиссии; $n_{ен}$ - номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя; r_k - радиус качения ведущего колеса трактора (для гусеничных тракторов принимается радиус начальной окружности ведущей звездочки).

Из формулы (3) следует, что для того чтобы вся мощность двигателя могла быть реализована через касательную силу тяги в тяговое усилие необходимо, чтобы обеспечивалось равенство

$$P_\phi = P_{кн} \text{ или } P_{кн} = \phi_{опт} \cdot G_{сц}$$

где $\phi_{опт}$ - коэффициент сцепления, при котором обеспечивается равенство касательной силы тяги и силы сцепления при полном использовании мощности двигателя.

При данном соотношении реализуется максимальное тяговое усилие трактора. Из изложенного следует, что экспериментальное определение сцепных свойств движителей тракторов с использованием штампов (физическое моделирование) либо отдельных экспериментов (звенья гусениц) являются актуальной задачей научных исследований. Полученные данные используются для расчетов силы тяги тракторов и обоснование отдельных параметров их движителей таких как:

1. Тягово-сцепные трактора определяют эффективность конструкции и эксплуатационные показатели его работы.
2. Тяговый КПД трактора в большей степени зависит от показателей взаимодействия движителя с почвогрунтом коэффициентов сцепления ϕ , буксования δ и сопротивления качения f .
3. Коэффициенты ϕ и δ взаимосвязаны и зависят от конструкции движителя, типа и состояния почвогрунта и экспериментально они могут определяться с использованием стационарных установок.

Литература

1. Гуськов В.В. и др. Тракторы: теория. М. «Машиностроения», 1988, 374 с.
2. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля., М. «Колос» 1972, 384 с.
3. Непарко Т.А. и др. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Практикум, Минск «ИВЦ Минфина», 2018, 216 с.

УДК 637.116.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЛЮЗОВЫХ КАНАЛОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА**Бондарев С.Н.¹**, аспирант, **Китун А.В.¹**, д.т.н., профессор,**Передня В.И.²**, д.т.н., профессор, **Жилич Е.Л.²**¹БГАТУ, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

Доильный аппарат является одним из важнейших элементов доильной установки, потому что в процессе машинного доения животных происходит прямое его механическое воздействие на вымя животного. В результате чего от эффективности работы доильного аппарата зависит не только качество и количество выдаиваемого молока, а также затраты энергии на его получение и здоровье вымени животного.

Анализ существующих конструкций доильных аппаратов и результатов исследований показал, что доильные аппараты имеют ряд недостатков, среди которых можно выделить возвратно-поступательное движение молока в доильном аппарате между коллектором и соском вымени животного. В результате чего происходит ухудшение качества молока, увеличение затрат энергии на машинное доение и травмирование вымени животного [1, с. 86; 2, с. 33].

С целью исключения возвратно-поступательного движения молока в доильном аппарате в процессе машинного доения животных, авторами была предложена конструкция доильного стакана, при работе которого во время машинного доения в доильном аппарате создается встречное динамическое нагружение молока воздухом. В результате чего исключается возврат молока в подсосковую камеру доильного стакана, увеличивается скорость его транспортировки и снижается риск заболеваемости животных маститом [3, с. 5].

Встречное динамическое нагружение молока воздухом в процессе машинного доения обеспечивается работой шлюзовых каналов, расположенных в стенке сосковой резины доильного стакана. Для определения конструктивных параметров шлюзовых каналов был проведен многофакторный эксперимент с использованием центрального композиционного ортогонального плана 2³.

При планировании эксперимента важным аспектом является выбор факторов, которые оказывают существенное влияние на исследуемый технологический процесс. В процессе анализа результатов исследований и на основании анализа конструкций доильных аппаратов, были выбраны наиболее значимых факторы, которые оказывают наибольшее влияние на процесс работы доильного аппарата, среди которых: x_1 – высота расположения шлюзового канала в стенке сосковой резины относительно присоска, x_2 – длина шлюзового канала, x_3 – количество шлюзовых каналов.

Так как от величины вакуума в подсосковой камере доильного стакана зависит скорость извлечения молока из вымени животного, его транспортировка, удержание доильных стаканов на вымени животного, энергоемкость процесса машинного доения, а также качество и количество выдаиваемого молока, то в процессе проведения экспериментальных исследований замерялась величина вакуума в подсосковой камере доильного стакана экспериментального доильного аппарата.

Для определения зависимости изменения величины вакуума в подсосковой камере доильного стакана от конструктивных параметров шлюзовых каналов, расположенных в стенке сосковой резины, использовалась экспериментальная установка, показанная на рисунке 1.

По результатам проведенных экспериментальных исследований и их статистической обработки, было получено трехфакторное ортогонализированное уравнения регрессии второго порядка в раскодированном виде:

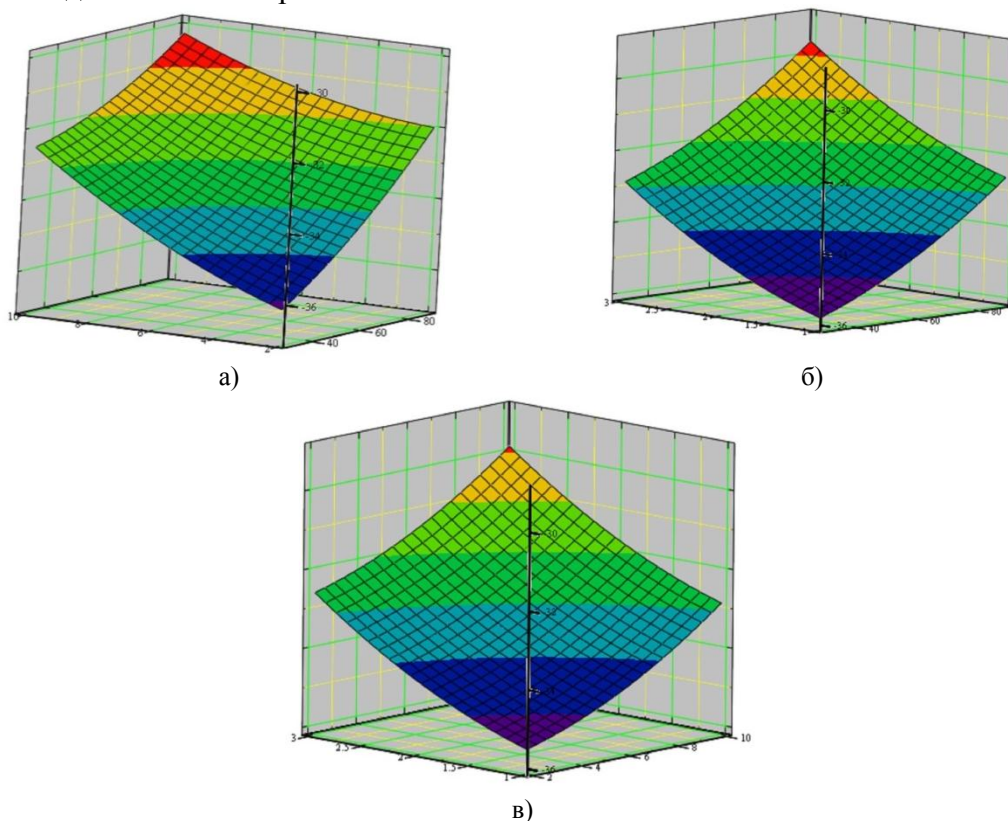
$$Y = -39,749 + 0,0361 \cdot x_1 + 0,327 \cdot x_2 + 0,195 \cdot x_3 - 0,00399 \cdot x_{12} + 0,000346 \cdot x_1^2 + 0,0209 \cdot x_2^2 + 0,323 \cdot x_3^2 \quad (1)$$



1 – доильный аппарат; 2 – экспериментальный доильный стакан; 3 – тестер VPR-100; 4 – искусственная вымя
Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки

Для анализа полученного уравнения регрессии были построены поверхности отклика, представленные на рисунке 2.

Обобщенный анализ полученных зависимостей позволяет определить оптимальные значения факторов шлюзовых каналов при соблюдении зоотехнических требований в процессе работы доильного аппарата.



а) зависимость величины вакуума в подсосковой камере доильного стакана от факторов x_1 и x_2 ;
б) зависимость величины вакуума в подсосковой камере доильного стакана от факторов x_1 и x_3 ;
в) зависимость величины вакуума в подсосковой камере доильного стакана от факторов x_2 и x_3 ;
Рисунок 2 – Поверхности отклика, построенные по полученному уравнению регрессии

В соответствии с полученными диапазонами конструктивных параметров шлюзового канала принимаем: высоту расположения канала в сосковой резине относительно присоска равной 52 мм, длину канала равной 4 мм и количество каналов равным 2.

Литература

1. Шахов, В.А. Исследование процесса гидродинамического движения газожидкостной смеси в замкнутом контуре «молочная железа – доильная машина – счетчик молока – молокопровод» системы «Ч–М–Ж–С» / В.А. Шахов, В.А. Урбан, Е.В. Вагенлейтнер, А.Ю. Бабков, Е.А. Шахова // Известия Оренбургского Государственного аграрного университета. – 2015. – №5. – С. 86–88.
2. Кирсанов, В.В. Направление исследований в совершенствовании работы доильных аппаратов / В.В. Кирсанов, С.И. Щукин, В.Н. Легеза // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. №1. С. 32 – 35.
3. Доильный стакан: пат. №22689 Респ. Беларусь, МПК А01J5/08 / С.Н. Бондарев, В.И. Передня, А.В. Китун, Н.Н. Романюк; заявитель Белорус. гос. ун-т. – № а 20180057; заявл. 14.02.2018; опубл. 02.07.2019 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности. – 2019. – №4. – С. 5

УДК 631.3 : 631.55.004.16

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНИКИ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Непарко Т.А., к.т.н., доцент, **Жданко Д.А.**, к.т.н., доцент, **Жебрун В.И.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При оптимизации размеров сельскохозяйственных предприятий и их подразделений, расчете условной стоимости работ, выполняемых агрегатами, и установлении очередности работ при оперативном планировании, при разработке новых методов и средств технического обслуживания необходимо научное обоснование любой остановки, перерыва в работе технического средства, не предусмотренного правилами эксплуатации, технологией, организацией работ и соответствующими технически обоснованными нормами в периоды, когда агрегат или машина должны по плану работать и могут быть использованы.

Оценить потери от простоев по техническим причинам, повысить безотказность работы техники, можно анализируя ряд показателей: $P_{ур}$ – недобор урожая из-за нарушения оптимальных сроков работ; $P_{ур.к}$ – снижением качества продукции; $P_{пр.з}$ – увеличение себестоимости продукции, вызванного ростом прямых эксплуатационных затрат и недобором урожая; $P_{мех}$ – недоиспользование механизаторов и оплата времени простоев; $P_{мер}$ – организационно-технические мероприятия, направленные на уменьшение продолжительности простоев или их ликвидацию; $P_{тех}$ – устранение технических отказов и неисправностей, при этом оценивая общие простои по организационным причинам, показатель $P_{тех}$ не учитывается.

Потери от недобора урожая за час простоя агрегата определяем по формулам:

– на посевных работах и уборке зерновых культур

$$P_{ур} = 0,5(C_3 - C_{нд})U_{пл}K_dW_чD(0,5 + K_{пр}); \quad (1)$$

– на работах по подготовке почвы

$$P_{ур} = 0,5(C_3 - C_{нд})U_{пл}K_dW_чD(1 + K_{пр}); \quad (2)$$

– на уборке корнеклубнеплодов

$$P_{ур} = 0,5(C_3 - C_{нд})U_{пл}K_dW_чD\left(1 + K_{пр} - \frac{D_{бл}}{D}\right) + (C_3 - C_{нд})U_{пл}W_чD(K_{пр} - K'_{пр}), \quad (3)$$

где C_3 – закупочная цена культуры, руб./т; $C_{нд}$ – суммарные удельные затраты на уборку, послеуборочную обработку и транспортировку продукции к месту сдачи (продажи) при определении потерь на транспортных работах, выполняемых до уборки (для уборочных агрегатов $C_{нд}$ – затраты на послеуборочную обработку и транспортировку продукции), руб./т;

$U_{пл}$ – плановая урожайность культуры, т/га; K_d – коэффициент дифференцированных потерь урожая из-за простоев, дни⁻¹; $W_ч$ – нормативная выработка агрегата за час сменного времени, га/ч; D – срок выполнения работы без учета простоев, дни; $K_{пр}$ – коэффициент простоя. $K'_{пр} = D'_{пр} / D$, где $D'_{пр}$ – срок выполнения оставшегося из-за простоев объема работ; $D_{бол}$ – наиболее благоприятный период выполнения работ – от момента $D_{U_{max}}$ получения максимального урожая до предельного срока $D_{пр}$, при котором еще отсутствуют потери урожая ($P_{ур} = 0$).

По технологическим картам возделывания сельскохозяйственной культуры определяем составляющие удельных затрат $C_{уд}$ в (1)-(3). Урожайность культуры принимаем фактическую или прогнозируемую. Коэффициент дифференцированных потерь принимаем по данным опытных станций (сортоиспытательных участков), с учетом доли относительных потерь урожая за сутки от простоя техники. Сроки выполнения работ без учета простоев D зависят от технической оснащенности сельскохозяйственного предприятия и приводятся в технологических картах возделывания сельскохозяйственных культур. Коэффициент простоя $K_{пр}$, т.е. доля всех простоев в общем рабочем времени, устанавливается по данным хронометражных наблюдений, проводимых в нормативно-исследовательской сети сельского хозяйства. При этом суммируем как внутрисменные, так и дневные простои агрегатов. Потери за час простоя агрегатов, обусловленные снижением качества уборочной продукции $P_{ур.к}$, определяем исходя из соотношения продолжительности работы с учетом простоев и срока окончания сдачи продукции тем или иным сортом в течение уборочного периода. При простом транспорте, перевозящего сельскохозяйственные продукты, возможно одновременное снижение количества и качества продукции. В этом случае учитываем суммарные потери: $P_{ур.сум} = P_{ур} + P_{ур.к}$.

Потери от увеличения себестоимости продукции, вызванного ростом прямых эксплуатационных затрат на единицу продукции или работы и недобором урожая в результате простоев агрегатов $P_{пр.з}$ особенно ощутимы на тех работах, где затраты на их выполнение не зависят от урожайности культур (пахота, посев, междурядная обработка и др.). Потери $P_{мех}$, связанные с оплатой времени простоя механизаторов, включают в себя как оплату недоиспользованного рабочего времени механизатора при простое агрегата, так и расходы на социально-бытовое обеспечение. При оплате за вынужденный простой на каком-либо виде работы учитываем лишь то время, которое механизатор не был занят другой работой. Организационно-технические мероприятия, направленные на сокращение или ликвидацию простоев, способствуют уменьшению потерь $P_{ур}$, $P_{пр.з}$, $P_{мех}$, но в то же время требуют определенных затрат, учитываемых составляющей $P_{мер}$, которая определяется для конкретной климатической зоны республики по результатам наблюдений.

Потери $P_{тех}$ за час простоя, связанные с выходом из строя трактора или машины в период между техническими обслуживаниями или ремонтами, определяем с учетом затрат на устранение отказов и неисправностей в течение заданного периода и продолжительности простоя агрегата. Средние годовые суммарные потери за час простоя трактора данной марки для отдельной зоны рассчитываем по формуле

$$P_{сум.з} = \sum_{i=1}^n P_{сум_i} P_i,$$

где $P_{сум_i}$ – суммарные средние потери от простоя на i -ом виде работы, руб./ч; P_i – доля работы i -го вида в общем объеме работ трактора за год; n – количество видов работ, принятых при расчете потерь.

Потери за час простоя техники определяем, как в среднем за год, так и за отдельный напряженный период (посевной, уборочный). В последнем случае учитываем виды работ, выполняемые в этот период.

Проведенные расчеты по разработанной методике показали, что размер потерь зависит главным образом от структуры посевных площадей, выполняемых работ, сроков их проведения и производительности агрегатов. Дальнейшее повышение урожайности культур, рост энергонасыщенности тракторов и производительности агрегатов ведут к увеличению стоимости часа простоя техники. Поэтому в период интенсификации сельскохозяйственного производства борьба с простоями, вызванными техническими и организационными причинами, приобретает особенно важное значение. Наряду с совершенствованием конструкции тракторов, комбайнов, повышением их надежности необходимы меры технологического и организационного характера.

Литература

1. Непарко Т.А. Повышение эффективности производства картофеля обоснованием рациональной структуры и состава применяемых комплексов машин. Автореф. канд. дисс., Минск, 2004.
2. Геометрическое программирование и техническое проектирование: К.Зенер. – М.: Мир, 1973.
3. Непарко Т.А., Новиков А.В., Прищепчик М.В.. Оценка потерь от простоев агрегатов // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Минск : БГАТУ, 2016. – С. 194-196.
3. Непарко Т.А., Новиков А.В., Жданко Д.А., Жебрун В.И. Простои агрегатов: оценка и пути снижения // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 453-457.

УДК 631.372

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАКТОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Непарко Т.А., к.т.н., доцент, **Жебрун В.И.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Эффективность эксплуатации тракторов во многом зависит от оптимального режима их работы, при котором достигаются максимальная теоретическая производительность и минимальный расход топлива на единицу объема выполненной работы (гектарный расход топлива). При этом первостепенное значение имеют методы определения таких значений тягового усилия P_{T_0} и скорости движения v_0 , при которых достигаются максимальные значения тягового КПД η_T и тяговой мощности N_T . Значения P_{T_0} и v_0 могут быть определены графически по тяговой характеристике, построенной для данного трактора в конкретных условиях его работы. Недостаток этого метода состоит в том, что его нельзя применять для условий, отличающихся от тех, которым соответствует тяговая характеристика. Целесообразен расчетный метод определения P_{T_0} и v_0 , позволяющий находить эти величины для любых условий работы трактора.

Из анализа потенциальной тяговой характеристики трактора следует, что η_T максимален, если суммарные потери мощности на качение и буксование минимальны [1], т.е.

$$\eta_{xc} = \eta_f \eta_\delta = \max,$$

где η_{xc} – КПД ходовой части системы; η_f , η_δ – КПД, учитывающие потери мощности соответственно на качение и буксование, или

$$\eta_{xc} = \frac{P_{T_0}}{P_{T_0} + fG} (1 - \delta) = \max,$$

где f – коэффициент сопротивления качению; G – вес трактора, кН; δ – коэффициент буксования.

Экспериментальные данные об изменении f колесных тракторов Беларус 800/820 от P_T показывают, что если P_T соответствуют максимальному тяговому КПД, то величина f изменяется незначительно. Поэтому для получения аналитической зависимости значений f и δ от P_T можно предположить, что f не зависит от P_T . Удовлетворительная сходимость с экспериментальными данными для расчета коэффициента буксования получена по формуле:

$$\delta = ap + bp^2,$$

где a, b – постоянные коэффициенты; p – постоянный параметр, $p = \frac{P_T}{\lambda\mu G}$; λ – коэффициент, учитывающий нагрузку на ведущие колеса; μ – коэффициент сцепления.

Функция, исследуемая на максимум, имеет вид:

$$\eta_{\text{кс}} = \frac{P_T}{P_T + fG} \left(1 - \frac{aP_T}{\lambda\mu G} - \frac{bP_T^2}{\lambda^2\mu^2 G^2} \right).$$

Из этого следует, что тяговое усилие равно:

$$P_{T_0} = \left\{ \begin{aligned} & \left[(C + AB/3 - 2A^3/27)/2 + \right. \\ & \left. + \left[(C + AB/3 - 2A^2/27)^2/4 - (A^2/3 - B)^3/27 \right]^{1/2} \right\} - A/3, \end{aligned} \quad (1)$$

где $A = G(a\lambda\mu + 3bf)/2b$; $B = af\lambda\mu G^2/b$; $C = f\lambda^2\mu^2 G^3/2b$.

Расчет тягового усилия P'_{T_0} , соответствующего допустимому по агротехническим требованиям коэффициенту буксования $[\delta]$, произведем по формуле

$$P'_{T_0} = [a\lambda\mu G/2b] \left(\sqrt{1 + 4b[\delta]a^2} - 1 \right).$$

Если определено P_{T_0} , то для расчета v_0 можно воспользоваться известной формулой

$$N_n = \frac{(P_{T_0} + fG)v_0}{3,6\eta_{\text{тр}}\chi_s}, \quad (2)$$

где N_n – номинальная мощность двигателя, кВт; $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии; χ_s – коэффициент эксплуатационной загрузки двигателя.

Полученная из формулы (2) скорость v_0 – расчетная, т.е. теоретическая (без учета буксования), соответствующая номинальной частоте вращения коленчатого вала. Так как в технической характеристике трактора приведены значения расчетных скоростей на всех передачах, то по v_0 можно выбрать оптимальную передачу.

Расчетные значения получены по формуле (1) при следующих исходных данных: $a = b = 0,13$; $\lambda = 0,655$ для трактора Беларус 800 и $\lambda = 0,623$ для трактора Беларус 820; $\mu = 0,6$; $f = 0,09$. О степени соответствия расчетных значений P_{T_0} экспериментальным данным можно судить по тяговому усилию P_{T_0} в условиях испытаний на стерне:

– расчетное P_{T_0} : 8,88 кН, 13,49 кН (Беларус 800 без балласта); 17,27 кН (Беларус 820 с балластом);

– экспериментальное P_{T_0} : 8,85 кН, 13,40 кН (Беларус 800 без балласта); 17,75 кН (Беларус 820 с балластом).

Значительный практический интерес представляет вопрос о влиянии на P_{T_0} и δ_0 при максимальном тяговом КПД различных конструктивных и эксплуатационных факторов. Одновременное увеличение P_{T_0} и уменьшение δ_0 достигается повышением коэффициентов λ и μ . К такому же результату приводит совершенствование ходовых систем с целью улучшения

сцепления, что соответствует уменьшению коэффициентов a и b (для колесных тракторов $a = b = 0,13$). Увеличение веса трактора приводит к возрастанию $P_{т_0}$ при неизменном δ_0 .

Приведенные методы позволяют находить параметры оптимального режима работы трактора и определять пути их совершенствования.

Литература

1. Эксплуатация сельскохозяйственной техники: Справочные материалы / А.В. Новиков [и др.]. Ч. 1. – Мн.: Государственное учреждение «Учебно-методический центр Минсельхозпрода», 2008. – 107 с.
2. Непарко Т.А. Повышение эффективности производства картофеля обоснованием рациональной структуры и состава применяемых комплексов машин. Автореф. канд. дисс., Минск, 2004.
3. Непарко Т.А., Жебрун В.И. Повышение эффективности эксплуатации энергетических средств // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 437-440.

УДК 631.354.2.076

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СОЛОМОТРЯСА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА **Носко В.В.¹, Праженик Д.С.¹, Танась Войцех²**, д.т.н., профессор ¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь ²Университет естественных наук в Люблине, г. Люблин, Польша

Пропускная способность существующих зерноуборочных комбайнов ограничивается производительностью молотильно-сепарирующего устройства, а также эффективностью работы воздушно-решетной очистки и соломотряса. Так по данным машинно-испытательных станций до 20% всего рабочего времени зерноуборочные комбайны простаивают из-за забивания и поломок рабочих органов [1]. Поэтому исследования, связанные с разработкой и обоснованием рациональных параметров активатора зернового вороха для повышения эффективности выделения зерна на стадии очистки, обеспечивающее повышение производительности и качественных показателей технологического процесса, являются актуальными и имеют важное народнохозяйственное значение.

Наиболее широко распространенным видом соломотрясов стал клавишный. Его рабочим органом является клавиша, представляющая собой металлический короб с каскадами и жалюзийным нерегулируемым решетом на поверхности. Зерно, прошедшее через отверстия решета, попадает на днище клавиши и скользит по нему к началу верхнего решета очистки комбайна.

При сложных условиях уборки (повышенная засоренность посевов, высокая влажность) происходят постоянные забивания внутренней полости клавиши грубым ворохом. Это является сдерживающим фактором производительности комбайнов в реальных условиях уборки [2]. Для очистки внутренней полости клавиши от вороха применяются различные устройства, среди которых перспективными являются ременные активаторы (рисунок 1).

Разработанные ременные активаторы 4 прикрепляются болтовым соединением на днище клавиши соломотряса 1 (рисунок 2).

При работе соломотряса клавиши 1 совершают круговые движения определяемые радиусом кривошипа приводного вала. Прикрепленный к клавишам ременной активатор 4 также совершает колебательные движения.

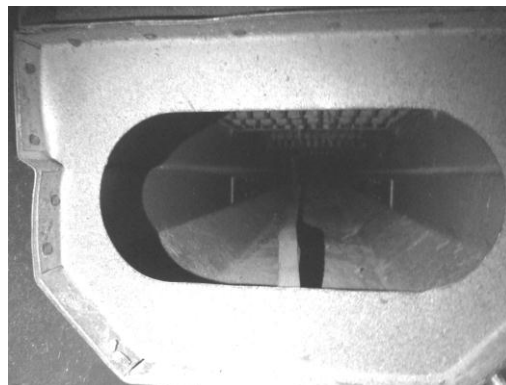
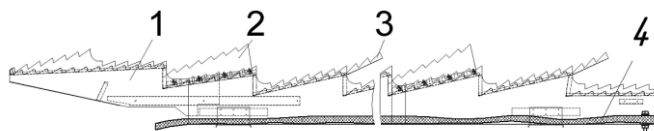


Рисунок 1 – Ременной активатор



1 - клавиша; 2 - средний рыхлитель; 3 - боковой рыхлитель, 4-ременной активатор
Рисунок 2 - Клавиша соломотряса

Рассчитаем внутренний объём клавиши соломотряса:

$$V = a \cdot b \cdot c;$$

где a – длина клавиши, м [2]; b – ширина клавиши, м [2]; c – высота клавиши, м [2];

$$V = 4,1 \cdot 0,3 \cdot 0,45 = 0,55 \text{ м}^3;$$

Определим массу грубого вороха:

$$m = V \cdot \rho \cdot n;$$

где V – внутренний объём клавиши соломотряса, м^3 ; ρ – объёмная масса мякины, половы, $\text{т}/\text{м}^3$ [3]; n – количество клавиш, шт [2];

$$m = 0,55 \cdot 0,20 \cdot 5 = 0,55 \text{ т};$$

Определим дополнительные усилия:

$$P = m \cdot g;$$

где m – масса грубого вороха, т; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

$$P = 0,55 \cdot 9,8 = 5,4 \text{ кН};$$

Расчёты показывают, что не своевременная очистка внутренней полости клавиши зерноуборочного комбайна приводит к дополнительным нагрузкам на подшипники.

Опыт эксплуатации зерноуборочных комбайнов показывает, что в реальных условиях работы происходит забивание клавиш соломотряса, что приводит к увеличению потерь зерна и возникновению дополнительных динамических нагрузок на подшипниковые узлы. Счита-ем целесообразно проведения научных исследований для решения обозначенных задач.

Литература

1. Клочков А. Новый активатор соломотряса зерноуборочного комбайна/ А. Клочков [и др.] // «Наше сельское хозяйство» - 2016. - №13. С. 14-17.
2. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1218 «Палессе GS-12». Инструкция по эксплуатации – 182 с.
3. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Курсовое проектирование : пособие / Т. А. Непарко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2011. – 288 с.

УДК 631.3.02: 631.4

ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТЬ ХОДОВЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ К ПОЧВЕННЫМ УСЛОВИЯМ

Орда А.Н.¹, д.т.н., профессор, Шкляревич В.А.¹, Воробей А.С.², к.т.н.

¹БГАТУ, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

Плотность пахотных слоев почвы под воздействием ходовых систем машинно-тракторных агрегатов возрастает до $1550 \text{ кг}/\text{м}^3$, в то время как оптимальная плотность для возделывания сельскохозяйственных культур составляет – $1000\text{-}1350 \text{ кг}/\text{м}^3$. Плотность почвы под воздействием ходовых система автомобилей МАЗ-5516 возрастает до $1500\text{-}1678 \text{ кг}/\text{м}^3$ [1]. Чрезмерное уплотнение почвы приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, повышению затрат энергии и расхода топлива, уменьшению производительности при обработке почвы.

При воздействии на почву ходовых систем деформация почвы h растет не только из-за её уплотнения, но и в результате выдавливания частиц почвы из-под движителя с образованием валов выпирания. В конце фазы уплотнения под движителем начинает формироваться ядро уплотнения почвы, имеющее форму конуса, основанием которого служит опорная поверхность движителя, которое в дальнейшем и выдавливает почву в стороны.

Для определения глубины следа колесного движителя при однократном нагружении в случае, когда опорным основанием является почва с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами, воспользуемся формулой зависимости гиперболического тангенса между деформацией и напряжением почвы, предложенной В.В. Кацыгиным [2]:

$$h = \frac{p_0}{k} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sigma}{p_0} \right), \quad (1)$$

где σ – контактное напряжение в почве под колесом, кПа; p_0 – предел несущей способности почвы, кПа; k – коэффициент объемного смятия почвы, кН/м³.

Проанализируем, как влияют параметры ходовой системы на глубину следа. Для этого на основании зависимости (1) разработана теория накопления повторных осадок под воздействием колес [3].

В случае изменения давления на колеса ходовой системы глубина следа определится из зависимости [3].

$$H_N = \frac{p_0}{k} \cdot \operatorname{Arch} \frac{N^{b \cdot k / p_0^2}}{\sqrt{1 - (\xi \cdot Q / F_k \cdot N \cdot p_0)^2}}, \quad (2)$$

где ξ - коэффициент, учитывающий закономерность распределения давлений под опорной поверхностью колеса; N - число осей, шт; Q - нагрузка на ходовую систему, Н; F_k - площадь опоры колеса, м².

Из рисунка 1, построенного на основании зависимости (2), видно, что при увеличении количества осей многоосной ходовой системы глубина следа уменьшается.

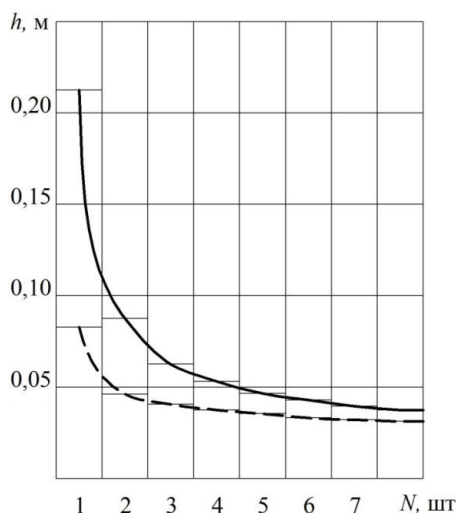
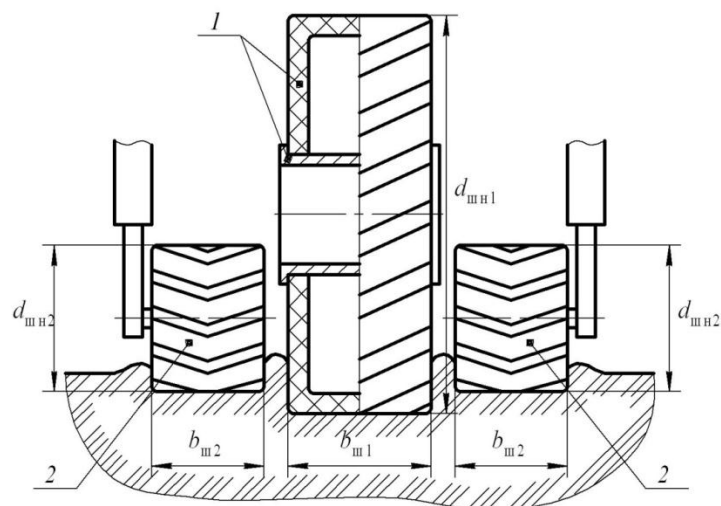


Рисунок 1 – Зависимость глубины от числа осей:
 — при $\xi \cdot Q / F_k \cdot p_0 = 0,8$; - - - - при $\xi \cdot Q / F_k \cdot p_0 = 0,4$.

Задачу снижения уплотняющего воздействия автомобилей при его движении по почвам и сокращения затрат энергии на передвижение предложено решить установкой дополнительных выдвигаемых колес [4]. Установка по обоим бокам основного колеса 1 дополнительных выдвигаемых колес 2, управляемых гидросистемой транспортного средства, шириной $b_{ш2} = 1,0 \dots 1,5b_{ш1}$ и диаметром $d_{шш2} = 0,2 \dots 0,25d_{шш1}$ (рисунок 2) позволяет уменьшить глубину следа и повысить проходимость автомобилей за счет устранения выпирания почвы по краям следа основного колеса 1 и увеличения ширины контакта колесного движителя с почвой на величину $2b_{ш}$.



1 – основное колесо; 2 – дополнительные выдвижные колеса.

Рисунок 2. – Колесо транспортного средства повышенной проходимости

Расчеты показали, что при воздействии на почву колес автомобилей МАЗ рассмотренной модификации, максимальное давление q_{\max} колесного движителя на почву превышает 400 кПа, глубина следа превышает 0,1м.

Для снижения глубины следа под воздействием колес автомобилей рекомендуется увеличение числа осей при сохранении постоянной нагрузки на ходовую систему.

Литература

1. Шило И.Н., Романюк Н.Н., Орда А.Н., Шкляревич В.А., Воробей А.С., Я.Р.Каминьски. Обоснование требований к ходовым системам автомобилей при использовании в сельском хозяйстве // Агропанорама. 2019. N 1 . С. 2-9
2. Кацыгин, В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий // Вопросы сельскохозяйственной механики. - Минск: Ураджай, 1964. - т. 13. - с. 5 - 147.
3. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.03 / А. Н. Орда; Белорус. аграр. тех. ун. – Минск, 1997. – 36 с.
4. Транспортное средство повышенной проходимости: пат. 18340 Респ. Беларусь, МПК В 60В 11/02/ А. Н. Орда, В.А. Агейчик, В.А. Шкляревич, О.В. Ляхович, А.С. Воробей; заявитель Белор. гос. аграр. техн. ун-т– № а 20111434; заявл. 28.10.11; опубл. 30.06.13// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.– 2013. – № 3.

УДК 631.3

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ

Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Жебрун В.И.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Негативное воздействие движителей машинно-тракторных агрегатов на почву с учетом характеристики шин отдельной машины при известных значениях массы машины и количества колес можно оценить по величине среднего давления движителей на почву в соответствии с ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву» [1]. Среднее давление колесного движителя на почву $q_{\text{Кср}}_{ijs}$ (кПа) определяем по выражению

$$q_{Kcp,ijc} = \frac{m_{K,ijc} g}{10^3 F_{KП,ijc}},$$

где $m_{K,ijc}$ – масса, создающая статическую нагрузку на почву единичным колесным движителем, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; $F_{KП,ijc} = F_{K,ijc} k_K$, – площадь контакта шины колеса с почвой, м², $F_{K,ijc}$ – контурная площадь протектора шины, м²; k_K – коэффициент, зависящий от наружного диаметра шины колеса.

Коэффициент k_K для разных типов шин колеблется в пределах 0,16-0,24 [2]. Так, для обычных шин он равен 0,15-0,18 (среднее 0,16), для широкопрофильных – 0,19-0,22 (0,20), пневмокатков – 0,23-0,25 (24).

Среднее давление гусеничного движителя на почву ($q_{Гcp,ijc}$) определяем по выражению

$$q_{Гcp,ijc} = \frac{m_{Гcp,ijc} g}{10^3 F_{Г,ijc}},$$

где $m_{Гcp,ijc}$ – масса, создающая статическую нагрузку на почву единичным гусеничным движителем, кг; $F_{Г,ijc} = l_{Г,ijc} b_{Г,ijc} k_{Г,ijc}$, – площадь контакта гусеницы с почвой, м²; $l_{Г,ijc}$ – условная длина участка гусеницы, находящегося в контакте с основанием, м; $b_{Г,ijc}$ – ширина гусеницы,

измеренная по внешним ее краям, м; $k_{Г,ijc} = \frac{F_{Гn,ijc}}{b_{Г,ijc} t_{Г,ijc} n_{ijc}}$, – коэффициент заполнения проекции контакта гусеницы с почвой, $n_{ijc} > 3$ – количество полных шагов на учетном участке гусеницы, шт.; $F_{Гn,ijc}$ – площадь проекции участка гусеницы, включающего « n » полных ее шагов, на опорную площадку, м².

Качественную характеристику изменения средних давлений в контакте ходовых систем машин различных классов от изменения их общей массы дает индекс давления [3]

$$PI_{ijc} = \frac{G_{ijc} g}{10^3 F_{расч,ijc}},$$

где G_{ijc} – общая масса машины, кг; $F_{расч,ijc}$ – сумма расчетных площадей всех шин машины, м².

Особо важное значение в повышении экологичности использования технических средств при производстве продукции растениеводства имеет снижение потерь и отходов средств химизации, так как, во-первых, на их производство расходуется большое количество энергии и ресурсов и, во-вторых, они обладают высокой степенью агрессивности по отношению к внешней среде. Известно, что коэффициент полезного использования пестицидов находится в пределах 3-10%, т.е. свыше 90% данного вещества расходуется нерационально, загрязняя почву, продукцию и окружающую среду. Эффективность минеральных удобрений при увеличении плотности почвы на 0,1 г/см³ снижается на 1-6%, и как следствие, потребность в них увеличивается [4]. Однако внесение чрезмерно высоких доз удобрений на уплотненную почву не устраняет отрицательного последствия. Вместе с тем, локальное внесение удобрений позволяет получать высокие урожаи сельскохозяйственной продукции при меньшей норме внесения на гектар при повышении коэффициента их полезного использования растениями [5, 6]. Количественная оценка отходов может быть получена на основе анализа материального баланса вещества на всех этапах. Она тесно связана с показателями полноты использования ресурсов. В частности, коэффициент полезного использования технологических материалов (удобрений, пестицидов, семян и др.) можно определить, как отношение биологически необходимого количества вещества к общему их количеству, расходуемому на единицу площади:

$$\varphi_{M_i} = \frac{q_{H_i}}{q_{H_i} + \sum_{j=1}^n q_{n_j}},$$

где φ_{M_i} – коэффициент полезного использования материалов; q_{H_i} – биологически необходимое количество материала на i -ой операции, кг/га; q_{n_j} – потери материалов на j -м этапе его хранения и переработки, отнесенные к единице площади, кг/га.

При оценке вредности отходов и потерь вещества следует учитывать кроме количества также меру агрессивности по отношению к среде и время разложения до безвредного уровня. Такие количественные характеристики могут быть получены на основе понятия эксергии, т.е. работы вещества при его взаимодействии со средой [7]. В частности, показатель вредного действия вещества можно представить в виде

$$\chi_{O_k} = \lambda_{O_k} C_{O_k} T_{O_k},$$

где χ_{O_k} – показатель вредного действия отходов k -го вида, Дж г/м²; λ_{O_k} – удельное значение эксергии отходов, Дж/кг; C_{O_k} – концентрация отходов на площади, кг/м²; T_{O_k} – время действия отходов, ч.

Полнота использования ресурсов прямо пропорциональна срокам службы технических средств, а также интенсивности их применения.

Все показатели экологичности использования техники можно рассматривать с учетом факторов, связанных с повышением эффективности использования всех видов ресурсов, так, снижение непроизводительных затрат дорогостоящих пестицидов при защите растений, повышение срока службы техники улучшают и экономические, и экологические показатели, и факторов, требующих специальных затрат, так, проведение восстановительных работ, внедрение системы нейтрализации отходов требуют дополнительных затрат ресурсов [8]. Однако это не значит, что дополнительные затраты экономически нецелесообразны. Как правило, они дают большой эффект системного характера на длительную перспективу.

Литература

1. ГОСТ 26953-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия двигателей на почву. Введ. с 01.01.87.– М.: Изд-во стандартов, 1986.– С. 8-18.
2. Синкевич П.Н. Изучение воздействия ходовых систем машин на почву.– Минск, 1987.– 87 с.
3. Синкевич П.Н., Бушейко В.С., Кецко В.Н. Тенденция развития зарубежной кормоуборочной техники: Обзор. информ./ Всесоюз. научн.-исслед. ин-т и техн.-эконом. исслед. агропром. компл.– М., 1989.– 52 с.
4. Эксплуатация машинно-тракторного парка: Учеб. пособие / Под общ. ред. Р.Ш. Хабатова.– М.: ИНФРА-М, 1999.– 208 с.
5. Жук З.Я., Кругляков Ю.А. Техническое оборудование для специализированных агрокомплексов будущего // Механизация и электрификация сельского хозяйства . – 1985.–№ 4. – С. 3-6.
6. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.– Київ.: Урожай, 1994.– 215 с.
7. Костыльков И.Г. Энергетическая цена урожая// Химия и жизнь.– 1986.– № 10.– С. 11-12.
8. Непарко Т.А. Повышение эффективности производства картофеля обоснованием рациональной структуры и состава применяемых комплексов машин. Автореф. канд. дисс., Минск, 2004.

УДК 631.3

**ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН
ТРЕБОВАНИЯМ РЕГЛАМЕНТА В ФОРМЕ СЕРТИФИКАЦИИ**

Основина Л.Г.¹, к. т. н., доцент, **Основин С.В.²**, к.с-х.н., доцент,

Нарбаева А.Ю.¹, **Сороко И.А.¹**

¹БГАТУ, ²БГЭУ, г. Минск, Республика Беларусь

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 24 октября 2016 г. № 437-З «Об оценке соответствия техническим требованиям и аккредитации органов по оценке соответствия», подтверждение соответствия носит обязательный или добровольный характер [1].

Обязательному подтверждению соответствия подлежит продукция:

– в отношении которой установлены требования технических регламентов Республики Беларусь или Таможенного союза (Евразийского экономического союза);

– которая включена в Перечень объектов обязательного подтверждения соответствия Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21 октября 2016 г. № 849 с внесенными изменениями постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 января 2017 года № 77).

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах обязательной сертификации и декларирования соответствия [2].

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется только в рамках НСПС РБ в отношении продукции, для которой не установлены требования по обязательному подтверждению соответствия, в форме добровольной сертификации.

Согласно техническому регламенту ТР ТС 010/2011 подтверждение соответствия сельскохозяйственных машин требованиям регламента проводится в форме сертификации (приложение 3 «Перечень объектов технического регулирования, подлежащих подтверждению соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» в форме сертификации»).

Сертификация объектов подтверждения соответствия в рамках ЕАЭС проводится уполномоченными органами по сертификации. Орган по сертификации выбирается заявителем в зависимости от области аккредитации.

Подтверждение соответствия машин и оборудования, изготавливаемых в ООО «Запагромаш», требованиям технического регламента осуществляется в форме сертификации аккредитованным органом по сертификации сельскохозяйственной техники и тракторов Государственного учреждения «Белорусская машиноиспытательная станция» (ИЦ ГУ «Белорусская МИС»).

В соответствии с нормативными документами изделия к подтверждению соответствия обеспечивают уполномоченные лица, входящие в техническую службу предприятия и назначенные приказом, утвержденным директором ООО «Запагромаш».

При подготовке изделия к подтверждению соответствия ООО «Запагромаш» уполномоченным лицам необходимо сформировать комплект документов на машины и оборудование в соответствии с пунктом 10 статьи 8 технического регламента ТР ТС 010/2011, который включает в себя следующие документы:

– технические условия (при наличии);

– эксплуатационные документы;

– перечень стандартов, в соответствии со статьей 6 регламента ТР ТС 010/2011, требованиям которых должны соответствовать данные машины и (или) оборудование (при их применении изготовителем);

– контракт (договор на поставку) (для партии, единичного изделия) или товаросопроводительную документацию (для партии, единичного изделия);

– обоснование безопасности;

– сертификат на систему менеджмента изготовителя (при наличии);

- сведения о проведенных исследованиях (при наличии);
- протоколы испытаний машины и (или) оборудования, проведенных изготовителем, продавцом, лицом, выполняющим функции иностранного изготовителя и (или) испытательными лабораториями (центрами) (при наличии);
- сертификаты соответствия на материалы и комплектующие изделия или протоколы их испытаний (при наличии);
- сертификаты соответствия на данные машины и (или) оборудование, полученные от зарубежных органов по сертификации (при наличии);
- другие документы, прямо или косвенно подтверждающие соответствие машин и (или) оборудования требованиям безопасности настоящего технического регламента (при наличии).

Сертификация продукции проводится на основании договора на выполнение работ по сертификации и представляет собой следующие действия, определенные схемой сертификации продукции, результаты которых используются для принятия решения о соответствии (несоответствии) продукции установленным техническим требованиям:

- формирование заявителем (изготовителем) комплекта документов на машины и оборудование, подтверждающий соответствие требованиям безопасности ТР ЕАЭС (ТС);
- проведение органом по сертификации идентификации продукции и отбора образцов продукции для испытаний – от 1 до 3 (заключение акта отбора образцов);
- проведение аккредитованной испытательной лабораторией (АИЛ) или центром (АИЦ) испытаний продукции в целях подтверждения соответствия;
- разработка рабочей программы сертификации;
- проведение органом по сертификации исследования проекта продукции (если предусмотрено схемой сертификации);
- проведение органом по сертификации исследования типа продукции (если предусмотрено схемой сертификации);
- проведение органом по сертификации анализа состояния производства (при наличии сертификата о системе менеджмента качества (СМК), предприятие освобождается от анализа состояния производства на стабильность);
- анализ результатов сертификации и принятие решения о выдаче сертификата соответствия;
- осуществление органом по сертификации периодической оценки сертифицированной продукции.

Образование ЕАЭС в составе пяти стран снизило барьеры в межгосударственной торговле и издержки на процедуры подтверждения соответствия, так как создало удобные условия для государств-членов ЕАЭС: сертификация образца продукции в одном из 5 государств позволяет изготовителю получить сертификат соответствия продукции, действительный во всех остальных государствах – членах ЕАЭС.

Для поддержания и выполнения данной системы подтверждения соответствия, заявителю (изготовителю) необходимо разработать и представить (в соответствии с пунктом 10 статьи 8 технического регламента ТР ТС 010/2011) в орган по сертификации следующий комплект нормативно-технической документации на агрегат:

- перечень технических регламентов ЕАЭС (ТС) с установленными регламентированными требованиями безопасности при подтверждении соответствия разбрасывателя соломы РВС-1500 (статья 6 технического регламента ТР ТС 010/2011);
- технические условия на разбрасыватель соломы РВС-1500 (статья 4, Приложение № 1 технического регламента ТР ТС 010/2011, Правила разработки, утверждения, государственной регистрации, изменения и отмены технических условий, утвержденным постановлением Госстандарта РБ от 10 июля 2017 г. № 57);
- руководство по эксплуатации разбрасывателя соломы РВС-1500 (статья 5, 8, Приложение № 1 технического регламента ТР ТС 010/2011);

- обоснование безопасности разбрасывателя соломы РВС-1500 (статья 4, 6 технического регламента ТР ТС 010/2011, ГОСТ 33855—2016 «Обоснование безопасности оборудования. Рекомендации по подготовке»);
- программа и методика испытаний в целях подтверждения соответствия разбрасывателя соломы РВС-1500 (статья 6 технического регламента ТР ТС 010/2011);
- перечень испытательного оборудования и средств измерений, необходимых для проведения испытаний в целях подтверждения соответствия разбрасывателя соломы РВС-1500.

Литература

1. Закон Республики Беларусь от 24 октября 2016 г. № 437-3 «Об оценке соответствия техническим требованиям и аккредитации органов по оценке соответствия» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://kodeksy-by.com/zakon_rb_ob_otsenke_sootvetstviya_tehnicheskim_trebovaniyam_i_akkreditatsii_organov_po_otsenke_sootvetstviya.htm. – Дата доступа: - 1. 06. 2019.
2. Короткевич, А.В. Подтверждение соответствия сертификацией и декларированием [Текст]: пособие для студентов вузов группы специальностей 74 06 "Агроинженерия" / А. В. Короткевич ; Минсельхозпрод РБ, УО БГАТУ. - Минск : БГАТУ, 2011. – 272 с.

УДК 631.362.3

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН
РАПСА НА ВИБРОПНЕВМОСЕПАРАТОРЕ С ПЯМОТОЧНОЙ ДЕКОЙ**

Поздняков В.М., к.т.н., доцент, Зеленко С.А.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В современных условиях эффективность производства продукции растениеводства зависит от соблюдения технологии возделывания культуры и качества используемых для посева семян. Повышение качества семенного материала является одним из ключевых вопросов в семеноводстве. Проведенные нами исследования [1] показали, что посевные качества семян рапса во многом определяются их плотностью. Чем выше плотность, тем выше содержание в семени протеина, который влияет на энергию прорастания, а также крахмала, расщепление которого обеспечивает питание зародыша в процессе прорастания семени. Наиболее экономичным способом повышения качества семенного на стадии предпосевной подготовки является сортирование семян по плотности в псевдооживленном слое на установках вибропневматического принципа действия. Поэтому разработка и создание отечественного вибропневматического сепаратора, обеспечивающего эффективное сортирование семян рапса по плотности, является актуальной научно-агроинженерной задачей.

Для проведения экспериментальных исследований процесса вибропневмосортирования семян в псевдооживленном слое изготовлен экспериментальный стенд, основным звеном которого является разработанный вибропневматический сепаратор, обеспечивающий эффективное сортирование семян рапса на фракции, отличающиеся между собой плотностью в пределах 10-15 %. Схема экспериментального стенда для исследования технологии предпосевной подготовки семян представлена на рисунке 1.

В результате проведения серии отсеивающих экспериментов из всего многообразия факторов, влияющих на эффективность процесса сортирования семян рапса по плотности, для проведения экспериментальных исследований на разработанном вибропневматическом сепараторе, были выбраны следующие варьируемые факторы:

- амплитуда колебания деки, $A=1,5-3$ мм;
- частота колебания деки, $F=17-22$ Гц;
- скорость воздушного потока, $v_0=0,9-1,5$ м/с;
- угол наклона сетчатой деки, $\alpha=2-5^\circ$.

В качестве параметров оптимизации выбраны следующие показатели, характеризующие эффективность работы разработанного сепаратора:

– показатель массы 1000 семян:

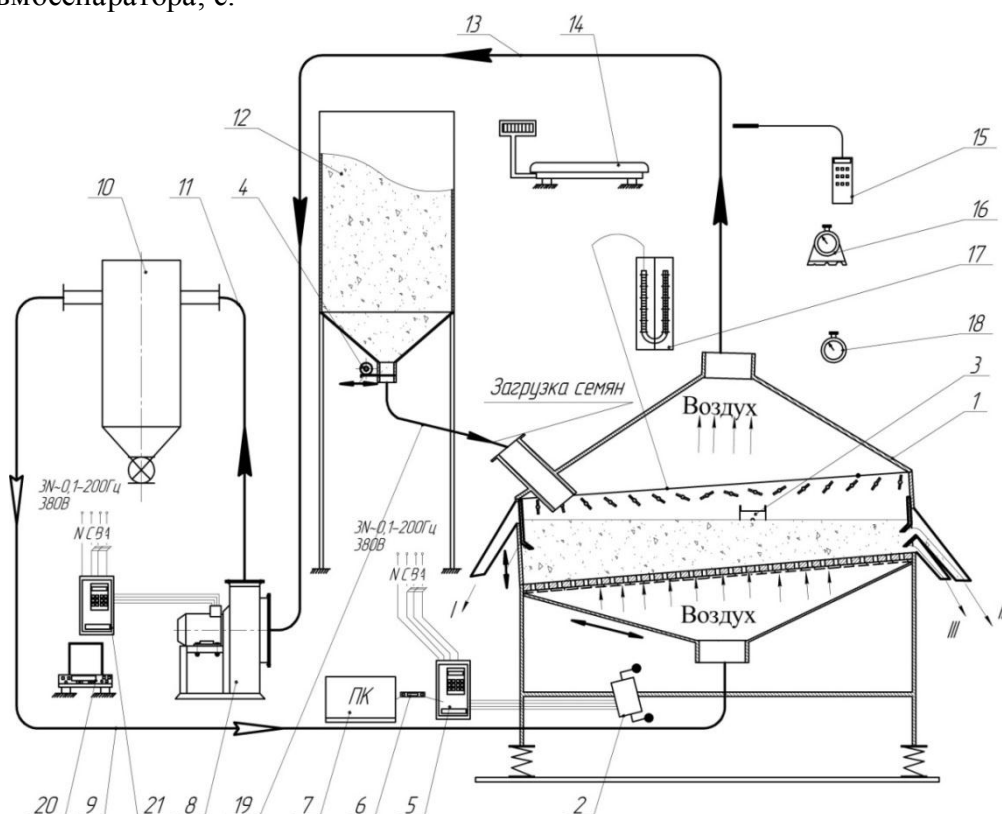
$$m_{1000с.} = \frac{m_c \cdot 1000}{N}, \quad (1)$$

где m_c – масса целых семян рапса в пробе, г; N – количество целых семян рапса в пробе массой m_c , шт.

– производительность сепаратора:

$$Q = \frac{m}{t}, \quad (2)$$

где m – масса семян рапса, поступившая на сортирование по плотности, кг; t – время работы вибропневмосепаратора, с.

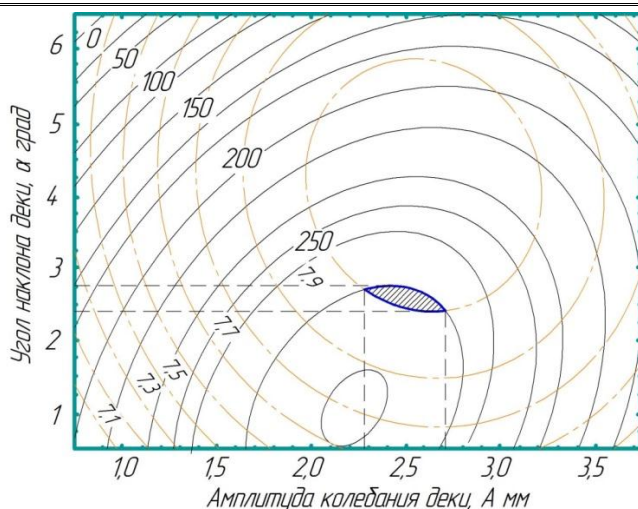


1 – легкая фракция (легковесные и низконатурные семена); II – средняя фракция (основная партия семян); III – плотная фракция (семена с высоким потенциалом урожайности); 1 – лабораторный вибропневматический сепаратор; 2 – электровибратор ИВ-99Б; 3 – датчик уровня семян; 4 – механизм регулировки подачи исходного продукта; 5 – частотный преобразователь PROSTAR PR 6100; 6 – преобразователь интерфейса AC4; 7 – персональный переносной компьютер ASUS X550C; 8 – вентилятор ВЦП-3; 9 – нагнетающий воздуховод; 10 – осадочная камера; 11 – воздуховод; 12 – бункер; 13 – всасывающий воздуховод; 14 – весы; 15 – анемометр ТКА-ПКМ50; 16 – угломер маятниковый ЗУРИ-М; 17 – U образный манометр; 18 – секундомер; 19 – патрубок для подачи массы семян; 20 – анализатор влажности; 21 – частотный преобразователь ВЕСПЕР E2-8300-007H

Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда

Эффективность работы вибропневмосепаратора определяется не только от влияния отдельных входных параметров, но и от их сочетания в целом. Поэтому для определения оптимальных параметров работы разработанного сепаратора был проведён более детальный анализ влияния входных параметров на процесс сортирования семян.

Критерием эффективной работы сепаратора является обеспечение максимального значения массы 1000 семян при наибольшей производительности, поэтому целью экспериментальных исследований являлось определение параметров работы разработанного вибропневмосепаратора, удовлетворяющие данному условию.



— Производительность, Q , кг/ч
 — Масса 1000 семян, $m_{1000с}$, г
 Зона оптимальных параметров

Рисунок 2 – Определение оптимальных параметров сортирования семян рапса методом наложения линий равного уровня

Определение оптимальных параметров работы сепаратора, обеспечивающих максимальное значение массы 1000 семян с максимальной производительностью, осуществлялось графическим методом путем наложения линий равного уровня параметров оптимизации. В результате наложения линий равного уровня получена графическая зависимость, изображенная на рисунке 2.

Оптимальные режимно-конструктивные параметры работы вибропневматического сепаратора, на основании графического метода проведения оптимизации, обеспечивающие максимальное значение массы 1000 семян и наибольшую производительность представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальные режимно-конструктивные параметры работы разработанного вибропневмосепаратора

Параметры	Амплитуда колебания деки, мм	Частота колебания деки, Гц	Скорость воздушного потока в камере, м/с	Угол наклона деки, град.
Значение входных факторов	2,28-2,72	19,5	1,2	2,41–2,78

На основании графического метода оптимизации параметров работы разработанного вибропневматического сепаратора определены оптимальные параметры процесса сортирования семян рапса по плотности с точки зрения обеспечения максимальной эффективности процесса: амплитуда колебания деки $A = 2,28-2,72$ мм, частота колебания деки $f = 19,5$ Гц, скорость воздушного потока $v = 1,2$ м/с, угол наклона деки $\alpha = 2,41-2,78$ град. Данные режимно-конструктивные параметры работы вибропневматического сепаратора рекомендованы для использования при предпосевной подготовке семян рапса с высоким потенциалом урожайности.

Литература

1. Шило, И.Н. Применение вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян рапса / И.Н. Шило, В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, Я.Э. Пилюк // Агропанорама. – 2018. – №1. – С. 5–8.

УДК 622.64

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ

Романюк Н.Н.¹, к.т.н., доцент, **Нукешев С.О.²**, д.т.н., профессор, **Агейчик В.А.¹**, к.т.н., доцент, **Романюк В.Н.³**, **Жарков К.Н.¹**

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²КазАТУ, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

³БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

Ленточные конвейеры, являются наиболее распространенным транспортным средством в сельском хозяйстве, промышленности, строительстве, служат для перемещения как разнородных насыпных, так и штучных грузов. Широкое использование ленточных конвейеров связано с тем, что они просты по конструкции, надежны в работе, экономичны, имеют широкий диапазон производительности.

Целью данных исследований явилось повышение производительности транспортирования материалов вертикальным ленточным конвейером.

Проведенный патентный поиск показал, что известны вертикальные ленточные конвейеры [1-3], недостатками которых являются сложность их конструкции, невозможность транспортирования сыпучих грузов по вертикали, низкая производительность.

Авторами предлагается оригинальная конструкция вертикального ленточного конвейера [4] (рисунок 1), содержащего загрузочное 1 и разгрузочное 2 устройства, бесконечно замкнутый на приводном 3 и концевом 4 барабанах контур из гибкой прорезиненной ленты 25, имеющий в нижней части конвейера, в зоне его загрузки, и в верхней части выположенные участки 5 и 6. Участок 7 грузонесущей ветви гибкой ленты между нижним 5 и верхним 6 выположенными участками имеет трубчатую форму в поперечном сечении и ориентирован вертикально с формированием поперечного профиля с помощью направляющей 8 цилиндрической формы, состоящей из примыкающих друг к другу разъемных секций. К направляющей 8, в ее нижней части, примыкает криволинейный патрубок 9 такого же поперечного сечения с углом изгиба, равным 90 градусов. К патрубку 9, в свою очередь, примыкает направляющий желоб 10 переменной кривизны от круглого до плоского поперечного сечения с возможностью взаимодействия с его внутренней поверхностью выполаживаемого (в процессе движения) участка 5 гибкой ленты. Загрузочное устройство 1 выполнено в виде размещенных внутри выполаживаемого контура 5 гибкой ленты между сходящимися в сторону 11 движения ленты ее кромками бортов 12 и 13 с расположенными со стороны концевой барабана 4 наклонной стенкой 14 и с противоположной стороны - вертикальной стенкой 15, примыкающей к цилиндрической поверхности направляющего желоба 10.

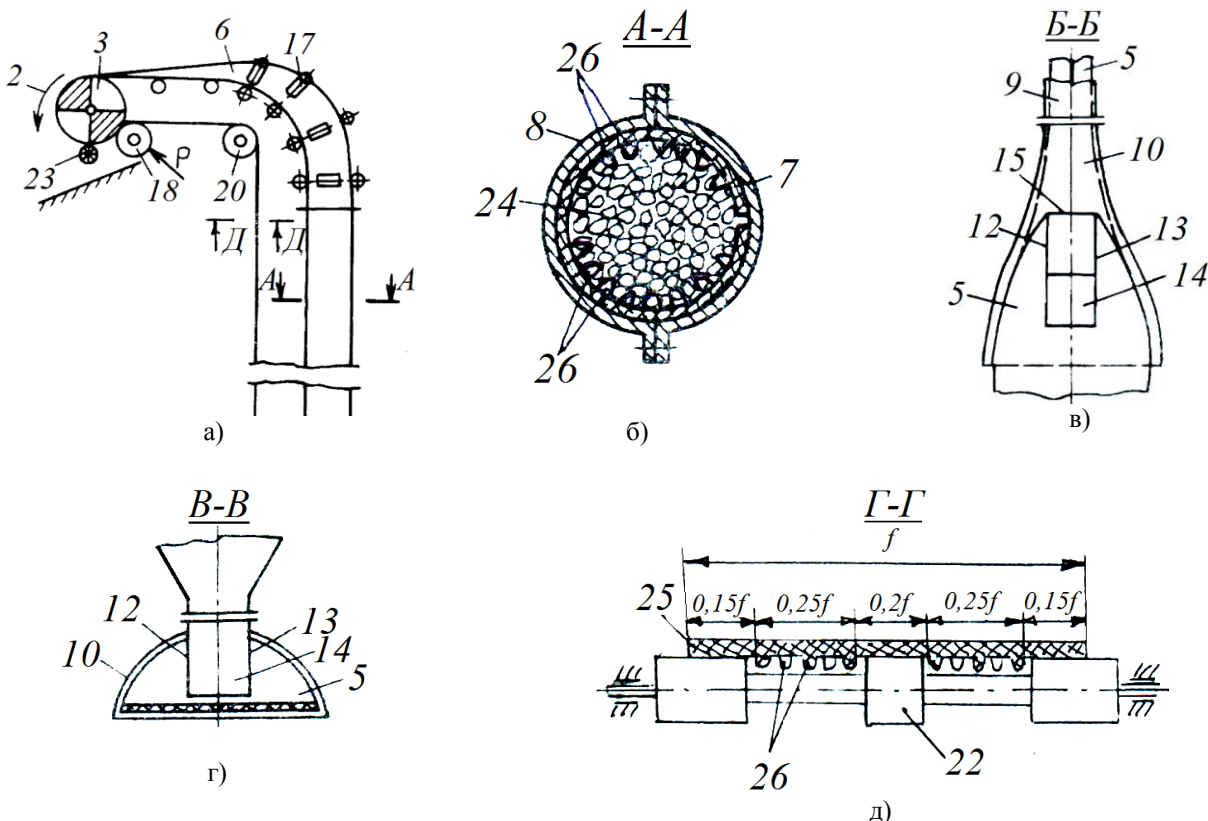


Рисунок 1 – Вертикальный ленточный конвейер:

а – вид сбоку; б – разрез А-А; в – разрез Б-Б; г – разрез В-В; д – разрез Г-Г; е – разрез Д-Д

Над бортами 12, 13 размещена загрузочная воронка 16. Верхний переходный участок 6 гибкой ленты от вертикального участка 7 до горизонтального участка в зоне набегания ленты на приводной барабан 3 сформирован роlikоопорами 17.

Потребное натяжение гибкой ленты в точке ее сбегания с приводного барабана 3 обеспечивается прижимным отклоняющим барабаном 18 с регулируемым усилием P его прижатия к приводному барабану 3. Холостая ветвь 19 ленты размещена с возможностью огибания отклоняющих барабанов 20 и 21 и расположением ее вертикального участка параллельно вертикальному участку 7 грузонесущей ветви. Горизонтальный нижний участок холостой ветви ленты опирается на роликоопоры 22, 23 - устройство для очистки ленты, 24 - транспортируемый груз. На рабочей, контактирующей с грузом, поверхности гибкой прорезиненной ленты 25 на расстоянии $0,1f$, где f – ширина гибкой прорезиненной ленты 25, от продольной оси симметрии гибкой прорезиненной ленты 25 по всей её длине симметрично этой оси, расположены по одной ленте шириной $0,25f$, на каждой из которых выполнены в шахматном порядке эластичные шипы 26 высотой h от 4 до 10 мм. Прижимной отклоняющий барабан 18 и примыкающий к нему отклоняющий барабан 20, а также роликоопоры 22 горизонтального нижнего участка холостой ветви 19 гибкой прорезиненной ленты 25 выполнены на участках возможного контакта с лентами с эластичными шипами 26 диаметром своих наружных цилиндрических поверхностей меньшим на $2h$, чем диаметр контактирующих с гладкой рабочей поверхностью гибкой прорезиненной ленты 25 наружных цилиндрических поверхностей отклоняющих барабанов 18, 20 и роликоопор 22 нижнего участка холостой ветви гибкой прорезиненной ленты 22.

При работе конвейера транспортируемый груз 24 подается в загрузочную воронку 16, из которой попадает на выположенный участок 5 ленты, размещаясь между бортами 12, 13. При движении ленты в направлении 11 транспортируемый груз 24 с помощью направляющего желоба 10, деформирующего ленту на ее участке 5 из плоской в трубчатую форму, размещается внутри ленты и вместе с ней направляется в криволинейный патрубок 9, а с него - на вертикальный участок 7, где лента размещена внутри направляющей 8 цилиндрической формы. При этом удержание транспортируемого груза 24 от скатывания вниз обеспечивается за счет сил трения от бокового давления груза на ленту, сил сцепления частиц груза с эластичными шипами 26, сил трения о ленту в криволинейном патрубке 9 и подпора транспортируемого груза со стороны загрузочного устройства 1 за счет веса транспортируемого груза 24 в загрузочной воронке 16 и между бортами 12, 13 с наклонной стенкой 14. Разгрузка (2) транспортируемого груза 24 происходит после выполаживания грузонесущей ветви ленты на участке 6 через приводной барабан 3. Необходимое тяговое усилие приводного барабана обеспечивается за счет формирования натяжения сбегавшей ветви ленты с помощью прижимного барабана 18, усилие P прижатия которого к приводному барабану регулируется с помощью пружинно-винтового или рычажного устройства.

Литература

1. Полунин, В.Т. Конвейеры для горных предприятий / В.Т. Полунин, Г.Н. Гуленко. – Недра, 1978. – с.218-220, с.221-222, рис.8.7.
2. Полунин, В.Т. Конвейеры для горных предприятий/ В.Т. Полунин, Г.Н. Гуленко. – М., Недра, 1978. – с.218-220, рис.8.6, а.
3. Патент РФ №2440284, МПК В65G15/08, В65G15/60, 2012.
4. Вертикальный ленточный конвейер : инновационный патент на изобретение 31566 А4 Респ. Казахстан, МПК В65G 15/08 ; В65G 15/60 / С.О.Нукешев, Н.Н.Романюк [и др.] ; заяв. Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина. – № 2014/1857.1; заявл. 15.12.2014; зарег. 16.02.2015 // Гос. реестр изобретений Респ. Казахстан. – 2016. – Бюл. №12.

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ТРАВОСЕЯНИЯ**Сельманович В.Л., к.с.-х.н., доцент, Быков Н.Н., к.т.н.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Наращивание производства кормов и повышение их качества – главная задача земледелия нашей страны. Для этих целей используется почти 80% площади сельхозугодий.

Основу полевого кормопроизводства республики составляют многолетние травы. Занимая более 25% площади пашни, они обеспечивают получение 41-45% производимых на ней кормовых единиц и 51-52% протеина. Их урожайность, в сравнении с другими кормовыми культурами, отличается наибольшей стабильностью. Варьирование урожайности этих культур под влиянием погодных условий составляет 21-23%, в то время как у кукурузы до 53-55%. Продуктивность многолетних трав остаётся низкой (150-190 ц/га зеленой массы) и не может удовлетворять потребности сельхозпроизводства. При этом остается низким и качество заготавливаемых кормов. Обеспеченность белком выращиваемых кормов составляет около 88-90% к потребности. Одной из главных причин является то, что много старовозрастных травостоев с полным доминированием злакового компонента. Доказано, что для получения на злаковых травостоях одинакового с клевером сбора сухого вещества и кормовых единиц требуется вносить от 180 до 240 кг.д.в./га азота. Но даже и в этом случае злаковая травосмесь на 27-33% уступает клеверу по сбору сырого протеина.

Многолетние травы – качественный корм для КРС и при использовании современных сортовидов, техники для закладки, поддержания и использования кормовых угодий, а также правильного кормления хозяйство способно достичь высоких результатов в производстве молока и мяса. Задача стоит не просто посеять многолетние травы, а профессионально грамотно подобрать травосмеси под тип почв, климата, его использования и организационно-хозяйственной структуры хозяйства. Хорошие травы – это основа кормовой базы и производства молока и мяса. Современные травосмеси можно классифицировать как: 1) интенсивные с 1-2 годичным использованием; 2) универсальные для скашивания и выпаса с 3-5 летним использованием; 3) травосмеси для заготовки кормов (3-5 лет использованием) с клеверами или с люцерной; 4) травосмеси для подсева и ремонта травостоев. Создавая на основе хороших травосмесей кормовую базу мы получаем высокие урожаи с выходом продукции при низких затратах на ее производство. Обеспечивается высокая переваримость и поедаемость за счёт достаточно большого количества НДК и высокого содержания растительного белка. Скот получит больше энергии корма и протеина, а хозяйство не будет зависеть от поставщиков фуража и добавок, колебания рыночных цен. Хорошая переваримость корма (> 70%) увеличивает выход молока и ускоряет прирост массы скота. Рубец жвачных животных вмещает ограниченный объём корма. Использование молодых интенсивных травостоев, с хорошей облиственностью, а соответственно с лучшими показателями переваримости – увеличивается эффективность поголовья. У коров, которые усваивают больше клетчатки, повышаются надои и прирост массы. Повышение переваримости корма увеличивает молочную продуктивность в среднем на 1 литр с коровы в сутки. Травостой с хорошей переваримостью клетчатки полезен для рубца животных, а фураж с такими показателями расходуются экономичнее. Этот показатель во многом зависит от фазы вегетации растений, технологии заготовки кормов. По мере старения травы и увеличения соотношения стеблей к листьям кормовая ценность снижается. Именно поэтому крайне важно грамотно проводить необходимые работы по созданию кормовых угодий, ухода за ними и в дальнейшем частоты скашивания.

Подобрав конкретному участку травосмесь, должны быть созданы необходимые условия для роста и развития растений. Требуется хорошая выравненность поля, создание плотного семенного ложе и сохранение влаги. Учитывая, что глубина посева семян многолетних злаковых трав – 1-2см., а бобовых 0.5-1см. – необходимо прикатывание почвы до посева. На торфяных почвах прикатывать следует и после посева гладкими катками. Необходимо создать плотный травостой с 300-500 растений на метре квадратном и с 10-12 побегами. Это

будет соответствовать 5000-7000 побегов на метре квадратном. Такую задачу надо себе ставить и добиваться! Не сможем добиться такой плотности, образовавшуюся пустоту займут сорняки. В природе пустоты не бывает! Лучшим способом посева является посев в рядки (возможен вариант перекрестного посева). Рекомендуемые нормы высева семян 25-35 кг/га, но возможна корректировка в зависимости от ряда лабораторных показателей.

Внесение удобрений важный фактор создания и поддержание травостоев с высокой продуктивностью и кормовой ценностью. Внесение органических удобрений частично покрывает потребность растений в основных макро- и микроэлементах, но самое главное насыщает верхний корнеобитаемый слой почвы достаточно большим количеством микроорганизмов. Они очень нужны для активизации всех жизнеподдерживающих процессов в почве. Лучший способ использования навоза на травах – внесение под вспашку перед закладкой угодья. Жижа применяется только на укоренившихся травостоях, когда отрастание только началось в норме внесения 25-35т/га. Дозы минеральных удобрений устанавливаются на базе данных после проведения почвенных анализов. Это очень важный момент в технологии закладки будущего урожая. Здесь недопустимо работать «на глазок». Недостаток профессиональных знаний нельзя компенсировать избытком удобрений! Весенние посевы (подсевы) трав нуждаются в удобрении под полную потребность в год закладки. Летние и осенние посевы нуждаются в удобрении исходя из потребности (повышение зимостойкости и т.д.).

Уровень внесения азотных удобрений зависит от видового состава травостоя, планируемой урожайности, типа почв, способа использования травостоя. Для пастбищ с содержанием в травостое клевера на уровне 30-50% норма внесения азота определяется исходя из расчёта 0.8-1.0кг д.в./день/га с начала выпаса по июль. На пастбищах при меньшем содержании клевера азот вносят из расчёта 1.5-2.0кг.д.в./га/день. На травостоях интенсивного использования для заготовки кормов к указанным нормам добавляют до 25-30% расчётной доз.

Годовая потребность калия составляет от 150 до 400 кг.д.в./га в зависимости от почвенных показателей.

Фосфора обычно требуется при среднем уровне обеспеченности от 70 до 115 кг.д.в./га год.

Микроэлементы востребованы в малом количестве и необходимости во внесении специальных удобрений нет, за исключением магния примерно 10-30 кг/га год и серы 20-40кг/га год.

Очень важным элементом создания эффективных луговых угодий – это уход за ними. Необходимо поддерживать плотный, продуктивный травостой в течении ряда лет. Со временем травостой изменяются. На молодых растениях урожайность выше, а видовое соотношение в травостое значительно изменяется. Как поддержать урожайность и качественный состав кормового поля? Прежде всего соблюдать технологию использования травостоя и заготовки кормов. Следует соблюдать высоту стравливания и скашивания по циклам и укосам. Она должна находиться в пределах 6-8 см. Следует строго следить за тем, чтобы не перетравливалось пастбище, равно как и избегать перерастания трав. Молодая трава продлевает срок службы травостоя. Скомбинировав скашивание и стравливание мы положительно повлияем на общее состояние травостоя и эффективнее будут использовать травы в рационе животных. Следует правильно выбирать сроки скашивания. Чем позднее убирается травостой, тем дольше срок последующего укоса.

Со временем продуктивность травостоя снижается, снижается и качество корма вследствие все большего доминирования разнотравья. Конечно, перезалужение травостоя, лучшее решение, но затратное. Можно решить вопрос улучшения угодья на несколько лет через подсев трав. Для этого следует удалить «мох» и подрыхлить почву путем боронования или перекрестного вычесывания. Лучше подсевать сеялкой с дисковыми сошниками. После подсева обязательно прикатывать для обеспечения лучшего контакта с почвой. Это будет способствовать быстрым и равномерным всходам даже в условиях сухой погоды, а также позволит избежать загрязнения укосов от почвы. Удобрения можно и нужно вносить через 10-15 дней после всходов. Здесь следует два ключевых аспекта успеха – минимальная конкуренция и открытая поверхность почвы. В основном эту работу проводят после последнего осеннего

укоса или после интенсивного стравливания весной. Возвращение скота на этот участок возможно только после первого полноценного укоса.

Что касается нормы высева (подсева) трав, то следует понимать, что экономия на норме высева приведет к меньшей плотности травостоя, негативно повлияет на урожайность и качество корма, длительности использования кормового поля.

Особое внимание следует уделить контролю за сорняками. Через 1.5-2 месяца после посева следует их удалить. Самый безопасный способ—подкашивание. Использование гербицидов может нанести вред даже если они избирательного действия.

Многолетние травы, выращиваемые на пашне, имеют высокий продуктивный потенциал, но в производстве он реализуется далеко не в полной мере. Это серьезный резерв кормопроизводства.

УДК 631.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Жебрун В.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Экологичность производства продукции растениеводства может быть достигнута более эффективным использованием природных ресурсов и снижением негативных последствий результатов труда до безвредного уровня.

Снижение вредных воздействий на среду при выполнении механизированных операций связано, прежде всего, с сохранением и увеличением плодородия почв. Анализируя условия работы техники при возделывании картофеля в СПК «Нарутовичи» Березовского района, можно отметить, что для нормального дыхания корней концентрация кислорода должна быть не менее 5%, а для роста клубней – не менее 20% от объема почвы и объема воздуха в ней. На создание органического вещества картофель расходует в 5 раз больше кислорода, чем подсолнечник [1]. Поэтому насыщение сельского хозяйства мощной, тяжелой техникой привело к серьезному противоречию между агротехнической необходимостью интенсивной механической обработки и отрицательным ее влиянием на уплотнение почвы, а как следствие и на ее плодородие. Давление ходовых систем на почву достигает 120-360 кПа, в то время как допустимое по агротребованиям составляет: на посевных и ранневесенних работах 40-60 кПа, на вспаханном поле 80 кПа, на полевых транспортных работах 100-150 кПа [2, 3].

Вследствие интенсификации производства заметно увеличилось количество выполняемых технологических операций. При возделывании картофеля с шириной междурядий 70 см происходит уплотнение до 82% площади посадки [4], а количество проходов сельскохозяйственной техники по одному следу достигает 4-5 [5, 6], при этом наиболее существенно уплотняется верхний (0-10 см), наиболее плодородный и богатый микроорганизмами слой.

Оструктуренные почвы естественного сложения имеют равновесную плотность 1,00-1,48 г/м³. При плотности на 20-50% выше равновесной связность многих типов почв возрастает в 6-10 раз, что вызывает разрушение структуры, снижает ее пористость и водопроницаемость. Для нормального развития картофеля плотность почвы должна быть 1,0-1,2 г/м³ для тяжелых (суглинистых) и 1,3-1,4 г/м³ для легких (супесчаных) почв [7]. Повышение ее на 0,1 г/м³ приводит к снижению урожайности на 10-15 % [8].

Исследования показывают, что избыточное уплотнение, особенно колесными тракторами, приводит к ухудшению крошения пласта при пахоте и увеличению глыбистости почвы, что значительно повышает не только сопротивление дальнейшей обработке, но и дополнительные проходы агрегатов с почвообрабатывающими орудиями для придания почве оптимальной структуры, что влечет за собой рост энергетических затрат на подготовку поля к посадке. Превышение удельного сопротивления вспашке на глубину 20 см по следам колесных тракторов Беларус 800 по сравнению с неуплотненной почвой достигает 11,9-25, Бела-

рус 1523 и Беларусь 3022 около 44%, а по следам тракторов Беларусь 1523 и Беларусь 3022 с груженными транспортными прицепами – 72-90% [9]. Кроме того, при основной обработке почвы в пахотный горизонт со дна колеи выносятся неплодородная глинистая почва подстилающего слоя, что ведет к снижению плодородия пахотного горизонта.

Передвижение тракторов и другой сельскохозяйственной техники по полям ведет к разрушению не только макроструктуры, но и микроструктуры, повышает содержание пыли в пахотном слое (предельное содержание частиц эрозийной фракции диаметром менее 0,9 мм не более 47%), что усугубляет эрозию почвы и снижает ее ветроустойчивость.

Количество проходов ходовых систем агрегатов по одному следу, площадь уплотнения, а также избыточное уплотнение почв в сильной степени зависят от конструктивных особенностей и параметров тракторов и рабочих машин. В частности, большое влияние при возделывании картофеля оказывают рядность комплексов машин, ширина междурядий, тип и размеры движителя, опорных колес машин, массы агрегата и составляющих его звеньев, распределение его масс между движителями и опорными колесами, мощность трактора, ширина захвата агрегата, соотношение между шириной захвата и шириной колеи трактора и пр.

Одним из основных агротехнических критериев воздействия движителей на плодородие почв является допустимое давление в контакте с опорным основанием. В настоящее время ставится задача снизить это давление при работе на полях до уровня 100 кПа и ниже [10]. Давление движителя определяется следующими факторами: нормальной нагрузкой и площадью контакта с опорной поверхностью. Снижение нормальной нагрузки на шины существующей и новой сельскохозяйственной техники мало вероятно. Наоборот, увеличение производительности машин, мощности двигателей, применение широкозахватных агрегатов приводит к росту нагрузок на шины. Поэтому основным направлением снижения степени воздействия на почву является увеличение площади контакта шин с опорной поверхностью.

Решение этой задачи только за счет снижения внутреннего давления существующих конструкций шин неприемлемо. Во-первых, это связано с появлением недопустимого уровня деформаций элементов конструкции шин, и резким снижением ее ресурса. Во-вторых, при полном вхождении в контакт протектора шины по ширине развитие площади контакта происходит только по длине, что малоэффективно. В конечном итоге такое снижение давления в шинах приводит к значительному росту эксплуатационных затрат, неоправданной потере шинных материалов, снижению надежности и производительности агрегатов.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что для решения проблемы снижения уплотняющего воздействия на почву гораздо более эффективным является применение шин больших габаритов или установка сдвоенных колес, а также «колес-танDEMов» и т.п. При этом необходимо соблюдать соответствие грузоподъемности шины ее внутреннему давлению, что обеспечивает допустимый уровень деформаций и сохранение необходимого ресурса шин.

Применение таких конструктивных решений непосредственно связано с увязкой параметров шин с компоновочными схемами техники, условиями ее работы. Ограничения по габаритам шин связано с шириной обрабатываемых междурядий для универсально-пропашных тракторов, ограничениями по ширине (2,5 м) для мощных колесных тракторов, работающих на дорогах общей сети, погрузочной высотой другой техники. Так созданные для универсально-пропашных тракторов шины с шириной профиля 18,5'' являются предельными для междурядий 70 см, для междурядий 90 см – соответственно не более 26''. Для междурядной обработки картофеля необходимо применять шины 16,9R38, так как уплотнение почвы в зоне клубневого гнезда может быть сведено к минимуму, если расстояние от оси гребня до боковой поверхности шины трактора превышает 260 мм. Поэтому при использовании тракторов общего назначения рекомендуют применять сдвиг шин через рядок или шины с увеличенным наружным диаметром. Однако при использовании четырехрядных машин одностороннему уплотнению колесами трактора подвергаются все гребни, шестирядных – только 2/3 гребней. Применение же спаренных задних колес приводит к одно- и двухстороннему уплотнению всех гребней даже при шестирядной системе возделывания картофеля, снижению универсальности использования тракторов (невозможность выполнения транс-

портных работ на дорогах общей сети), сложности агрегатирования с рядом орудий, снижению маневренности агрегатов, поэтому использование этого пути проблематично.

Еще довольно большие потери энергии и нефтепродуктов, низкий уровень утилизации отходов и повторного использования элементов конструкции списанной техники. Полнота использования ресурсов прямо пропорциональна срокам службы технических средств, а также интенсивности их применения.

Рациональное использование невозобновляемых ресурсов (материалы, топливо и др.) и максимальное использование возобновляемых (солнечная радиация, биомасса и т.д.) должны лежать в основе экологической деятельности на всех стадиях производства продукции растениеводства, включая хранение и переработку. Потери конечной продукции – безвозвратные потери всех ресурсов, использованных на ее производство.

С учетом вышесказанного можно выделить две группы факторов, определяющих экологичность использования техники при производстве продукции растениеводства. Первая группа связана с повышением эффективности использования всех видов ресурсов, т.е. активизация этих резервов не только повышает экологичность, но и улучшает функциональные показатели, снижают затраты на производство продукции. Вторая группа факторов требует специальных затрат на повышение экологичности использования техники. Так, проведение восстановительных работ (разуплотнение почвы), внедрение системы нейтрализации отходов требуют дополнительных затрат ресурсов.

Литература

1. Шевелуха В.С. Периодичность роста сельскохозяйственных растений и пути ее регулирования.– Мн.: Ураджай, 1977.– 424 с.
2. ГОСТ 26953-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву. Введ. с 01.01.87.– М.: Изд-во стандартов, 1986.– С. 8-18.
3. Юшин А.А., Евтенко В.Г., Благодатный Ю.Н. Пути снижения уплотнения почвы мобильными агрегатами // Механизация и электрификация сельского хозяйства .– 1985.– № 4. – С. 17-20.
4. Афанасьев Н.И., Яновец Н.И., Горюнова А.В. Роль оптимизации физических свойств почв Белоруссии в повышении урожайности сельскохозяйственных культур.– Мн.: БелНИИНТИ, 1984.– 35 с.
5. Юшин А.А., Евтенко В.Г., Благодатный Ю.Н. Эффективность применения ходовых систем со сниженным уровнем воздействия на почву// Сб. науч. тр. / ВИМ. – 1988. – Т.118. – С. 174-181.
6. Эксплуатация машинно-тракторного парка: Учеб. пособие / Под общ. ред. Р.Ш. Хабатова.– М.: ИНФРА-М, 1999.– 208 с.
7. Левчук Н.С., Годунов И.М., Нечитайло Н.Г. Обоснование мостовых схем сельскохозяйственных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства .– 1979.– № 7. – С. 6-8.
8. Пупонин А.И., Матюк Н.С., Манюлий Г.Г., Платонов И.Г. Депрессия урожая сельскохозяйственных культур при уплотнении почвы и приемы ее снижения // Сб. науч. тр. / ВИМ. – 1988. – Т.118. – С. 75-86.
9. Ксеневич И.П. и др. Ходовая система - почва - урожай/ И.П. Ксеневич, В.А. Скотников, М.И. Ляско.– М.: Агропромиздат, 1985.– 304 с.
10. Диагностика и техническое обслуживание машин : практикум : уч. пособие / А.В. Новиков [и др.]; под ред. А.В. Новикова. – 2-е изд., пересмотренное. – Минск : БГАТУ, 2011. – 344 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЕНАЖА В СИЛОСОХРАНИЛИЩАХ

Сельманович В.Л., к.с.-х.н., доцент, Быков Н.Н., к.т.н., Шибeko А.Э., к.э.н, доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В мировой практике установлено, что молочная продуктивность коров зависит на 50-60% от уровня кормления и качества кормов, на 20-25% - от селекционной работы и воспроизводства и на 20-25% - от условий содержания и технологии доения. Следовательно, корма и их качество являются определяющими в экономической эффективности производства молока и уровня продуктивности животных. При этом с увеличением уровня продуктивности снижается удельный расход кормов на единицу продуктивности и повышаются требования к их качеству. Экономический ущерб от использования кормов низкого качества колоссален. В то же время в большинстве сельскохозяйственных организациях Беларуси около 20% ежегодно заготавливаемых кормов относят к неклассным и только около 20-25% - к 1 классу. Ежегодный недобор кормовых единиц из-за низкого качества кормов составляет порядка 1500-1900 тыс. т.

Интенсивное ведение животноводства требует организации адекватной системы кормопроизводства. Для получения максимальных удоев с высокими качественными показателями в кормах должно быть не менее 10-11МДж обменной энергии на 1 кг сухого вещества и 12-14% протеина. Достижение таких показателей при кормлении животных возможно за счет включения в рацион концентрированных кормов, а так же при использовании объемистых кормов высокого качества. Фундаментом каждого кормления высокопродуктивных коров, а следовательно сбалансированного обеспечения питательными веществами, является сенаж.

Сенаж не должен содержать масляную кислоту и небольшое (2-3,5%) количество уксусной кислоты и аммиака (<10% общего азота), что позволяет обеспечить его хранение без потерь на длительный период.

На качество сенажа влияет ботанический состав травостоев, удобрения, выбор времени скашивания, длительность и степень подсыхания травы, консервант, техническое обеспечение проведения технологических операций при заготовке корма.

Сырьем для заготовки качественного сенажа являются многолетние бобовые, злаковые травы и их травосмеси, а так же однолетние злаковые, бобовые и их смеси. Очень хорошо себя зарекомендовали травосмеси люцерны с овсяницей тростниковидной или кострцом безостым. Такая травосмесь позволяет получать оптимальное энергопротеиновое соотношение, а кормовая единица обеспечена сырым протеином в зеленой массе на уровне 170-200г. в приготовленном корме.

Очень хорошие результаты показывают однолетние смеси райграсов (DLF, DSV). Это быстрорастущие травостой (5-6 укосов) при содержании не менее 16% протеина с переваримостью ОВ – не менее 74-76% с содержанием НКД – не более 480 г/кг и сахара не менее 60 г/кг.

Кроме того, экономически целесообразно расширить посевы многолетних трав на пашне до уровня не менее 25%. Приоритет следует отдавать бобовым травам, заменить тимофеевку луговую на фестулолиум и травосмеси с клевером луговым и расширять посевы лядвенца рогатого, донника белого, эспарцета и галеги восточной. Это позволит увеличить посевные площади бобовых трав на песчаных и избыточно увлажненных почвах, повысить продуктивность и питательность всех многолетних трав.

Высокое содержание обменной энергии можно обеспечить только в том случае, когда трава скашивается в оптимальную фазу вегетации (фаза конца выхода в трубку у злаковых трав и бутонизация у бобовых). В этом случае содержание сырой клетчатки в зеленой массе составляет менее 24%. С увеличением срока вегетации переваримость травы и содержание в ней обменной энергии снижется. Весной, когда трава растет очень быстро, оптимальный период скашивания длится всего несколько дней. В мае трава ежедневно набирает сырой клет-

чатки дополнительно 3-4 кг СВ. Повышение сырой клетчатки на 10 г/кг СВ снижает содержание энергии на 0,1МДж ЧЭЛ/кг СВ. Так, в растениях люцерны в фазу стеблевания содержится обменной энергии (ОЭ) 10,6 МДж/кг СВ, а сырого протеина 24,7%. В фазу цветения люцерны содержание ОЭ снижается до 9,4МДж/кг, а сырого протеина – до 18%. Следует перейти на многоукосное использования травостоев в более ранние сроки (флаг-лист злаковых, начало бутонизации бобовых) с продолжительностью уборки трав не более 10-12 дней с обязательным внесением консервантов, что обеспечит заготовку кормов с высокой энергетической и протеиновой питательностью.

Важным элементом в технологическом процессе заготовки сенажа является высота среза растений (для злаковых трав – 6 см, а для бобовых – 8 см). В травосмесях высоту среза определяют по преобладающей культуре. Этот показатель напрямую влияет на качество корма, зольность и продолжительность использования травостоя. Скашивать травостой следует только в сухом состоянии.

Одним из эффективных приемов снижения влажности зеленой массы является плющение или кондиционирование. Благодаря этой технологии скорость сушки злаковых трав увеличивается на 25%, а бобовых – на 35%. Необходимо учитывать, что обильные кондиционеры нельзя применять для обработки бобовых трав из-за сильного обивания листовой части растений, бутонов, соцветий. Следует применять только косилки, имеющие плющильные вальцы.

Существенное влияние на условия сушки трав оказывает способ укладки скошенной массы. Массу больше 8-10 к/п.м. следует укладывать в прокос. В таком случае следует избегать ворошения. Однако, при уборке трав навесными косилками, не имеющими кондиционеров, следует ворошить валки и прокосы. Первое ворошение проводят по мере подсыхания верхнего слоя до влажности 60-65%, но не позже, чем через три часа после скашивания. Содержание сухого вещества в траве должно быть в пределах 35- 45%. Чем короче срок провяливания (оптимально 1-2 дня), тем меньше будут потери из-за вымывания и дыхания. Чем продолжительнее срок пребывания скошенной травы на поле, тем больше потери особенно легкопереваримых углеводов (сахаров), т.е. кормовой энергии и витаминов. Длина измельчения зависит от содержания в исходном материале сырой клетчатки и сухого вещества а качество от остроты ножей измельчителя. Для этого необходимо не реже чем через 2-3 дня проводить заточку ножей. Известно, что затупление режущих кромок до 0.5 мм увеличивает энергоемкость процесса до 20%. При этом вместо резания массы происходит ее смятие и разрыв. При настройке измельчающего аппарата следует учитывать, что фактическая длина резки будет больше расчетной в 1.5- 2.5 раза из-за отклонения растений от продольной оси при подаче в измельчающий аппарат, проскальзывания и других факторов.

При заготовке и скармливании кормов большое значение имеет правильное определение требуемого объема силосохранилища. Для одной высокоудойной коровы его требуется около 20 квадратных метров. Недельное продвижение отреза корма должно составлять 1,2-1,4 м. При круглогодичном стойловом содержании коров требуется 11 м³ сенажа на корову в год и 9,4 м³ силоса кукурузного.

Для закладки массы на хранение необходимо использовать только облицованные наземные или полузаглубленные траншеи. При загрузке не допускается загрязнения массы, поэтому заезд транспортных средств в траншеи исключается. В больших силосохранилищах (шириной более 15м) целесообразно силосуемую массу закладывать стопками (порциями). При этом важно, чтобы наклон порции был не менее 30°. Маленькие силосохранилища загружают послойно. Траншеи следует загружать на 30-40 см выше верхнего уровня боковых стен, а по осевой линии на 60-70 см выше краев, формируя двухскатную поверхность.

После поступления сенажной массы в силосохранилища сразу же проводят уплотнение массы. Чем больше в растениях содержится СВ и клетчатки, тем сложнее обеспечить нужную плотность сложения силосуемой массы. Для уплотнения сенажа используют тяжелые трактора с узкими шинами и максимальным давлением внутри их. Уплотнять необходимо относительно тонкие слои массы примерно 30 см при скорости трактора 2-5 км/ч. Производительность трактора при трамбовке должна увязываться с работой всех звеньев технологи-

ческой цепи при заготовке сенажа. В среднем для уплотнения одной тонны массы расходуется 2-3 трактора/минуты для достижения плотности сложения $>200 \text{ кг СМ/м}^3$. Потребность в тракторах для трамбовки возрастает с увеличением в ней сухого вещества.

Загрузку сенажной массы в хранилища следует производить за 1-3 суток. Ночная трамбовка исключается. Массу трамбуют в течение 1-1,5 часа после ее поступления вечером и за 1 час до начала поступления утром. При небольшом временном перерыве на ночь укрытие пленкой желательно, а при длительном – обязательно.

При трамбовке сенажной массы в хранилищах с боковыми стенами надо работать в два этапа. На первом - массу следует распределять и уплотнять возле стен, чтобы в центре получилась вогнутая поверхность. Только после этого краевые части можно достаточно уплотнить. На втором этапе распределяют и уплотняют сенажную массу так, чтобы получилась выпуклая поверхность.

Перед укрытием траншеи пленкой, для предотвращения нагревания сенажной массы в верхнем слое, следует добавлять мочевины (800 г/м^2) перед укрытием пленкой. Затем загруженную сенажную массу необходимо сразу закрыть пленкой. Целесообразно использовать для этого две пленки: тонкую растягиваемую (0.04 мм), которая плотно облегает поверхность сенажной массы, предотвращает газообмен и защищает от загрязнения. Второй слой пленкой более толстый ($0.2-0.5 \text{ мм}$) предназначен для защиты от птиц и погодных влияний, защиты от кислорода и которая придавливается соответствующими материалами.

Литература

1. О государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы и внесении изменений в Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014г. №585: Постановление Совета Министров Республики Беларусь 11 марта 2016г. №196/№5/41842 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - <http://www.prawo.by/main.aspx?quid>.
2. Земледелие: учебник/ П.И.Никончик [и др.]; под ред. П.И. Никончика, В.Н. Прокоповича. - Минск: ИВЦ Минфина, 2014.- 584с.
3. Попков Н.А. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н.А.Попков [и др.]. - Жодино: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2011.- 260 с.
4. Научное обеспечение инновационного развития животноводства: сб. научн. тр. По материалам международной научно-практической конференции (24-25 окт.2013г.) / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». - Жодино, 2013. - 504 с.

УДК 637.116

КОМПЕНСАЦИЯ ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПЕРЕТЕЧЕК ВОЗДУХА ПЛАСТИНЧАТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Дашков В.Н.¹, д.т.н., профессор, Антошук С.А.², к.т.н., доцент, Захаров В.В.³

¹ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», г. Минск,

²ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный,

³БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Энергетическим узлом доильной машины, обеспечивающим ее работоспособность, является вакуум-насосная станция, включающая в себя вакуумный насос, ременную передачу и, как правило, электродвигатель (рисунок 1).

Вакуум-насосная станция основана на принципе выведения молока из вымени коров под действием переменного разрежения[1].

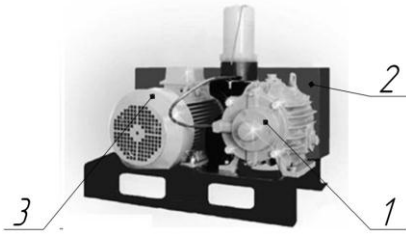


Рисунок 1- Вакуум-насосная станция

1-пластинчато-роторный вакуумный насос, 2-ременная передача, 3-электродвигатель

Производительность насоса определяется величиной воздушного потока во входном патрубке. Поток воздуха, проходящий через входное сечение насоса, характеризует количество переносимого воздуха в единицу времени и называется его производительностью.

Обычно поток воздуха Q измеряется в единицах мощности $\frac{pV}{t} = \text{Па} \cdot \text{м}^3 / \text{с}$. При изотермическом процессе откачка $pV = \text{const}$. Дифференцируя это равенство, получим

$$Q = p(dV / dt) + V(dp / dt) = 0.$$

При постоянном давлении $Q = p(dV / dt) = V_T p$,

где V_T - быстрота действия, $\text{м}^3 / \text{с}$; p - давление, Па.

Тогда его теоретическая производительность ($\text{м}^3 / \text{с}$) вычисляется по приведенной формуле:

$$V_T = 10 \cdot e \cdot n \cdot L \left[12(\pi D - Sz) - \frac{\pi^3}{z}(D + 4e) \right] \quad (1)$$

где V_T - производительность вакуумного насоса, $\text{м}^3 / \text{ч}$; S - величина эксцентриситета ротора ($e=0,07D$); n -число оборотов ротора, об/мин.(1250 об/мин); L -длина цилиндра насоса, м; D -диаметр цилиндра, м; S -толщина пластины, м; z - число пластин ($z=4$ шт).

Или эксцентриситет

$$e = R - r = 0,14R. \quad (2)$$

Отношение ширины пластины S к удвоенному эксцентриситету

$$\frac{S}{2e} = 1,9.$$

В насосах, предназначенных для доильных установок, как правило, устанавливается 4 лопатки в пазы ротора из-за не создания ими глубокого вакуума в пределах 1,5 атм. и вращением ротора 1250 об/мин.

Подставляя полученные соотношения в формулу производительности (1) выражение примет вид:

$$V_T = 4307,2R^3 \text{ при } \frac{L}{D} = 1,85. \quad (3)$$

Из полученного выражения видно, что наибольшая зависимость производительности насоса достигается из-за увеличения радиуса цилиндра насоса. Но не мало важное значение на увеличение производительности оказывает частота вращения ротора, а так же число лопаток, с помощью которых увеличивается количество объемов ячеек воздуха переносимого лопатками. Подставив в полученное выражение радиус цилиндра 0,1 метра разработанного вакуумного насоса НВУ-2,8 сотрудниками НАН РБ по механизации сельского хозяйства совместно с сотрудниками БГАТУ, в составе вакуумной станции СВЭ-1, получим теоретическую производительность $\approx 4,5 \text{ м}^3 / \text{мин}$, что на $0,2 \text{ м}^3 / \text{мин}$ больше действительной [2].

Полученные цифры не обусловлены внутрикамерными перетечками воздуха. Внутренние перетекания воздуха в пластинчато-ротором вакуумном насосе снижают

быстроту действия и увеличивают удельные затраты энергии до 30% [3]. Одними из перетечек являются как радиальные, так и торцевые (рисунок 2)

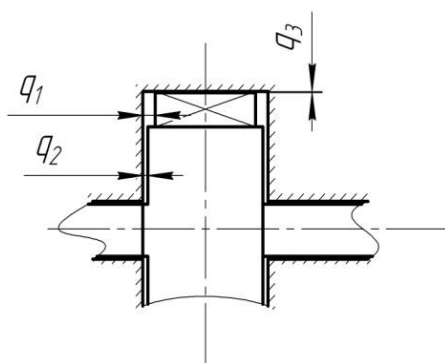


Рисунок 2 - Пропускные щели пластинчато-роторного вакуумного насоса
 q_1, q_2, q_3 - торцевые и радиальные зазоры

Для решения данной проблемы нами была усовершенствована модель пластинчато-роторного вакуумного насоса НВ-2,8 (рисунок 3 и 4) [4].

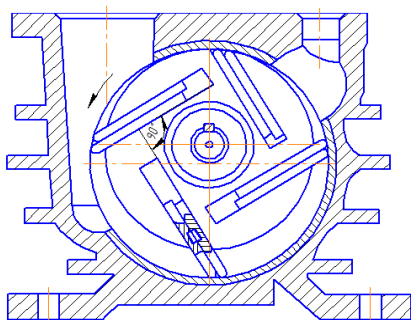


Рисунок 3 - Разработанный пластинчато-роторный вакуумный насос НВУ-2,8

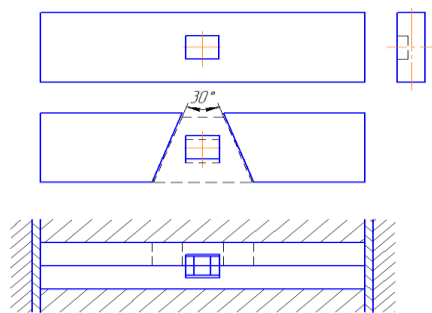


Рисунок 4 - Цельная и составная лопатки насоса

Особенностью данного типа насоса является то, что у него сдвоены рабочие лопатки, а так же нижняя составная лопатка (рисунок 4) имеет три части, при этом средняя часть имеет форму трапецеидального клина с углом при вершине 30° и служит для расклинивания составной лопатки при вращении и прижатия торцов её правой и левой частей к пластинам передней и задней крышек корпуса. Для предотвращения зависания верхней цельной лопатки и нижней составной лопатки из-за трения друг о друга верхняя цельная лопатка связана со средней частью нижней составной лопатки пластинчатой S-ой пружиной. В результате работы насоса торцевое уплотнение нижней составной лопаткой камеры предотвращает перетекание воздуха и повышает производительность пластинчато-роторного вакуумного насоса. Верхняя цельная лопатка служит для предотвращения радиального перетекания воздуха из-за постепенного интенсивного износа клина нижней составной лопатки.

Торцы лопаток хорошо прирабатываются к крышкам в связи со снятием с опорных частей лопаток фасок под углом 45° , вследствие чего производительность насоса по сравнению с насосами с цельными лопатками несколько возрастает и остается постоянной в течение периода эксплуатации. Кроме того, исключается возможность заклинивания лопаток и уменьшается удельное давление их на поверхность цилиндра.

Литература

1. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок. – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
2. Дашков В.Н., Антошук С.А., Захаров В.В. / Обоснование выбора расположения ротора в корпусе пластинчатого вакуумного насоса / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 6. - С.30-35.

3. Дашков В.Н., Антошук С.А., Захаров В.В. Преимущества вакуумного насоса для доильных установок со сдвоенным, составным рабочим органом // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 4. - С.71-73.
4. Пат. 9646 РБ, МПК F 04C 18/00. Пластинчато-роторный вакуумный насос / В.Н. Дашков, В.В. Захаров, (ВУ). - Заявитель Белорусский государственный аграрно-технический университет. - № u20130360; заявл. 23.04.2013; опубл. 22.07.2013. // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности - 2013. - № 2. - С. 35.
5. Руководство по эксплуатации. Насос пластинчато-роторный вакуумный НВУ-2,8. ОАО «Технолит» г. Полоцк 2013г.- 31 с.

УДК 637.116

**ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПЛАСТИНЧАТО-РОТАЦИОННОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА
С НАКЛОННЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ПЛАСТИН**

Дашков В.Н.¹, д.т.н., профессор, Антошук С.А.², к.т.н., доцент, Захаров В.В.³

¹ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», г. Минск,

²ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный, ³БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Низкий объемный КПД существующих пластинчато-ротационных вакуумных насосов доильных установок в первую очередь обусловлен большими внутренними перетеканиями воздуха. Как свидетельствуют литературные источники, на внутренние перетечки приходится примерно 60 % потерь объемной производительности насоса [1].

Из вышесказанного понятно, что обоснование выбора положения и размеров окон в первую очередь зависит от правильного определения изменения объема рабочей камеры в зависимости от угла поворота ротора.

Существующая методика определения зависимости изменения объема рабочей камеры V_φ и максимальное значение которого определяет теоретическую производительность, от угла поворота ротора φ при значении угла между пластинами β и для ротационных вакуумных насосов с радиальным расположением пластин приводится авторами [1, 2] и имеет вид:

$$V_\varphi = S_\varphi \cdot l = \frac{1}{2} l \int_{\varphi - \frac{\beta}{2}}^{\varphi + \frac{\beta}{2}} \rho^2 d\varphi - r^2 \frac{\beta}{2}, \quad (1)$$

Где S_φ - площадь поперечного сечения камеры, l - длина ротора, ρ - относительный эксцентриситет, r - радиус ротора

Уравнение (1) довольно точно описывает динамику изменения объема камеры для насосов с радиальным расположением пластин, в то же время авторы предлагают пользоваться этой зависимостью для насосов с наклонным размещением пластин, угол наклона ψ которых не превышает 30° . Действительно, для расчетов производительности насоса (скорости действия) эта зависимость может быть применена, потому что отклонение объема составляет не более 5 %.

Как видно из первой части уравнения (1) определяющей величиною при расчетах объема рабочей камеры будет площадь его поперечного сечения S_φ и, поэтому задачей данной работы является разработка достоверной методики расчета зависимости ее изменения от угла поворота ротора для насосов с наклонным размещением пластин.

Решение поставленной задачи иллюстрируется рисунок 1, на котором

показано, что рабочие пластины ориентируются вдоль касательных некоторого круга радиусом r_0 и образуют каждая с соседней прямые углы.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Начало системы координат XOY совпадает с точкой пересечения осей двух соседних пластин. При вращении ротора система координат

вращается вместе с пластинами, которые отсекают между поверхностью ротора радиусом r и внутренней поверхностью статора радиусом R объем рабочей камеры. Положение координатной системы при вращении ротора всегда будет определяться углом φ , который образует радиус CD с неподвижным горизонтальным диаметром ротора. Радиус CD всегда перпендикулярен оси OX в точке касания оси до круга радиусом r_0 .

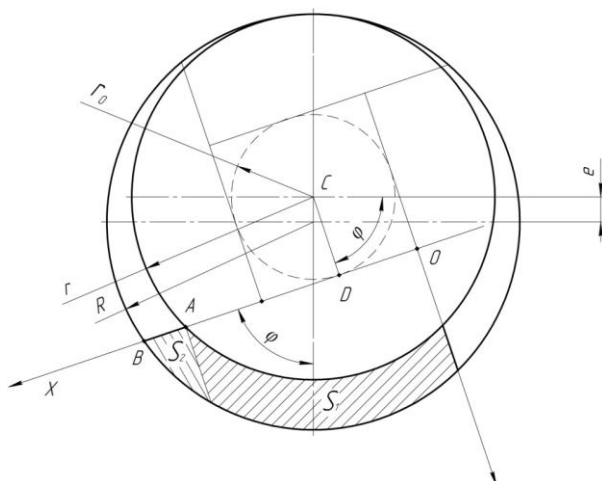


Рисунок 1 - Расчетная схема

Очевидно, что для любого угла уравнение контура сечения ротора неизменно и будет выглядеть:

$$(x - r_0)^2 + (y + r_0)^2 = r^2 \quad (2)$$

Для контура сечения ячейки статора имеем уравнение от угла φ :

$$(x - r_0 - e \cos \varphi)^2 + (x - r_0 - e \sin \varphi)^2 = R^2, \quad (3)$$

где e – эксцентриситет насоса

Координату точки А - характерной точки сечения камеры, точки пересечения круга радиуса r с осью, находим из уравнения (2). Для $y=0$ имеем:

$$x^2 - 2xr_0 - r^2 + 2r_0^2 = 0.$$

Откуда,

$$x_A = \frac{2r_0^2 + \sqrt{2r_0^2 + 4(r^2 - 2r_0^2)}}{2} \quad (4)$$

Точку В находим из уравнения (3), которое для $y=0$ имеет вид:

$$x^2 - 2x(r_0 + e \cos \varphi) + 2r_0^2 + 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) + e^2 - R^2 = 0$$

Откуда

$$x_B = \frac{2(r_0 + e \cos \varphi) + \sqrt{2(r_0 + e \cos \varphi)^2 + 4[R^2 - 2r_0^2 - 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) - e^2]}}{2} \quad (5)$$

Из уравнений (2) и (3) $y = \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} - r_0 = f_1(x)$

$$y = \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \varphi)^2} - r_0 + e \sin \varphi = f_2(x).$$

Часть площади сечения камеры S_1 , для которой $0 \leq x \leq x_A$ (рисунок 1), будем находить

как
$$S_1 = \int_0^{x_A} [f_2(x) - f_1(x)] dx.$$

Другую часть площади сечения камеры S_2 , для которой $x_A \leq x \leq x_B$ (рисунок 1), найдем как:

$$S_2 = \int_{x_A}^{x_B} f_2 dx.$$

Подставим и проинтегрируем площади S_1 и S_2 , сложим и получим сечение площади S_φ . С помощью программного обеспечения MS Excel построена графическая зависимость $S_\varphi = f(\varphi)$ для насоса со следующими геометрическими параметрами: внутренний диаметр корпуса насоса - 200 мм., диаметр ротора насоса - 185,5 мм, эксцентриситет – 14,49мм., зазор между внутренним диаметром корпуса насоса и ротором насоса при вершине будет минимальным 0,01 мм., угол наклона пластин будет 45° [3]. Зависимость S_φ приведена на рисунке 2 штриховой линией, сплошной линией представлена та же зависимость, определенная по формуле (1).

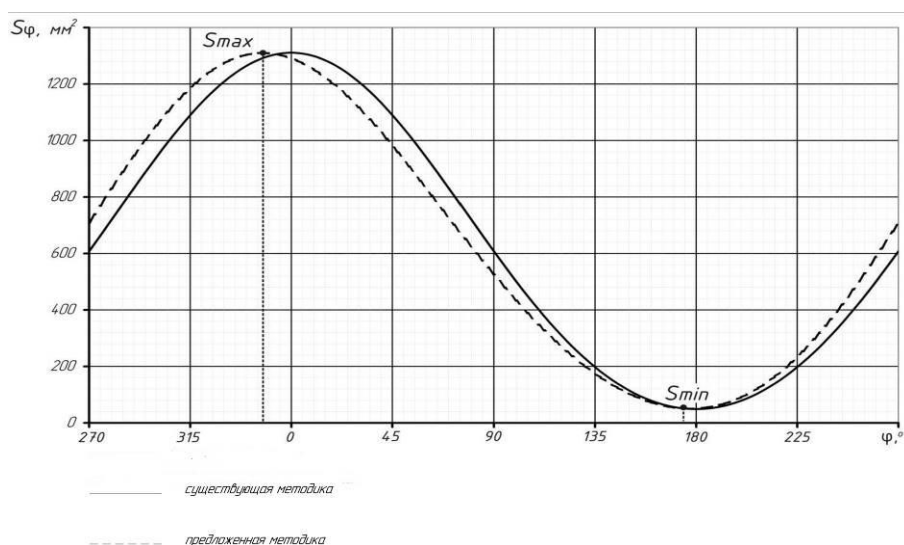


Рисунок 2 - Зависимость площади поперечного сечения рабочей камеры от угла поворота ротора и насоса

Сопоставление кривых показывает, что при использовании фаз распределения воздуха, то максимальное значение S_φ , а значит и объем рабочей камеры наблюдается не в точке, которая отвечает $\varphi = 0$, а в точке которая смещена на $13,4^\circ$ (рисунок 2). Смещение минимального значения S_φ не столь значительно и составляет $2,8^\circ$.

Кроме того, из полученной зависимости видно, что смещение кривых наблюдается практически во всем диапазоне значений угла поворота ротора φ .

Выводом являются предложенное точное решение задачи из расчета площади поперечного сечения рабочей камеры ротационного вакуумного насоса с наклонным расположением пластин в зависимости от угла поворота ротора; получена возможность более точно определять положения всасывающего и нагнетательного окон.

Литература

1. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок. – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
2. Фролов Е.С. Механические вакуумные насосы. - М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
3. Дашков В.Н., Антошук С.А., Захаров В.В. / Обоснование выбора расположения ротора в корпусе пластинчатого вакуумного насоса / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 6.-30-35 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКТИВНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСНЫХ ЧАСТЕЙ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Захаров В.В., Костюкевич С.А., к.с.-х.н., доцент, Шайтанов П.С.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

По состоянию на 01.01.2019 года Республика Беларусь произвела 7322 тыс. тонн молока. поголовье коров молочного стада составляет 1426 тыс.

Возросшая молокоотдача от одной коровы уже приблизилась к рубежу в 5000 килограмм за год. Из всех областей республики в пяти районах достигли среднего уровня в 7000 килограмм молока за лактацию, что свидетельствует о повышении молочной продуктивности дойного стада Республики Беларусь [1]. В связи с этим на молочно-товарных фермах республики возникла проблема с отечественными доильными залами в которых используются несовершенные доильные аппараты.

Одним из основных элементов автоматизированных доильных установок является доильный аппарат.

В состав доильного аппарата входит подвесная часть (четыре доильных стакана плюс коллектор) являющихся исполнительным механизмом, пульсатор, молочно-вакуумные шланги.

Недостатком конструкции классического чашеобразного коллектора подвесной части доильного аппарата (рисунок 1) является его не большая пропускная способность молока до 4 кг/с, из-за изменения уровня вакуума под сосками и торможения перекрестных струй молока при удалении его из коллектора. В большинстве хозяйств на фермах содержится дойное стадо голштенезированной черно-пестрой породы с максимальной скоростью молокоотдачи до 6 кг/с.

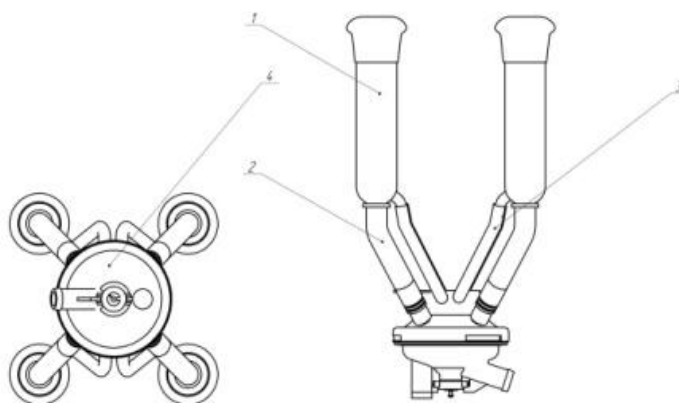







Рисунок 1 - Подвесная часть доильного аппарата попарного доения.
1 - доильный стакан, 2 – молочная трубка, 3 – вакуумная трубка, 4 – коллектор

Проанализировав конструктивно-эксплуатационные показатели подвесных частей доильных аппаратов для высокопродуктивных коров (таблица 1) мы пришли к следующим выводам.

Самым не большим по объему коллектором подвесной части доильного аппарата, и в то же время с высокой пропускной способностью до 11 л/с, по молоку, стала подвесная часть доильного аппарата фирмы Westfalia IQ (ФРГ). Разделение молочных каналов будет иметь дополнительное функциональное назначение и преимущества перед конкурентами: предотвращение перенесения болезнетворных микробов от одного соска к другому, все молоко собирается еще до попадания в длинный молочный шланг, что препятствует его „выстреливанию вверх“ к другому соску (респрей), что может привести к заражению соседнего соска болезнетворными бактериями попадающими вместе с молоком в молочный канал соска.

Таблица 1- Конструктивно-эксплуатационные показатели подвесных частей доильных аппаратов

Сравнение подвесных частей доильных аппаратов	 Delaval MS 73 (Швеция)	 Delaval MS 53 (Швеция)	 BouMatic Flo StarMAX. (США)	 Westfalia IQ. (ФРГ)	 SAC Uniflow 4 (Дания)
Объем молочного коллектора, см ³	350	360	340	260	400
Вес подвесной части, кг.	2,4	2,1	1,7	2,43	1,6
Распределение по массе между коллектором и доильным стаканом, - передние % - задние %	36% 64%	35% 65%	25% 75%	20% 80%	30% 70%
Внутренний диаметр молочного пагрубка, мм	16	16	12	10	16
Пропускная способность, кг / м ³	≤ 15	≤ 15	≤ 12	≤ 11	≤ 15

Соотношение массы между доильными стаканами и коллектором 80%:20% является самым оптимальным по физиологии процесса доения коровы.

Литература

1. Некрашевич В.Ф., Ульянов В.М. Доильный аппарат с изменяющейся нагрузкой на вымя / В.Ф. Некрашевич [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Сб. научных трудов.- Москва: Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства., 2008 №5.- С.17-19
2. Захаров В.В., Шайтанов П.С. Четырехкамерный коллектор доильного аппарата, позволяющий оптимизировать потери молока при машинном доении коров В.В. Захаров, П.С. Шайтанов //Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е.Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) - Минск : Беларуская навука, 2018.- С.168-172

УДК 631.22.018

ПЛЕНОЧНЫЕ ЛАГУНЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НАВОЗА

Скорб И.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Навоз сельскохозяйственных животных – ценное удобрение, содержащее все необходимые для питания растений элементы, большое количество бактерий и биогенных веществ, определяющих его высокую удобрительную ценность. Навоз это важный источник элементов питания растений, его использование имеет большое значение для регулирования круговорота веществ в земледелии, сохранения и повышения содержания гумуса в почвах. Но, в то же время, в нем могут содержаться носители таких опасных заболеваний, как сибирская язва, туберкулез, бруцеллез, паратиф, паратуберкулез, ящур, сальмонеллез, аскаридоз, кишечные инфекции и др.

Исследования свиного бесподстилочного навоза показали, что он имеет общую микробную обсемененность от 4,1 до $3,6 \cdot 10^9$, титр кишечной палочки составляет от 10^5 до 10^7 , споровых анаэробов от 10^2 до 10^4 [1].

Экологическая опасность навозных стоков состоит не только в наличии патогенных микроорганизмов, гельминтов, но и в длительных сроках выживаемости (от 20 до 475 дней). Навозные стоки вызывают эрозию почвы, загрязнение подземных вод, "цветение" водоемов, отравляют воздух выбросами сероводорода, аммиака. Прежде чем свежий навоз превратится в удобрение по нормативам он должен пройти длительное микробиологическое обезвреживание [2].

Таким образом, понятна необходимость обеззараживания навоза перед внесением на поля. Существует три основных способа обработки навоза (химический, термический и биологический) и соответствующее им оборудование. Остановим внимание на заглубленных изолированных пленочных навозохранилищах – лагунах. Они имеют несколько преимуществ, актуальных для ферм нашей республики: лагуна значительно дешевле железобетонных и металлических навозохранилищ; имеет возможность совмещения в одном сооружении функций хранения и обеззараживания; имеет простоту устройства и монтажа отдельных узлов и сооружения в целом; отсутствие загрязнений территории рядом с фермой; полная безопасность для окружающей среды.

Уничтожение возбудителей болезней и семян сорняков в лагуне происходит в процессе анаэробного сбраживания. Сброженные в анаэробном процессе навозные стоки богаты питательными веществами в легкоусвояемой форме, не имеют запаха и практически дегельмитизированы, что решает проблемы экологического и агрохимического характера.

На ферме должно быть минимум две лагуны, обеспечивающие последовательное накопление, 6-месячную выдерживание (обеззараживание) и выгрузку для весенне-осеннего внесения на поля годового объема навоза. В качестве материала для лагун используется в основном синтетическая, армированная, долговечная пленка, не теряющая эластичности при температуре до минус 40°C , устойчивая к воздействию ультрафиолета. Лагуны бывают двух видов: открытые и закрытые.

В первом случае монтируется только нижняя пленка (геомембрана), изолирующая грунт. Во втором — устраивается еще и верхняя плоскость. При устройстве лагун используются различные марки пленок. Нижняя пленка защищает от попадания навоза в почву. Верхняя пленка защищает навоз от потери азота и разжижения атмосферными осадками. Верхняя пленка более толстая и прочная, поскольку функционирует в более тяжелых условиях – воздействие УФ лучей, нагрузки при заполнении либо опорожнении лагуны [3].

Лагуна представляет собой котлован, выкопанный в земле (рис.1).

Основание котлована должно быть тщательно выровнено и утрамбовано. Основание и склоны котлована должны быть очищены от камней и чужеродных предметов, которые могут повредить материал геомембраны.



Рисунок 1- Плёночная лагуна

Подача навоза в лагуну производится насосом, установленным в навозосборном приямке животноводческого помещения. Выгрузная станция устраивается в месте, обеспечивающем подъезд тракторов с самовсасывающими бочками, оборудуется запорным вентиляем для длительного перекрывания выкачивающего трубопровода и пластинчатыми задвижками

для оперативного управления при загрузке бочек. Таким образом, полностью исключается попадание навоза на землю и загрязнение прилегающих территорий.

В лагуне желательно устанавливать миксеры, предназначенные для перемешивания, гомогенизации навоза перед опорожнением лагуны.

Таким образом, можно выделить несколько преимуществ пленочных лагун, актуальных для ферм нашей республики:

- пленочные лагуны могут обеспечить 100% противofильтрационный барьер (в связи с пористой структурой бетонные навозонакопители сильно уступают);
- стоимость пленочных лагун почти в 2,5 раза ниже аналоговых из бетона или металла;
- высокая скорость монтажа и возможность проводить работы и в холодное время года;
- ремонтоспособность;
- длительный срок службы обеспечивает инертность пленки к агрессивной среде навоза;
- нет ограничений по размерам.

Литература

1. Лукашевич, Н.М. Механизация уборки, переработки и хранения навоза и помёта: Учебное пособие. — Мозырь: Издательский Дом «Белый Ветер», 2000. — 248с.
2. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения. Предисл. и пер. с нем. П.Я. Семенова. М., «Колос», 1978
3. Интернет-портал [Электронный ресурс]/ — Режим доступа: agricons.spb.ru/services/46-agroinform/laguna.htm. — Дата доступа 02.09.2019.

УДК 631

КОНСТРУКЦИЯ ДИСКОВОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МОДУЛЯ С РАБОЧИМ ОРГАНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ТИПА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ИСПЫТАНИЙ

Тимошенко В.Я., к.т.н., доцент, **Жданко Д.А.**, к.т.н., доцент, **Хвоенок Е.А.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Во всех дисковых почвообрабатывающих орудиях с дисками различной формы и параметров они устанавливаются на ось вращения плоскостью вращения перпендикулярно ей. Для изменения глубины хода диска и ширины проделываемой в почве канавки требуется изменение его угла атаки. Однако изменением угла атаки невозможно существенно изменить качество крошения и рыхления почвы, являющимися основными показателями подготовки почвы к посеву.

Авторами предложена конструкция [1] дискового рабочего органа колебательного типа, который при поступательном движении почвообрабатывающего агрегата, продвигаясь в почве на определенной глубине, совершает поперечные колебания, интенсивно кроша и рыхля её верхний слой.

Конструктивным решением выполнения такой задачи может быть синхронизация работы дисков первого, второго и последующих рядов с помощью цепной передачи. Для этого на валах устанавливаются звездочки, с помощью которых оси цепью соединяются между собой, обеспечивая тем самым работу дисков в противофазе.

Конструкция одного из вариантов экспериментального дискового модуля почвообрабатывающего орудия (рисунок 1) представляет собой устройство с двумя вращающимися шестигранными осями на передней из которых жестко установлены плоские диски на шестигранных полых муфтах (рисунок 2, А, Б) с углом 30° по отношению к оси, а на второй оси установлены крестообразные дисковые устройства (рисунок 3), представляющие собой сваренные между собой под углом 30° плоские диски тех же размеров, что и диски на передней оси.

Применение шестигранного вала и полых шестигранных муфт вызвано необходимостью исключить ударные нагрузки в сторону наклона дисков. За счет применения шести-

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

гранных деталей стало возможным каждый следующий диск смещать по окружности на одну грань или на 60° .

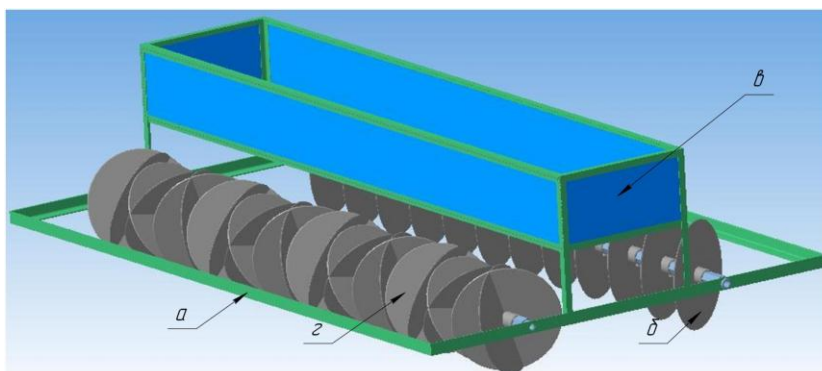


Рисунок 1 – Конструкция экспериментального почвообрабатывающего дискового модуля
а- рама; б- первая батарея; в- ящик для балласта; г- вторая батарея

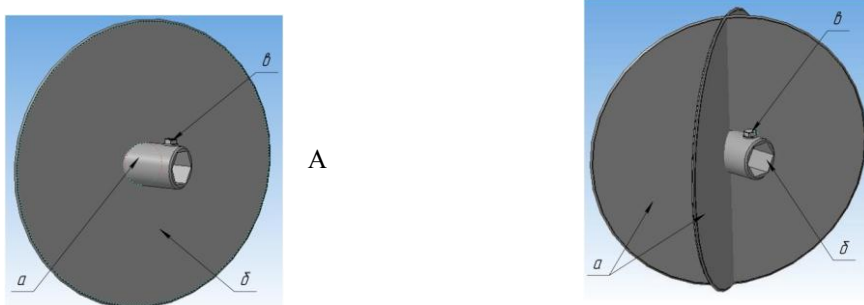


Рисунок 2 – А – Общий вид дискового рабочего органа первой батареи:
а- шестигранная полумуфта; б- плоский диск, закрепленный на полумуфте под углом 30° ; в- болтовое соединение полумуфты с валом; Б – Общий вид дискового рабочего органа второй батареи:
а- плоский диск, закрепленный на полумуфте под углом 30° ;
б- шестигранная полумуфта; в- болтовое соединение полумуфты с валом

Лабораторные испытания предложенного модуля проводились в почвенном канале кафедры «Сельскохозяйственные машины» БГАТУ. Обрабатываемой фон был идентичен фону вспаханной на зябь стерни (рисунок 3).



Рисунок 3 – Экспериментальный образец

В результате лабораторных испытаний модуля установлено, что необходимое качество подготовки указанного фона к посеву может быть обеспечено за один проход модуля с двумя рядами дисков (рисунок 3) – первого с косо поставленными дисками с углом атаки 30° и расстоянием между дисками 150 мм, а второго – с крестообразными дисками с углами атаки дисков 30° и расстоянием между серединами «крестов» 160 мм.

Плотность подготовленной к посеву почвы была в пределах $1,2 \dots 1,6 \text{ г/см}^3$, что соответствует предъявляемым агротребованиям.

1. Важнейшим преимуществом дисковых рабочих органов перед остальными является наличие постоянно обновляющейся рабочей поверхности, что позволяет им перекатываться через препятствия без забивания и залипания и качественно подрезать и перерезать растительные и пожнивные остатки.

2. Результаты испытаний устройства в почвенном канале показали, что диски, совершая поперечные колебательные движения при продольном перемещении агрегата, обеспечивают улучшение качества обработки почвы.

Литература

1. Сахапов Р. Л. Теоретические основы колебательных рабочих органов культиваторов. / Р.Л. Сахапов – Казань. : Издательство КФЭИ, 2001. – 194 с.
2. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин. / Л.Ф. Бабицкий – К. : Урожай, 1998. – 160 с.
3. Дубровский А. А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. / А.А. Дубровский – М. : Машиностроение, 1968. – 56 с.
4. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
5. Пат. РБ, №22082 Дисковый рабочий орган почвообрабатывающей машины. В.Я. Тимошенко, В. В. Ярош, А. Н. Прокопеня.
6. В. Я. Тимошенко, П. Н. Логвинович, А. Н. Прокопеня, А. В. Нагорный. Методика определения основных параметров дискового рабочего органа колебательного типа. Агропанорама №5, с.12-16.

УДК 631.331.022

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАПСА

Трибуналов М.Н.¹, к.т.н., доцент, **Оскирко С.И.¹**, к.т.н., доцент,

Напорко Ю.А.¹, **Дорофейчик Д.М.¹**, **Сапьян Ю.Н.²**

¹БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

²ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

На полях Беларуси рапс появился в середине 1980-х годов и сразу получил признание. Рапс стал источником увеличения производства ценного пищевого продукта для человека и питательного сырья для животных.

Основной задачей при возделывании рапса является повышение урожайности культуры при снижении производственных затрат. Возделывание сельскохозяйственных культур, высеваемых мелкозернистыми семенами, в настоящее время осуществляется дорогостоящими сеялками. Высев этих семян рядовыми сеялками уменьшает равномерность распределения семян по площади, уменьшает зону питания растений. Технологии возделывания включают применение различных видов сельхозмашин, многооперационность.

Поэтому разработка технологии гидропосева семян мелкозернистых сельскохозяйственных культур, направленная на решение вышеперечисленных задач, является актуальной важной проблемой.

Исследования технологического процесса возделывания рапса в настоящее время направлены на установление необходимых пределов, наиболее важных для практики факторов: обеспечению устойчивости и высокой равномерности высева посевного материала, рав-

номерной глубины заделки семян в почву, обеспечению установленной нормы высева семян, активно влияющих на показатели урожайности, а также направленных на поиск и разработки новых конструкций пневматических систем точного высева мелкозернистых семян сельскохозяйственных культур [1].

В настоящее время посев рапса проводят сплошным рядовым способом, при этом применяют пневматические сеялки типа СПР-6, С-6, СПУ-6, зернотравяную СЗТ-3,6 или зернольняную СЗЛ-3,6. Глубина заделки зависит от плодородия, влажности почвы и составляет от 1,5 см до 3,0 см [2].

Следует отметить, что низкий коэффициент внутреннего трения семян рапса усложняет технологию высева семян вышеуказанными типами сеялок. Так, чтобы выдержать установленную норму высева на зерновых сеялках, семена перед посевом смешивают с наполнителем семян (фосфамидом, гранулированным суперфосфатом) [3].

Переоборудование высевающих аппаратов для высева рапса приводит к увеличению коэффициента заполнения камеры в 1,1-1,2 раза, т.е. повышению нормы высева семян. При этом продольная полевая неравномерность высева достигает 35% и выше. Чтобы выдержать установленную норму высева зернопневматическими сеялками производят дражирование семян – обволакивание семян оболочкой для придания им круглой формы одинакового размера.

В этой связи представляют научный и практический интерес приобретенный опыт механизированного гидропосева мелкосеменных культур в Республике Беларусь, России, США, Англии, Германии и других странах для защиты земляных сооружений от водной эрозии [4].

Надо отметить, что зарубежные фирмы в своих технологиях гидропосева различных культур используют струю воды в качестве транспортирующего средства твердых частиц: семян, труднорастворимых минеральных удобрений, мульчирующих материалов и других компонентов суспензии.

Машины, в основном, имеют вид цистерн емкостью до 5000 л, установленных на платформы автомобилей или платформы прицепов, которые при необходимости снимают на хранение. Цистерны имеют один или два смесителя. Один предназначен для перемешивания семян, минеральных удобрений и мульчи в воде, а второй – для измельчения мульчирующего материала. Суспензия засасывается из цистерны центробежным насосом и подается под давлением около 0,6 МПа к распределителю с насадкой типа «крутого сопла» или «рыбьего хвоста» и далее с помощью струн подают на засеваемый участок. Как правило, распределитель (гидрометатель) устанавливают на площадке над центробежным насосом вместе с двигателем перед цистерной или позади нее.

В 1969-2009 годах метод гидропосева получил широкое применение в мелиорации, дорожном строительстве Республики Беларусь и Российской Федерации.

В настоящее время продолжается работа по созданию гидравлических высевающих аппаратов для использования этого способа в сельском хозяйстве [5].

Из всех существующих конструкций гидросеялок и технологий гидропосева установлено, что рациональным решением при возделывании рапса является применение для гидросеялок высевающей штанги с насадками дефлекторного типа.

Использование в технологии возделывания рапса гидросеялки, оборудованной штангой с дефлекторными насадками, позволит повысить равномерность высева, а значит повысит урожайность, снизит расход семян. Отпадает необходимость использования работы оператора.

Литература

1. Рекомендации по интенсивной технологии возделывания рапса / - Липецк ВНИПТИР, 1987 – 71 с.
2. Буряков Ю.П. Рапс озимый и яровой / Ю.П. Буряков, В.А. Москотин, Е.И. Ревкин [и др.]; под общ. ред. Ю.П. Бурякова. – М.; 1983 – 45 с.
3. Артемов И.В. Рапс / И.В. Артемов. – М.; Агропромиздат, 1999 – 44 с. – (Корма – основа интенсификации животноводства).

4. Кондратьев В.Н. Разработка технологий и средств механизации для биологических закреплений откосов: дис. ... д-ра техн. наук 06.07.1995г. – В.Н. Кондратьев. – Минск, 1994 – 651 с.
5. Кондратьев В.Н. Усовершенствование дефлекторных высадок к штанге для посева рапса / В.Н. Кондратьев, Ю.А. Напорко // Издатель. – 2010. - №1. – с. 37-38.

УДК 631.358:633.521

НОВЫЙ СПОСОБ ТЕРЕБЛЕНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА
Трибуналов М.Н., к.т.н., доцент, **Оскирко С.И.,** к.т.н., доцент,
Напорко Ю.А., Дорофейчик Д.М.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Лен-долгунец является одной из важных технических культур и практически единственным сырьем текстильной промышленности для производства широкого спектра изделий бытового и технического назначения. Возделывание льна воспринимается сегодня в стране как дань традициям предков для поддержания ремесел и изготовления сувенирной продукции. Вместе с тем лен для Республики Беларусь является исторически традиционной культурой, символом страны, его цветки изображены на Государственном гербе. Льноволокно и изделия из льна востребованы на мировом рынке и являются источниками валютных поступлений. Льняное масло также является ценным пищевым продуктом. По масштабам производства льноволокна Республика Беларусь занимает четвертое место в мире после таких ведущих экономик как Китай, Франция и Россия и первое место - на душу населения.

Уборка урожая самый ответственный и трудоемкий этап при производстве льна-долгунца. Во всех технологиях первой и важной операцией при уборке льна является теребление - выдергивание растений льна из почвы, которое производится теребильным аппаратом - рабочим органом льноуборочных машин, производящим теребление льна-долгунца. Согласно агротехническим требованиям на уборку льна, чистота теребления растений должна быть не менее 99 %.

Теребильные устройства льноуборочных машин представляют собой несколько пар бесконечных плоских ремней, смежные ветви которых прижимаются друг к другу роликами и образуют так называемые теребильные ручьи. Возможно также сочетание плоского бесконечного ремня и обрешиненного шкива. Различают прямолинейные и криволинейные ленточно-роликовые и ленточно-дисковые теребильные ручьи. В зависимости от направления теребильных ручьев относительно движения машины, теребление стеблей льна происходит в продольной или поперечной плоскостях.

Все известные способы уборки льна включают теребление стеблей льна с одновременным очесом семенных коробочек или без очеса и последующий расстил стеблей в ленту льна на поле [1,2].

Известны способы уборки льна-долгунца включающие теребление льна с одновременным очесом семенных коробочек или без него и расстил стеблей в ленту льна на поле поперек аэрационных каналов, которые образуются над поверхностью почвы путем формирования гребней или аэрационных каналов, образованных путем выдавливания их в почве [3,4].

Основной недостаток всех этих способов уборки льна-долгунца заключается в том, что расстил ленты проводится на почву, которая практически не имеет травяного покрова. Кроме того, при тереблении стеблей льна происходит рыхление почвы на глубину залегания корней растений в зоне их расположения и в дождливую погоду возникает повышенный капиллярный контакт между нижним слоем стеблей льна и почвой. Это существенно снижает эффективность сушки стеблей, вызывает адгезию на них почвы, что в конечном итоге снижает качество льноволокна и увеличивает его потери.

Во Франции известен способ и машина для сбора волокнистых растений, в частности льна, который включает теребление стеблей из почвы с последующей обрезкой и сбором вершинной и корневой частей стеблей льна и укладкой срединной части в ленту на поле [5].

Данному способу уборки льна также присущи вышеуказанные недостатки, а также сложность и невозможность обеспечения надежной обрезки волокон комлей и верхушек стеблей льна и увеличенные потери волокна.

В России предложен способ производства льна-долгунца на волокно, включающий жатву льна с образованием стерни высотой не более 10 см с одновременным очесом семян, расстил льносоломы в ленту на стерне до образования тресты для волокна, подбор тресты с последующей запашкой пожнивных остатков [6].

Применение жатвы - среза стеблей льна-долгунца вместо их теребления является весьма трудной и до настоящего времени практически нерешенной проблемой, а также увеличит потери льноволокна.

Задачей данного обзора является изыскание и обоснование нового способа уборки льна-долгунца, который позволил бы обеспечить повышение качества льнотресты, сокращение сроков ее вылежки, снижение адгезии почвы на стеблях льна. Последнее требование значительно улучшит условия труда при заготовке и переработке льнотресты.

При изучении размеров, физико-механических и химических характеристик льняных волокон в различных частях стебля выявлено, что близкие к корню волокна обладают очень плохими характеристиками, т.е. одревесневшие и плохо поддающиеся разделению находятся в зоне 5-7 см от семядоли. Волокна льна на стебле от корневой шейки до первого листа отсутствуют, а прочность волокон в комлевой части на высоте до 10 см составляет около 40% от максимальной прочности стебля [7]. Исходя из отмеченных свойств стеблей льна, можно обеспечить надежный их срез на высоте до 5 см при условии обеспечения их предварительного натяжения.

Поставленная задача достигается тем, что в предлагаемом способе уборки льна-долгунца, включающем теребление стеблей с одновременным очесом семенных коробочек или без него, срезание стеблей льна происходит вблизи корневой шейки в момент начала защемления стеблей льна в теребильных устройствах с последующей укладкой ленты льна на полученную стерню.

Предлагаемый способ уборки льна-долгунца иллюстрируется рисунком и осуществляется следующим образом. В процессе уборки стеблестой льна 1 с помощью делителей 2 разделяется на полосы, которые подводятся к теребильному устройству 3 и защемляются в теребильных ручьях. В момент начала защемления и натяжения стеблей льна вместо выдергивания производится их срезание режущим аппаратом 4 вблизи корневой шейки. В результате этого корневища льна и сорняков остаются в почве и на поле образуется стерня 5 высотой около 50 мм, на которую затем расстилаются стебли льна в виде ленты 6.

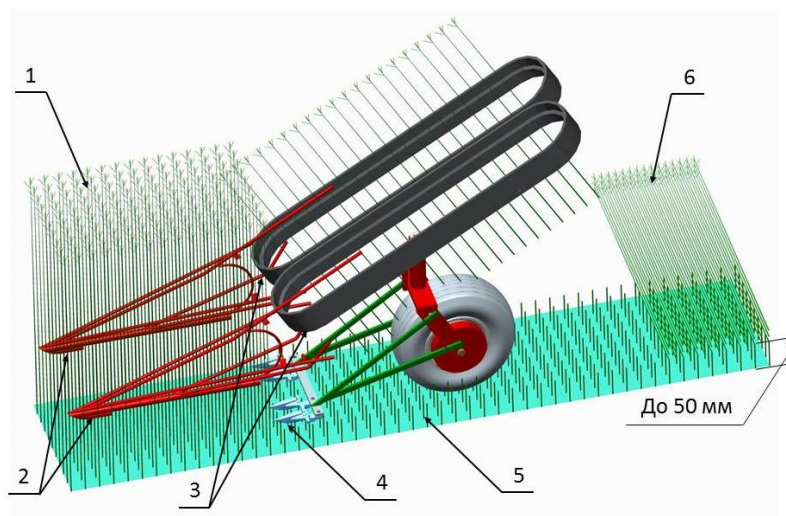


Рисунок 1

Предложенный способ уборки льна-долгунца позволит обеспечить минимальный контакт почвы с лентой стеблей льна, особенно в дождливую погоду, а также снизить адгезию почвы на стебли льна из-за того, что поверхностный слой почвы не разрушается вырванными корневищами и сохраняется растительный слой, который благоприятно влияет на процессы вылежки льнотресты.

Укладка стеблей льна на стерню способствует ускорению процесса сушки льнотресты при неблагоприятных погодных условиях и в конечном итоге обеспечивает сокращение сроков ее вылежки, а также повышение качества и выхода льноволокна.

Грубые прикорневые волокна отрезаются и остаются на поле. Они не используются в текстильном производстве, особенно в бытовых тканях, так как в смеси с хорошими волокнами они существенно снижают номер вырабатываемой пряжи.

Отсутствие в ленте льна загрязненных земель корневищ льна и сорняков плюс низкая адгезия почвы на стеблях льна обеспечат значительное улучшение условий труда работников по условиям запыленности рабочей зоны при заготовке и переработке льносырья.

Литература

1. Шлыков М.И. Льноуборочный комбайн ЛК-7. – М.: Сельхозгиз, 1954
2. Баранов И.В. Новожилов Н.П. Комплексная механизация возделывания и уборки льна-долгунца.-Л.: Колос,1972.
3. Патент РФ № 2239979 Способ уборки льна-долгунца
4. Патент РФ 2522319 Способ уборки льна-долгунца
5. Патент FR 2866517 (A1) Способ и машина для уборки льна
6. Патент РФ 2236112, МКИ А01D 91/04. 2004 Способ производства льна-долгунца на волокно
7. Черников В.Г. Машины для уборки льна (конструкция, теория и расчет). – М, ИНФРА – М, 1999, с.210

УДК 631.3.004.504.064.34

ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Чумак Т.М., Сушко Д.И., Карпиевич Н.М.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

К основным показателям, характеризующим состояние топливной аппаратуры дизельных двигателей, от которого зависит расход топлива, относятся:

- угол опережения подачи топлива в цилиндры двигателя;
- степень неравномерности подачи топлива насосом;
- частота вращения кулачкового вала топливного насоса, соответствующая началу действия регулятора;
- давление впрыска и качество распыла топлива;
- пропускная способность фильтрующих элементов и др.

Так, отклонение угла подачи топлива на 3–5° увеличивает удельный расход топлива на 4–8 %; неисправность или неправильная регулировка одной форсунки – на 15–20 %, неотрегулированный топливный насос – на 20–27 %.

Существенно влияет на экономичность дизельных двигателей качество регулировки топливного насоса на начало действия регулятора. Неправильная установка начала действия регулятора увеличивает подачу насоса (до 3 кг/ч по сравнению с номинальным значением), дизель работает с дымным выпуском отработавших газов, растет коксование распылителей, снижаются показатели работы двигателя. Регулярная проверка и настройка начала действия регулятора насосов двигателей Минского тракторного завода позволяет сэкономить на один трактор Беларус 80.1/82.1 в среднем 400 кг дизельного топлива в год.

Исследования причин падения экономичности двигателей, проведенные ГОСНИТИ, показали, что через каждые 100 ч работы дизелей под нагрузкой расход топлива увеличивается примерно на 1 %. Наиболее частые неисправности, влияющие на топливную экономичность - закоксованность распылителей форсунки, потеря герметичности распылителей, неравномерная подача топлива в цилиндры, неточность момента впрыска топлива, чрезмерное засорение фильтрующих элементов топлива и воздуха, износ подшипников скольжения турбокомпрессора и др. эти неисправности возникают из-за нарушения режимов эксплуатации тракторов, заправки баков неотстоенным топливом, несвоевременного и некачественного технического обслуживания дизеля. Годовой перерасход топлива по этим причинам достигает 1,0–1,5 т.

Потери топлива из-за неплотного соединения топливопроводов при некачественном техническом обслуживании встречаются у 20–30 % тракторов. По этой причине теряется 4–5 кг топлива в сутки на трактор.

Потери топлива можно уменьшить на 30 % только за счет строгого соблюдения планово-предупредительной системы диагностирования и еще настолько же – за счет внедрения перспективных методов и средств диагностирования. Около 4 % теряемого топлива можно сохранить при хорошем качестве ремонта двигателей, прежде всего, топливной аппаратуры, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов.

Для устранения перерасхода топлива необходимо:

1) проверять расход топлива не через 1000, а через 500 моточасов, что позволяет гораздо раньше выявлять перерасход;

2) обучать мастеров-наладчиков и мастеров-диагностов контролю расхода топлива на холостом ходу, что не требует тормозных установок, которые отсутствуют в хозяйствах. Если расход топлива превышает допустимые пределы, целесообразно повторить измерения на СТот или СТОА с использованием специальных стендов;

3) организовать приобретение предприятиями расходомеров топлива;

4) предусмотреть на всех ремонтных заводах контроль топливной экономичности отремонтированных двигателей с доведением этого показателя до нормы.

Существенное влияние на экономичность работы двигателя оказывает соблюдение его теплового режима. В холодном двигателе больше тепла уходит в охлаждающую жидкость, хуже протекают процессы смесеобразования и горения, возрастает внутреннее трение. При снижении температуры охлаждающей жидкости ниже 75–85 °С расход топлива возрастает до 10–12 %.

Литература

1. А.В. Новиков. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства : учебное пособие /А.В. Новиков, И.Н. Шило, В.Н. Кецо [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009.
2. М.М. Севернев. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. – М.: Ураджай, 1994.
3. Диагностика и техническое обслуживание машин: практикум: учеб. пособие / А.В.Новиков [и др.]; под ред. А.В.Новикова. – 2-е изд., пересмотренное. – Минск : БГАТУ, 2011. – 344 с.

УДК 621.565

ДИАГНОСТИКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ МОЛОКООХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент, Швед И.М., Назарова Г.Ф.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Смазочное масло внутри замкнутой магистрали холодильного агрегата циркулирует вместе с хладагентом. По характеру растворимости с маслами холодильные агенты бывают нерастворимые (растворимостью можно пренебречь), с ограниченной растворимостью и неограниченной растворимостью. Типичным представителем нерастворимых в маслах

холодильных агентов является аммиак. В аммиаке масла тонут, во фреонах – всплывают. Большинство холодильных агентов смешиваются с маслами в ограниченном интервале температур, разделяясь на два слоя при достижении критической температуры.

Свойство хладагентов растворять смазочное масло усиливает его вынос из компрессора в систему. Масло, находящееся в картере отключенного компрессора, поглощает определенную часть хладагента. Образующаяся при запуске компрессора паромасляная эмульсия всасывается поршнями и затем нагнетается в конденсатор. В результате из компрессора в холодильный контур уходит большое количество масла

Поскольку количество уносимого компрессором масла сравнительно мало зависит от режима работы машины (t_0 , t_k), доля уносимого масла по отношению к количеству циркулирующего холодильного агента увеличивается с понижением t_0 . По этой причине, а также с учетом ухудшения растворимости масла при низких температурах, обеспечение бесперебойной циркуляции масла в низкотемпературных холодильных машинах усложняется.

Уносимое масло не должно накапливаться в конденсаторе или ресивере. Этому условию в наибольшей степени удовлетворяют масла с неограниченной растворимостью в холодильном агенте при температурах конденсации. К таким маслам, используемым в сочетании с R22, принадлежит ХФ22с-16, ХФ22-24, ХМ35, ХСН40, ПФГОС4. При использовании масел с ограниченной растворимостью в области температур конденсации возможно залегание масла в конденсаторе.[1].

Возврат масла из испарителей происходит лучше всего у масел с неограниченной растворимостью при заданных температурах кипения холодильной машины. Условия для возврата улучшаются при использовании маловязких масел, поскольку они легче захватываются потоком всасываемого холодильного агента. Для возврата масла из испарителя в компрессор большое значение имеют характеристики раствора, насыщенного холодильным агентом в перегретом состоянии. На входе в испаритель масло растворяется в холодильном агенте, при этом вязкость раствора близка к вязкости чистого холодильного агента. По мере того, как жидкий холодильный агент проходит испаритель, он нагревается. К концу кипения остается насыщенное холодильным агентом масло. Подогрев должен быть таким, чтобы вязкость масла (раствора) оказалась достаточно низкой для возврата в компрессор. Участок трубопровода, на котором вязкость достигает максимального значения, определяет возможность или невозможность возврата масла.

Изменение вязкости масла в картере компрессора подчиняется сложной зависимости. При заданном постоянном давлении в картере содержание холодильного агента в масле увеличивается с понижением температуры, и вязкость снижается. При повышении температуры содержание холодильного агента в масле уменьшается, и вязкость раствора приближается к вязкости чистого масла, поэтому дальнейшее повышение температуры уменьшает вязкость масла. Каждому давлению в картере соответствует температура, при которой раствор имеет наивысшую вязкость.

На участках паровой фазы магистралей всасывания и нагнетания масло и хладагент стремятся разделиться. Малая скорость паров хладагента (менее 4 м/с) способствуют оседанию масла под действием силы тяжести на дно трубопровода

Большая скорость паров хладагента (свыше 8 м/с) заставляет масляную пленку стекать вниз. Стекающая масляная пленка снижает интенсивность теплообмена.

Большое количество масла на 20 % снижает холодопроизводительность установки. Отрицательные уклоны способствуют образованию масляных пробок и, как следствие, возникновению гидравлических ударов

В испарителе при кипении маслохладонового раствора выделяется наиболее летучий компонент – хладагент. Поэтому концентрация масла увеличивается, повышая температуру кипения раствора по сравнению с температурой кипения чистого хладагента. Скопление масла в испарителе снижает его количество в компрессоре. Ошибкой эксплуатации молокоохладительных установок является периодическое пополнение картера компрессора

маслом при отсутствии заметных утечек масла из системы. Периодическая дозаправка установки маслом переполняет им испарительный узел.

Реле контроля смазки должно выключать компрессор при падении давления в системе смазки ниже 0,17–0,80 МПа. Приведенные величины давлений берутся по отношению к изменяющемуся давлению в картере компрессора. Низкое давление включения реле контроля смазки увеличивает продолжительность работы компрессора, а высокое – систематически его выключает.

Для обнаружения причин снижения уровня масла проверяют компрессор, а иногда и весь агрегат. Уровень масла в картере компрессора проверяют через смотровое стекло. При работающем агрегате уровень масла должен соответствовать центру смотрового стекла. Если уровень масла ниже центра стекла, то масло необходимо добавить, а если выше центра указателя, то избыточное количество масла сливаю

В компрессорах с принудительной смазкой периодически проверяют давление масла. Определение давления производят по разнице замеряемых давлений: развиваемого масляным насосом и величиной давления всасывания. Нормальное давление обеспечивается в пределах 0,21–0,28 МПа

При недостатке смазки может произойти заклинивание вала. Причинами неудовлетворительной работы насоса могут быть попадание в него пара хладагента или засорение фильтра грязью или шламом. Если в работающий масляный насос попали пары хладагента, то давление масла не повышается.

Синтетические масла сравнительно мало изменяют свою вязкость с изменением температуры, поэтому они рекомендуются для низкотемпературных установок (ниже –40 °С). Синтетические масла, как правило, имеют лучшие смазывающие качества, более высокую термическую стабильность и стабильность свойств в смеси с холодильными агентами, более низкие температуры застывания. Недостатком синтетических масел (по сравнению с минеральными) является их относительно высокая стоимость. В быстроходных и многоцилиндровых машинах нагрев сопрягаемых деталей от трения более высокий, чем в машинах с меньшей частотой вращения и меньшим количеством цилиндров. Так как вязкость масла при нагреве уменьшается, то для быстроходных и многоцилиндровых машин необходимо применять масла с большей вязкостью. Иногда на требуемую вязкость масла влияют конструктивные особенности машины, поэтому в паспорте машины завод-изготовитель указывает рекомендуемые марки масел[2].

Изложенные в статье рекомендации по повышению работоспособности масляной системы позволят значительно продлить службы холодильного агрегата млекоохладительных установок.

Литература

1. Жук, Н.П. Холодильные агенты: пособие для слушателей курсов повышения квалификации / Н. П. Жук, И. Е. Дацук. — Минск : АПИМХ, 2015. — 71 с.
2. Бабакин, Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем: монография / Б.С. Бабакин. – Рязань : Узорочье, 2003. – 470с.

УДК 621.565

ПРИЧИНЫ ОПАСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент, Китун А.В., д.т.н., профессор, Швед И.М.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Спиральные компрессоры, имея меньше движущихся частей по сравнению с поршневыми, обеспечивают их большую надежность. Однако, как показывает практика, спиральные компрессоры иногда преждевременно выходят из строя [1].

Опасные режимы (степень сжатия выше 20) для спиральных компрессоров (расчет по абсолютному давлению) вызваны тремя причинами. Первая из них – это слишком «глубокая» откачка паров перед остановкой (установка реле низкого давления слишком малая). Вторая причина вызывается тем, что установка реле высокого давления слишком высока при очень высокой температуре конденсации. Третья причина – ледяная пробка в терморегулирующем вентиле (из-за влаги в контуре). Спиральный компрессор способен бесперебойно работать в различных неблагоприятных условиях (зависит от компоновки и условий эксплуатации системы) благодаря двум видам согласования: осевому и радиальному.

Осевое согласование позволяет механическим частям (спиралям и подшипникам) разгружаться в случае очень высокой степени сжатия (выше 20). Первая ступень разгрузки спиралей создает внутренний частичный байпас сжатого газа в область низкого давления по верх торцов спиралей (рис.1). Вторую ступень разгрузки осуществляет плавающее уплотнение. Плавающее уплотнение подходит к положению, близкому к остановке. Байпас полный, минуя спиральный блок. Эта система разгрузки самонастраивающаяся: механические части возвращаются в положение нормальной работы, как только степень сжатия становится ниже 20. Вторую ступень разгрузки осуществляет плавающее уплотнение. Плавающее уплотнение подходит к положению, близкому к остановке. Байпас полный, минуя спиральный блок. Эта система разгрузки самонастраивающаяся: механические части возвращаются в положение нормальной работы, как только степень сжатия становится ниже 20.

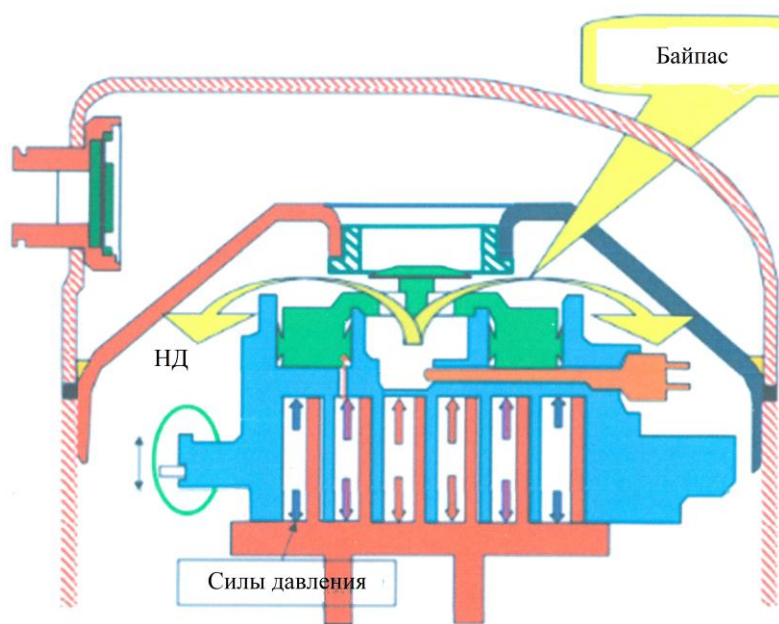


Рисунок 1 – Движение хладагента при первой ступени разгрузки спиралей (положение «Пуск»)

Уплотнение отжимается в осевом направлении вниз, пропуская газ из области высокого давления в область низкого давления. Отжимается также вверх в осевом направлении неподвижная спираль (рис. 2).

Вращающаяся спираль контактирует с неподвижной спиралью во время работы компрессора. До начала работы боковые поверхности спиралей не соприкасаются друг с другом. В случае залива жидкостью или попадания механических частиц позволяет вращающейся и неподвижной спиральям разъединяться в горизонтальном направлении.

Спиральный компрессор допускает лишь кратковременное и небольшое попадание жидкого хладагента или масла. Поэтому вероятна возможность гидравлического удара для него. Результатом гидравлического удара является разрушение спиралей компрессора ввиду невозможности сжатия ими жидкости. Сначала разрушается подвижная спираль, затем неподвижная и потом муфта Ольдгейма.

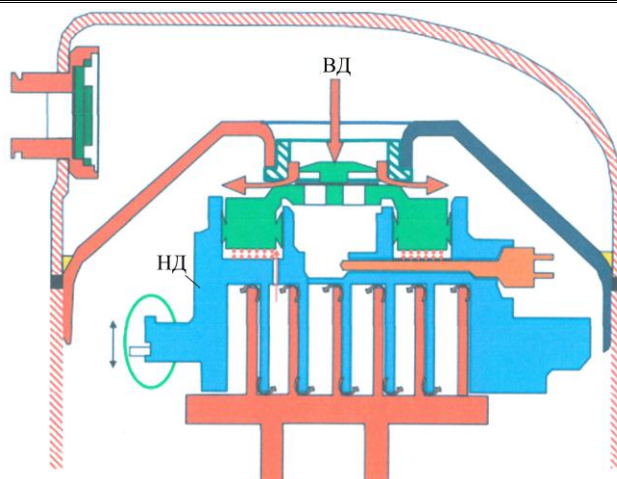


Рисунок 2 – Осевое согласование в положении «Чрезмерное давление»

Если компрессор немедленно не остановить, то будет продолжаться дальнейшее разрушение деталей, находящихся в области сжатия. В результате появления металлических частиц может произойти повреждение электродвигателя.

Значительный залив жидкостью в переходные периоды возможен по следующим причинам: пуск после длительной стоянки в холодном помещении, возвращение в режим охлаждения после разморозки. Из-за частого включения и коротких периодов работы компрессора происходит вынос масла в систему, что влечет за собой недостаток смазки. Хотя на спирали компрессора требуется подавать мало масла, оно покидает компрессор при пуске. Короткие периоды работы компрессора затрудняют возврат масла в него и, как следствие, вызывают недостаток смазки. Чрезмерный залив хладагента разжижает масло, вызывая выход из строя подшипников недостаточной смазкой.

Для обеспечения достаточной смазки, с одной стороны, важно особенно внимательно следить за минимальной разницей между температурой внизу корпуса и температурой кипения. С другой стороны, максимальная температура снизу корпуса не должна превышать 93°C . Измеряется данная температура вблизи самой нижней точки по центру компрессора. Верхняя часть компрессора и линия нагнетания могут кратковременно нагреваться до температуры 175°C (при срабатывании встроенной защиты компрессора). Температура линии нагнетания: 135°C недопустима; 120°C – опасность коксования масла; меньше 110°C – желательная. Для увеличения продолжительности срока службы компрессора необходимо ограничивать время его работы при температуре нагнетания более 120°C [1]

Рассмотрены причины, приводящие к опасным режимам работы спиральных компрессоров. Учитывая их, можно значительно продлить срок службы компрессоров.

Литература

1. Бабакин, Б.С. Спиральные компрессоры в холодильных системах. Монография./ Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин. — Рязань: Узорожье, 2003. – 379 с.

УДК 621.929:636(476)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА МЕШАЛКИ НА ПЛОЩАДЬ ЕЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Швед И.М., Громыко Д.А.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Одним из определяющих конструкционных параметров миксера, влияющего на энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза, является площадь рабочей поверхности мешалки. В статье теоретически обоснована зависимость площади рабочей поверхности мешалки от ее диаметра.

В процессе хранения жидкий навоз расслаивается и его необходимо периодически перемешивать. Качественное его перемешивание зависит главным образом от скорости движения навозной массы, перемещаемой в струе потока жидкого навоза, который создается при вращении мешалки миксера. При этом объем перемещаемой массы жидкого навоза главным образом будет зависеть от площади рабочей поверхности мешалки.

Цель работы – теоретическое обоснование зависимости площади рабочей поверхности мешалки от ее диаметра.

При длительном хранении навоз расслаивается, и образуются слои. Для перемешивания легких включений из соломы, сена и опилок, которые всплывают вверх, мешалку миксера поднимают, а для перемешивания осадка на дне мешалку миксера опускают.

В процессе работы миксера в среде жидкого навоза за мешалкой, при ее вращении, возникает область пониженного давления, способствующая подаче навозной массы на лопасти. Лопасти, захватывая навозную массу, перемещают ее в продольном направлении, создавая перед мешалкой область повышенного давления. Одновременно с этим навозная масса участвует и во вращательном движении, способствующем перемешиванию взвешенных частиц навоза.

Перемешивание жидкого навоза характеризуется двумя одновременно протекающими процессами [1]:

- переносом крупных частиц жидкого навоза с потоком, создаваемым мешалкой;
- пульсационные движения жидкого навоза.

Пульсационные движения и их интенсивность непосредственно связаны с движением потока перемешиваемого жидкого навоза.

Формирование скоростей в жидком навозе определяется такими факторами как внешние движущие силы, приложенные к навозу; гидродинамическое сопротивление на неподвижных поверхностях; обмен энергии между соседними слоями жидкости [2, 3].

Внешними движущими силами, приложенными к навозу, являются силы, создающие упор от воздействия на массу навоза лопастями мешалки и чем больше будет рабочая поверхность лопасти, тем больше будет и сила воздействия на массу навоза, необходимая для его перемещения, так как с увеличением площади рабочей поверхности лопасти мешалки будет увеличиваться и масса навоза, перемещаемая ими.

Рабочая площадь мешалки зависит главным образом от размера лопастей и их количества, и определяется по формуле:

$$S_m = nS_l, \tag{1}$$

где S_l – площадь лопасти, m^2 .

Лопасть, установленная на мешалке, приближенно представляет собой форму эллипса. При этом следует вычесть сегмент лопасти, при закреплении ее на ступице мешалки. Для определения площади лопасти выполним расчетную схему (рисунок 1).

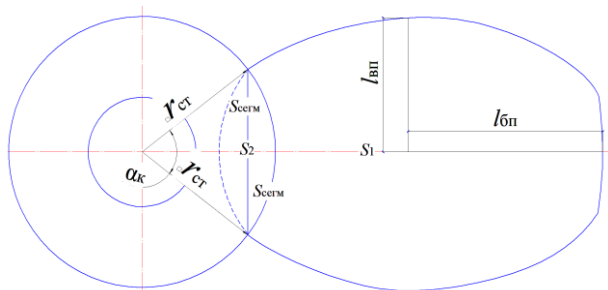


Рисунок 1 – Расчетная схема для определения площади лопасти

Из рисунка 1 площадь лопасти можно определить из выражения:

$$S_l = S_1 - S_2, \tag{2}$$

где S_1 – площадь рабочей поверхности лопасти, m^2 ; S_2 – площадь вычитаемой части лопасти, m^2 .

Так как площадь лопасти приближенно представляет собой форму эллипса, то ее площадь определится из выражения:

$$S_1 = \pi l_{\text{вп}} l_{\text{бп}}, \quad (3)$$

где $l_{\text{вп}}$ и $l_{\text{бп}}$ – длины верхней и боковой полуоси лопасти, м.

Длина верхней полуоси лопасти равна половине ее ширины [4]:

$$l_{\text{вп}} = 0,5B = 0,5bd_m, \quad (4)$$

где B – ширина лопасти, м; b – коэффициент максимальной ширины лопасти в плановой проекции.

Длина боковой полуоси лопасти равна половине разности радиусов мешалки r_m и ступицы $r_{\text{ст}}$. Диаметр ступицы обычно не превышает одной пятой части диаметра мешалки [5]. Тогда выразив $r_m = 0,5d_m$ и $r_{\text{ст}} = 0,1d_m$ определим длину боковой полуоси лопасти:

$$l_{\text{бп}} = 0,5(0,5d_m - 0,1d_m) = 0,2d_m. \quad (5)$$

Тогда подставив выражения (4) и (5) в формулу (3) определим площадь лопасти:

$$S_1 = 0,1\pi b d_m^2. \quad (6)$$

Площадь вычитаемой части лопасти определится по формуле:

$$S_2 = 2S_{\text{сегм}} = r_{\text{ст}}^2 \left(\pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} - \sin \alpha_k \right), \quad (7)$$

где $S_{\text{сегм}}$ – площадь вычитаемого сегмента лопасти, м²; α_k – угол обхвата ступицы лопастью, град.

Тогда выразив $r_{\text{ст}}$ через d_m преобразуем формулу (7). После преобразования площадь вычитаемой части лопасти определится из выражения:

$$S_2 = 0,01d_m^2 \left(\pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} - \sin \alpha_k \right). \quad (8)$$

Подставив выражения (6) и (8) в формулу (2), определим площадь лопасти:

$$S_{\text{л}} = 0,01d_m^2 \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right). \quad (9)$$

Тогда подставив формулу (9) в выражение (1) определим рабочую площадь мешалки:

$$S_m = 0,01nd_m^2 \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right). \quad (10)$$

Из формулы (10) видно, что рабочая площадь мешалки зависит от конструктивных параметров мешалки: диаметра, количества лопастей на ней и угла обхвата ступицы лопастью.

Таким образом, из уравнения (10) видно, что на рабочую площадь мешалки влияет не только ее диаметр, а и такие конструктивные параметры как количество лопастей на ней и угол обхвата ступицы лопастью. При этом при подстановке значений угла обхвата ступицы лопастью максимальная площадь рабочей поверхности мешалки наблюдается при угле обхвата 0° , что не адекватно реальному положению вещей ($\alpha_k > 0^\circ$), а следовательно, рациональный угол обхвата ступицы лопастью находится в пределах 60° – 120° .

Литература

1. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л. : Химия, 1984. – 336 с.
2. Емин, О. Н. Выбор параметров и газодинамический расчет осевых компрессоров и турбин авиационных ГТД : учеб. пособие / О. Н. Емин, В. Н. Карасев, Ю. А. Ржавин. – М. : Дипак, 2003. – 156 с.
3. Дамдинова, Д. Р. Машины для перемешивания материалов / Д. Р. Дамдинова. – Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2000. – 140 с.

4. Беляев, В. М. Расчет и конструирование основного оборудования отрасли : учебное пособие / В. М. Беляев, В. М. Миронов. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 288 с.
5. Ворожцов, О. В. Повышение эффективности перемешивания жидкого навоза в пленочных навозохранилищах – лагунах / О. В. Ворожцов // Вестник Псковского государственного университета. Серия : Технические науки. – Псков : Псков ГУ, 2012. – № 1. – С. 186–189.

УДК 631.3

ИЗМЕРЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ «SPIDER 8»

Яновский Д.А., Зенов А.А., Бондаренко Д.Н., Мельникова Н.Ю.


БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь, как и во всех развитых странах мира вопрос энергосбережения очень остро стоит во всех секторах экономики, в том числе и в сельском хозяйстве. В настоящее время при конструировании новой сельскохозяйственной машины основными критериями являются не только производительность, качество работы, но и затраты энергии при ее агрегатировании. Повышение энергозатрат, в следствие увеличения тягового сопротивления может быть вызвано различными факторами, такими как: ошибки в расчетах при конструировании, некачественное изготовление машины вследствие как низкоточного оборудования, так и человеческого фактора, неправильный выбор режима работы (скорости движения, глубины обработки) и так далее. Чтобы исключить данные факторы перед запуском машины в производство изготавливается рабочий орган, выполняющий основную сельскохозяйственную операцию в данной машине и проводят испытания на нем. Одним из методов измерения тягового сопротивления рабочего органа является тензометрирование.

Почвенный канал кафедры сельскохозяйственных машин УО «БГАТУ» оборудован мобильным измерительным усилителем «Spider 8» для проведения испытаний по определению тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающих машин. Оборудование представляет собой цифровой мобильный измерительный усилитель для измерения таких величин, как, деформация, перемещение, сила, давление, пройденный путь, ускорение, температура. Все элементы, связанные с измерениями и обработкой сигналов, организацией питания датчиков, усилением, аналого-цифровым преобразованием, передачей данных во внешнюю вычислительную среду объединены в одном корпусе.

Настройка параметров и работа усилителя происходила при помощи компьютера с помощью программы catman® Professional 4.5. Рабочий орган закрепляется на тележке почвенного канала, с возможностью изменения скорости движения.

Для выполнения измерений необходимо запустить программу Catman® Professional 4.5 и открыть вкладку «I/O channel (Канал ввода / вывода) (Рисунок 1). В верхней части листа, в рамке «Hardware devices (Аппаратные устройства)», нажать «Device scan (Сканирование устройства)». После сканирования программа показывает подключенное устройство (в нашем случае это Spider 8) и семь активных каналов ввода/вывода.

Первый канал «Time device» предназначен для записи времени. Остальные 6 (Device_1 CH 0 - Device_1 CH 5) для записи показаний подключенных датчиков. Неиспользуемые каналы необходимо выключить нажатием виртуальной кнопки .

Для преобразования значений получаемых от датчика в нужную физическую единицу необходимо перейти к столбцу «Scaling (Перевод)» и нажать правой кнопкой мыши по необходимому каналу выбрав пункт «User». Откроется окно для тарирования «Define user scaling (Определить пользовательский перевод)» в котором можно выполнить тарировку рабочего органа либо загрузить уже готовую настройку (Рисунок 2). Для загрузки настройки необходимо нажать «Load from file (Загрузить из файла)», найти файл с тарировкой, выбрать необ-

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

ходимую и нажать «Open (Открыть)». После этого необходимо убедиться что значения для перевода заданы.

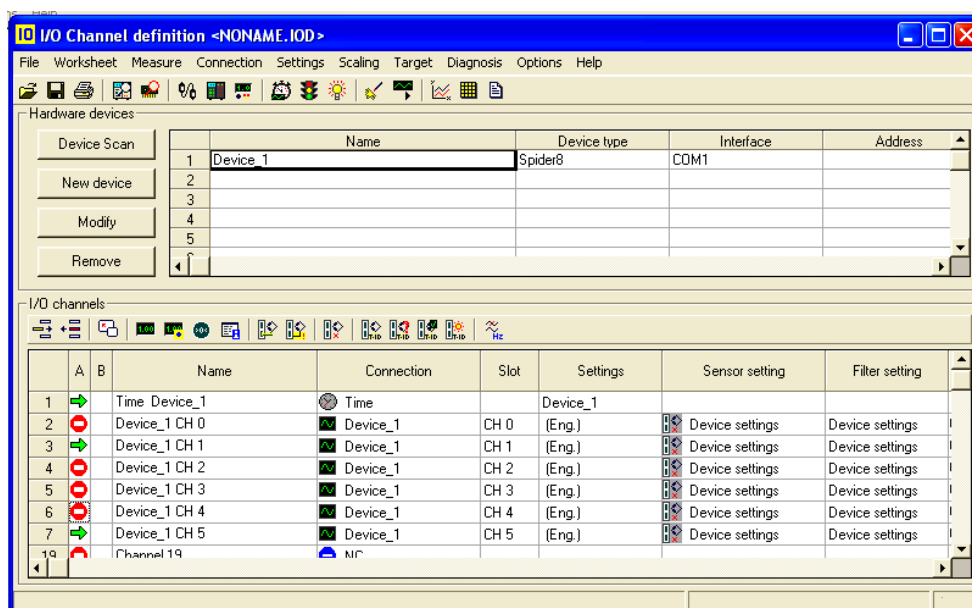


Рисунок 1 – Меню «I/O channel (Канал ввода / вывода)»

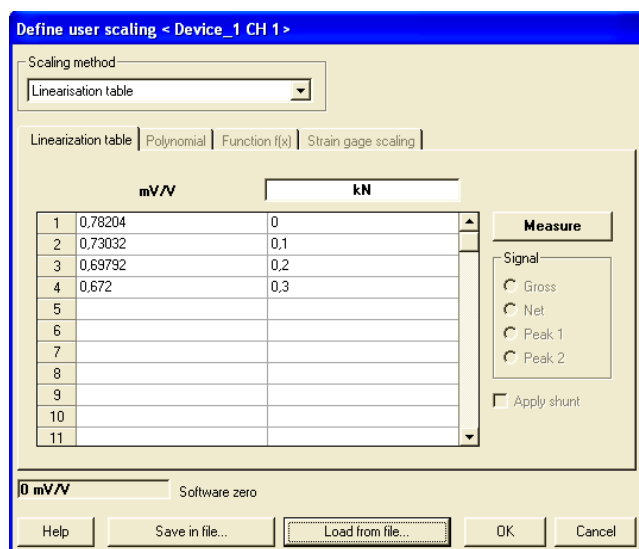





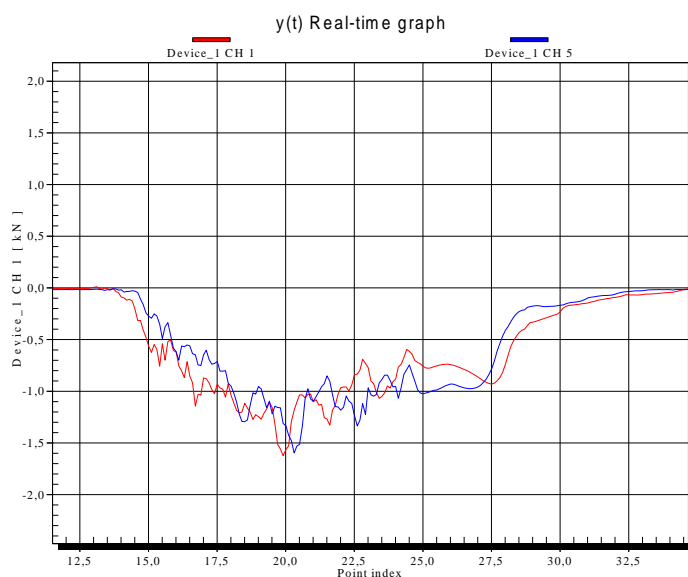
Рисунок 2 – Меню тарировки «Define user scaling (Определить пользовательский перевод)»

Аналогичная настройка выполняется для остальных используемых каналов к которым подключены датчики. После выполненных настроек можно приступать к выполнению измерений.

В левой части экрана необходимо нажать «catModules→Measuring→ Data logger». Этот модуль catModule отображает непрерывный поток данных всех активных каналов ввода-вывода и особенно подходит для записи более длинных последовательностей измерений с низкой частотой снятия параметров.

На первой странице модуля catModule необходимо ввести настройки для сбора данных. Необходимо нажать «Measurement settings (Настройки измерения)», чтобы настроить частоту снятия параметров. Вводится число измерений в секунду в столбце «Sample rate (Частота дискретизации)». Для измерения тягового сопротивления в почвенном канале наиболее оптимальными являются частоты от 10 до 25 Гц.

Необходимо нажать  или F5 для запуска изменения, после этого нажать  для сохранения данных в базе данных во время измерения. После выполнения измерения нажимается  для остановки. По окончании измерений полученные результаты представлены в виде таблицы и графика (Рисунок 3).



File comment:			
Time	Device_1	Device_1 CH 1	Device_1 CH 5
s		kN	kN
1,40		-0,00464	-0,01947
1,50		-0,00464	-0,01978
1,60		-0,00464	-0,01978
1,70		-0,00464	-0,01978
1,80		-0,00464	-0,01978
1,90		-0,00464	-0,01947
2,00		-0,00464	-0,01978

Рисунок 3 – График и данные полученные в результате измерений

Измерение тягового сопротивления с помощью оборудования «Spider8» с использованием программного обеспечения «Catman® Professional» позволяет получать характеристики тягового сопротивления от параметров выполняемого технологического процесса при испытаниях рабочих органов сельскохозяйственных машин в лабораторных условиях на различных скоростных режимах работы. Полученные данные позволяют в полной мере дать характеристику рабочего органа, с помощью которой можно получить энергетическую оценку всей машины с целью выбора наиболее рациональной ее конструкции и режима работы, установить технически обоснованные нормы выработки и расходы ГСМ, а так же выполнить расчет и конструирование новых, менее энергоемких рабочих органов и машин.

Литература

1. Руководство по эксплуатации В 31.SPIDER8.40. Усилитель мобильный измерительный «Spider 8».
2. Мехеда В.А. М 55 Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие / В.А. Мехеда. – Самара: Издательство Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.

УДК 629.113-592.004.58

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ МОТОРНОГО МАСЛА

Карпиевич Ю.Д.¹, д.т.н., доцент, Гедроить Г.И.², к.т.н., доцент,

Бондаренко И.И.², Михалков В.В.², Кабакова Е.Н.³

¹БНТУ, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

³ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Современные тенденции проектирования и эксплуатации автомобильных двигателей заключаются в увеличении их технического ресурса, который существенным образом зависит от качества применяемого смазочного масла. Диэлектрическая проницаемость как диагностический показатель при определении степени выработки ресурса моторного масла предоставит возможность оперативно прогнозировать время его замены.

Сложившийся в прошлом столетии и получивший наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемый уровень технического состояния колесных и гусеничных машин, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой машины, условия ее эксплуатации, техническое обслуживание и проведенные ранее ремонтные работы [1].

Эффективным способом решения проблемы повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта, а также эксплуатационной надежности двигателей внутреннего сгорания является диагностирование их технического состояния [3].

Рассмотрим подробнее этот аспект диагностики.

Обычно изготовитель двигателя в инструкции по эксплуатации устанавливает наработку двигателя в часах или пробег автомобиля, после чего масло должно быть заменено свежим. При этом изготовители двигателей исходят из средних статистических данных по работоспособности масла в различных условиях эксплуатации и при техническом состоянии двигателя, близком к предельному (перед постановкой в ремонт). При фиксированной наработке до смены масла в новых двигателях и двигателях, работающих в более благоприятных условиях, смена масла происходит преждевременно, масло сливается из двигателя еще вполне работоспособным. В то же время, в некоторых двигателях (чаще из-за неполадок в системах охлаждения и топливо-подачи) масло становится неработоспособным до того как оно должно быть заменено по инструкции [2].

Качество моторного масла – один из решающих факторов определяющих работоспособность двигателя. Основные функции моторного масла – снижение износа трущихся поверхностей, уменьшение затрат энергии на преодоление трения, отвод теплоты от нагретых деталей, удаление с трущихся поверхностей накапливающихся продуктов сгорания.

Масло для двигателя должно:

- иметь вязкость, обеспечивающую надежную смазку деталей при всех рабочих температурах с наименьшими потерями на трение;
- обладать соответствующими низкотемпературными свойствами для облегчения зимнего пуска двигателя;
- иметь хорошие моющие и диспергирующие свойства. Этим достигается необходимая чистота деталей цилиндра-поршневой группы и газораспределительного механизма;
- обладать высокими противокислительными свойствами для торможения процессов окисления и уменьшения накопления в работающем масле продуктов окисления, составляющих основу нагара;
- удовлетворять требованиям экологической безопасности.

Эксплуатационные свойства масел обеспечивают долговечную и безотказную работу двигателей при условии соблюдения правил технического обслуживания, срока смены масла, нагрузочного и температурного режимов.

Показатели качества масла в процессе работы двигателя изменяются. В масле срабатываются присадки, оно загрязняется механическими примесями, продуктами сгорания топлива.

При сгорании топлива с повышенным содержанием серы в работающих маслах образуется серная или сернистая кислота, которые резко увеличивают коррозионный износ деталей двигателя.

На изменение свойства масел существенное влияние оказывает техническое состояние двигателя. Скорость «старения» масла значительно выше при работе изношенных деталей и работе с перегрузкой.

При работе двигателя качество масла постепенно ухудшается и поэтому через определенное время требует замены. Периодичность замены масла указывают в сроках планово-предупредительной системы технического обслуживания автомобилей работы двигателя трактора, рекомендуемых заводом-изготовителем.

Превышение интервалов замены масла отрицательно сказывается на качестве работы и ресурсе двигателя.

Учитывая выше изложенное, рассмотрим новый метод бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла. В основу этого метода положено изменение диэлектрической проницаемости моторного масла в процессе работы двигателя внутреннего сгорания.

Структурная схема микропроцессорной системы бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла представлена на рис. 1.

Значения информационных сигналов от датчика диэлектрической проницаемости моторного масла поступают в бортовой компьютер.

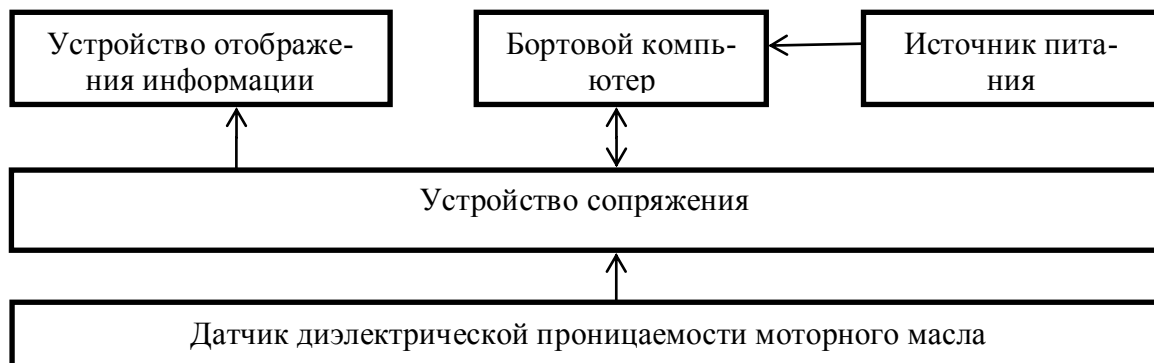


Рисунок 1 - Структурная схема микропроцессорной системы бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла

Все это можно записать следующим образом:

$$\Delta = \frac{M}{M_0} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где M – текущее значение информационного сигнала диэлектрической проницаемости моторного масла; M_0 – значение информационного сигнала диэлектрической проницаемости моторного масла соответствующее предельно допустимой степени выработки его ресурса (определяется экспериментально заводом-изготовителем);

Из формулы (1) видно, что степень выработки ресурса моторного масла можно определить в любой период эксплуатации двигателя внутреннего сгорания.

Таким образом, использование уровня информационного сигнала от датчика диэлектрической проницаемости моторного масла позволит оперативно в любой период эксплуатации колесных и гусеничных машин определять остаточный ресурс моторного масла, а также прогнозировать время его замены.

Литература

1. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Слободской С.А. Диэлектрическая проницаемость как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации // Вестник национального технического университета «ХПИ». - 2006. - №25. - С. 169-175.
2. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Наглюк И.С. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации // Автомобильный транспорт. -Х.: ХНАДУ. - 2007. - №20. - С. 95-97.
3. Каргошкин А.П. Смазочные материалы для автотракторной техники /Под ред. «Академия». – М.: 2012,- С. 103-114.

**УСЛОВИЯ ПУСКА В РАБОТУ СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ
МОЛОКООХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент, Швед И.М., Назаров Ф.И.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Спиральные компрессоры с каждым годом находят все большее применение в молокоохладительных установках. Это обусловлено тем, что они более надежны в эксплуатации, содержат меньше деталей, чем поршневые, производят меньше шума и имеют больший ресурс эксплуатации. В отличие поршней, подвижная спираль может быть идеально уравновешена и работать без вибрации [1].

Основными деталями спирального компрессора является подвижная и неподвижная спирали, причем обе спирали одинаковы (рисунок 1) [2].

Подвижная спираль совершает эксцентрично-колебательное движение внутри неподвижной спирали. Хладагент, захватываемый из периферии спиралей, сжимается порциями и движется к центру, достигая максимального давления при смыкании спиралей, после чего выталкивается через отверстие в неподвижной спирали (рисунок 2) [2].

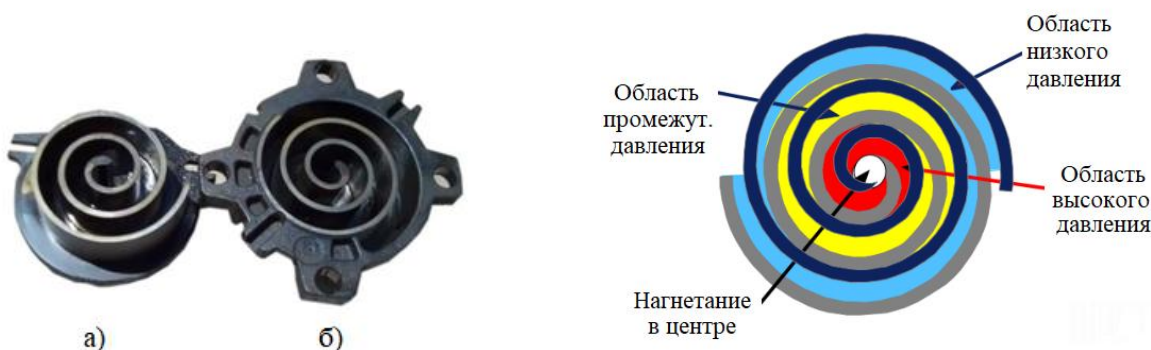


Рисунок 1 – Спирали компрессоров:
а – подвижная; б – неподвижная

Рисунок 2 – Области давлений в межспиральном пространстве компрессора

При работе плавающее уплотнение поднято и отсекает область высокого давления (камеру) от камеры низкого давления: идет всасывание и нагнетание (рисунок 3)[3]

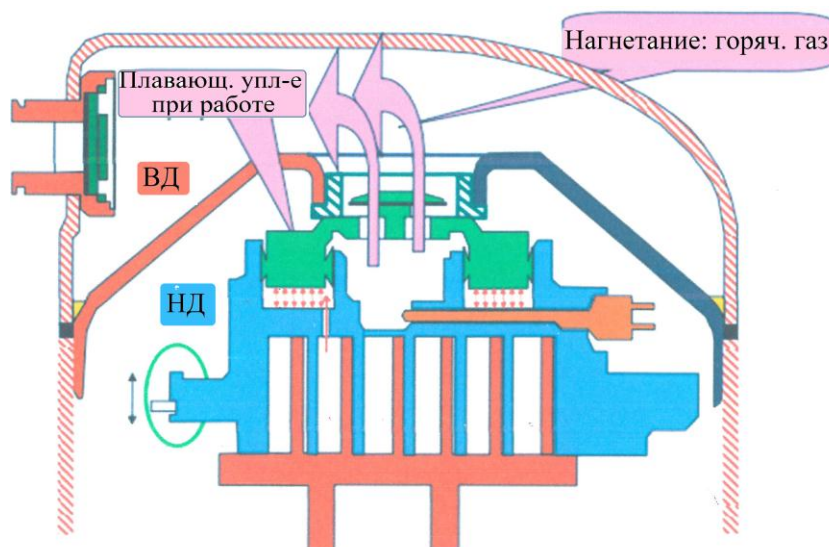


Рисунок 3 – Движение хладагента в положение «Установившийся режим»

Вал спирального компрессора должен вращаться только в одном направлении. Обратное его вращение во время остановки компрессора вызывает металлический звук и стук. Другие диагностические признаки обратного вращения спиралей: давление на всасывании не падает до нужного уровня; давление на нагнетании не растет до нужного уровня; рабочий ток меньше указанного в каталоге; компрессор отключается спустя несколько минут работы; срабатывает встроенная защита. Длительное обратное вращение в итоге может привести к поломке спирального блока: маленький расход газа недостаточен для отведения тепла при отключенной защите.

В начальный период запуска холодильной установки необходимо проверить направление вращения спиралей, которое определяется по манометрам на нагнетательной и всасывающей стороне. В этом положении камера высокого давления сообщается с камерой низкого давления. Плавающее уплотнение находится в нижнем положении, а обратный клапан закрыт. Постоянство разницы давлений свидетельствует об отсутствии нагнетания компрессором. В этом случае следует поменять фазы на электродвигателе.

Перед запуском холодильную установку вакуумируют. Вакуумирование системы только со стороны всасывания спирального компрессора может привести к тому, что компрессор временно не будет запускаться. Причина этого состоит в том, что при повышении давления на плавающее уплотнение возможно сцепление его со спиралью. Следовательно, до полного выравнивания давления плавающее уплотнение и спираль будут плотно прижаты друг к другу. А вот падение давления на всасывании может стать причиной перегрева и открытия термодиска. Однако поток газа может быть недостаточный для быстрого срабатывания защиты, в результате – выход компрессора из строя из-за перегрева[4].

Рассмотрены принцип работы и условия безопасного пуска спирального компрессора, позволяющие в дальнейшем нормальную его эксплуатацию

Литература

1. Охлаждение молока и техническое обслуживание установок: практикум / Ф. Д. Сапожников, В. М. Колончук, Ф. И. Назаров. – Минск: БГАТУ, 2016. – 84 с.
2. Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Спиральные компрессоры в холодильных системах: Монография. – Рязань: «Узорочье», 2003. – 379 с.
3. Спиральный компрессор Copeland: принцип действия и устройство [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.copeland.su/files/Teh-Doc-Copeland/Konstrukcija-Spir>. – Дата доступа: 05.10.2018.
4. Котзаогланиан П. Пособие для ремонтников. Перевод с французского д.т.н., профессора В.Б. Сапожникова. – М.: АНОО «Учебный центр «Остров», 2007. – 340 с.

УДК 631.356.46.02 -52

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГЛУБИНЫ ХОДА ЛЕМЕХОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Романюк Н.Н., к.т.н., доцент, **Сашко К.В.**, к.т.н., доцент,
Горный А.В. к.с.-х.н., доцент, **Клавсуть П.В.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь ведется большая работа по комплексной механизации агропромышленного комплекса, что предполагает выпуск в необходимом количестве и поставку сельскому хозяйству современных уборочных машин, оснащенных гидравлическими и электрическими силовыми регулируемыми приводами, бортовыми компьютерами с функциями контроля, управления и автоматически регулирующими системами.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 22 апреля 2015 г №166 эти работы относятся к приоритетным направлениям научно-технической деятельности в республике Беларусь на 2016-2020 годы [1].

При работе на картофелеуборочных машинах тракторист совмещает функции водителя и оператора. Это утомительный процесс управления, составляющий основную часть психофизической нагрузки, что приводит к ухудшению качества уборки (наезд на грядки, подрезание клубней, потери урожая).

В связи с этим применение на картофелеуборочных машинах систем автоматического регулирования технологического процесса, в частности, системы стабилизации глубины хода лемехов с опорным копированием рельефа поля и разгрузкой давления на копирующие катки и системы стабилизации с безопорным копированием рельефа является актуальным и позволит улучшить условия труда механизатора и увеличит производительность машины.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработано устройство стабилизации глубины подкапывания картофельных грядок лемехами [2].

Устройство в виде единого конструктивного блока устанавливается на подкапывающей секции картофелеуборочной машины без изменения ее конструкции и не исключает использование традиционной системы опорного копирования (Рисунок 1).

Устройства стабилизации глубины хода подкапывающих органов работает следующим образом.

При транспортных переездах или развороте корнеклубнеуборочной машины ее подкапывающие органы 8 находятся в поднятом положении, а гидрораспределитель 28 ручного управления в среднем положении. Масло от масляного насоса 26 поступает в напорную гидравлическую магистраль 29 и далее через предохранительно-переливной клапан 31, сливную гидравлическую магистраль 30 уходит на слив в гидробак 27. В результате масло от основной гидросистемы 25 в гидросистему устройства стабилизации глубины хода подкапывающих органов не поступает и устройство стабилизации не функционирует.

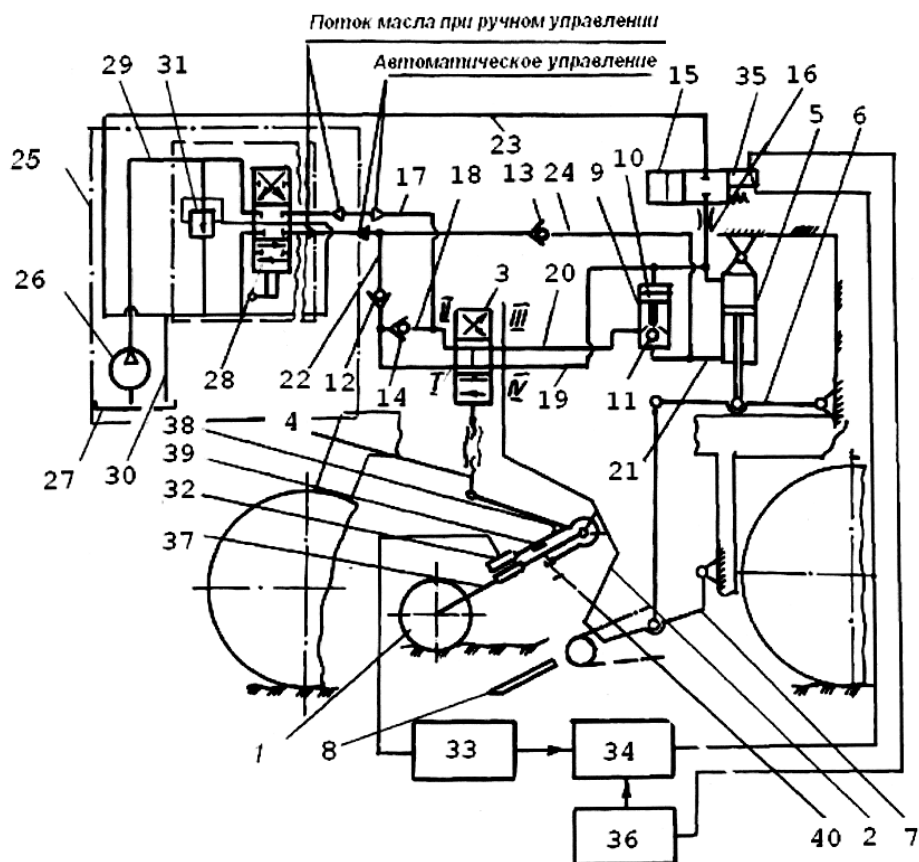


Рисунок 1 – Схема устройства стабилизации глубины хода подкапывающих органов

При поднятом положении подкапывающих органов копирующий щуп 1 находится в подвешенном состоянии в крайнем нижнем положении, которое определяется упором 40. В результате золотник гидрораспределителя 3 сдвинут "вниз" в третью позицию. В связи с от-

сутствием электрического сигнала на выходе датчика 32, электронный ключ 34 находится в выключенном состоянии и напряжение питания от источника 36 на обмотку электромагнита 35 не проходит. В этом случае магистраль 23, сообщающая бесштоковую полость гидроцилиндра 5 и сливную магистраль 30 перекрыта гидроклапаном 15. В связи с отсутствием подачи масла от гидрораспределителя 28 в первую управляющую полость гидрозамка 9 выход масла из штоковой полости гидроцилиндра 5 также перекрывается шариковым клапаном 11. В результате секция 7 подкапывающих органов надежно удерживается в поднятом транспортном положении.

После окончания разворота корнеклубнеуборочной машины ее подкапывающие органы переводятся в рабочее положение, т.е. опускаются. Для этого гидросистема переводится в режим автоматического управления путем перевода в крайнее верхнее положение гидрораспределителя 28 и его фиксирования в этом положении. В результате масло из напорной гидравлической магистрали 29 поступает под давлением по магистрали 17 к второй (II) линии гидрораспределителя 3 и далее от его четвертой (IV) линии (копирующий шуп 1 находится в подвешенном состоянии в крайнем нижнем положении и золотник гидрораспределителя 3 соответственно сдвинут в третью позицию) по гидравлической магистрали 19 подается в первую управляющую полость гидрозамка 9 и далее в бесштоковую полость гидроцилиндра 5. Одновременно поршень 10 гидрозамка 9, смещаясь под давлением масла, отжимает запорный шарик 11 и открывает выход рабочей жидкости из штоковой полости гидроцилиндра 5 через магистрали 21 и 20 и далее каналы гидрораспределителя 3 и первый обратный клапан 12, сливную магистраль 30 на слив. При этом в связи с отсутствием электрического сигнала на выходе датчика 32, электронный ключ 34 находится в выключенном состоянии и, как рассматривалось ранее, напряжение питания от источника 36 на обмотку электромагнита 35 не проходит и клапан 15 остается в запорном состоянии. В результате под действием масла, поступающего в бесштоковую полость гидроцилиндра 5, происходит принудительное опускание рабочей секции 7 с подкапывающими органами и их устойчивое внедрение в почву. Принудительное заглубление подкапывающих органов будет происходить до тех пор, пока копирующий шуп 1, в процессе опускания рабочей секции 7, не достигнет поверхности почвы, а лемеха устойчиво не внедрятся в почву. Глубина принудительного внедрения лемехов в почву будет определяться настройкой упора 39. После того как рычаг 37, содержащий шуп 1, повернется в направлении упора 39 и пройдет мимо датчика 32, последний выработает электрический сигнал, импульсным элементом 33 этот сигнал преобразуется и подается на вход электронного ключа 34. После поступления сигнала ключ открывается. Этим обеспечивается подача питания от источника 36 на обмотку электромагнита 35 гидроклапана 15. Включенное состояние ключа 34 фиксируется до момента поступления нового сигнала от импульсного элемента 33. В результате открытия клапана 15 масло, поступающее от гидрораспределителя 3 в бесштоковую полость гидроцилиндра 5, сливается по магистрали 23, сливную магистраль 30 в гидробак 27 на слив. Дроссель 16, установленный между гидроцилиндром 5 и гидроклапаном 15, создает небольшой подпор масла при его прохождении на слив, достаточный для устойчивого функционирования гидрозамка 9 и открывания шарикового клапана 11. После открытия клапана 15 заглубление подкапывающих органов будет происходить под действием сил реакции подкапываемого пласта до тех пор, пока подкапывающие органы не достигнут заданной глубины, а золотник гидрораспределителя 3 не установится во вторую позицию. Предварительная настройка заданной глубины хода подкапывающих органов осуществляется изменением длины тяги 4. Далее после заглубления подкапывающих органов на заданную глубину устройство стабилизации глубины хода подкапывающих органов в режиме автоматического управления работает следующим образом.

При нахождении золотника гидрораспределителя 3 во второй позиции (при соответствии фактической величины заглубления подкапывающих органов заданному значению) масло, поступающее по магистрали 17 к его второй линии (II), перетекает по внутренним каналам вышеуказанного гидрораспределителя к его первой линии (I) и через обратный клапан 12 уходит на слив. В связи с отсутствием давления в первой управляющей полости гидрозамка 9 его

поршень 10 находится в нейтральном положении и шариковый клапан 11 перекрывает выход масла из штоковой полости гидроцилиндра 5. Тем самым исключается самопроизвольное опускание рабочей секции 7 и поддерживается заданная глубина хода подкапывающих органов. При нарушении заданной глубины хода и подъеме копирующего щупа 1 в процессе отслеживания рельефа поля золотник гидрораспределителя 3 смещается из второй позиции в третью. При нарушении заданной глубины хода и опускании копирующего щупа 1 в процессе отслеживания рельефа поля гидрораспределитель 3 переходит в третью позицию и процесс восстановления заданной глубины хода осуществляется аналогично функционированию устройства при переходе из транспортного положения в рабочее. Опускание рабочей секции 7 будет происходить до тех пор, пока гидрораспределитель 3 не перейдет во вторую позицию, а заданная глубина хода подкапывающих органов не восстановится.

Подъем подкапывающих органов в транспортное положение осуществляется при переходе из режима автоматического управления в режим ручного управления реверсированием потока масла с помощью распределителя 28. При этом масло через второй обратный клапан 13 и по магистрали 24 поступает в штоковую полость гидроцилиндра 5, осуществляя принудительный подъем рабочей секции 7 подкапывающих органов. Одновременно из бесштоковой полости гидроцилиндра 5 масло вытесняется по трубопроводу 19 к четвертой линии (IV) гидрораспределителя 3 и через его каналы напрямую или через третий обратный клапан 14 в магистраль 17 и далее на слив. Состояние клапана 15 на осуществление подъема рабочей секции 7 влияния не оказывает.

Наличие управляемого гидроклапана 15, включенного между бесштоковой полостью гидроцилиндра 5 и сливной магистралью 30, позволяет после внедрения подкапывающих органов в почву отключить принудительное их заглубление путем открытия гидроклапана 15. В этом случае масло из бесштоковой полости гидроцилиндра 5 свободно перетекает в сливную магистраль 30 и далее на слив в гидробак 27, и рабочая секция 7 с подкапывающими органами опускается под действием заглубляющего усилия, величина которого зависит от веса рабочей секции 7 с подкапывающими органами и вертикальной составляющей технологической нагрузки на них. В результате скорость заглубления подкапывающих органов зависит от плотности почвы, и рычаги 6 нагрузок не воспринимают. Этим исключаются поломки рычагов 6, и обуславливается более высокая надежность устройства стабилизации глубины хода подкапывающих органов корнеклубнеуборочной машины.

Литература

1. Приоритетные направления научно-технической деятельности в республике Беларусь на 2016-2020 годы (Указ Президента Республики Беларусь от 22 апреля 2015 г. №166). Агрпромышленные технологии и производство: сельскохозяйственная техника, машины и оборудование 2020-2022 годы.
2. Устройство стабилизации глубины хода подкапывающих органов корнеклубнеуборочной машины : патент 13776 С2 Респ. Беларусь, МПК А01В63/111 / П.В. Клавсуть, Б.М. Астрахан, К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, А.Л. Вольский, Л.С. Жаркова ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № а 20081005; заявл. 29.07.2008; опубл. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6. – С.46–47.

УДК 631.171:631.3(476)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
МАШИН ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
РАСТЕНИЕВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**Бакач Н.Г.¹, к.т.н., доцент, Володкевич В.И.¹, Шах А.В.¹,
Амельченко П.А.², д.т.н., профессор, Василевский П.Н.³**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

²ГНУ «ОИМ НАН Беларуси», ³БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Создание инновационной сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь является приоритетным направлением, обеспечивающим АПК страны средствами производства на основе высокоточных автоматизированных технологий и высокопроизводительных средств механизации с широким применением робототехнических устройств, приборов и микропроцессорных систем для управления работой машин и агрегатов, а также с переходом от механических на гидрофицированные и электрофицированные приводы и электрогидравлические средства управления ими. [1].

Вместе с тем, формирование парка инновационной техники осуществляется на фоне неблагоприятных тенденций, характеризующихся значительным (в 1,5...2 раза) превышением доли списания машин над их обновлением. Кроме того, около 50 процентов машинно-тракторного парка выработало свой срок службы и требует значительных затрат на поддержание его в работоспособном состоянии. Вследствие этого и из-за нарушений технологии возделывания сельскохозяйственных культур растет себестоимость продукции, а следовательно и снижается конкурентоспособность. Поэтому основное внимание в механизации производства растениеводческой продукции должно быть направлено на снижение ресурсопотребления и повышение ее конкурентоспособности на основе максимального использования инновационных разработок машин и оборудования.

Формирование структуры парка инновационной техники для хозяйств республики осуществляется с учетом различий в природно-климатических условиях ее использования. С учетом неоднотипности почв, степени увлажнения и гранулометрического их состава, плодородия, длины гона и контурности участков полей и других факторов, влияющих на условия применения машин, в республике сформированы 4 природно-климатические зоны: северная, центральная, южная и юго-восточная (таблица 1). Для северной зоны, например, характерным условием их применения является преобладание глинистых и суглинистых почв (54,2 % площади пашни), значительная засоренность участков каменистыми включениями (33,5 %), с длиной гона до 400 метров (74,3 %) и контурностью полей до 10 гектар (56,1 %). Имеются свои характерные особенности применения машин и востальных природно-климатических зонах страны. С учетом различий формируется перспективный парк машин и оборудования для возделывания и уборки основных сельскохозяйственных культур.

Таблица 1 - Характеристика условий применения техники в природно-климатических зонах Республики Беларусь

Условия использования техники	Зоны механизации								По Республике Беларусь	
	Северная		Центральная		Южная		Юго-восточная			
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Площадь пахотных участков	934,2	18,8	2041	41	1679,6	33,7	325,9	6,5	4980,7	100
Распределение участков полей по гранулометрическому составу почв:										
- глинистые и суглинистые;	506,3	54,2	614,4	30,1	45,4	2,7	8,8	2,7	1174,9	23,6
- супесчаные;	347,5	37,2	1124,6	55,1	663,4	39,5	128,7	39,5	2264,2	45,5
- песчаные;	64,5	6,9	230,6	11,3	796,1	47,4	154,5	47,4	1245,7	25,0
- торфяные;	15,9	1,7	71,4	3,5	174,7	10,4	33,9	10,4	295,9	5,9

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Распределение участков по крутизне склонов:										
- склоны до 3°;	142,9	15,3	1000,1	49	1597,2	95,1	309,9	95,1	3050,1	61,2
- склоны 3-5°;	554,9	59,4	565,4	27,7	55,4	3,3	10,8	3,3	1186,5	23,8
- склоны 5-7° и более	236,4	25,3	475,6	23,3	26,9	1,6	5,2	1,6	744,1	14,9
Распределение участков по засоренности камнями										
- мало засоренные (5-20 м ³ /га);	272,8	29,2	489,8	24	45,3	2,7	8,8	2,7	816,7	16,4
- умеренно-засоренные (21-50 м ³ /га);	36,4	3,9	89,8	4,4	11,8	0,7	2,3	0,7	140,3	2,8
- сильно засоренные (51-100 м ³ /га)	3,7	0,4	10,2	0,5					13,9	0,3
Распределение участков полей по длине гона, м:										
- до 300;	128,1	13,7	0	0	0	0	0	0	128,1	2,6
- 300-400;	565,9	60,6	110,1	5,4	0	0	0	0	676,0	13,6
- 400-500;	240,2	25,7	753,3	36,9	187,9	11,2	101,4	31,1	1282,8	25,8
- 500-600;	0,0	0,0	732,6	35,9	1114,0	66,3	160,0	49,1	2006,6	40,3
- 600 и более	0,0	0,0	445,0	21,8	377,7	22,5	64,5	19,8	887,2	17,8
Распределение участков по контурности, га:										
- до 5;	60,3	6,5	0	0	0	0	0	0	60,3	1,2
- 5-10;	463,4	49,6	0,0	0,0	0	0	0	0	463,4	9,3
- 10-15;	315,9	33,8	36,2	1,8	82,1	4,9	0	0	434,2	8,7
- 15-20;	94,6	10,1	483,5	23,7	397,3	23,7	93,9	28,8	1069,3	21,5
- 20 и более	0,0	0,0	1521,3	74,5	1200,2	71,5	232,0	71,2	2953,5	59,3

Таблица 2 - Динамика структуры мобильных энергетических средств в организациях АПК

Наименование мобильных энергетических средств	2015 год		2016 год		2017 год		2018 год		2019 год	
	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мобильные энергетические средства, всего, в т.ч.:	62559	100	59108	100	57616	100	56250	100	55972	100
тракторы общего назначения;	43596	69,7	41267	69,8	40377	70,1	39400	70,0	39721	70,8
тракторы специальные для мелиоративных и культурно-технических работ;	1685	2,7	1507	2,5	1421	2,5	1300	2,3	1290	2,3
энергетические средства с шинами-оболочками низкого давления;	818	1,3	842	1,4	847	1,5	876	1,6	992	1,8
опрыскиватели самоходные;	289	0,5	298	0,5	305	0,5	329	0,6	276	0,5
косилки самоходные;	245	0,4	200	0,3	186	0,3	158	0,3	126	0,2

зерноуборочные комбайны;	10522	16,8	9937	16,8	9454	16,4	9165	16,3	8740	16,0
кормоуборочные комбайны;	4468	7,1	4154	7,0	4135	7,2	4128	7,3	3896	6,9
свеклоуборочные комбайны;	385	0,6	335	0,6	315	0,5	309	0,5	286	0,5
теребилки льна самоходные;	165	0,3	168	0,3	170	0,3	173	0,3	159	0,3
оборачиватели-очесыватели лент льна;	38	0,1	40	0,1	44	0,1	51	0,1	51	0,1
оборачиватели лент льна;	253	0,4	265	0,4	266	0,5	268	0,5	322	0,5
пресс-подборщики для льна	95	0,2	95	0,2	96	0,2	93	0,2	100	0,2

Основу применяемого в хозяйствах парка машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства продукции растениеводства составляют мобильные энергетические средства (МЭС) (таблица 2). В сельскохозяйственных организациях республике к настоящему времени их задействовано около 56 тыс. ед. при этом, тракторы сельскохозяйственного назначения составляют около 39,7 тыс. ед. (70,8 %), зерноуборочные комбайны – 8,7 тыс. ед. (около 16 %), кормоуборочные комбайны – 3,9 тыс. ед. (6,9 %) и другая сельскохозяйственная техника – 3,6 тыс. ед. (6,4 %).

В структуре парка тракторов тракторы класса 5-6 мощностью 250 и более л.с. составляют 18,2 % (около 7,2 тыс. ед.), класса 3-4 мощностью от 150 до 180 л.с. – 3,3 % (1,3 тыс. ед.), класса 2 мощностью 120-130 л.с. – 21,9 % (около 8,7 тыс. ед.) и класса 0,6-1,4 мощностью от 30 до 100 л.с. – 56,6 % (22,4 тыс. ед.). Парк тракторов отечественного производства, в основном, ОАО «Минский тракторный завод», составляет около 94,8 % (37,4 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (АО «Санкт-Петербургский тракторный завод», Россия) – 2,7 % (1,1 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – («Джон Дир», «Фендт» и «Нью Холанд») только 2,5 % (около 1,0 тыс. ед.). За последние пять лет (2014-2019 гг.) поступления в село тракторов по сравнению с их выбытием уменьшилось на 767 ед. (38,7 %), однако, при этом, закупка энергонасыщенных тракторов увеличилась на 223 ед. (56,7 %). Вместе с тем, около 74 % парка тракторов (29,3 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока (8-10 и более лет), в том числе класса 5-6 – 75 % (5,4 тыс. ед.). При этом, обеспеченность тракторами этого класса составляет только 65,6 % от технологической потребности в них (10,9 тыс. ед.).

Для реализации технологии обработки почвы и посева к различным классам тракторов создан ряд инновационных многокорпусных плугов, широкозахватных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов для работы как по традиционным технологиям, так и для минимизации процесса [2]. Дальнейшее совершенствование данной технологии предусматривается за счет:

- снижения механического воздействия на почву рабочих органов путем совмещения технологических операций;
- создания универсальных многофункциональных широкозахватных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов, сокращающих в 2...3 раза парк техники в хозяйствах;
- применение универсальных почвообрабатывающих и посевных агрегатов нового поколения, блочно-модульных многоцелевых семейств сеялок высокого технического уровня со сменными блоками рабочих органов и автоматизированными дозирующими системами для различных зональных почвенно-климатических и агроландшафтных условий;
- использование мехатронных систем для производственных процессов обработки почвы и посева.

Для реализации инновационных технологий внесения удобрений и химических средств защиты растений создана гамма высокопроизводительных машин грузоподъемностью до

25 тонн и шириной захвата до 24 метров [3]. Высокоточное внесение твердых минеральных удобрений реализуется на основе применения высокопроизводительных машин типа МШВУ-18, РМУ-11000Ш и РШУ-18, обеспечивающих высокую равномерность внесения, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур до 4 ц/га. Однако потенциальные возможности созданных средств химизации используются еще недостаточно эффективно. В этом направлении предусматривается:

- создание средств механизации с автоматическим управлением дозирующих и распределяющих рабочих органов и непрерывным контролем норм высеваемых удобрений;
- применение высокотехнологичных штанговых опрыскивателей с регулируемой шириной захвата до 36 метров и т.д.

Для реализации технологии заготовки травяных кормов созданы высокопроизводительные блочно-модульные косилки шириной захвата 9 и более метров, пресс-подборщики для прессования трав в крупногабаритные прямоугольные тюки, платформы с манипулятором для перевозки тюков и рулонов, сменные адаптеры для закладки на хранение и выгрузки кормов из хранилищ к погрузчикам «Амкодор-352С» и тракторам класса 5, многофункциональные прицепы для перевозки измельченных травяных кормов грузоподъемностью до 25 тонн на унифицированном двух- и трехосном шасси.

Для измельчения травянистых кормов (заготовке сенажа и силоса) в объеме не менее 31,2 млн. тонн в хозяйствах республики предназначено около 3,9 тыс. ед. кормоуборочных комбайнов. В их структуре их парка комбайны с мощностью двигателя до 350 л.с. составляют около 45,7 % (1,8 тыс. ед.), свыше 350 л.с. – 54,3 (2,1 тыс. ед.). Парк кормоуборочных комбайнов отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш») составляют около 79,6 % (3,1 тыс. ед.) и зарубежного производства («Ягуар», «Джон Дир», «Кроне», «Нью Холанд» и другие) – 20,4 % (0,8 тыс. ед.). За 2014-2018 гг. поступление в хозяйства кормоуборочных комбайнов сократилось на 56 ед. (в 2,2 раза), а выбытие увеличилось на 112 ед. (в 1,8 раза). В тоже время, поступление комбайнов с мощностью двигателя 350 и более л.с. за указанный период увеличилось в 3,3 раза (145 ед.). Около 63 % кормоуборочных комбайнов (2,4 тыс. ед.) эксплуатируются свыше нормативного срока. Обеспеченность хозяйств высокопроизводительными кормоуборочными комбайнами (мощностью более 350 л.с.) составляет только 53,3 % от технологической потребности в них (2,2 тыс. ед.).

На уборке зерновых и зернобобовых культур на площади около 2,6 млн. га в республике задействовано около 8,9 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов, из которых с пропускной способностью 12 и более кг/с составляют 70,5 % (6,3 тыс. ед.) и до 12 кг/с – 29,5 % (2,6 тыс. ед.). Комбайны отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш» и ОАО «Лидсельмаш») составляют около 85,6 % (7,6 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (Российская Федерация) – 2,4 % (0,2 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – 12 % (1,1 тыс. ед.). За 2014-2018 гг. выбытие комбайнов по сравнению с их поступлением составило 209 ед. (12,6 %), а с пропускной способностью 10 и более кг/с – поступление сократилось на 64 ед. (19,8 %). Около 74 % парка зерноуборочных комбайнов (6,9 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока. Однако, обеспеченность хозяйств зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 12 и более кг/с составляет только 34,8 % от технологической потребности в них (2,1 тыс. ед.).

Для механизации процессов послеуборочной доработки зерна и получения высококачественных семян создано оборудование типа КОС-10, предназначенное для приема, очистки, сортирования семян зерновых колосовых, зернобобовых, крупяных культур и рапса с их протравливанием (при необходимости) и последующим затариванием в мешки.

Для уборки и послеуборочной доработки корнеклубнеплодов создан инновационный комплекс машин и оборудования, включающий комбайны для уборки капусты и моркови, оборудование для закладки на хранение овощной продукции, позволяющий механизировать процессы от посадки до предреализационной их подготовки, минимизировать импорт данной техники и поставлять ее на экспорт.

В производстве плодово-ягодной продукции с целью снижения затрат ручного труда могут быть применены агрегаты для уборки плодов и обрезки деревьев АСУ-6, комплексы для уборки веток КУВ-1,8 и комбайны полурядного ягодоуборочного типа КПЯ.

Расширяется зона применения информационно-управляемого земледелия и элементов системы точного земледелия. Первоочередным здесь является использование оборудования для сбора и регистрации показателей использования МТА и точного их вождения, картирования сельхозугодий, мониторинга урожайности полей, агрохимического состояния почв и других.

Применение созданной инновационной техники для реализации технологий в растениеводстве будет способствовать снижению удельных затрат труда до 30–35 %, до 20–25 % потребления топливно-энергетических ресурсов, до 15–20 % металла и до 25–30 % сокращения численности применяемого устаревшего парка машин и оборудования.

Литература

1. Яковчик, С.Г. Перспективные направления создания сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь / С.Г. Яковчик, Н.Г. Бакач, Ю.Л. Салапура, Э.В. Дыба // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», вып. 52 / редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.) – Минск: Беларуская навука, 2018. – С.3-9.
2. Лепешкин, Н.Д. Система машин для обработки почвы и посева промежуточных культур / Н.Д. Лепешкин // Земледелие и защита растений – 2018. – приложение к журналу №5 (120). – С. 38-40
3. Степук, Л. О накопившихся проблемах, решение которых не терпит отлагательства / Л.Я. Степук // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 4–12.

УДК 631.331.022

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА ПО ПЛОЩАДИ ПОЛЯ ЗЕРНОВЫМИ СЕЯЛКАМИ С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ВЫСЕВА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ

Чеботарев В.П.¹, д.т.н., профессор, Зубенко Д.В.², к.т.н., Зубенко А.В.²

¹БГАТУ, г. Минск, ²МГАТК, п. Марьино, Республика Беларусь

Обеспечение продовольственной безопасности является актуальной народнохозяйственной задачей. По данным министерства сельского хозяйства и продовольствия РБ, для обеспечения собственной потребности, необходимо производить 9,5 млн. тонн зерна. Решение данной задачи должно достигаться не за счёт увеличения площадей возделывания зерновых культур, а за счёт увеличения их урожайности, а также благодаря строгому соблюдению всех агротехнических требований. При этом одним из важнейших звеньев технологии возделывания различных сельскохозяйственных культур является операция посева – основа будущего урожая.

Правильная агротехника возделывания включает проведение сева в оптимальные агротехнические сроки, при качественном высеве семян и равномерном распределении их по площади поля.

Из опыта передовых сельскохозяйственных предприятий республики следует, что при их техническом переоснащении главный акцент делается на снижении трудозатрат при производстве продукции растениеводства. Это достигается за счет использования широкозахватных зерновых сеялок и почвообрабатывающе-посевных агрегатов с энергонасыщенными тракторами больших тяговых классов. Эффективность применения таких агрегатов при возделывании зерновых культур подтверждена многими исследованиями [1-4]. Однако, зерновые сеялки с пневматическими высевными системами применяемого конструктивного исполнения не обеспечивают качественный высеv присущий механическим сеялкам по ряду причин.

Известно, что неравномерность распределения семян по сошникам при высеве зерновых и зернобобовых культур превышает значения, регламентированные агротребованиями, и составляет в среднем около 12 % для зерновых культур при допустимых 5 % [5]. Установлено, что при неравномерности высева между сошниками выше 10 % наблюдается устойчивое снижение урожайности до 2 ц/га [6, 7]. Это обусловлено несовершенством технологического процесса распределения семян распределительными устройствами пневматических систем высева.

Именно поэтому решение задачи обеспечения качественного сева посевными машинами с пневматическими системами высева является актуальной инженерной задачей в связи с широким распространением последних в сельскохозяйственном производстве.

Одним из основных агротехнических требований для посевных агрегатов является равномерность распределения материала. Исследователи выделяют неравномерность распределения материала вдоль рядка (продольная неравномерность), между рядками (поперечная неравномерность) и неравномерность по глубине заделки. Главными элементами посевных агрегатов с пневматической системой высева, оказывающих влияние на распределение материала являются в большей степени являются распределители посевного материала. При неравномерном распределении семян образуются участки с высокой и низкой плотностью размещения посевного материала. В связи с этим на участках с высокой густотой стеблестоя их развитие затрудняется, на изреженных – продуктивность отдельных растений может увеличиваться, но она не компенсирует недостаток общей продуктивности с единицы площади поля. Поэтому уменьшение продольной и поперечной неравномерности распределения семян оказывает положительное влияние на развитие растений, одновременное их созревание и, в итоге, на конечный урожай. Многолетними экспериментальными исследованиями установлено, что уменьшение расстояния между семенами в рядке до 10 мм или увеличение его свыше 60 мм приводит к нежелательным последствиям, выраженным в образовании загущенных или разреженных посевов, приводящих к недобору урожая на 10-20 % [8, с. 160].

В связи с этим, проведены исследования пневматической системы высева отечественных посевных машин по оценке неравномерности распределения посевного материала по площади поля в производственных условиях.

Объектом исследования принята пневматическая система высева централизованного дозирования зерновой сеялки С-9 (рисунок 1), отличительной особенностью которых является использование вертикальных распределителей посевного материала.



Рисунок 4.3. – Сеялка С-9 в рабочем положении

Эксплуатационно-технологические показатели с соответствующими функциональными показателями качества выполнения технологического процесса и показатели надежности сеялки С-9 определялись при посеве яровых и озимых культур в сельскохозяйственных предприятиях Пуховичского района Минской области – сельскохозяйственном филиале ОАО «Минский моторный завод» Светлая Нива» и РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье».

Основные показатели качества выполнения технологического процесса сеялки по результатам испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Функциональные показатели работы системы высева зерновой сеялки С-9

Наименование показателя	Значение показателя				
	по ТКП 078-2007	Культура			
		пшеница	ячмень	рожь	горох
Качество высева при хозяйственной норме высева семян, кг/га: - заданная - фактическая		228	222	235	251
		237,1	232,2	238,5	262,4
Отклонение фактической нормы высева от заданной, %		4	4,6	1,5	4,5
Неустойчивость нормы высева, %: - зерновых - зернобобовых	3,0, не более	0,1	1,2	0,3	
	5,0, не более				1,4
Неравномерность высева между сошниками, %: - зерновых - зернобобовых	5,0, не более	3,9	3,8	4,5	6,0
	6,0, не более				
Дробление семян, %: - зерновых - зернобобовых	0,5, не более	0,21	0,2	0,3	
	1,0, не более				0,5

Полученные результаты показывают, что испытываемая пневматическая система высева удовлетворяет требования ТКП 078-2007 для посевных машин в Республике Беларусь по неравномерности высева между дозаторами, неравномерности распределения посевного материала по сошникам и его дроблению. Это основные показатели, которые определяют качество работы системы высева и в определённой мере оказывают положительное влияние на развитие растений.

Таким образом, выполнение агротехнических требований по неравномерности распределения посевного материала по площади поля в настоящее время могут обеспечить пневматические системы высева централизованного дозирования семян с вертикальными распределителями используемые на зерновых сеялках отечественного производства.

Литература

1. Антышев, Н.М. Приоритеты развития сельскохозяйственных тракторов / Н.М. Антышев, В.Г. Шевцов // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 6. – С. 20 – 23.
2. Лепешкин, Н.Д. Теоретические предпосылки определения параметров проточной части эжекторных питателей / Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура, А.Л. Медведев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 89 – 95.
3. Крючин, Н.П. Посевные машины. Особенности конструкции, тенденции развития / Н.П. Крючин. – Самара: Самарская ГСХА, 2003. – 185 с.
4. Лепешкин, Н.Д. Анализ посевной части почвообрабатывающе-посевных агрегатов и её рабочих органов / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 74-82.
5. Машины посевные и посадочные. Правила установления показателей назначения: ТКП 078-2007. – Введ. 06.08.2007 – Минск: Белорус. научн. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2007. – 40 с.
6. Бахмутов, В.А. Влияние равномерности размещения растений по площади на урожайность / В.А. Бахмутов, В.А. Любич // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 1981. – № 5. – С. 9 – 11.

7. Кузнецов, М.К. Неравномерность высева семян зерновыми сеялками / М.К. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. М.К. Кузнецова // Тракторы и сельхозмашины. – М., 1980. – № 7. – С. 17 – 18.
8. Ламан, Н.А. Биологический потенциал ячменя: Устойчивость к полеганию и продуктивность / Н.А. Ламан, Н.Н. Стасенко, С.А. Каллер. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 216 с.

УДК 621.878.44

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОДНОКОВШОВЫХ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

Смирнов А.Н., к.т.н., доцент, **Авраменко П.В.**, к.т.н., доцент,
Серевбрякова Н.Г., к.п.н., доцент, **Татаринов В.И.**, **Лавникович А.В.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Погрузочный модуль одноковшового фронтального погрузчика состоит из стрелы, ковша, рычажной системы, предназначенной для сохранения заданного положения ковша в пространстве, и двух групп гидроцилиндров, обеспечивающих перемещения ковша и стрелы (рис. 1). Управление гидросистемой осуществляется гидрораспределителем.

В систему управления погрузочным оборудованием обычно включают устройства автоматизации для установки ковша в положение резания после его опорожнения (позиционер) и остановки ковша на заранее заданной высоте (останов). Использование этих устройств обеспечивает сокращение продолжительности рабочего цикла и облегчает труд оператора.

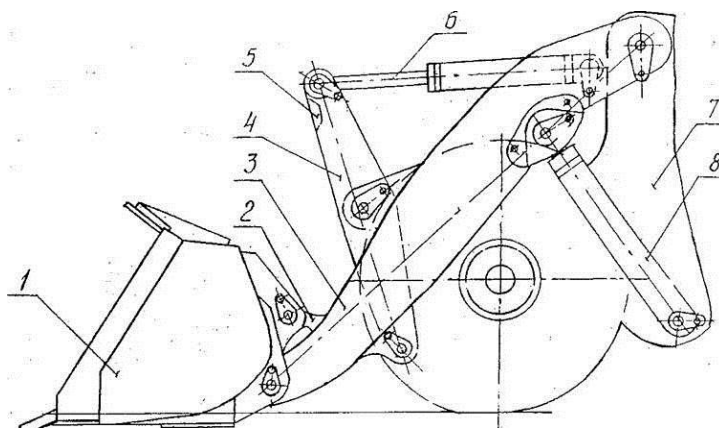


Рисунок 1 – Погрузочный модуль:
1 – ковш; 2 – тяга; 3 – стрела; 4, 5 – рычаги; 6 – гидроцилиндр поворота ковша;
7 – портал; 8 – гидроцилиндр подъема стрелы

Погрузочное оборудование одноковшовых фронтальных погрузчиков в большинстве случаев оснащено механической системой слежения рабочего органа с помощью рычажного механизма, так эта система более проста и надежна по сравнению с гидравлической. При этом применяют два основных вида оборудования: с перекрестным и параллелограммным рычажными механизмами [1].

Погрузочное оборудование с перекрестным поворотным механизмом наиболее выгодно, так как самая тяжелая операция – запрокидывание ковша при наполнении выполняется замедленно поршневой полостью гидроцилиндра поворота при наибольшем усилии, а его разгрузка – ускоренно штоковой полостью; он хорошо скомпонован и виден с пульта управления.

Недостатками перекрестного поворотного механизма являются отсутствие кинематического сохранения уровня рабочего органа, которое особенно важно при выполнении погрузочно-разгрузочных работ с грузовыми вилами, а также повышенные энергозатраты при работе с основным ковшом и другими сменными рабочими органами, поскольку в зависимости

от кинематики они могут запрокидываться на некоторые дополнительные углы в верхнем положении стрелы по сравнению с минимально допускаемыми, что связано с определенными энергозатратами.

Параллелограммный рычажный механизм обеспечивает кинематическое сохранение уровня рабочего органа, но в соответствии с компоновкой переднего моста у погрузчиков он расположен рычажной системой сверху стрелы. Запрокидывание ковша осуществляется штоковой полостью гидроцилиндра ковша, что уменьшает вырывное усилие, время его запрокидывания, наполнение, производительность и является недостатком.

Для возврата ковша в положение черпания при его разгрузке применяют разгрузку на упор (на определенный ход ковшового гидроцилиндра), осуществить которую по условиям кинематики и компоновки рычажного механизма не всегда представляется возможным.

Для устранения указанных недостатков предложена универсальная система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика механического типа (рис. 2), одновременно сочетающая достоинства перекрестного и параллелограммного рычажных механизмов, обеспечивающая строго поступательное движение рабочих органов (ковша, вил и др.), максимальное вырывное усилие ковшового гидроцилиндра (примерно в 1,5 раза по сравнению с параллелограммной схемой), а также осуществление возможности автоматического за счет кинематики возврата ковша в положение черпания [2]. Тем самым уменьшается время цикла и энергозатраты, увеличивается вырывное усилие и производительность выполняемых работ, улучшаются условия опорожнения ковша и повышается удобство работы оператора.

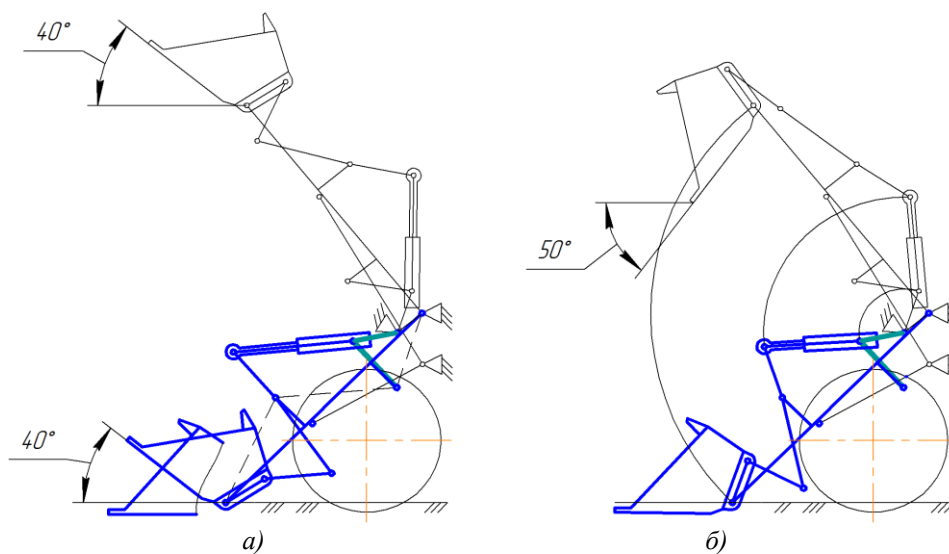


Рисунок 2 – Универсальная система слежения и управления рабочим органом:

- а) – нижнее и верхнее положения погрузочного оборудования;
 б) – возврат ковша из положения разгрузки в положение черпания

Литература

1. Базанов А.Ф., Забегалов Г.В. Самоходные погрузчики. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406с.
2. Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика: пат. 16237 Респ. Беларусь, МПК 16237 С2 Е 02F 343 / А.Н. Смирнов; заявитель ОАО «Амкодор». – № а 20091596; заявл. 12.11.09; опубл. 30.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4. – С. 109.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В СТРЕЛОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРАХ ПОГРУЗЧИКА ПРИ ПОДЪЕМЕ СТРЕЛЫ В ДИНАМИКЕ

Смирнов А.Н., к.т.н., доцент, Авраменко П.В., к.т.н., доцент,
Серевбрякова Н.Г., к.п.н., доцент, Татаринов В.И., Лавникович А.В.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Существующие методики основаны на статическом расчете, где не учитывается динамика при подъеме погрузочного оборудования. Все погрузочное оборудование движется с ускорением, так как плечи стреловых гидроцилиндров вверху меньше, чем внизу. Возникают инерционные нагрузки, что не учитывают существующие расчеты. Погрузочное оборудование представляет собой два четырехзвенника, которые не являются параллелограммами, поэтому движение ковша не является поступательным. Разность углов запрокидывания ковша при подъеме достигает 20° , а ГОСТ регламентирует 15° не более. По существующим методикам нельзя с достаточной точностью предельно давление в стреловых гидроцилиндрах при подъеме стрелы. Современные компьютерные технологии (например, КОМПАС 3D) позволяют определить точные массы сборочных единиц, входящих в погрузочное оборудование и координаты их центров масс. Это значительно облегчает динамический расчет.

Уравнение движения поршня стрелового гидроцилиндра, согласно принципа Даламбера [1], имеет вид:

$$m_{\text{пп}} d^2 S_{\text{п}} / dt^2 + k_B S_{\text{п}} / dt = p_{\text{п}} f_{\text{п}} - F_{\text{пп}} - F_C, \quad (1)$$

где $m_{\text{пп}}$ – приведенная масса к поршню стрелового гидроцилиндра, кг; $S_{\text{п}}$ – текущий ход поршня, м; $S_{\text{п}} / dt^2$ – полное ускорение поршня, $\text{м}/\text{с}^2$; $S_{\text{п}} / dt$ – скорость поршня, $\text{м}/\text{с}$; k_B – коэффициент вязкого трения штока и поршня, $\text{Н}/\text{с}$; $p_{\text{п}}$ – давление в поршневой полости, Па; $f_{\text{п}}$ – площадь поршневой полости, м^2 ; $F_{\text{пп}}$ – приведенная сила к поршню стрелового гидроцилиндра, Н; F_C – сила противодействия на поршень со стороны сливной магистрали, Н; t – время, с.

В выражении (1) $m_{\text{пп}}$ и $F_{\text{пп}}$ переменны (имеют сложную зависимость от t). Данное линейное неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с переменными коэффициентами можно решить только на ЭВМ численным методом.

Поэтому для динамического расчета и его практического применения можно предложить более простой и практичный, но не менее точный графоаналитический метод кинестатического расчета путем построения планов положений и скоростей звеньев, где векторные уравнения решаются легко и в решении сложных математических формул нет необходимости.

При этом необходимость построения плана ускорений отпадает, так как ускорение поршня (ведущего звена) относительно цилиндра задано (обычно принимается равным нулю, так как скорость поршня постоянна), а его кориолисово (поворотное) ускорение определяется по формуле

$$\bar{a}^k = 2\bar{\omega} \cdot \bar{V}, \text{ м}/\text{с}^2,$$

где ω – угловая скорость ведущего звена, $(\text{рад}/\text{с})$; V – линейная скорость поршня относительно цилиндра, $\text{м}/\text{с}$.

Методика графоаналитического расчета осуществляется в следующей последовательности.

Усилие $F_{\text{п}}$ (Н) в поршневых полостях стреловых гидроцилиндров при подъеме стрелы:

$$F_{II} = (F_{II}^H + F_{III} + F_C) / z \eta_{MC} \eta_{II}, \quad (2)$$

где F_{II}^H – сила инерции погрузочного оборудования и ковша с грузом, приведенная к поршню стрелового гидроцилиндра, Н; F_{III} – приведенная сила от веса погрузочного оборудования и коша с грузом, Н; F_C – сила противодействия на поршень со стороны сливной магистрали (потери давления в гидрораспределителе, фильтре, трубопроводах), Н.

При номинальной подаче насоса $F_C \approx 0,2 p_{II}$; z – число стреловых гидроцилиндров ($z=2$); η_{MC} – механический КПД гидроцилиндра, учитывающий потери на внутреннее трение штока и поршня ($\eta_{MC} = 0,94$); η_{II} – механический КПД, учитывающий потери на трение в шарнирах рычажного механизма ($\eta_{II} = 0,9$).

Строятся планы положений рычажного механизма (например, нижнее, среднее и верхнее) и планы скоростей их центров масс.

Из равенства мгновенных мощностей, развиваемых стреловыми гидроцилиндрами и силами тяжести звеньев рычажного механизма определяется приведенного к поршню стрелового гидроцилиндра усилие F_{III} .

Из равенства кинетической энергии точки приведения (поршня) и суммы кинетических энергий звеньев механизма с переменными передаточными функциями определяется приведенная к поршню стрелового гидроцилиндра масса m_{III} .

Зная приведенную массу m_{III} и кориолисово (поворотное) ускорение a^k определяется приведенная сила инерции F_{II}^H , направленная вдоль штока.

Подставляя полученные значения в выражение (2), находится усилие в поршневых полостях стреловых гидроцилиндров F_{II} .

Давление в стреловых гидроцилиндрах равно

$$p_{II} = F_{II} / f_{II}; \quad f_{II} = \pi D^2 / 4,$$

где D – диаметр поршня гидроцилиндра.

Расчеты, проведенные по данной методике для погрузчика Амкодор 333 показывают, что давление в верхнем положении стрелы почти в 2 раза больше, чем в нижнем. Это не обеспечивает стабильную работу двигателя погрузчика, заставляет на этапе проектирования устанавливать гидроцилиндры большего диаметра или с большим ходом штока, может затруднить их компоновку на машине, резко уменьшает срок службы гидрооборудования (в частности, срок службы рукавов высокого давления обратно пропорционален кубу давления [2]), приводит к повышенным энергозатратам.

Литература

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики, Ч. II, Динамика, Изд. 4-е, дополн., Учебник для высших учебных заведений. М., «Высшая школа», 1971. – 488 с.
2. Смирнов А.Н., Автушко В.П. Оптимизация давления в стреловых гидроцилиндрах погрузчиков с позиции долговечности гидрооборудования / Белорус. госуниверситет. – Минск, 1995. – 9 с. – Деп. в ин-те Белформпрогноз 1995. – Д199511 // Журн. Человек и экономика. – 1995. – №4. – с.53.

**ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА
СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Потемкин Р.А., Свиридов А.С., Лопатина Ю.А.

ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

В последнее время одним из важнейших условий земледелия является применение современной сельскохозяйственной техники. Темпы развития сельхозмашиностроительной отрасли, как правило, заставляют конструкторские отделы по всему миру изобретать новые элементы устройств и механизмов, применять новые технологии и материалы. Необходимость данных мероприятий, в первую очередь, обусловлена требованиями по надёжности машин и их стоимостью для агропредприятий.

Говоря о надёжности машин, стоит отметить, что это весьма обширное понятие, которое включает в себя несколько свойств, таких как ремонтпригодность, безотказность, долговечность и т.д. Проектирование технической системы с учетом всех этих свойств нуждается в значительных финансовых и временных затратах, которые в конечном итоге сказываются на стоимости сельхозтехники, а значит и на стоимости продуктов питания для конечного потребителя. Учитывая вышесказанное, можно сделать следующий вывод – сокращение затрат на этапе прототипирования и разработки являются важнейшими задачами, решение которых стало возможно благодаря применению аддитивных технологий.

Под аддитивными технологиями обычно понимают процесс создания изделия методом 3D-печати. Одним из самых распространённых методов 3D-печати является FDM-технология – это послойное формирование детали по заранее подготовленному G-коду. Список расходных материалов под данную технологию весьма обширный, от полимеров общего назначения до сверхконструкционных, а также в некоторых случаях и композитов [1].

Основным преимуществом 3D-печати является то, что для производства изделий этим методом нет необходимости изготавливать специальную оснастку, литейную форму или пресс-форму, а также перенастраивать станок или иное оборудование [2]. Эта особенность делает процесс создания изделия методом 3D-печати выгодным, когда речь идет об опытном образце или мелкой серии.

К наиболее применяемым материалам по технологии FDM можно отнести:

Полилактид (PLA) – экологичный полимер. Сырьем для его производства служат кукуруза и сахарный тростник. Но материал слишком недолговечен (полностью разлагается в земле за 1-6 месяцев). Применяется для изделий, контактирующих с пищевыми продуктами.

Акрилонитрилбутадиен (ABS) – самый популярный пластик. Обладает отличными механическими свойствами, долговечностью и относительно высокой ударопрочностью. Не рекомендован для контакта с пищей, т.к. при нагревании выделяет пары акрилонитрила. К минусам можно отнести так же усадку при охлаждении (0,8%).

Полиэтилентерефталат (PET). Этот полимер знаком всем, т.к. применяется для производства бутылок. Устойчив к кислотам, щелочам и органическим растворителям, в связи с чем может быть использован для производства деталей, работающих в агрессивных средах. Устойчив к температурам от -40 до +75 градусов Цельсия.

Так на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ были внедрены и активно используются аддитивные технологии [3]. Они использовались при проектировании и создании опытного образца роботизированной платформы для сбора урожая ягод. Рама, рабочий орган и опоры шасси были изготовлены из ABS пластика. В процессе разработки в конструкцию несколько раз вносились изменения, направленные на устранение конструкционных дефектов, а также для соответствия установки новым требованиям.

При разработке робота-манипулятора для сбора урожая яблок так же была применена 3Dпечать. Рабочий орган машины (захват) был изготовлен при помощи FDM-печати (рисунок 1). В качестве материала использовался черный ABS пластик.



Рисунок 1 – Захват

В настоящее время в сельское хозяйство активно внедряются БПЛА. Проектирование, написание рабочих алгоритмов и различного рода скриптов ведется в ФНАЦ ВИМ. Применение аддитивных методов позволило провести ряд опытов, направленных на оптимизацию конструкции рамы БПЛА для выяснения максимальной грузоподъемности и стабильности полета. Рама была изготовлена из PET-G пластика, так как он обладает отличной устойчивостью к атмосферным воздействиям и необходимой прочностью (рисунок 2).



Рисунок 2 – Рама БПЛА

Таким образом применения аддитивных технологий на сельхозмашиностроительных предприятиях позволяет в разы сократить время изготовления прототипа, опытного или макетного образца.

Также хотелось бы отметить, что сегодня существует мнение о том, что аддитивные технологии могут полностью заменить традиционные методы производства – это ошибочно. 3D-печать обладает рядом недостатков:

- скорость изготовления одного изделия при серийном выпуске в разы уступает литью;
- расходные материалы, как правило стоят дороже.

Литература

1. Федорцов Д.Р. Применение полимеров в машиностроении // Современная техника и технологии. 2014. № 7. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/07/4191> (дата обращения: 25.09.2019).
2. Федоренко В.Ф., Голубев И.Г. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. -140 с
3. Голубев И.Г., Быков В.В., Голубев М.И., Спицын И.А. Анализ аддитивного оборудования для 3D-печати деталей//Технический сервис машин. -2019. -№ 1 (134). -С. 194-200.

УДК 637.134

**СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПОЛУЧЕНИЕ
ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Самойчук К.О., д.т.н., Удуд В.И.

ТГАТУ, г. Мелитополь, Украина

Процесс получения тонкодисперсных эмульсий (дробления дисперсной фазы сырья для увеличения его однородности) в сельскохозяйственном производстве применяется при создании растворов удобрений, смесей для опрыскивания растений, переработке молока и производстве молочной продукции, заменителей молока, соков, меда и т.д. При этом используют специальные машины – гомогенизаторы и диспергаторы, которые значительно отличаются конструкцией и принципом действия, например вакуумные, пульсационные, ультразвуковые, струйные, роторные, вихревые и щелевые [2].

Для переработки продуктов высокой вязкости (например мёда) используются роторные аппараты. При производстве молочных продуктов и соков преимущественно используются клапанные гомогенизаторы которые относятся к щелевым. Принцип действия такого гомогенизатора заключается в дроблении дисперсных частиц эмульсии при прохождении через узкий кольцевой зазор между седлом и клапаном головки под давлением создаваемым плунжерным насосом, причём наибольшая эффективность достигается при давлении 20–25 МПа [3].

Такая распространенность клапанных гомогенизаторов обусловлена их преимуществами: высокая степень диспергирования до 0,7 мкм [3]. Однако клапанные гомогенизаторы имеют такие серьёзные недостатки как высокие энергозатраты – 7–8 кВт·ч/т, интенсивный износ деталей плунжерного насоса и клапанной головки.

Альтернативой клапанной гомогенизации могут быть такие конструкции как: роторно-пульсационный, струйный гомогенизатор с отдельной подачей сливок, пульсационно-поршневой гомогенизатор и пульсационный аппарат с вибрирующим ротором [2]. Такие гомогенизаторы позволяют получить степень диспергирования на уровне клапанных и имеют сниженное по сравнению с ними энергопотребление.

Для решения проблемы чрезмерных энергозатрат на гомогенизацию проведены исследования противоточно-струйной обработки молока, которая имеет существенно сниженные энергозатраты при качестве обработки на уровне клапанных гомогенизаторов [2]. При противоточно-струйной гомогенизации дробление дисперсной фазы происходит при столкновении встречных струй за счёт создания высокой относительной скорости частиц и окружающей их эмульсии. Кроме снижения удельных затрат энергии при противоточно-струйной гомогенизации за счет меньшего рабочего давления значительно снижен механический износ насосов и механизмов машины. Широкому распространению такого типа гомогенизаторов на производстве препятствуют такие нежелательные явления, как контакт продукта с воздухом, что приводит к нежелательным окислительным процессам и повышенное пенообразование.

Учитывая широкое использование клапанных гомогенизаторов на пищевых предприятиях, одним из путей решения проблем чрезмерных энергозатрат процесса гомогенизации может быть совершенствование головки клапанного гомогенизатора с целью применения

преимуществ противоточно-струйной гомогенизации. В результате такого симбиоза разработана конструкция противоточно-струйной головки клапанного гомогенизатора [1] (рис. 1).

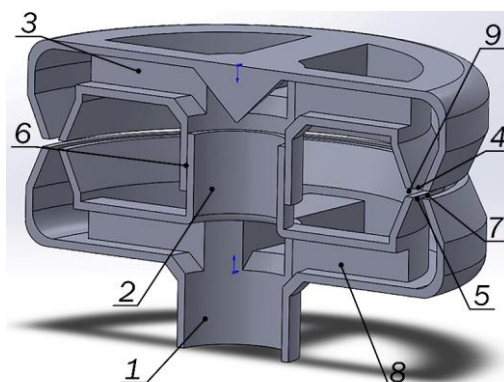


Рисунок 1 – Конструкция противоточно-струйной головки клапанного гомогенизатора:
 1 – канал подачи, 2 – центральный клапан, 3 – клапан, 4 – кольцевые каналы клапана,
 5 – кольцевые каналы седла, 6 – уплотнительные кольца, 7 – внешняя щель между клапаном и седлом,
 8 – седло, 9 – внешняя щель между клапаном и седлом.

Противоточно-струйная головка работает по такому принципу. Поток грубодисперсной эмульсии через канал подачи 1, под давлением проходит в центральный клапан 2, разделяется на четыре потока в седле 8 и клапане 3. При прохождении эмульсии через кольцевые каналы клапана 4 и седла 5 происходит их столкновение.

Разработанная противоточно-струйная головка имеет такие преимущества как: низкая стоимость реализации на предприятиях которые используют клапанные гомогенизаторы, значительное снижение энергопотребления, уменьшение износа деталей плунжерного насоса за счёт существенного снижения рабочего давления.

Исходя из расчетов выполненных в программном комплексе Ansys (рис. 2), можно прогнозировать, что данная противоточно-струйная головка может эффективно работать при давлении 5 МПа.

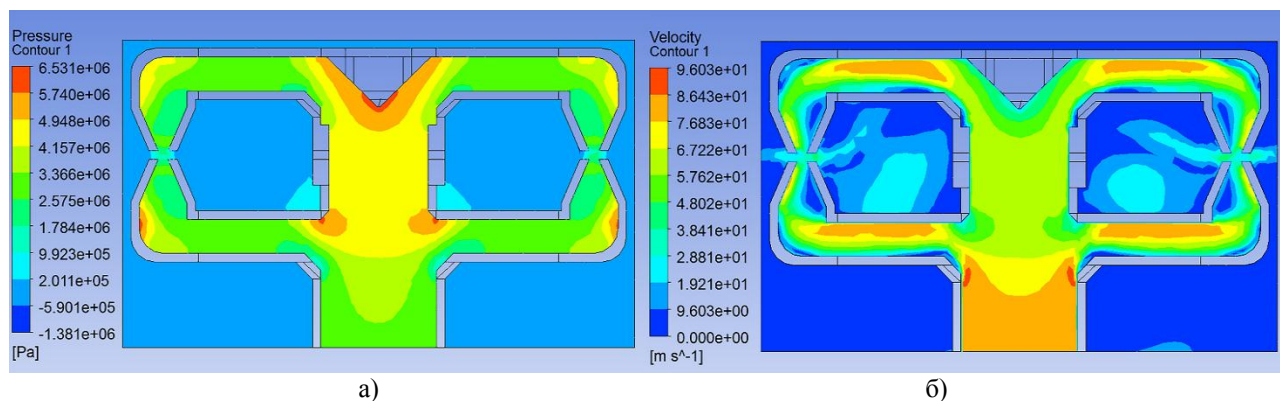


Рисунок 2 – Расчет гидродинамических параметров противоточно-струйной головки для молока:
 а) распределение давлений б) поле скоростей жидкости

При использовании такой конструкция противоточно-струйной головки клапанного гомогенизатора можно прогнозировать уменьшение энергозатрат в 4–5 раз. Так же характерное для противоточно-струйной гомогенизации пенообразование в такой конструкции отсутствует за счет закрытого типа клапанной головки без контакта с воздухом, вследствие чего не происходит нежелательных окислительных процессов.

Таким образом разработанная клапанная головка позволяет, за счёт снижения энергозатрат при неизменной дисперсности получаемой эмульсии и невысоких финансовых вложениях повысить эффективность создания тонкодисперсных эмульсий, применяемых в сельскохозяйственном производстве.

Литература

1. Головка гомогенизатора: пат. № 98488 Украина, МКИ7 А 01 J 11/00 / Самойчук К.О., Султанова В.О., Ялпачик Ф.Ю. ; заявитель и патентообладатель Таврический государственный агротехнологический университет. – №u201412958 ; заявл. 03.12.2014 ; опубл. 27.04.2015. Бюл. № 8. – 8 с.
2. Самойчук, К.О. Розвиток наукових основ гідродинамічного диспергування молочних емульсій: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. тех. наук: 05.18.12/ Самойчук К.О.; ТГАТУ им. Д. К. Моторного. – Харьков: Б.и., 2018. – 45 с.
3. Удовкин, А. И. Гомогенизаторы для молока и молочных продуктов: монография / А.И. Удовкин, И. В. Назаров, Т. Н. Толстухова. – зерноград: АЧИИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2016. – 187 с.

УДК 628.1+631.67

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Кравцов А.М., к.т.н, доцент, **Шахрай Д.С.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Нормальное функционирование и устойчивое развитие ни одной отрасли экономики не возможно без надежного обеспечения водой надлежащего качества. В городском хозяйстве выделяют два основных типа потребителей воды: 1) коммунальное хозяйство (население); 2) производство. В сельском хозяйстве существует четыре основных типа потребителей: 1) коммунальный сектор; 2) производственный сектор; 3) животноводческий сектор; 4) растениеводческий сектор. Для устойчивого развития АПК необходимо развивать все вышеперечисленные секторы экономики. Соответственно должны модернизироваться системы водоснабжения и водоотведения.

В настоящее время в сельском хозяйстве Республики Беларусь неудовлетворительное состояние систем водоснабжения и водоотведения зачастую является тормозом в деле модернизации производства и повышения уровня жизни населения [1]. Несмотря на разработку и реализацию Государственной программы по водоснабжению и водоотведению "Чистая вода" на 2006-2010 и 2011-2015 годы ситуация в сельском хозяйстве остается неудовлетворительной. Многие сельские населенные пункты и предприятия имеют системы водоснабжения и водоотведения, созданные еще в Советском Союзе. Как правило, эти системы не могут обеспечить надежное водоснабжение с качественными показателями, соответствующими современным требованиям. Часто эти системы вообще не имеют оборудования для водоподготовки и контроля качества воды. Большое количество жителей сельских населенных пунктов не имеют возможности пользоваться централизованной системой водоснабжения и водоотведения. В этом случае население вынуждено самостоятельно решать вопросы водоснабжения, как правило, за счет подземных источников при помощи шахтных или трубчатых колодцев (скважин). При этом очистка сточных вод не производится вообще или осуществляется на примитивных локальных сооружениях. Это приводит к ухудшению экологической обстановки и загрязнению водных источников. Также это не способствует улучшению уровня жизни и здоровья населения, существенно снижает привлекательность жизни в сельской местности. Сельскохозяйственные организации и предприятия вынуждены самостоятельно решать вопросы водоснабжения и водоотведения при отсутствии кадров соответствующей квалификации. Для решения проблем в области сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения необходимо решить комплекс задач организационного, научного, технического, экономического и правового характера, в частности: провести всесторонний анализ проблемы и разработать научно-обоснованную программу, направленную на решение проблемы; создать специальную службу (по образцу Специализированного треста "Промбурвод" при "Белсельхозтехника" в БССР) для оказания услуг по проектированию, монтажу, техническо-

му обслуживанию и капитальному ремонту систем водоснабжения и водоотведения сельскохозяйственных организаций и предприятий; наладить систему мониторинга качества воды; наладить подготовку кадров для сельского хозяйства по специальности "Водоснабжение и водоотведение" [2].

Другая серьезная проблема обусловлена природными факторами. В настоящее время в связи с продолжающимся изменением климата в мире и Республике Беларусь наблюдаются существенные отклонения погодных показателей от значений предыдущих многолетних наблюдений, чаще возникают экстремальные погодные условия. Это проявляется, в том числе, в увеличении неравномерности распределения атмосферных осадков, что приводит к увеличению засушливых периодов в весенне-летний сезон, чередующихся дождливыми периодами и ливнями большой интенсивности. Недостаток влаги во время засух, особенно в вегетационный период, приводит к существенному снижению урожайности. В дождливые периоды и в результате ливней происходит переувлажнение почв и возникает избыточный поверхностный сток. Это также приводит к снижению урожайности, ухудшению качества продукции растениеводства и другим проблемам. При этом местный поверхностный сток является малоиспользуемым ресурсом для орошения сельскохозяйственных культур в засушливые периоды.

В настоящее время в республике наблюдается тенденция к сокращению орошаемых земель. Одной из причин этого является устаревший парк техники для орошения. Системы построены в основном в 1980 - 1990 годы начинают выходить из строя по причинам износа и истечения срока амортизации поливного и насосного оборудования, гидротехнических сооружений. В складывающихся условиях развитие сельского хозяйства невозможно без комплексного решения проблемы орошения и управления поверхностным стоком.

Мировым лидером в области орошения является Израиль. Одним из решений проблем орошения в условиях ограниченности водных ресурсов Израиля стало широкое внедрение систем капельного полива. Однако технико-экономические расчеты показывают [3], что с учетом природно-климатических условий и обеспеченности водными ресурсами в Республике Беларусь системы капельного полива могут иметь ограниченное применение, например, при выращивании растений в закрытом грунте. В условиях Республики Беларусь необходимо развивать другие виды орошения, в том числе дождевание [4], на новом техническом и технологическом уровне. Для этого необходимо решить комплекс задач: принятие концептуальных решений, проведение НИОКР, проектирование систем, создание оборудования и сооружений, подготовка кадров. При этом управление системами орошения должно быть автоматизировано и компьютеризировано с использованием современных беспроводных датчиков и беспилотных летательных аппаратов. Эти системы должны быть интегрированы в современные информационно-коммуникационные системы и соответствовать принципам "точного сельского хозяйства".

Литература

1. Гуринович, А.Д. Анализ состояния сельскохозяйственных систем водоснабжения и канализации / А.Д. Гуринович, А.М. Кравцов // Актуальные проблемы повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса : сборник докладов Международной научно-практической конференции, Минск, 24-26 ноября 2010 г. В 2 ч. Ч. 2 / редкол.: Н.В. Казаровец [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2010. – С. 227-231.
2. Гуринович, А.Д. Проблемы профессионализации эксплуатации систем сельскохозяйственного водоснабжения / А.Д. Гуринович, А.М. Кравцов // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 4-5 июня 2015 г. / редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2015. – С. 220-223.
3. Лихацевич, А.П. Орошаемое плодовоовощеводство : учеб. пособие / А.П. Лихацевич, М.Г. Голченко ; под ред. А.П. Лихацевича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 287 с.

4. Направления развития дождевальнoй техники / Д.С. Шахрай, А.Н. Басаревский, А.М. Кравцов, С.С. Попко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22–24 ноября 2017 года) / редкол.: В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 146-149.

УДК 631.3+681.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МАШИН НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА

Аулин В.В., д.т.н., профессор, Панков А.А., д.т.н., доцент,
Щеглов А.В., к.т.н., доцент, Шкуратов А.А.
ЦНТУ, г. Кропивницкий, Украина

Известно, что развитие и эффективность применения машин, построенных на традиционных механико-технологических принципах, могут определяться логистической закономерностью, или S-функцией [1].

Цель исследований – определение функциональной зависимости динамики показателей, характеризующих конструкции и рабочий процесс машин.

С точки зрения теории систем, эволюция представляет собой процесс адаптации системы через изменение ее параметров под воздействием внешних условий. Из эволюционных вычислений распространение получили генетические алгоритмы (ГА), в основе которых лежит механизм, подобный закону естественного отбора. В настоящее время предпринимаются попытки внедрения ГА для решения ряда теоретических и практических задач.

В работе исходными данными для эволюционного вычисления жизненного цикла являются технико-экономические показатели около 200 моделей посевных машин, выпускаемых в течение 1917-2010 гг. В качестве основного параметра, характеризующего уровень развития рассматриваемых машин, принята их удельная производительность $W_{y\partial}$.

Исходный код программы, применяемой для эволюционных вычислений, реализован на основе подключения библиотеки для работы с генетическими алгоритмами «using AForge.Genetic». При этом определялась терминальная зависимость динамики показателя $W_{y\partial}$.

Получена функция (рис. 1), отражающая тенденции развития и жизненный цикл машин. Вид функции подтверждает, что ход их развития хорошо описывается логистической закономерностью, согласно [1].

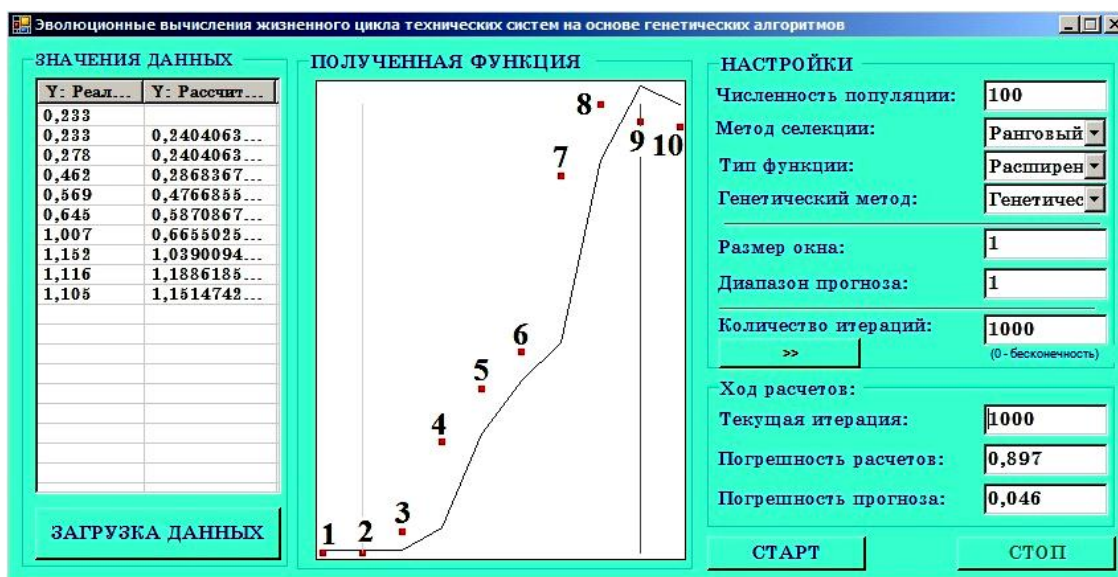


Рисунок 1 – Обработка данных на основе эволюционных вычислений.

Анализ на основе S -функции позволяет установить, насколько использованы возможности применяемого принципа действия. Если будет установлено, что возможности существующего принципа действия машин исчерпаны, то можно сделать обоснованный вывод о необходимости перехода на новый [2].

В соответствии с формой полученной S -функции, в различные периоды становления энергетической базы производства, производительность вначале незначительно отличается от производительности прежней энергетической базы (период 1-3, начальная стадия), затем растет с ускоренными темпами (период 3-8, основная стадия), а в конце прирост производительности замедляется (период 8-10), так как обостряются противоречия между потребностями производства и возможностями существующего машинного обеспечения.

В каждом периоде рост показателей во времени происходит непрерывно, но с неодинаковой скоростью. В развитии наблюдаются скачки, связанные с внедрением новых технологий, конструктивных материалов и видов техники по существующему принципу действия. Одновременно увеличиваются затраты энергии на единицу работы, то есть увеличивается «сопротивление среды».

Для выявления физического смысла понятия «сопротивление среды» в данном случае необходим количественный анализ явления.

Известно, что производительность пропорциональна полезно затраченной энергии, которую можно выразить затратами на преодоление сопротивления работе машины. В табл. 1 представлены средние значения удельного тягового сопротивления посевных машин с механическим приводом за характерный период их совершенствования (1960-2000-е гг.).

Таблица 1 - Средние значения удельного тягового сопротивления машин $p_{y\partial}$

Период, гг.	1960-е	1970-е	1980-е	1990-е	2000-е
№ периода	1	2	3	4	5
$p_{y\partial}$, кН/м	1,045	1,321	1,713	2,221	2,845

В соответствии с этим же периодом (1960-е – 2000-е гг.) приняты средние значения рассматриваемого показателя $W_{y\partial}$ по десятилетиям, т.е. по определенным стадиям развития (табл. 2).

Таблица 2 - Средние значения удельной производительности $W_{y\partial}$

Период, гг.	1960-е	1970-е	1980-е	1990-е	2000-е
№ периода	1	2	3	4	5
$W_{y\partial}$, га/ч×м	0,645	1,007	1,152	1,116	1,105

На рис. 2 графически представлена совмещенная динамика показателей табл. 1 и табл. 2. Исходя из теории эффективности и графика на рис. 2 предположим, что соотношение затрат энергии, выраженных удельным тяговым сопротивлением работе машин, к показателю удельной производительности, т.е. $p_{y\partial}/W_{y\partial}$, (Н/м / (га/ч×м)), покажет сравнительную эффективность, или критерий эффективности применения машин.

В результате выражения в системе СИ единицы измерения критерия, определен физический смысл предложенного соотношения: кг/(с×м), что соответствует коэффициенту динамической вязкости μ . Исходя из определения вязкости, физический смысл предлагаемого критерия заключается в способности машины преодолевать сопротивление рабочему процессу с максимальной эффективностью, а конструктивные и технологические показатели машин могут сравниваться на основе данного критерия.

Поэтому предлагаемый критерий можно записать в виде: $p_{y\partial}/W_{y\partial} \rightarrow \min$.

Так как кривая 2 удельной производительности на рис. 2 стабилизировалась после 1985 г., то можно определить момент достижения оптимального значения критерия эффективности по времени, который приходится приблизительно на 1985 г. При этом его значение составит 1,73.

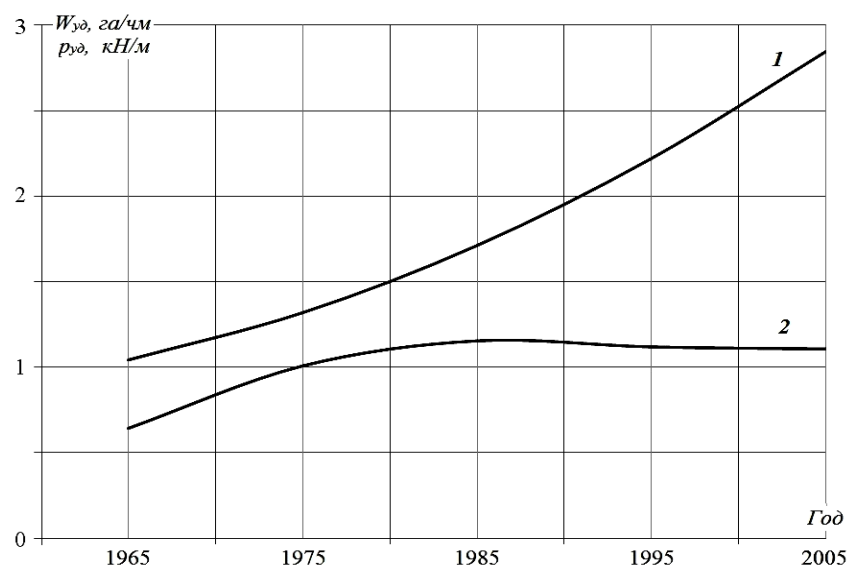


Рисунок 2 – Динамика изменения удельного тягового сопротивления p_{yd} (1) и удельной производительности W_{yd} (2) при работе машин.

Поэтому в качестве эталонного критерия эффективности эмпирически можно принять «золотую» пропорцию, значение которой составляет 1,618.

Исходя из рис. 2 можно сделать заключение, что удельное тяговое сопротивление возрастает непропорционально удельной производительности, что влечет за собой прогрессирующее увеличение затрат при снижающейся отдаче. Найденная закономерность является частным случаем закона убывающей производительности.

Для повышения эффективности машин необходимы снижение материал- и энергоемкости конструкций и работы, изыскание и применение новых принципов действия и конструктивно-компоновочных схем [3].

Литература

1. Погорелый Л.В. Сельскохозяйственная техника и технологии будущего. – К.: Урожай, 1988. – 176 с.
2. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Законы развития и прогнозирование технических систем: Метод. рекомендации. - Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1989. – 114 с.
3. Панков А. А. Технические средства процесса высева на основе элементов пневмоники: Монография / А. А. Панков, В. В. Аулин, М. И. Черновол. – Кировоград: издатель Лысенко В. Ф., 2016. – 242с.

GRAVITY METERING DEVICE OF FRIABLE FORAGES

Sementsov V., PhD, Vasilenko P.

Kharkiv national technical university of agriculture, Kharkiv, Ukraine

The decline of prime price and increase of competitiveness of products of stock-raising depends on feeding of animals and poultry valuable feeds, balanced after nutritives, vitamins and microelements, in accordance with the planned productivity [1]. On the whole mixture of vitamins, microelements, amino acids and filler is prepared by the method of their dosage and mixing, and its concentrate is named premix. Afterwards, concentrated feeds are enriched with premixes which are given to poultry and pigs as the combined food, and are given to a cattle in the type of feed mixture together with rough and juicy stems. A basic operation at preparation of the mixed fodders and feed mixture is a dosage of components, so as its quality depends on exactness of work of metering devices.

Inaccuracy of dosage reduces the feeding and biological value of feed, and surplus of components which have a large cost conduces to the increase of prime price and unit cost violation of balance of nutritives, and on occasion - to the disease of zoons and poultry [2]. Therefore there is a necessity for creation of such batchings devices which are able to work in a wide variety of their productivity at different mechanicfl and technological properties of components, to differ simplicity of construction, high technological reliability, adjusting to set productivity simplicity, must have a low cost and main low power-hungryness.

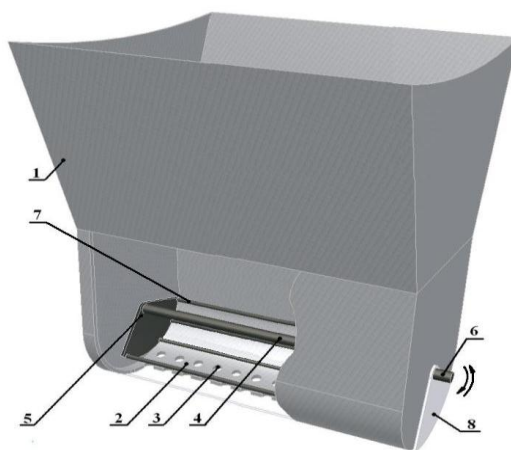
The technological process of dosage is known from ancient times and used as early as ancient Egypt at making of embalming mixture by the method of measurement of necessary portions (doses) of separate components. Under a dosage it is accepted to understand such mechanic process which makes material forming in doses or flow with preliminary certain parameters. A size which characterizes the process of dosage is an expense of material which is measured out (by volume or by mass). Value of expense which is aimed to support, named the set expense, value of expense presently to time – by an instantaneous expense. Substantial payment to development of theory and practices of dosage of friable materials brought in: Vidineev [3], Vasilenko [4], Revenko [5], Shackiy [6], Braginec [7] and others. The analysis of publications, devoted to the question of dosage of friable materials, shows all complication of this mechanical process. Two methods of dosage of friable materials are known in practice: by volume and by mass, each of which can be made by portions or to be continuous. Mathematical model of process of continuous dosage which is offered by Vidineev [3], consists in delivery an indissoluble stream with providing of set and, in particular, permanent amounts of friable material or its separate components with deviations not more than possible in the elements of stream, proper to the set intervals of time.

For realization of process of dosage there are great number of constructions of metering devices created, which differ by structural decisions, and their names originate from the structure of working organ, for example, screw, band, drum, plate etc. In addition to that for the moving of working organs of metering devices power expenses are needed, the cost of which grows constantly nowadays, and a product cost grows together with it. Therefore a main task there must be aspiration of decline at development of new constructions of metering devices there must be aspiration of decline of energy wasting on the process of dosage.

Process of dosage of friable materials, can be divided into three phases: filling of working organ of metering device by material; forming of dose or even stream of material; delivery of material. Basic influence here on the unevenness of dosage give phase of filling of batching device by material and phase of forming of dose or stream of material. Work of phase of filling of batching device with friable material depends on the structural parameters of bunker and form of tape-holes of bunkers, which provide the trouble-free entering of material into area of forming of dose or stream. Work of phase of forming of dose or stream depends on the structural features of batching device and renders basic influence on the unevenness of dosage. From point of power expenses for phases will be following: filling of working organ of metering device with friable material mainly takes place due to gravity forces, at forming of stream, that to moving of friable material, there is a necessity of making effort and considerable power expenses, delivery of friable material also takes place due to gravity forces. Therefore, as evidently from the resulted analysis the process of dosage can be carried out due to gravity forces.

In our view, with the purpose of the use of gravity forces, during realization of process of dosage, it is needed to give to friable material such properties which will induce it to the profluvium and such phenomenon is possible at its dilution. As a result of the conducted analytical research of directions of improvement of constructions of metering devices of friable materials, it follows notices, that efforts of designers were directed on the improvement of working organs of metering devices without interference with transformation of properties of friable material. Being based on this hypothesis it is suggested by us to create such construction of metering device in which dilution of friable material will take place due to destruction of vaults, which appear above tape-holes, the diameters of which are able to create the vaults, and profluvium of friable material will take place due to gravity forces.

The gravity metering device of friable forages (Picture 1) which is offered consists of the bunker 1, bottom of the bunker 2, executed in the type of the horizontally located part of cylinder pipe with openings 3, the diameters of which are able to create the vaults, the mover 4 is set into a pipe, the mover consists of two disks 5 fastened on a drive shaft 6 and connected by small twigs 7 between each other. Adjusting of the productivity of metering device is carried out by the closer 8, due to ceiling of openings of bottom of metering device. A metering device works as follows. Friable stems are loaded in a bunker 1 and form proof vaults above the openings 3 of bottom 2 and their pouring does not take place. At the rotation of the mover 4 the destruction of vaults takes place and friable stems pour out evenly from a metering device under the action of gravity forces. The set productivity of metering device is carried out by the closer 8, due to ceiling of part of openings 3 of bottom 2. In addition the mover interacts with a friable feed and stabilizes its closeness in the area of forming of dose which provides evenness of dosage.



Picture 1 – Gravity metering device of friable forages

As a result of analysis of methods of continuous dosage of friable forages, constructions of metering devices, and taking into account physical and mechanical properties of friable forages the new construction of gravity metering device is offered, in which due to dilution of friable materials there is its profluvium under the action of gravity forces, in condition of destruction of vaults, which conduces to the decline of energy wasting on the process of dosage.

Used sources

1. Боярский Л.Г. Технология кормления и полноценное кормление сельскохозяйственных животных / Л.Г. Дубровский - Ростов н/Д: Феникс, 2001. - 200 с.
2. Піщелка В.А. Стан та перспективи розвитку комбікормової галузі в Україні / В.А. Піщелка // Ефективні корми та годівля. – 2006. №3. – С. 5-8.
3. Видинеев Ю.Д. Дозаторы непрерывного действия, / Ю.Д Видинеев // - М.: Энергия, 1981. – 273 с.
4. Василенко П.М. Механизация и автоматизация процессов Науковий вісник ТДАТУ 66 Випуск 1, Том 3 приготування і дозування кормів. / П.М. Василенко., И.И Василенко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.
5. Ревенко І.І. Результати експериментальних досліджень барабанного дозатора концентратів. / І.І. Ревенко, В.В. Радчук // Науковий вісник Національного аграрного університету № 80 ЧІ Київ 2005. С
6. Шацкий В.В. Оптимизация объема бункеров дозаторов кормов. // В.В.Шацкий, А.А. Артюшин /Мех. электр. с. х. 1982. - №8. – С.19-22.
7. Брагинец Н.В. К обоснованию значимости дозирования кормов. / Н.В. Брагинец, С.Ф. Вольвак, В.В. Лангазов // - Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ.: Видавництво ЛНАУ, 2002. - №17. – С. 29-33.

8. Metcalf J. R. The effect of wall yield on strass in bunker, / Metcalf J. R., J. Rock - Mech. and Mining Sei, - 1971, N 3
9. Vibrating feeders for British Gypsum. / Mining Journal, - 1976. - №7331. – P. 422.
10. Neumann H. Physical-mechanical properites of fodder for cattle breeding and its effecht on conveyore. // Agrartechnik. – 1981. - № 10. – P 546 – 548.

УДК 636. 3.069

ЭТОЛОГИЯ ЯГНЯТ

**Исламов Е.И., Кулманова Г.А., к.с.-х.н., профессор,
Кулатаев Б.Т., Кадыкен Р., Жумагалиева Г.М.
КазНАУ, г. Алматы, Республика Казахстан**

Бальмонт В.А. рассматривал интерьер как микроэкстерьер животных. Современные направления в изучении интерьера сельскохозяйственных животных далеко перешагнули рамки микроэкстерьера [1].

Наряду с дальнейшим развитием исследований микроморфологии животных в связи с их продуктивными качествами, широко развернуты исследования физиологических, биохимических, иммунологических и др. функциональных особенностей их организма для раннего прогнозирования селекционных признаков.

Поведенческие реакции ягнят имеют определенное значение для их сохранения, так как главные причины ранней гибели ягнят – холод, потеря матерей, голодание, слабость, отсутствие материнского инстинкта. Изучение поведения ягнят занимает особое место в ряду этологических работ, так как именно в раннем возрасте наблюдается наибольший отход молодняка.

С целью изучения некоторых этологических аспектов жизненного ритма новорожденных ягнят А.А.Вениаминов, А.М.Лашманов, Е.Н.Добрин, В.К.Вуколов [2, 3] провели фотохронометражные наблюдения за ягнятами русской длинношерстной породы и помесей линкольн х русская длинношерстная. Ими установлено, что на поведение ягнят, в частности на интервал между рождением и вставанием на ноги, началом передвижения, первым сосанием, влияют такие факторы как тип рождения – двойни быстрее вставали на ноги и сосали, чем одиноцы, пол – ярки были активней, чем баранчики, живая масса – крупные ягнята подвижней мелких в числе и одиноцов, и двоен, очередность ягнения – ягненок, родившийся первым, подвижней родившегося вторым.

Материалы и методы исследований. С целью изучения поведения ягнят после рождения, а также овцематок, нами проведены наблюдения за новорожденными ягнятами и их матерями во время весеннего ягнения на пастбище в отаре взрослых овец.

Результаты и обсуждение. Во время наблюдений замечено, что перед ягнением овцы беспокоятся и часто ложатся. Через 4-6 минут после потуг появляется голова и ноги ягненка, а через 4-8 минут рождается ягненок. Если роды прошли нормально, то через 2-4 минуты матка встает и облизывает ягненка. Еще через 2-4 минуты ягненок начинает поднимать голову, через 6-25 минут после рождения пытается встать, подает голос. Через 12-40 минут встает на ноги, ищет соски, но не сразу это ему удается, он 2-3 раза падает. Ягненку удается сосать только через 20-60 минут после рождения. Продолжительность сосаний 2-3 минуты с перерывом по 13-29 минут 2-3 раза в течение первых 1-2 часов после рождения. Ягненок и матка часто ложатся. Уже через 1-2,5 часа ягненок следует за маткой.

Из таблицы 1. видно, что к облизыванию ягненка матка приступает сразу же после родов – это имеет важное значение для жизнедеятельности ягненка. Помесные МШК х ЮКМ ягнята делали попытку встать на ноги в среднем через 10 минут после рождения, а чистопородные ЮКМ – через 19 минут. Однако разница недостоверна. Первое вставание на ноги произошло у ягнят с полутонкой шерстью через 17 минут, у тонкорунных – через 33 мин ($P>0,90$), первое сосание вымени – соответственно через 26 и 45 мин после рождения

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

($P>0,99$). После сосания ягненок ложится, а матка начинает пастись. Так как матка с ягненком находилась на пастбище, ягнята МШК х ЮКМ через 65 мин, ЮКМ – через 98 мин следовали за матерями ($P>0,95$).

Таблица 1- Поведение новорожденных ягнят ($n= 5$ голов в группе)

Элементы поведения	Критерий достоверности (td)	Время после рождения ягненка $M\pm m$, мин	
		МШК х ЮКМ	ЮКМ
Облизывание ягненка маткой	0	2±1	2±1
Попытка встать на ноги	1,8	10±3	19±4
Первое вставание на ноги	2,2	17±4	33±6
Первое сосание вымени	3,3	26±3	45±5
Ягненок следует за матерью	2,7	65±8	98±9

Следовательно, полутонкорунные ярочки – единцы, полученные от казахских мясошерстных полутонкорунных баранов раньше встают, раньше начинают сосать вымя и следовать за матерью, чем их тонкорунные сверстницы, что имеет очень важное значение при окоте для жизнеспособности ягнят.

Общеизвестно, что, чем раньше ягнята будут сосать вымя, тем быстрее молозиво попадает в желудок, а через молозиво попадут в организм ягненка необходимые иммунные вещества, которые повышают сопротивляемость организма различным заболеваниям, что в конечном счете влияет на сохранность ягнят.

Мы судим о поведении животных в основном по его внешним проявлениям – передвижению, пастьбе, жвачке, отдыху, распределению в стаде, возбуждению, агрессивности и т.п. Пока еще нет необходимых стыков этологии с физиологией высшей нервной деятельности, эндокринологией, так что мы лишь предположительно можем говорить о корреляции поведения с внутренним состоянием организма животного, с процессами, происходящими в его нервной системе.

Одним из наиболее важных аспектов поведения животных является пастьба. Процессу пастьбы в летнее время, когда температура воздуха бывает очень высокой, мешают колебания температуры тела, частоты дыхания и пульса, а за счет этого потеря аппетита и кормового рефлекса.

Время пастьбы у ярок с полутонкой шерстью МШК х ЮКМ (в возрасте 4,5 мес.) составляет 4 часа 6 минут, или 42,4% всего времени нахождения овец на пастбище. Яркие ЮКМ с тонкой шерстью паслись 21,9% времени. Время процесса жвачки в обеих группах одинаково. Яркие ЮКМ иногда ложились и отдыхали на пастбище, что составляет 37 минут или 6,5% времени. Самый большой удельный вес составляет время ходьбы, когда подчиняясь инстинкту стадности и в поисках травы животные за день проходят значительные расстояния. Время ходьбы ярок МШК х ЮКМ 47,6%, ярки ЮКМ – 58,5%. Во время ходьбы ярки мало жуют – 10,9-11,5% времени, идут и не жуют – 36,4-47,6% времени (таблица 2).

Таблица 2- Поведение ярок на пастбище в возрасте 4,5 месяца после отбивки

Поведение	МШК х ЮКМ		ЮКМ	
	время, час/мин	%	время, час/мин	%
Пасутся	4-06	42,4	2-07	21,9
Идут не жуют	3-31	36,41	4-36	47,6
Идут жуют	1-05	11,21	1-03	10,9
Стоят жуют	0-40	6,8	0-49	8,4
Стоят не жуют	0-18	3,1	0-27	4,7
Лежат	-	-	0-38	6,5
Время нахождения на пастбище	9-40	100	9-40	100

Помесные МШК х ЮКМ ярки лучше пасутся на пастбище, более приспособлены к жаркому климату пустынных условий Чу-Илийских низкогорий. По сравнению с ярками ЮКМ они пасутся дольше на 20,5% времени, вследствие чего они поедают больше пастбищной травы.

Литература

1. Рахимжанов Ж.А. и др. Методы выведения новых пород и типов овец и коз в Казахстане. Журнал « Исследования и результаты» №4, 2004, С.111-118
2. Мирзабеков С.Ш., Ерохин А.И. Овцеводство, Алматы, 2005, 512с.
3. Эйдригевич Е.В., Раевская В.В. Интерьер сельскохозяйственных животных М., 1978г., С. 249.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ДНК-СЕНСОР НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ
НАНОТРУБОК ДЛЯ ГЕНОМНОЙ СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ**

Крылова Н.Г.¹, к.ф.-м.н., Грушевская Г.В.²,
к.ф.-м.н., ¹БГАТУ, ²БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

Развитие молекулярных биотехнологий открывает широкие перспективы в усовершенствовании и внедрении новых методов селекции сельскохозяйственных животных. Так, в последние годы, особое внимание исследователей привлекают методы маркерной селекции крупного рогатого скота [1]. Например, в [2] разрабатывались и внедрялись технологии геномного анализа крупного рогатого скота по однонуклеотидным полиморфизмам, оценивалась эффективность использования генов бета-лактоглобулина, пролактина и гормона роста в маркерной селекции крупного рогатого скота белорусской черно-пестрой породы для повышения хозяйственно полезных признаков молочной продуктивности животных. Однако, несмотря на развитие стандартных технологий секвенирования и широкое распространение ПЦР, эти методы остаются достаточно трудоемкими и затратными.

Развитие оптических и электрохимических ДНК-сенсоров, основанных на использовании наноматериалов, является многообещающим. Они демонстрируют высокую чувствительности, низкую стоимость и возможности миниатюризации. Так, электрохимическая импедансная спектроскопия с использованием современных ДНК-сенсоров с электродами Si/SiO₂ wafer/SWCNT/AuNP, в покрытие которых включены одностенные углеродные нанотрубки (SWCNT, одностенные УНТ) и золотые наночастицы (AuNP), имеет предельную чувствительность вплоть до 10 зептоМ (зМ, 10⁻²¹ М) (для модельных олигонуклеотидов из 10 азотистых оснований) [3].

Уникальные электрофизические свойства углеродных наноструктур можно применять для разработки метода одномолекулярного детектирования мутаций генома (мутаций в ДНК) на явлении поверхностно-усиленного рассеяния света в результате поверхностного плазмонного резонанса и эффектах экранирования в квантовых материалах: графене с металлическими наночастицами, углеродных нанотрубках, графеноподобных монослоях на нанопористом анодном оксиде алюминия (АОА) [3, 4].

Преимущество электрохимических ДНК-сенсоров нефарадеевского типа заключается в возможности детектирования гибридизации ДНК без меток, что значительно снижает их стоимость и позволяет унифицировать их производство. Разрабатываемый нами нефарадеевский ДНК-наносенсор детектирует сигнал связывания олигонуклеотидного ssДНК-зонда с dsДНК-мишенью и представляет встречно-штыревую систему алюминиевых электродов (рисунков 1а), которые изолированы тонким диэлектрическим слоем нанопористого АОА и монослоями наноциклических комплексов высокоспинового октаэдрического железа Fe(II) с дитионил-пирроловыми лигандами (Fe(II)DTP). ЛБ-монослой Fe(II)DTP изготавливались нанотехнологией Ленгмюра–Блоджетт (ЛБ). Многостенные УНТ (МУНТ), предварительно функционализированные молекулами ДНК-зонда, декорировались металлоорганическими ЛБ-комплексами Fe(II)DTP. Сформированные из комплексов Fe(II)-декорированные МУНТ/ДНК-зонд ЛБ-монослой являются трансдьюсером сигнала гибридизации [5]. ДНК-наносенсор включается в качестве емкости в RC-автогенератор. Экспериментально измеряется частота квазирезонанса, которая прямо пропорциональна емкости ДНК-сенсора.

Гибридизация комплементарной ДНК-мишени с ДНК-зондом в чувствительном слое приводит к проникновению высвободившейся ssДНК через нанопоры Fe(II)DTP-монослоя в нанопористый АОА с последующим связыванием отдельных МУНТ молекулами ДНК в высокопроводящую сеть, как показано на рисунке 1б. Детектирование целевой последовательности основывается на эффекте экранирования приэлектродного двойного слоя Гельмгольца, приводящего к уменьшению электрической емкости C_{dl} двойного слоя. Изменения в сопротивлении или емкости двойного приэлектродного слоя индуцируются гибридизацией ДНК-мишени с одноцепочечной зондовой ДНК, адгезированной на УНТ и расположенной в приэлектродной области.

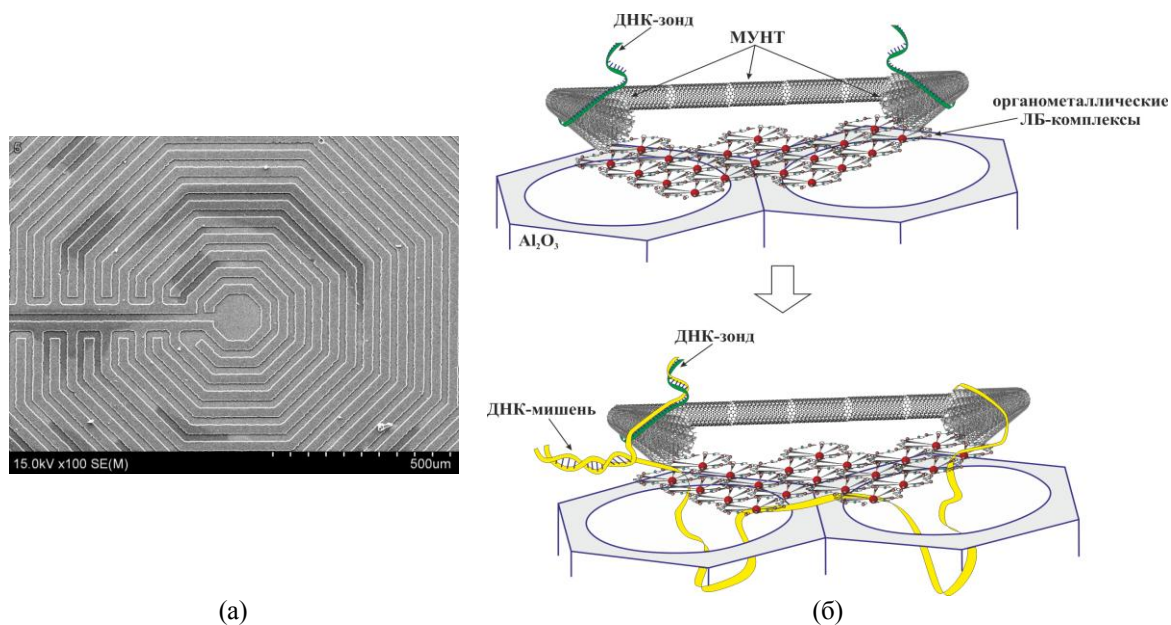


Рисунок 1 – (а) Встречно-штыревая структура электродов сенсора, (б) механизм одномолекулярного секвенирования на МУНТ, декорированных расположенными на нанопорах АОА органометаллическими ЛБ-комплексами

Образование комплементарных дуплексов ssДНК-зонда с dsДНК-мишенью приводит к появлению кольцевых диамагнитных токов из-за формирования водородных связей. Магнитный момент диамагнитных токов выстраивается по магнитному полю в наноциклических Fe(II)-комплексах, соответственно увеличивая значение спиновой поляризации токов носителей заряда в МУНТ. В результате степень экранирования электродов сенсора возрастает. Из-за эффекта “экранирования” электрическая емкость слоя Гельмгольца падает.

Экспериментально показано, что вышеописанный ДНК-наносенсор способен регистрировать однонуклеотидной замены в целевой ДНК последовательности [6].

Таким образом, предложенный электрохимический ДНК-сенсор на основе углеродных нанотрубок, декорированных железосодержащими наноциклическими комплексами, является перспективным для разработки новых методов геномной селекции сельскохозяйственных животных.

Литература

1. Beuzen, N.D. Molecular markers and their use in animal breeding / N.D. Beuzen, M.J. Stear, K.C. Chang // *Veterinary Journal* – 2000. – Vol. 160. – P. 42–52.
2. Влияние комплексных генотипов по генам бета-лактоглобулина, про-лактинина и гормона роста на молочную продуктивность коров белорусской черно-пестрой породы / О.А. Епишко [и др.] // *Генетика и разведение животных*. Санкт-Петербург. – 2017. – № 3. – С. 58-68.
3. Abdul Rasheed, P. Carbon nanostructures as immobilization platform for DNA: A review on current progress in electrochemical DNA sensors / P. Abdul Rasheed, N. Sandhyarani // *Biosens. Bioelectron.* – 2017. – Vol. 97. – P. 226–237.

4. Single nucleotide polymorphism genotyping using DNA sequencing on multiwalled carbon nanotubes monolayer by CNT-plasmon resonance / H.V. Grushevskaya [et al.] // *Int. J. Mod. Phys. B.* – 2018. – Vol. 32. – Paper 1840033. 10 p.
5. Одномолекулярное EIS-секвенирование ДНК на композитах нанопористых структур: достижения и перспективы / Г. Грушевская [и др.] // *Наука и инновации* – 2019. – Т. 194, № 4. – С. 23–28.
6. High-performance sensing of DNA hybridization on surface of self-organized MWCNT-arrays decorated by organometallic complexes / V. P. Egorova [et al.] // In: *Bioinformatics Research and Applications. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9683: proceedings of the Int. Conf. ISBRA, Minsk, 2016, / eds.: A. Bourgeois, P. Skums, X. Wan, A. Zelikovsky – Springer, Cham, 2016. – P. 52–66.

УДК 631.53.011:635.757

КАЧЕСТВЕННЫЙ ПОСЕВНОЙ МАТЕРИАЛ – ВАЖНЫЙ АСПЕКТ УСПЕШНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ФЕНХЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО

Макуха О.В., к.с.-х.н., доцент
ХГАУ, г. Херсон, Украина

Фенхель обыкновенный – ценное эфиромасличное, лекарственное, пряновкусовое, медоносное растение. В Украине его традиционно культивируют в западных областях, которые характеризуются умеренным климатом, благоприятным температурным режимом и достаточным количеством осадков [1].

В последние годы в связи с развитием фармацевтической, парфюмерно-косметической и других отраслей промышленности возникла необходимость увеличения производства плодов фенхеля обыкновенного, расширения традиционных границ его возделывания и интродукции в новые регионы, в частности в зону южной Степи Украины.

Увеличение посевных площадей фенхеля обыкновенного невозможно без обеспечения хозяйств региона семенами с высокими посевными качествами. Проблема высококачественного посевного материала актуальна при возделывании всех сельскохозяйственных культур и особенно фенхеля, что связано с особенностями семян (плотная семенная оболочка, мелкие семена, низкая всхожесть и энергия прорастания), а также их дефицитом в результате локального размещения посевных площадей.

Для определения лабораторной всхожести, энергии прорастания, динамики прорастания и поглощения влаги, влияния сроков хранения на посевные качества семян фенхеля проводили лабораторные исследования на кафедре ботаники и защиты растений Херсонского государственного аграрного университета.

Посевные качества семян определяли, используя методики [2-4]. Семена проращивали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при переменной суточной температуре: 20°C в течение 18 часов, 30°C в течение 6 часов. Энергию прорастания определяли через 6 дней, всхожесть – через 14 дней проращивания.

Семена фенхеля обыкновенного представлены полуплодиками (односемянками) и плодами (двусемянками). Масса 1000 односемянков превышала массу 1000 семян в составе целых плодов, в среднем, на 13,9%. Так, масса 1000 семян фенхеля составляла 5,42 г, масса 1000 односемянков – 5,72 г, семян в составе целых плодов – 5,02 г.

Семена культуры начинали прорастать на 2-3-й день, наиболее динамично этот процесс проходил на 5-10-й день. Энергия прорастания семян составила 39,8, лабораторная всхожесть – 83,1%.

Структурные элементы (одно- и двусемянки) характеризовались разными посевными качествами. Энергия прорастания односемянков составила 53,2%, плодов-двусемянков – 22,1%, лабораторная всхожесть – 84,3 и 81,6%, соответственно. Следовательно, посевные качества изменялись пропорционально массе 1000 семян фенхеля. Более крупные семена име-

ли более высокую энергию прорастания и лабораторную всхожесть, что может быть связано с лучшим развитием зародыша и накоплением в эндосперме большего количества запасных питательных веществ.

За первый день проращивания семена фенхеля поглощали 84,6% воды от абсолютно сухой массы, в том числе за первые 12 часов – 51,3%; за два дня – 139,1%, за три дня – 150,3%. Процесс поглощения воды семенами наиболее интенсивно проходил в первые два дня проращивания, за третий день семена впитали только 11,2% воды.

На основе анализа полученных данных можно сделать вывод, что потери влаги из поверхностного слоя почвы в результате опоздания с севом или проведения его в более поздние сроки могут негативно отразиться на формировании всходов и дальнейшем развитии культуры.

Исследование посевных качеств семян фенхеля в зависимости от срока хранения свидетельствует, что энергия прорастания и лабораторная всхожесть после уборки составляли 26,3 и 73,8%, соответственно. Данные показатели достигали максимальных значений через 6 месяцев хранения. Энергия прорастания увеличилась в 1,51, лабораторная всхожесть – в 1,13 раза относительно исходных показателей, полученных после уборки.

В семенах по мере старения проходят метаболические процессы, которые вызывают истощение запасов питательных веществ, изменение активности ферментов, проницаемости мембран. В дальнейшем наблюдалось постепенное снижение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян. Через два года хранения данные показатели уменьшились относительно начального уровня в 1,61 и 1,53 раза, соответственно.

Особенности изменения посевных качеств семян фенхеля обыкновенного в зависимости от сроков хранения, выявленные в процессе исследований, представляют важное практическое значение для сельскохозяйственного производства. Посевные качества достигают наивысших значений при севе в весенний период семенами урожая прошлого года, то есть через 6 месяцев хранения. При использовании семян, которые хранились в течение длительного периода, необходимо увеличивать норму высева с учетом изменения их посевных качеств.

Таким образом, масса 1000 семян фенхеля обыкновенного составила 5,42 г, энергия прорастания – 39,8, лабораторная всхожесть – 83,1%. Структурный состав семян представлен полуплодиками (односемянками) и плодами (двусемянками). Односемянки имели более высокую массу, всхожесть и энергию прорастания в сравнение с семенами в составе целых плодов.

Семена фенхеля начинали прорастать на 2-3-й день, наиболее динамично этот процесс проходил на 5-10-й день. За три дня проращивания семена поглощали 150,3% воды от абсолютно сухой массы. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть достигали максимальных значений через 6 месяцев хранения, в дальнейшем уменьшались.

Литература

1. Остапенко, А.И. Пряноароматические и пряновкусовые растения [Текст]: справочник / Остапенко А.И., Братчук А.Н. – Херсон, 2003. – С. 222-225.
2. Основи наукових досліджень в агрономії [Текст]: підручник / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз; за ред. В.О. Єщенка. – К.: Дія, 2005. – 288 с.
3. ГОСТ 17082.2-95. Плоды эфиромасличных культур для промышленной переработки. Метод определения влажности [Текст]. – Введ. 1995-04-26. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 3 с.
4. ГОСТ 30556-98. Семена эфиромасличных культур. Методы определения всхожести [Текст]. – Введ. 1998-05-23. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 8 с.

ГЕНОМНАЯ ОЦЕНКА В МОЛОЧНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕНикулин Д.М.¹, к.в.н., Мамедов М.С.², к.в.н.¹ООО Молочная компания «Генетика», ²ФГБОУ НРИУЭ АПК,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Работы по геномной оценке быков начались после расшифровки в 2004 году структуры ДНК коровы. В каждой клетке тела коровы имеется 30 хромосом, включая X и Y, отвечающие за гендерные аспекты. В них содержатся молекулы ДНК, состоящие из пар нуклеотидов, прикрепленных к молекулярным цепочкам и обозначаемых латинскими буквами А, С, G, Т. В трех миллиардах нуклеотидов закодирована информация обо всем теле коровы, и различия в их последовательностях между животными одной и той же породы – это именно то, что дает преимущество одной особи относительно других.

Для получения информации о геноме животного у него берется образец крови, шерсти, тканей или семени, из которых извлекается молекула ДНК. После этого она помещается на микросхему, которая анализирует различия в вышеупомянутых последовательностях величиной в один нуклеотид (иначе SNP – «снип»), равномерно распределенных по хромосомам животных. Связи между маркерами SNP и функционально важными генами, наблюдаемыми у предков животного, остаются на протяжении нескольких поколений, что позволяет «заглядывать» в будущее молодого животного.

До появления метода геномной оценки, все, что можно было узнать о генетическом потенциале молодого животного, происходило из усредненных показателей его родителей. Эти показатели представляли собой среднее значение прогнозируемой передающей способности родителей животного и невозможно было определить, какие гены унаследовало молодое животное: лучше или хуже среднего значения. Необходимо было ожидать два года до того, как у коровы проявятся ее характеристики, а в случае с быками – пять лет, пока начнут лактацию их дочери.

Инбридинг раньше определялся по данным родословной, а в настоящее время – по гомозиготности, измеряемой по образцу ДНК.

В настоящее время созданы и успешно работают недорогие системы анализа генома животных (например, ремонтных телок) в условиях племенного и, или товарного хозяйства. Например, с тех пор, как в 2009 г. появился микрочип для геномного анализа плотностью 50000 снипов, племпредприятие «Си-Ар-Ай» (США) проводит анализ всех женских особей, участвующих в программе ядерного стада «Дженезис». В это число вошло уже 479 животных.

Еще одна интересная возможность – разработка программ закрепления, основанных на результатах анализов ДНК, а не на родословной или оценке телосложения. Кроме того, необходимо подчеркнуть, что эффект использования геномной оценки проявляется в основном в голштинской породе, тогда как для остальных пород он не столь значителен. У джерсеев выигрыш в достоверности оценки при использовании геномного анализа в два раза меньше, чем у голштинов, а у браун-швицов им можно вообще пренебречь.

Использование геномной оценки быков-производителей имеет следующие преимущества:

1. Ускорение генетического прогресса: племенным организациям нет необходимости ждать четыре года для того, чтобы убедиться в прогнозируемой передающей способности того или иного быка. Испытательный период сократился до трех дней, что позволяет значительно расширить линейку используемых быков, расширить ассортимент их выбора. Снижается стоимость спермы, так как в общей структуре затрат резко уменьшается та часть, которая связана с содержанием и выращиванием производителей, показавших в дальнейшем плохие результаты по итогам проверки на дочерях.

2. Возможность специализированного отбора быков по признакам, необходимым владельцам скота в условиях стремительно меняющихся интересов и потребностей.

Геномные быки дают беспрецедентную возможность ускорять генетический прогресс стада и повышать прибыль животноводческого предприятия. Наилучший подход к использо-

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

ванию геномных быков – это использовать семя сразу нескольких таких производителей, соответствующих селекционным целям хозяйства. Таким образом можно получить больше возможностей для контроля инбридинга и обеспечения большего генетического разнообразия. И, если раньше аналитик-селекционер по племенным быкам носил с собой сводки учета продуктивности и генетических прогнозов, то теперь – конверты с образцами шерсти животных.

Что дает использование геномной оценки телок? Компания «Си-Ар-Ай» (США) разработала программное средство, CalfMath™ («Каф-Мат»), которое легко может быть использовано в сочетании с анализом генома для ускорения генетического прогресса поголовья. При помощи геномного анализа животноводы смогут выделять в своем стаде группы наиболее генетически ценных телок в раннем возрасте, после чего при помощи средства «Каф-Мат» (представляющего из себя расчетную таблицу со встроенными формулами, заполняемую данными пользователя), они смогут принять решение о том, каким образом использовать различные возможности семени быков, для достижения своих селекционных целей и повышения прибыльности предприятия.

Алгоритм действий владельцев животных при этом достаточно прост: если геномные исследования показали высокую продуктивность исследуемой телки в будущем, то она оплодотворяется сексированным семенем с высокой племенной ценностью. Также такие животные активно используются для получения эмбрионов с дальнейшей трансплантацией их коровам – реципиентам. Таким образом, происходит очень активное и, самое главное, быстрое внедрение указанных селекционно-генетических достижений на практике, что позволяет в максимально короткие сроки получать дополнительную прибыль. Если же анализ ДНК показал, что на высокую молочную продуктивность животного в дальнейшем рассчитывать не приходится, телка осеменяется спермой мясных быков в целях получения кроссбредного потомства для откорма.

Насколько точна геномная оценка? Для того, чтобы оценить точность геномной оценки, ее обычно сравнивают с результатами оценки по дочерям и делают соответствующие выводы. В таблицах 1 и 2 приведены средние изменения оценок по мере получения геномными быками оценки по итогам лактации дочерей. Анализ включает данные о быках, оцененных по геному в августе 2010 г. и на сегодня имеющих данные, о как минимум, 40 дочерях для оценки продуктивности и 10 дочерях для оценки телосложения.

Таблица 1 - Среднее по отрасли изменение оценок геномных быков к моменту получения ими оценки по дочерям

Кол-во быков	Ср. кол-во дочерей	ИПП	Достоверность ИПП	ТPI	Удой (ППС)	Жир	Белок	Прод-сть прод. жизни	Оплодотворяемость дочерей
2123	105	-\$29	+12	-11	-47	-2	-1	-0.6	+0.2

Таблица 2 - Среднее по отрасли изменение оценок признаков телосложения геномных быков к моменту получения ими оценки по, как минимум, 10 лактирующим дочерям (за период с августа 2010 г. по апрель 2012)

Кол-во быков	Ср. кол-во дочерей	Тип (ППС)	Сводная оценка вымени
1504	59	-0.20	-0.10

Как показывают данные, приведенные в таблице 1, индекс пожизненной прибыли быков-производителей к моменту получения ими оценки по дочерям, в целом по отрасли, снижается, в среднем, на 29 долларов. Эта информация основывается на изучении оценок более чем 2100 быков, получивших оценку, в среднем, по 105 дочерям. Данные таблицы 2 показывают, что оценка типа за тот же период снижается у них, в среднем, на 0,2 пункта (по 1500 быкам, в среднем, с 59-ю дочерьми).

Имеется ли интерес к геномной оценке продуктивных животных в России? Специалистами Молочной компании Генетика в 20 сельхозпредприятиях РФ был проведен опрос по поводу заинтересованности и отношению к геномной оценке телок. В данной работе были задействованы производители молока различных форм собственности, от небольших

крестьянско-фермерских хозяйств (не более 150 голов дойного стада), до крупных животноводческих комплексов с численностью лактирующего поголовья более 2500 животных. География расположения анкетированных хозяйств - Северный Кавказ, Сибирь, Урал, центральная часть России.

Подавляющее число респондентов (95%) проявили выраженный интерес к возможности определять генетический статус и потенциал у новорожденных телок. Основная масса вопросов касалась прогнозной стоимости таких исследований, а также достоверности по показателям продуктивности и здоровья.

Опрашиваемые специалисты выразили свою уверенность в том, что внедрение геномной оценки телок в раннем возрасте позволит им легче и быстрее решать следующие вопросы:

- каких телок сохранять для воспроизводства стада;
- каких телок можно выгоднее продать как племенной скот;
- каких телок и коров закреплять за какими быками;
- увеличить объем и улучшить качество производимого молока;
- использовать результаты геномной оценки телок и нетелей при их покупке.

Достаточно интересно мнение руководителя одного из крупнейших современных и высокотехнологичных комплексов, который выразил готовность подвергать геномной оценке 100% нарождающихся телочек, даже если достоверность таких исследований составит 70%.

Заключение. Подобные анализы, позволяющие сравнить геномные и фенотипические данные – прекрасный индикатор прогнозирующих возможностей геномного исследования женских особей, из которого можно извлечь массу преимуществ. Для некоторых фермеров – это возможность определить наиболее выдающихся коров и телок, которые могут стать матерями следующих поколений быков, работающих в сфере искусственного осеменения, однако для молочной отрасли в целом бóльшую пользу принесет более широкое внедрение геномных исследований животных в коммерческих стадах.

Мы глубоко уверены в том, что внедрение геномных технологий в индустрию животноводства даст российским сельхозпроизводителям мощный инструмент для снабжения населения не только нашей страны, но и всего мира продуктами питания.

Литература

1. Cole, J. B., and P. M. VanRaden. 2011. Use of haplotypes to estimate Mendelian sampling effects and selection limits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* (doi:10.1111/j.1439-0388.2011.00922.x).
2. VanRaden, P. M., K. M. Olson, D. J. Null, and J. L. Hutchison. 2011. Detection of harmful recessive effects on fertility and stillbirth by absence of homozygous haplotypes. *Journal of Dairy Science* (in review).

УДК 636.2.034/636.084.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

**Лёвкин Е.А., Минаков В.Н., Базылев М.В., Линьков В.В., к.с.-х.н., доценты
ВГАВМ, г. Витебск, Республика Беларусь**

Современное сельскохозяйственное производство предполагает направленную интенсификацию на основе достижений научно-технического прогресса. Поэтому, большинство разработок высокотехнологичных средств производства является актуальным звеном аграрной сферы активно участвующим в поисках внутрипроизводственных экономических резервов [1, 2].

Цель исследований заключалась в изучении новых функциональных возможностей технологического использования автоматизированной поилки для молодняка крупного рога-

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

того скота (УАВТ-60) отечественного производства. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение производственных исследований на репрезентативной выборке группы телят (n=96 голов); осуществление математической обработки полученных опытных данных; интерпретация результатов исследований. Методика опытов – общепринятая. В исследованиях были задействованы методы анализа, синтеза, дедукции, сравнений, прикладной математической статистики.

Уже в раннем возрасте молодняку крупного рогатого скота необходимо обеспечить достаточное потребление молочных кормов порциями в строго заданном количестве через определенные интервалы в течение суток с учетом биологических особенностей растущего теленка. Учесть все эти требования позволяет использование усовершенствованной автоматизированной и компьютеризированной автопоилки УАВТ-60. Изучение взаимодействия новых технологий (животных и технических средств производства агропродукции) позволило установить следующие производственные параметры (таблица 1)

Таблица 1 – Экономические показатели выращивания молодняка

Показатели	Группа	
	I - контрольная	II - опытная
Средняя живая масса в начале опыта, кг	29	28
Средняя живая масса в конце опыта, кг	158	167
Среднесуточный прирост живой массы, г	717	772
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, корм. ед.	4,2	4,2
Себестоимость кормов суточного рациона, усл. ед.	0,611	0,629
Уровень рентабельности производства продукции, %	22,4	27,4

Анализ таблицы 1 свидетельствует о том, что использование автопоилки УАВТ-60 в новом режиме с применением специальных компьютерных программ позволяет унифицировать процессы производства животноводческой продукции и получать дополнительную прибыль. При этом, установлено достоверное превышение целого ряда производственных и экономических показателей у опытной группы телят над контрольной: автоматическое и компьютеризованное выпаивание телят является объективным резервом экономии питательных веществ молочных кормов, когда наблюдается увеличение потребления растительных – дешевых кормов. Уровень рентабельности производимой скотоводческой продукции у опытной группы телят составил 27,4 %, что превышает данный показатель у контрольной группы на 5,0 процентных пункта.

Литература

1. Базылев, М. В. Инновационные управленческие технологии в современном сельскохозяйственном производстве / М. В. Базылев, В. В. Линьков, Е. А. Лёвкин // Инновационная экономика, стратегический менеджмент и антикризисное управление в субъектах бизнеса : Сборник статей I Международной научно-практической конференции (5 июня 2018 года, г. Орёл). – Орёл : ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2018. – С. 168–172.
2. Минаков, В. Н. Рост, развитие и здоровье телят в зависимости условий выращивания : дисс. канд. сельскохозяйственных наук : 06.02.04 / В. Н. Минаков; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2007. – 137 с.

УДК 636.237.21:591.411

ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛАКТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ У ТЕЛОЧЕК ПО ДАННЫМ КОРДИОИНТЕРВАЛОМЕТРИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Емельянов С.Д.

РГАТУ, г Рязань, Российская Федерация

Соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, характеризующееся индексом вегетативного равновесия не одинаково у животных с разными исходным вегетативным тонусом и вегетативной реактивностью. Сердце коровы работает напряженно и днем и ночью: за сутки ему предстоит перекачать только через вымя почти 10 тонн крови [1-5]. Высокая молочная продуктивность коров предъявляет повышенные требования ко всем системам организма [6-10]. Изучение кардиоинтервалометрических параметров не только в покое, но и после нагрузки дает возможность судить не только об исходном вегетативном тоне, но и о вегетативной реактивности, что позволяет более полно оценить функциональные резервы сердечно-сосудистой системы телочек.

Исследование индивидуальных функциональных резервов представляет особый интерес с точки зрения изучения подготовленности сердечно-сосудистой системы телочек к предстоящему лактационному процессу [11-15].

Исследования проводились на телочках черно-пестрой породы, линии Рефлекшн Соверинг 198998. Группы животных были сопоставлены по возрасту и живой массе.

Регистрация кардиоинтервалограмм (КИГ) проводилась в общепринятой системе фронтальных отведений. Регистрировались 100 последовательных кардиоциклов (R-R). Регистрация КИГ осуществлялась в покое и после физической нагрузки. Расчет велся на основании длительности интервалов R-R, записанных в статический ряд.

Исходный вегетативный тонус телочек оценивался по ИН1 (табл. 1). Телочки были прослежены на протяжении 3 лактаций.

Таблица 1. - Показатели вегетативной реактивности на физическую пробу по отношению ИН2/ИН1

Группы	ИН1	ИВТ по ИН1	ИН2/ИН1	Вегетативная реактивность	Средняя молочная продукт. за 3 лактации
1	150-350	Эйтония	1-1,5	Нормальная	4974,06±235,22
2	350-500	Умеренная симпатикотония	1-1,5	Нормальная	5253,63±297,49
3	>500	Гиперсимпатикотония	1-1,5	Псевдонормальная	2636,25±144,39
4	350-500	Умеренная симпатикотония	>1,99	Гиперсимпатикотоническая	2645,82±133,66
5	>500	Гиперсимпатикотония	< 1	Ваготоническая	2668,71±198,81

Индекс вегетативного равновесия указывает на соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [2].

Индекс вегетативного равновесия у животных с ИВТ – эйтонией и нормальной вегетативной реактивностью составляет 322.71±19.05 у.е. После физической нагрузки показатель увеличивается на 14,24% и составляет 368.67±28,25у.е., что указывает на вегетативное равновесие у животных данной группы.

Таблица. Индекс вегетативного равновесия до и после физической нагрузки

Группы коров	ИВР	ИВР
1	322,71±19,05	368,67±28,25
2	524,52±47,43	490,30±70,10
3	803,13±59,16	888,19±81,98
4	445,39±21,05	1199,09±96,86
5	1177,73±222,24	721,73±210,35

Вторая и четвертая группы имеют одинаковый исходный вегетативный тонус – умеренная симпатикотония, ИВР $524,52 \pm 47,43$ у.е. и $445,39 \pm 21,05$ у.е. соответственно, однако отличаются вегетативной реактивностью, вторая группа – нормальная реактивность, ИВР после нагрузки изменяется на 6,5% и составляет $490,30 \pm 70,10$, четвертая группа – гиперсимпатическая реактивность, ИВР увеличивается на 169,11 % и составляет $1199,09 \pm 96,86$ у.е.

Самые высокие показатели ИВР наблюдаются в группах 3 и 5, $803,13 \pm 59,16$ у.е. и $1177,73 \pm 222,24$ у.е. соответственно., т.к. исходный вегетативный тонус в обеих группах – гиперсимпатикотония. Однако эти группы различаются по вегетативной реактивности, поэтому после физической нагрузки в группе 3 с симпатикотонической реактивностью происходит увеличение ИВР на 10,59% , и составляет $888,19 \pm 81,98$ у.е., а в группе 5 с ваготонической реактивностью ИВР уменьшается на 38,72 % и составляет $721,73 \pm 210,35$ у.е.

Увеличение индекса вегетативного равновесия в исходном состоянии у телочек свидетельствует о смещении равновесия в сторону симпатического отдела вегетативной нервной системы, сердечно-сосудистая система работает с вынужденным напряжением в состоянии покоя, увеличение нагрузки может привести к дисфункции. Показательно, что при исходном относительном равновесии систем в четвертой группе физическая нагрузка помогает выявить другой уровень функционирования регуляторных систем. В случае четвертой группы физическая нагрузка приводит к резкому увеличению показателя вегетативного равновесия, наблюдается смещение в сторону симпатического отдела вегетативной нервной системы, что косвенно свидетельствует о низких функциональных резервах сердца телочек этой группы. В обоих случаях сердечнососудистая система с такими функциональными показателями не подготовлена к нагрузке обеспечиваемой лактационным процессом. Это подтверждается анализом удоя этих животных на протяжении трех лактаций.

Взаимосвязь уровня продуктивности коров и показателя ИВР подтверждается уравнениями расчета наиболее вероятного удоя при заданных границах показателя ИВР.

Литература

1. Анализ изменения длительности сегментов ЭЭГ при физической нагрузке у телочек с разным исходным вегетативным тонусом. Емельянова А.С. Сельскохозяйственная биология. 2010. Т. 45. № 2. С. 77-81.
2. Изменение вторичных показателей вариационных пульсограмм у коров первотелок в результате перенесенного острого стресса. Лупова Е.И., Емельянова А.С. Международный технико-экономический журнал. 2012. № 5. С 93-95.
3. Рекомендации по оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы крупного рогатого скота. Емельянова А.С. Рязань, 2010.
4. Оценка исходного вегетативного тонуса коров с различной молочной продуктивностью по индексу напряжения регулярных систем организма. Емельянова А.С. Естественные и технические науки. 2009. № 6 (44). С.148-149.
5. Сравнительный анализ электрокардиографических показателей высокопродуктивных и низкопродуктивных коров-первотелок с разным исходным вегетативным тонусом регуляторных систем. Емельянова А.С. зоотехния. 2010. № 4. С6-8.
6. Анализ вариабельности сердечного ритма с целью оценки адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы коров-первотелок к нагрузке, обеспечиваемой лактационным процессом. Емельянова А.С. Естественные и технические науки. 2009. № 6 (44). С. 145-147.
7. Взаимосвязь исходного вегетативного тонуса, числовых характеристик вариационных пульсограмм и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил» коровам черно-пестрой породы. Емельянова А.С., Никитов С.В. Проблемы развития АПК региона. 2012. Т. 10. № 2 (10). С. 105-107.
8. Индекс вегетативного равновесия у телок с разной вегетативной реактивностью. Емельянова А. Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 4. С. 28-29.

9. Сравнительный анализ показателя адекватности процессов регуляции у молодняка крупного рогатого скоты до и после физической нагрузки. Емельянова А.С. Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2009. № 4. С. 16-17.
10. Показатель вегетативной реактивности у коров-первотелок при адаптации к острому стрессу. Лупова Е.И., Емельянова А.С. Аграрная Россия. 2012. № 10. с. 43-44.
11. Анализ взаимосвязи вторичных показателей вариационных пульсограмм коров и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил». Емельянова А.С., Никитов С.В. Естественные и технические науки. 2012. № 2 (58). С. 132-134.
12. Анализ зависимости молочной продуктивности и вегетативного показателя ритма коров первотелок. Емельянова А.С., Емельянов С.Д. Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. 2010. № 4 (8). с. 12-13
13. Электрокардиографическое обследование, как один из интерьерных методов предварительного прогнозирования молочной продуктивности коров. Емельянова А.С. диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Рязань. 1999.
14. Кардиоинтервалометрические исследования в молочном скотоводстве. Емельянова А.С., Борычева Ю.М., Степура Е.Е., Емельянов С.Д. В сборнике: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2016. С. 164-167.
15. Анализ повышения молочной продуктивности при применении биологической добавки «Витартил» коровам с разным ИВТ (по данным ЭКГ). Емельянова А.С., Никитов С.В. Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 5. С9-11.

УДК 636.237.21:591.411

ИННОВАЦИОННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКОРОСТИ МОЛОКООТДАЧИ У КОРОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

Емельянова А.С.¹, д.т.н., профессор, Каширина Л.Г.¹, д.б.н., профессор,

Степура Е.Е.², к.б.н., Герасимов М.А.¹, Емельянов С.Д.¹

¹РГАТУ, ²РязГМУ, г Рязань, Российская Федерация

Изучение взаимосвязи исходного вегетативного тонуса и уровня напряжения регуляторных систем с уровнем молочной продуктивности и скоростью молокоотдачи коров является актуальным вопросом, так как позволяет оценить индивидуальные функциональные резервы и адаптационные возможности организма коровы в ответ на нагрузку, обеспечиваемую лактационным процессом.

При оптимальном регулировании участие более высоких уровней регуляцииминимизировано, регуляция осуществляется за счет автономного контура, который включает синусовый узел, блуждающие нервы и их ядра в продолговатом мозгу. Поскольку синусовый сердечный узел является не только водителем ритма сердца, но и индикатором функционирования всех регулирующих систем организма, то такой интегральный параметр кардиоинтервалограммы, как индекс напряжения (ИН) может служить показателем исходного вегетативного тонуса (ИВТ) [1, 2].

Исследования проводились на коровах черно-пестрой породы, линии Рефлекшн Соверинг 198998. Группы животных, находящиеся на 2-3 месяце лактации, были сопоставлены по возрасту и живой массе. Молочная продуктивность коров анализировалась в течение 3 лактаций. Характеристика групп: 1а,1б – высокопродуктивные коровы, группа 2 – коровы с убывающей лактацией, 3а,3б – низкопродуктивные животные (Таблица 1).

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Таблица 1 - Индекс напряжения и исходный вегетативный тонус регуляторных систем групп коров с разной молочной продуктивностью

Группы коров	Молочная продуктивность				ИН, у. е.	ИВТ по ИН
	Удой в 1 лактацию	Удой в 2 лактацию	Удой в 3 лактацию	Средний удой за 3 лактации		
1а	5824.38 ±263.67	6274.25± 269.55	7535.00±280.48	6546.50±168.44	100-200	Эйтония
1б	6991.33±197.08	8285.22±444.16	8930.22±432.55	8106.22±274.92	200-300	Симпатикотония
2	4534.50±308.09	3380.00±279.32	2315.50±206.31	3310.00±230.55	более 350	Гиперсимпатикотония
3а	3519.59±169.87	3586.23±175.03	3763.86±170.42	3627.77±125.25	более 350	Гиперсимпатикотония
3б	2828.92±217.44	3351.00±231.17	3306.54±184.99	3159.54±161.96	менее 100	Ваготония

Регистрация кардиоинтервалограмм (КИГ) проводилась в общепринятой системе фронтальных отведений. Регистрировались 100 последовательных кардиоциклов (R-R). Регистрация КИГ осуществлялась в покое. Расчет велся на основании длительности интервалов R-R, записанных в статический ряд.

Рассчитывался ИН регуляторных систем – интегральный показатель, отражающий степень централизации управления сердечным ритмом, характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояния центрального контура. По ИН в покое оценивается ИВТ.

Анализ таблицы показывает, что ИН высокопродуктивных коров, характеризующихся стабильной лактационной кривой находится в пределах 100-200 у. е. в 64 % наблюдений (1а группа) и в пределах 200-300 у. е. в 36 % (1б группа). Исходный вегетативный тонус в группе 1а оценивается как эйтония, в группе 1б - умеренная симпатикотония, следовательно здоровый организм высокопродуктивных коров обладает достаточным запасом функциональных резервов (метаболических, энергетических, информационных) и отвечает на нагрузку, обеспечиваемую лактационным процессом, так называемым рабочим напряжением регуляторных систем, сохраняя вегетативный гомеостаз. Наблюдается преобладание автономного контура регуляции.

Группа 2 имеет высокие показатели молочной продуктивности в первую лактацию, но в последующие лактации молочная продуктивность падает. Анализ исходного вегетативного тонуса предполагает гиперсимпатикотонию. ИН в группе 2 более 350 у.е., что свидетельствует о недостаточности функциональных-оперативных резервов, расходуемых автономными регуляторными механизмами для адаптации к лактационному процессу. Недостаток функциональных резервов автономной системы компенсируется центральным механизмом регуляции, что позволяет получить необходимый конечный результат в первую лактацию, однако подобный уровень функционирования систем приводит к высокой степени напряжения, подобная «цена адаптации» приводит к снижению лактационной функции в последующие лактации [3-5].

В группе 3а ИН составляет более 350 усл. ед. ИВТ - гиперсимпатикотония. Для данных животных характерно усиление тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, централизация управления сердечным ритмом. Группа 3б –низкопродуктивные коровы с исходной ваготонической направленностью в функционировании сердечнососудистой системы.. ИН менее 100у.е.

Т.о. для высокопродуктивных коров ИН составил 100-300 у.е., ИВТ- эйтония, умеренная симпатикотония.

Анализ таблицы показывает, у высокопродуктивных коров, характеризующихся стабильной лактационной кривой находится и исходным вегетативным тонусом- эйтонией (1а группа) , а так же умеренной симпатикотонией (1б группа) скорость молокоотдачи высокая и составляет 1.74±0.65 кг/м 1.78±0.06 кг/м соответственно. Скорость молокоотдачи у коров с

гиперсимпатикотонией ниже, чем у коров с эйтонией и умеренной симпатикотонией и составляет в группе 2 1.54 ± 0.10 кг/м ($P < 0.05$), в группе 3а 1.63 ± 0.05 кг/м ($P < 0.05$).

Таблица 2 - Индекс напряжения и исходный вегетативный тонус регуляторных систем групп коров с разной молочной продуктивностью

Группы коров	Скорость молоко отдачи, кг/м	ИВТ по ИН
1а	1.74 ± 0.65	Эйтония
1б	1.78 ± 0.06	Симпатикотония
2	1.54 ± 0.10	Гиперсимпатикотония
3а	1.63 ± 0.05	Гиперсимпатикотония
3б	1.05 ± 0.04	Ваготония

Группа 3б –низкопродуктивные коровы с исходной ваготонической направленностью в функционировании сердечнососудистой системы. Эта группа коров характеризуется самыми низкими показателями скорости молокоотдачи 1.05 ± 0.04 кг/м ($P < 0.001$).

Литература

1. Анализ показателей вариационных пульсограмм и коров с различной молочной продуктивностью. Емельянова А.С. Зоотехния. 2010. № 6. С. 16-18.
2. Анализ характеристик вариационных пульсограмм у первотелок с разной молочной продуктивностью. Емельянова А.С. Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 2. С. 31-32.
3. Сравнительный анализ показателя адекватности процессов регуляции у молодняка крупного рогатого скоты до и после физической нагрузки. Емельянова А.С. Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2009. № 4. С. 16-17.
4. Показатель вегетативной реактивности у коров-первотелок при адаптации к острому стрессу. Лупова Е.И., Емельянова А.С. Аграрная Россия. 2012. № 10. с. 43-44.
5. Анализ взаимосвязи вторичных показателей вариационных пульсограмм коров и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил». Емельянова А.С., Никитов С.В. Естественные и технические науки. 2012. № 2 (58). С. 132-134.

СЕКЦИЯ 2

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК

УДК 621.3:631.517

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ЭЛЕКТРОПРОПолКЕ

Баев В.И., д.т.н., профессор, Баев И.В., Прокофьев П.В.

ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация

В работе опубликованной на научно-практической конференции посвященной памяти ведущего электротехнолога России [1] Бородина И.Ф. были обоснованы варианты подведения электрической энергии к сорным растениям при электрической прополке:

1) подвесной электрод - стебель растения, с которым вступает в контакт движущийся навесной электрод - корень растения - почва - заглубленный в почву подвижный электрод;

2) подвесной электрод - стебель растения, с которым контактирует один движущийся навесной электрод - корень этого растения - почва - корень второго сорного растения - стебель второго сорняка - контактирующий с ним второй подвесной подвижный электрод.

В обоих вариантах неизменным элементом цепи протекания электрического тока является почва между заглубленным электродом и корневой системой растения или между корневыми системами двух растений. Значения электрического сопротивления этого элемента зависят от многих факторов: расстояния между растениями или электродами; пространственной развитости корневой системы растений; влажности почвы, её морфологии, рыхлости и т.д. Для разработки установки для электрического уничтожения сорняков и расчета её рабочих режимов необходимы знания этого сопротивления и его наиболее вероятный диапазон изменения.

Для измерения сопротивления почвы разработана прицепная установка (Рисунок 1), состоящая из следующих узлов и элементов: самостоятельная несущая конструкция 2 собранная из швеллеров и сочлененная с рамой прицепа 1 посредством болтовых соединений. К ней закреплены две параллельные изолированные штанги 3, представляющие собой две поперечно расположенные трубы диаметром 32 мм, покрытые двумя слоями термоусадочного пластика, суммарной электрической прочностью 20 кВ. На штанги через изоляционные подложки 4 из армированного резинового шланга крепятся узлы 5 фиксации электродов 7. Конструкцией предусмотрена возможность перемещения узлов крепления электродов по оси поперечной движению установки, тем самым изменяется расстояние между электродами в диапазоне от 20 до 100 см. К продольному элементу узла крепится с помощью болтового соединения стандартное крепление 6 культиваторных лап КРН. В качестве рабочих электродов использовались культиваторные лапы 7 двух видов: долотообразные и стрельчатые. В конструкции установки была также предусмотрена возможность изменения глубины погружения электродов в почву от 5 до 20 см, которая была реализована с помощью дополнительно установленного в передней части устройства опорного колеса 8. Крепление 9 этого колеса позволяло изменять уровень несущей конструкции над почвой, тем самым изменяя глубину погружения в неё электродов 7. Буксировка установки осуществлялась не с помощью жесткого сцепного устройства, а с помощью буксировочных ремней. Это во-первых дало возможность регулирования заглубления, а во-вторых, обеспечило дополнительную изоляцию буксирующего автомобиля при работе с высоким напряжением.

В качестве источника питания установки использовался синхронный генератор 10 с первичным бензиновым ДВС. Выходное напряжение генератора 220 В с частотой 50 Гц ($\pm 2\%$) подавалось на лабораторный автотрансформатор с измерительными приборами 11. Изменяемое ЛАТром напряжение подводилось к повышающему трансформатору 13, а от него к рабочим электродам 7 гибкими изолированными проводами 12 с медными жилами и измерялось цифровым вольтметром с погрешностью 1%. Для измерения рабочего тока между

электродами в разрыв одного из проводов от ЛАТРа включался цифровой амперметр с погрешностью 1%.

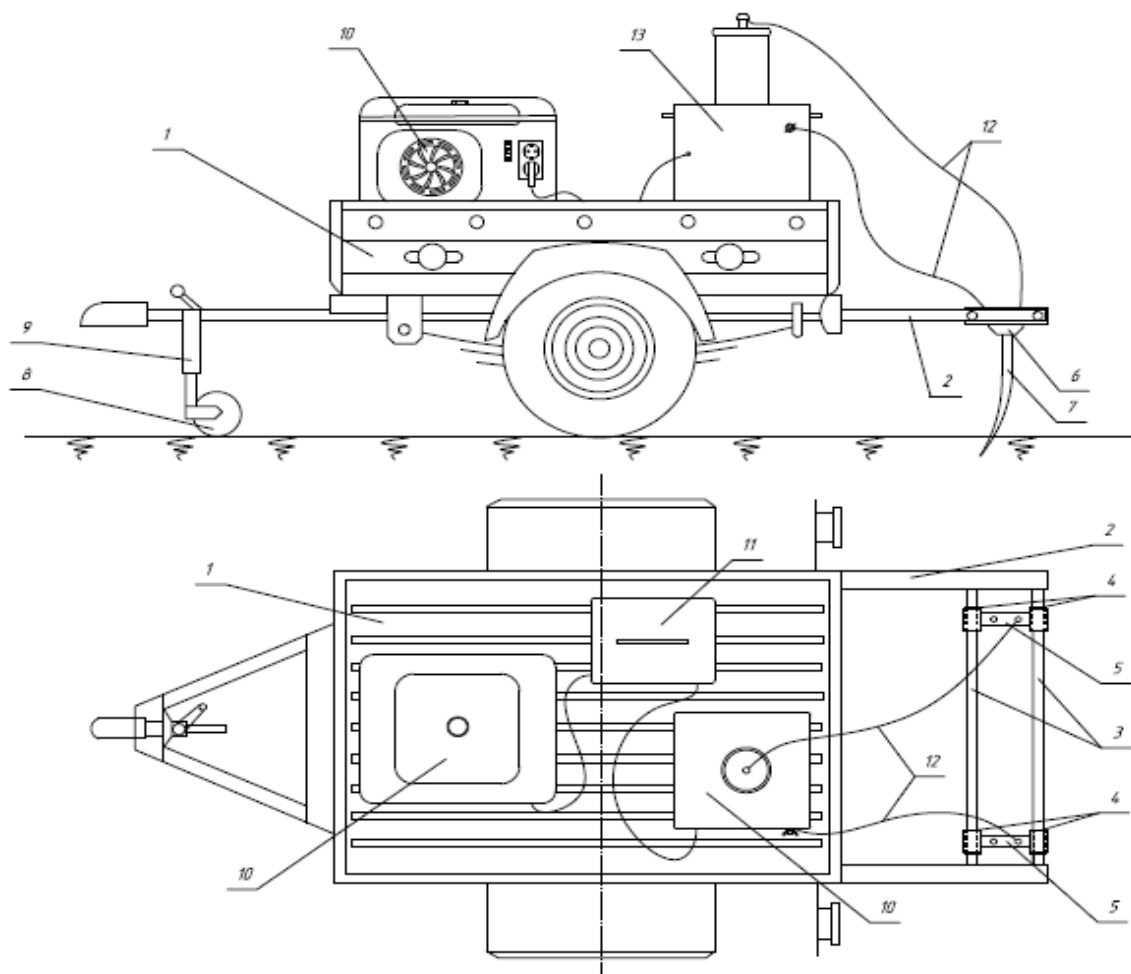


Рисунок 1 - Эскиз экспериментальной установки

Измерения сопротивления между электродами производились перед началом движения устройства по полю и при его движении. Скорость перемещения устройства была ~5 км/ч, перемещение осуществлялось полноприводным автомобилем с пониженной передачей. Измерения проводились на разных типах почв и с разной степенью обработанности от целины до паров.

В процессе проведения опыта, при движении установки фиксировались (с помощью видеокамеры) подводимое у рабочим электродам напряжение, протекающий между электродами ток, а так же время проведения опыта.

После проведения измерений запись показаний приборов с видеокамеры переносилась в компьютер. Дальнейшая обработка этих показаний осуществлялась в зависимости от их назначения: или определялись значения протекающего рабочего тока, или определялись значения вольт-амперной характеристики сопротивления цепи обработки как в статическом, так и в динамическом режимах (Рисунок 2).

Полученные опытным путем изменения величины сопротивлений почвы и динамические ВАХ [2] не линейны на малых промежутках времени из-за многих факторов, однако для практического применения с определённой точностью могут быть заменены конкретными усредненными значениями сопротивлений ($Z_{изм}$).

Таким образом, описанная экспериментальная установка позволяет определять сопротивления почвенных участков и переходные сопротивления заглубленных электродов как статические, так и динамические, знание которых необходимо для разработки и создания электропропольщика.

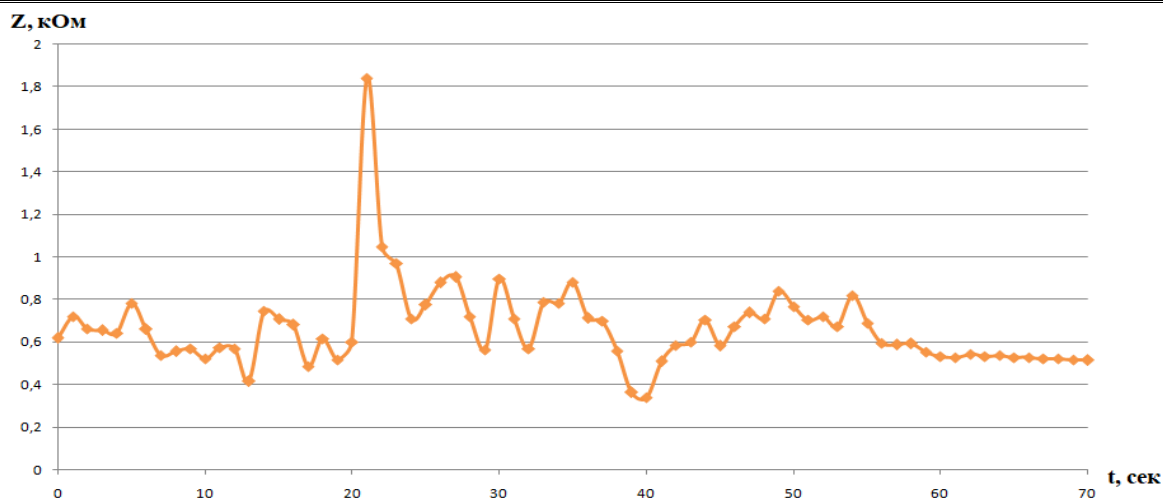


Рисунок 2 - Изменение электрического сопротивления почвы в движении

Литература

1. Баев, В.И. Варианты подведения электрической энергии к сорным растениям при электропрополке [Текст] / В.И. Баев, И.В. Баев, П.В. Прокофьев // Электротехнологии, оптические излучения и электрооборудование в АПК /Материалы Международной научно-практической конференции. Памяти И.Ф.Бородина. Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2016. – С. 33-37.
2. Баев, И.В. Вольт-амперные характеристики обрабатываемого слоя почвы при электрокультивации [Текст] / Баев И.В., Прокофьев П.В. // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий / Международный научно-практический форум, посвященный 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета. – Волгоград, 2019. – С. 422-427.

УДК 631.53.027

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА СОРТА РОДНИК 453 В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Аксенов М.П.

ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация

Повышение количества всхожих и нормально проросших семян является актуальной задачей в агрономии. В настоящее время для борьбы с патогенной микрофлорой как на поверхности семени, так и с инфекциями внутри самого семени активно применяются биологические методы, при которых семена протравливаются перед посевом регуляторами роста, стимулирующими протекание процессов роста и развития, а также фунгицидами, направленными на подавление патогенной микрофлоры.

В связи с этим актуальным остаётся вопрос применения экологически чистых, не оказывающих вредного влияния на окружающий животный и растительный мир методов предпосевного стимулирования семян и уничтожения вредителей на семенах. К таким методам относятся – электрофизическое воздействие на семена, как непосредственное действие электрического тока, так и косвенное – электрическое поле, которое вызывает раздражительность у растения. Известно несколько десятков способов успешного применения электрофизических воздействий на различный семенной материал. Но имеются и прямо противоположные исследования, утверждающие о негативном влиянии электрических факторов на жизнедеятельность растений, т.е. происходит как минимум угнетение, в результате чего растение медленнее развивается, снижается урожайность, как максимум – растение просто погибает.

По мнению Нижарадзе Т.С. [3] с точки зрения безопасно проведения работ для обслуживающего персонала, применения специфического и порой дорогостоящего оборудования,

а, следовательно, и доступности для промышленного внедрения, являются магнитные и электрические поля.

Проведение учеными исследования свидетельствуют, что механизм биологического воздействия в большинстве изученных способов одинаковый, как по переносу и поглощению энергии воздействия на организм, так и изменениями, происходящими на морфологическом и физическом уровне облучаемых семян. Поэтому похожими являются и ответные реакции в обрабатываемых семенах.

Обработка семенного материала в электрическом поле позволяет добиться увеличения всходов, возрастает устойчивость всходов к неблагоприятным природно-климатическим условиям, что позволяет уменьшать норму высева семян, тем самым осуществлять экономию.

Но при этом следует учитывать, что увеличение урожая возможно только при определённых параметрах электрического поля (напряженности, времени воздействия). Каждая культура имеет свои оптимальные параметры, при которых происходит оздоровление клеток и стимуляция к росту, не соблюдение оптимальных параметров может привести к угнетению клеток семени.

Поэтому перед полевыми опытами необходимо проводить лабораторные исследования, направленные на установление оптимальных параметров обработки. Для исследования в лабораторных условиях на определение лабораторной всхожести и энергии прорастания был взят сорт семян подсолнечника Родник 453.

Исследования проводились в лаборатории «Техника высоких напряжений» в ВолГАУ г. Волгограда. В качестве источника создания переменного поля высокого напряжения использовался высоковольтный аппарат СКАТ-70, позволяющий создавать напряжение переменного тока до 70 кВ обладающий плавным регулированием рабочего напряжения, визуально отображаемом на цифровом дисплее.

На рисунке 1 изображен СКАТ-70 с экспериментальной ячейкой в которой обрабатывались семена подсолнечника.



а) б)
Рисунок 1-Высоковольтный аппарат СКАТ 70 для создания переменного электрического поля (а) и экспериментальная ячейка (б)

Экспериментальная ячейка представляет собой прямоугольный ящик, на дно и крышку которого прикреплены стальные пластины, к верхней пластине подведен проводник от высоковольтного блока СКАТ-70, нижняя пластина заземлена [1,2]. При включении установки между пластинами создается электрическое поле, которое оказывает воздействие на помещенные между пластинами семена.

Эксперименты проводились при изменении двух сильнодействующих факторов, влияющих на живые организмы: напряженность электрического поля между пластинами, время воздействия электрического поля на семена.

Напряженность принималась равно: 2 кВ/см, 4 кВ/см, 6 кВ/см, 8 кВ/см, 10 кВ/см.
Время обработки (экспозиция): 15, 30,45,60,75,90,105 секунд.

Зависимость полученных экспериментальных данных представлена в виде графика на рисунке 2.

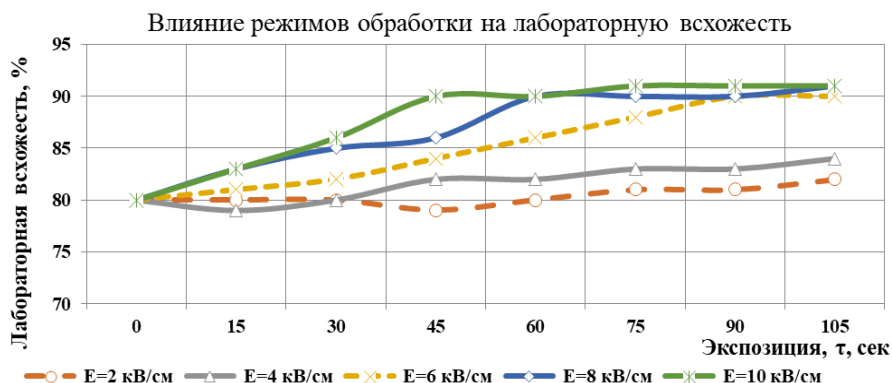


Рисунок 2-Зависимость лабораторной всхожести семян подсолнечника от напряженности электрического поля и времени воздействия

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод что при напряженности 8 кВ/см лабораторная всхожесть достигала 90% уже при 60 секундах, при 10 кВ/см - 90% всхожести уже было при 45 секундах, при напряженности 6 кВ/см – 90% получено при 90 секундах. При режимах с 2-4 кВ/см, максимальные данные по всхожести получены при 105 секундах, 82% и 84% соответственно. Контроль без обработки составил– 80%.

Вывод: оптимальным режимом с учетом безопасности и скорости обработки будет принят: 8 кВ/см – 60 секунд, всхожесть -90%.

Литература

- Ивушкин, Д.С. Комбинированные способы предпосевной обработки масленичных семян / Ивушкин Д.С., Хан В.В., Костычев К.В. // Интеграция науки и практики в современных условиях: материалы IX Международной научно-практической конференции. Сборник научных трудов. -Кисловодск: Издательство «Перо», 2017. -С. 100-106
- Ивушкин Д.С. Предпосевная обработка семян робинии лжеакации электрофизическим воздействием/ Ивушкин Д.С., Аксенов М.П., Спиридонов В.А., Панчишкина Ю.А.//Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: Материалы национальной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I. Под общей редакцией О.М. Костикова, А.В. Божко . – Воронеж, 2019. –С. 51-56
- Нижарадзе, Т. С. Теоретическое обоснование применения физических методов предпосевной обработки семян в защите зерновых злаковых культур от болезней : дис.... д-ра с.-х. наук/Татьяна Сергеевна Нижарадзе. -Самара, 2016. -377 с.

УДК 621.6:621.5

МЕТОДИКА ИНТЕГРИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ В УПАКОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Гавва А.Н., д.т.н., профессор, Кривопляс-Володина Л.А., д.т.н., доцент,
Валиулин Г.Р., к.т.н., доцент, Дереновская А.В., к.т.н., доцент
НУПТ, г. Киев, Украина

Процесс создания упаковочной машины для потоково-технологической системы состоит из отдельных этапов: первый – четкое определение технологических функций оборудования и описание условий работы упаковочной машины; второй – поиск принципов построения и организации структуры упаковочной машины для конкретного вида пищевого продукта; третий – создание пилотного технического проекта, оценка основных критериев и параметров для обеспечения всех необходимых требований по эксплуатации.[1] Цель предло-

женной методики создания упаковочной машины, обусловлена изменением концепции построения технологического оборудования. Модульность конструкции – одно из приоритетных направлений разработки упаковочных машин. Несмотря на многообразие инженерных подходов к разработке нового оборудования, создание конструкции из отдельных готовых функциональных мехатронных модулей (ФММ) и функциональных узлов (ФУ) - создает ряд неоспоримых преимуществ. Во первых – это возможность использования готовых технических библиотек от разных инженерных компаний; во вторых – привлечение в ходе разработки проекта интегрированных комплексов корпоративных программ CAD/CAE/CAPP/CAM. Это создает возможность коллективно разрабатывать технический проект и быстро вносить в него изменения во время всего жизненного цикла упаковочной машины ((PLM - система). [3]

Реализация такого подхода возможна только при вовлечении в проект функционально-ориентированных технологий проектирования. В основу нашей методики положена концепция рекуррентной связи между этапами конструкторского и технологического проектирования упаковочной машины, а также логистический подход, обеспечивающий постоянное сопровождение проекта в специальной информационной среде. [1,2]

Задачей нашего исследования было создание методологической базы для разработки этапов проектирования оборудования с использованием функционально-ориентированного подхода по обеспечению заданных свойств упаковочной машины.[3]

Результат процесса проектирования и разработки упаковочной машины на основе ФММ достигается заменой задачи по обобщению функций и описания условий эксплуатации (техническое задание) – на создание имитационной модели с сопровождающей конструкторской, технологической документацией. Модель преобразований для упаковочной машины, при эксплуатации в технологической линии, представлена на рис.1.

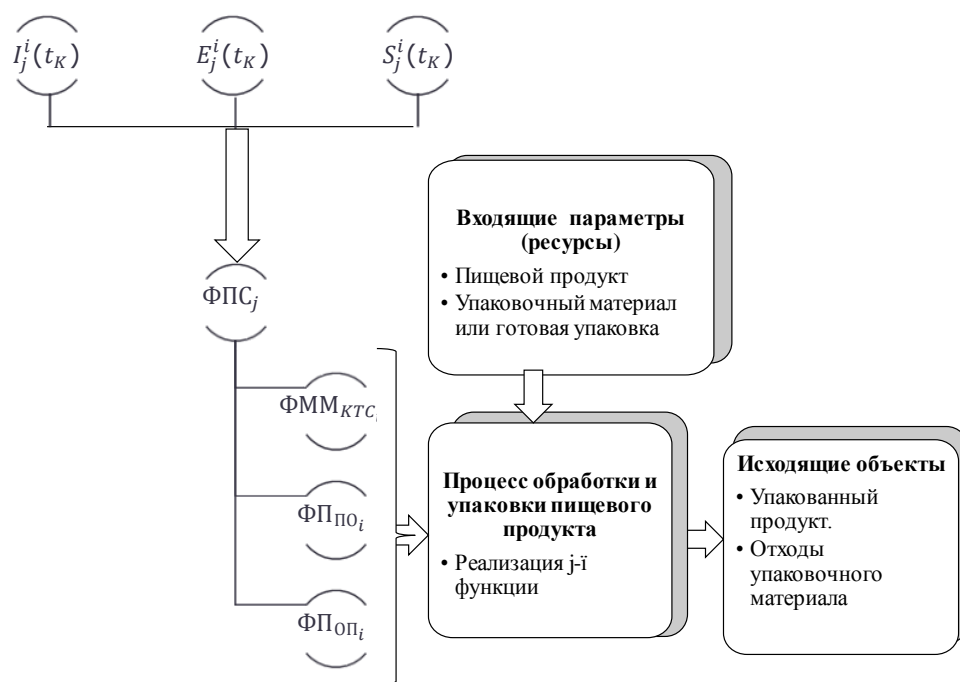


Рисунок 1 – Обобщенная модель преобразований между уровнями в упаковочной машине

Модель системы преобразований на рис.1 состоит из объектов (элементов, функциональных мехатронных модулей) заданного иерархического уровня: технических ($ФММ_{кТС_j}$), программных средств ($ФП_{пз_j}$) и оперативного персонала ($ФП_{оп_j}$), - одновременно это считается операторами и операндами системы. Они создают целенаправленное действие материального $S_N(t_k)$, энергетического $E_N(t_k)$ и информационного $I_N(t_k)$ типов воздействия на объект преобразования. $I_j^i(t_k)$ – информационное действие i–го типа на j–й объект (управля-

емый ФММ) в момент времени t_k ; $E_j^i(t_k)$ – энергетическое действие i -го типа на j -й объект в момент времени t_k ; $S_j^i(t_k)$ – материальное действие i -го типа на j -й объект в момент времени t_k ; ФПС $_j$ – j -тая функциональная подсистема ФММ упаковочной машины. $\Phi MM_{кТС_j}$ – группа технических средств технологического процесса упаковывания, которые принимают участие в реализации j -й функции; $\Phi П_{ПВ_j}$ – группа программных средств технологического процесса упаковывания, которые принимают участие в реализации j -й функции. $\Phi П_{оп_j}$ – группа операторов технологического процесса упаковывания, которые принимают участие в реализации j -й функции. Для решения поставленных задач, нами применена методика обеспечения гибкости, которая состоит из этапов: разделение функционального мехатронного модуля (ФММ) на несколько элементов; создание спецификации номенклатуры элементов и связей между ними; генерирование возможных структурных решений с различными элементами и связями. Чем больше выделено элементов в структуре объекта, чем больше вариантов и связей между ними - тем выше универсальность технической системы. Рассмотрим технологию получения решения с учетом критерия энергоэффективности упаковочного оборудования. В результате обработки полученных решений в имитационных программных комплексах САД/САЕ, получены результаты критериального анализа, пример которого приведен на рис.2, - гистограмма энергорасхода с анализом наиболее энергоемких ФММ в упаковочной машине за время выполнения технологических операций.

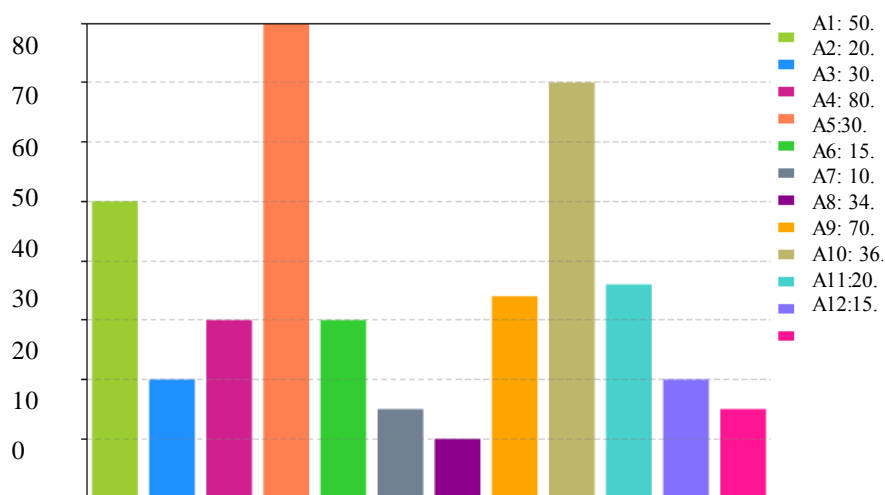


Рисунок 2 – Гистограмма энергоэффективности ФММ в составе упаковочной машины (значения приведены в %): A1-A12 – отдельные ФММ в составе упаковочной машины

Предложенная методика интегрирования функциональных мехатронных модулей в упаковочные машины, с учетом объектно-ориентированного автоматического проектирования, дает возможность сократить время создания технического решения на этапе проектирования, получить конкретные результаты оценки эффективности созданной упаковочной машины, проанализировать возможные недостатки при эксплуатации готового оборудования.

Литература

1. Ahvenainen, R. (2013). Novel food pack-aging technology, Published in CRC Press, Boca Raton Boston, New York, Washinton, DC and Published by Woodhead Publish-ing Ltd., Cambridge, London.
2. Caleb, O. J., Opara, U. L., Mahajan, P. V., Manley, M., Mokwena, L., & Tredoux, A. G. J. (2013). Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of minimally-processed pomegranate arils (cvs. ‘Acco’ and ‘Herskawitz’). Postharvest Biology and Technology, 79, 54–61.

3. KryvoplyasVolodina, L. Gavva O., Volodin, S. Hnativ T. (2018) Dynamics of mechatronic function modules drives of flow technological lines in food production. - Ukrainian Journal of Food Science. - Kyiv, - Ukraine Ukrainian Food Journal, Volume 7, Issue 4 p.660-669.

УДК 620.92

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЧАСТНЫХ ДОМОХОЗЯЙСТВ

Жарков А.В.

ТГАТУ, г. Мелитополь, Украина

Актуальность. Во всём мире вопрос энергосбережения стаёт всё более актуальным. Европейский Союз взял обязательство снизить своё ежегодное потребление первичной энергии на 20% к 2020 г. [1]. Возобновляемая энергетика Украины пока что генерируют менее 2% электроэнергии от потребляемой в стране, хотя у нас один из наиболее выгодных «зелёных» тарифов среди европейских стран [1]. На отопление и горячее водоснабжение в мире расходуется около трети топлива. Вместе с тем, 40% энергии нашему крестьянину нужны в виде низкопотенциальной теплоты (НПТ). Её необходимо получать от ВИЭ - за счет энергии Солнца, ветра, биомассы, тепловых насосов и т.п.

Целью статьи является обоснование когенерационной технологии преобразования ветровой и солнечной энергии и анализ наших разработок [1].

Новизна разработанных авторами монографии [1] средств преобразования ВИЭ подтверждена десятками патентов на полезную модель, с которыми можно ознакомиться в базе Укрпатента [2], набрав номер патента или ФИО автора украинскими буквами.

В настоящее время во всем мире большое внимание уделяется процессам когенерации, которые обеспечивают комбинированное (совместное) производство электрической и тепловой энергии от одного источника [1]. Для этого может быть использована разработанная нами автономная когенерационная ВЭУ (пат. №64568А) [2], или когенерационный ветропарк (КГВП), состоящий из одного ветроэлектрогенератора (ВЭГ) и нескольких индукционных преобразователей энергии ветра в тепло (ИПЭВТ) в виде индуктора из двух соосно, с зазором расположенных стальных дисков с зубчастыми поверхностями прилегающих торцов, и стального плоского дискового ротора, связанного с валом ВД, между ними. При вращении в неоднородном магнитном поле индукция в роторе пульсирует, не меняя знака от $B_{\delta_{\max}}$ до $B_{\delta_{\min}}$. Её можно представить в виде двух составляющих [1]: переменной с амплитудой

$$B_{\delta-} = 0,5 (B_{\delta_{\max}} - B_{\delta_{\min}}) \quad (1)$$

и постоянной, равной

$$B_{\delta=} = 0,5 (B_{\delta_{\max}} + B_{\delta_{\min}}) \quad (2)$$

Переменная составляющая (1) магнитного поля индуцирует в дисковом роторе ЭДС и вихревые токи частотой: $f = Zn$, где Z - количество зубцов на каждом магнитопроводе; n - частота вращения дискового ротора с^{-1} . Вихревые токи по закону Джоуля-Ленца нагревают дисковый ротор, а от него - жидкость в резервуаре. Постоянная составляющая магнитного потока (2) никаких ЭДС не индуцирует. КГВП может использоваться для обогрева парников и теплиц крестьянского хозяйства в холодное время года и для генерации дополнительной электроэнергии в остальное время [1]. За 2017 год нами разработано и запатентовано несколько эффективных конструкций ВЭГ с аксиальным магнитным полем на неодимовых магнитах, пять из них опубл. 25.05.2017 в бюл. № 10 (пат. 116122, 116482, 116497, 116510, 116576) [2]. На рис. 1 изображен один из них.

Разработаны также КГВП повышенной продуктивности (пат. № 123117) и КГВП с тепловым аккумулятором фазового перехода (пат. №127475), приусадебная ветротеплонасосная установка (пат. №107616, №108003) [2].

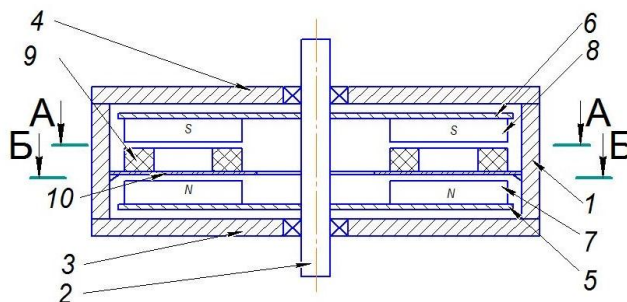


Рисунок 1 – Маломощный ВЭГ с двухдисковым ротором: (пат. № 116482) 1 – цилиндрический корпус; 2 – вал; 3, 4 – подшипниковые щиты; 5, 6 – двухдисковый ротор; 7, 8 – неодимовые магниты; 9 – пустотелые катушки; 10 – бакелитовый статорный диск [2].

На территории Европы солнечная энергетика (СЭ) является самым быстроразвивающимся направлением ВИЭ. Среднемесячное количество солнечной энергии, что поступает на территорию Украины, находится в пределах 1000-1400 кВт·ч/м², что соизмеримо с условиями Германии, где гелиоустановок насчитывается в 1400 раз больше, чем в Украине, хотя по темпам развития солнечной энергетике за 2017 год Украина заняла 7-е место [1].

Эффективность работы СЭС в значительной степени определяется КПД фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), и существенно зависит от их температуры. Авторами [1] разработаны структурные схемы когенерационных СЭС, в которых использованы запатентованные нами гибридные фотоэлектрические модули цилиндрической формы с водяным охлаждением (пат. №103043) или с термосифоном (пат. №107991, №131994) для приусадебных электростанций, а для подвижных объектов - с тепловой трубой (пат. №107333, №131432), и тепловые аккумуляторы с фазовым переходом (пат. №126818, №127499) [1,2].

За последние четыре года (2015-2018) в Украине 7450 домохозяйств установили СЭС_д на крышах своих домов общей мощностью более 157 МВт, что составляет около 10% от всех мощностей СЭС в стране, инвестировав на это 180 млн. евро личных средств. Стремительный спрос населения на «солнечную» энергию объясняется принятым в 2015 г. Законом Украины № 514-VIII, который дал «зеленый» тариф с привязкой к курсу евро - 18 евроцентов за кВт·ч. За 2018 г. домохозяйствами продано по «зеленому» тарифу 82204 МВт·ч. экологически чистой электроэнергии [1]. Кроме очевидных преимуществ, для населения, частные СЭС являются прекрасным примером распределенной генерации в черте города, что положительно влияет на работу энергосистемы [1].

На 1.10.2017 в г. Мелитополе насчитывалось три частных надомных СЭС_д: СЭС1 мощностью 20 кВт; СЭС2 – 5,2 кВт и СЭС3 – 30 кВт. Все СЭС - сетевые, т.е. через инвертор и электросчетчик двустороннего учета подключены к электрической сети, чтобы излишки отправлять в энергосистему [1].

По данным АСКУЭ в таблицах Excel нами построены суточные графики нагрузки (СГН) первых СЭС и перерабатывающих предприятий города. Корреляционный анализ показал высокую корреляционную связь между ними [1].

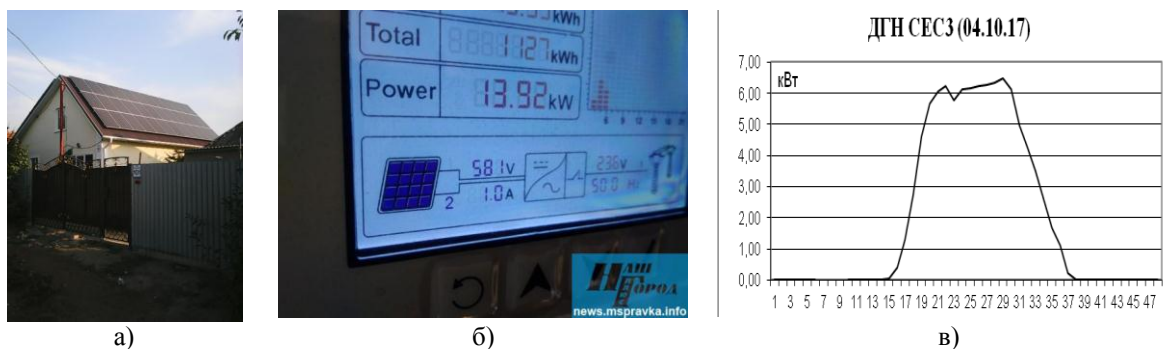


Рисунок 2 - Частная сетевая СЭС3 (а), $P_{уст}$ =30 кВт, с трёхфазным инвертором (б) и суточным графиком нагрузки, справа (в)

Владелец СЭС1 оформил договор на оплату электроэнергии по двухзонному дифтарифу (ночью, с 23-00 до 7-00, тариф на 50% ниже), в отопительную систему дополнительно к электрокотлу домовладелец включил аккумуляторную емкость. Ночью хозяин по ночному тарифу нагревает дополнительно 1,5 м³ воды, а днем её только прокачивает через отопительную систему. Ежедневно ночью хозяин потребляет из сети около 80% дешевой электроэнергии, по 45 коп/кВт·ч, а дорогую дневную от СЭС отправляет в электросеть. Зарабатывая деньги на СЭ, хозяин способствует выравниванию СГН энергосистемы и снижению потерь электроэнергии [1]. В декабре 2018 г. домовладелец ввел в эксплуатацию 3-ю очередь своей СЭС1, доведя ее мощность до 30 кВт, а количество надомных СЭС_д в городе на сегодняшний день увеличилось до 20.

Выводы. Частные СЭС имеют высокие уровни корреляции с перерабатывающими предприятиями города, и могут образовывать с ними локальную электросеть, снижая пиковую нагрузку в ОЭС Украины и уменьшая потери электроэнергии в сети. В перспективе они могут создать локальную сеть станций по зарядке электромобилей. Подобные СЭС следует устанавливать на крышах гостиниц, офисов и пр. учреждений, для электропитания кондиционеров.

Литература

1. Halko S.V. Technologies and means of transformation of renewable energy sources for private households: monograph / S.V. Halko, V.Y. Zharkov, A.V. Zharkov. – Melitopol: Lux, 2019. – 215 p.
2. Интерактивная БД "Изобретения (полезные модели) в Украине" [Electronic resource].- Режим доступа/ <http://base.ukrpatent.org/searchINV/search.php?action=viewsearchres>.

УДК 631.53.027.33:630*27

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЕМЕНА ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Ивушкин Д.С.¹, Юдаев И.В.², д.т.н., профессор,

Белицкая М.Н.³, д.б.н., профессор, **Грибуст И.Р.³**, к.с.-х.н.

¹ВолГАУ, г. Волгоград, ²Донской ГАУ, г. Зерноград,

³ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград, Российская Федерация

Ухудшение состояния защитных лесных насаждений, урбанизированных и лесоаграрных ландшафтов обуславливает важность осуществления мероприятий по реконструкции посадок с использованием качественного посадочного материала, что реализуемо при условии использования семян с высокими посевными качествами, устойчивыми к вредным организмам. Современный подход к экологизации процессов производства в сельском и лесном хозяйстве обуславливает поиск новых способов предпосевной обработки, одним из перспективных направлений которых является электрическое воздействие на посевной материал [1,2].

Одним из нетрадиционных, но эффективных способов стимуляции являются разнообразные электрофизические воздействия на семена. Применение такого рода предпосевных мероприятий, как свидетельствуют опубликованные данные ученых и исследователей, приводит к равномерности появления всходов, ускорению роста растений, повышению его качества [2]. Это послужило основанием для проведения нами исследовательских работ. Для эксперимента были взяты семена робинии лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.).

Обработка семян в электрическом поле переменного тока промышленной частоты высокого напряжения производилась в экспериментальной ячейке, представляющей собой плоскопараллельный конденсатор подключенной к промышленно выпускаемому аппарату СКАТ-70. Семена размещались равномерным слоем в экспериментальной ячейке на нижнем электроде, а верхний электрод находился на расстоянии 6,5 см от обрабатываемого слоя семян [3,4].

Секция 2: Энерготехнологии и автоматизация технологических процессов АПК

В лабораторных условиях «Волгоградского ГАУ» осуществлялся поиск наиболее результативных режимов предпосевной обработки семян электрическим полем высокого напряжения переменного тока. Схема опытов включала следующие варианты:

1. Контроль – без обработки;
2. Обработка семян препаратом Циркон, выбранного в качестве эталона;
- 3-12. Электростимуляция семян в электрическом поле переменного тока со значениями напряженности электрического поля 0,31; 0,62; 0,92; 1,23 кВ/см и временем обработки 90, 180 и 270 секунд.

Для оценки посевных качеств семена после обработки закладывали в стерильные чашки Петри на ложе влажной фильтровальной бумаги. Энергию прорастания определяли на 5-й день, лабораторную всхожесть на 10-й день согласно общепринятой методике [5]. Полученные данные представлены на рисунке 1.

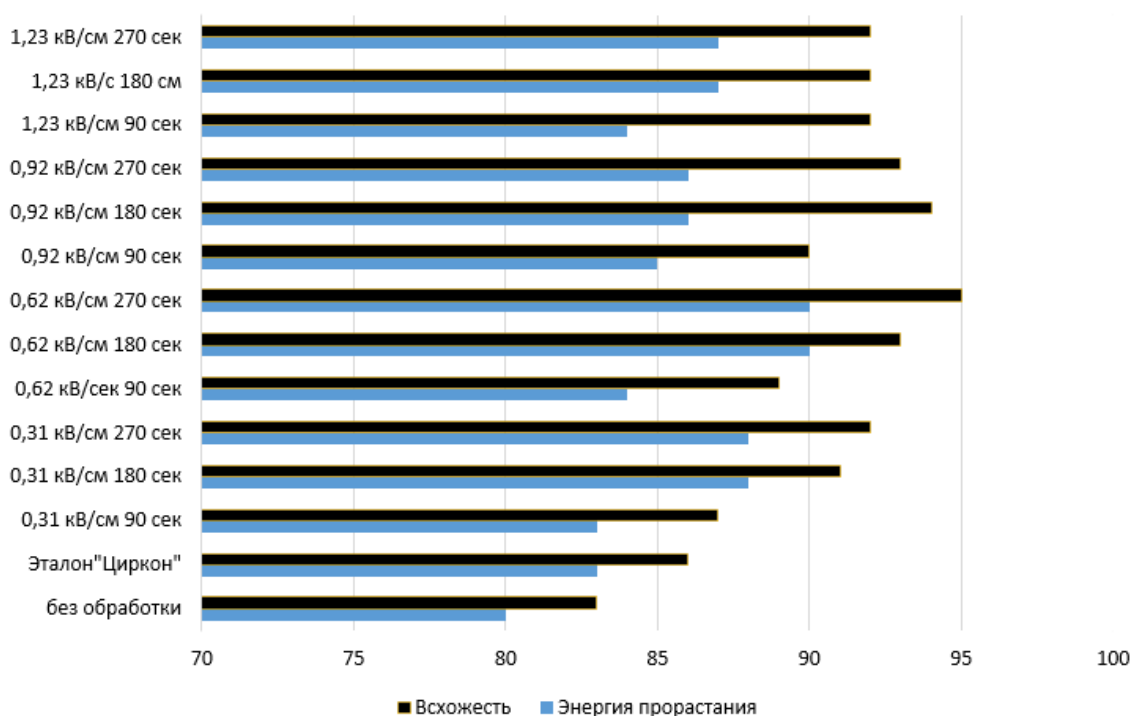


Рисунок 1 – Влияние электростимуляции на энергию прорастания и всхожесть семян *Robinia pseudoacacia*, %

В результате проведенных лабораторных исследований отмечено, что скорость и дружность прорастания семян древесной культуры зависит от параметров воздействия – напряжения на электродах и времени обработки посевного материала.

Рассматриваемый способ подготовки семян к посеву выявил неоднозначный отклик проростков на воздействие. В результате проведенных лабораторных исследований отмечено, что скорость и дружность прорастания семян древесной культуры зависит от параметров воздействия – напряжения на электродах и времени обработки посевного материала. Так, очень высокие значения энергии прорастания (5-е сутки) отмечены в вариантах применения электрического поля переменного тока с напряжением на электродах 0,31 и 0,62 кВ/см и экспозицией 180 и 270 секунд (увеличение на 8-10% относительно контроля и на 5-7% относительно обработанных семян цирконом), 0,92 кВ/см с экспозицией 180-270 секунд (увеличение на 6% относительно контроля и на 3% относительно обработанных семян цирконом) и 1,23кВ/см с экспозицией 120 секунд (увеличение на 7% относительно контроля и на 4 % относительно эталона).

По достижении 10-ти суток (всхожесть) зафиксированы аналогичные высокие результаты. В числе изученных режимов воздействия электрическим полем наилучшие результаты имеют варианты с напряжением на электродах 0,62 и 0,92 кВ/см и экспозицией 180 и 270 секунд.

Проведенные экспериментальные исследования по оценке влияния электростимуляции на морфометрические показатели семян подтверждают мнение исследователей о положительном влиянии электрического поля высокого напряжения переменного тока на растения. Подготовка семян к посеву путем электростимуляции показывает положительный результат, существенно повышая их всхожесть и силу роста проростков. Высокие значения основных показателей развития семян обуславливаются ускорением хода биологических процессов в семени за счет получения дополнительной энергии при обработке [6].

Литература

1. Пентелькина, Н.В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения [Текст] / Н.В. Петелькина // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Вып. 31. - Брянск: БГИТА, 2012. - С. 189 – 193.
2. Орехова, Т.П. Создание долговременного банка семян древесных видов – реальный способ сохранения их генофонда [Текст] / Т.П. Орехова // Хвойные бореальной зоны XXVII. – № 1-2. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2010. – С. 25 – 31.
3. Ивушкин, Д.С. Предпосевная обработка семян робинии лжеакации электрофизическим воздействием [Текст] / Д.С. Ивушкин, М.П. Аксенов, В.А. Спиридонов, Ю.А. Панчишкина // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК. Материалы национальной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I. 26 февраля 2019 г. / Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I (Воронеж). -2019. - С. 51-56.
4. Аксенов, М.П. Влияние предпосевной комплексной обработки семян подсолнечника электрофизическими воздействиями и регулятором роста на их посевные качества [Текст] / М.П. Аксенов // Международный научно-исследовательский журнал. - 2016. - №2. - С.85-89.
5. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев кустарников. Методы определения всхожести. [Текст] – Введ. 1998-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 1998. – 28 с.
6. Беленков, А.И. Предпосевная обработка семян подсолнечника в Волгоградской области [Текст] / А.И. Беленков, И.В. Юдаев, М.П. Аксенов // Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства, 21-22 ноября 2017 г. / Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина (Ульяновск). – 2017. - С. 101-107.

УДК 681.513.5:621.313.322-81

ИМИТАЦИОННАЯ МНОГОМАССОВАЯ МОДЕЛЬ ТУРБО-АГРЕГАТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

**Кувевда Ю.В., к.т.н., Балюта С.Н., д.т.н, профессор, Кувевда В.П., к.т.н., профессор
НУПТ, г. Киев, Украина**

Система электроснабжения сахарного завода может содержать турбоагрегаты (ТА) для покрытия спроса на электроэнергию во время пиковых нагрузок. Установка собственных ТА позволяет экономить затраты на тепло и электроэнергию, особенно в пиковый период производства продукции. Поскольку турбогенераторы в данной схеме длительное время работают в состоянии переходных процессов, важно обеспечить их стабильную и надежную работу [1].

Надежность и устойчивость работы ТА может обеспечить разработанная авторами взаимосвязанная робастная автоматизированная система регулирования [2]. Для синтеза регуляторов системы и тестирования ее работы необходимо создать адекватную имитационную компьютерную модель ТА, которая бы учитывала протяженность его валопровода (ВП) и реализовывала особенности математической модели.

В [3] показано, что для данного исследования с целью обеспечения возможности определять механические напряжения и крутящие моменты в опасных сечениях ВП, в составе математической модели ТА целесообразно использовать многомассовую модель ВП следующего вида

$$\mathbf{J} \frac{d}{dt} \boldsymbol{\Omega} = -\mathbf{C}\boldsymbol{\Phi} - \mathbf{D}\boldsymbol{\Omega} + \mathbf{M}_{ГВ} - \mathbf{M}_T, \quad \frac{d}{dt} \boldsymbol{\Phi} = \boldsymbol{\Omega}, \quad (1)$$

где $\boldsymbol{\Phi}$ – вектор углов закручивания маховых масс ВП, $\boldsymbol{\Omega}$ – вектор изменений угловых скоростей масс, $\mathbf{M}_{ГВ}$ – электромагнитный момент генератора, \mathbf{M}_T – крутящий момент ступеней турбины, \mathbf{J} – матрица моментов инерции масс, \mathbf{C} – матрица коэффициентов жёсткости связей между массами, \mathbf{D} – матрица коэффициентов демпфирования крутильных колебаний.

Использование тандема стандартных блоков Synchronous Machine и Steam Turbine and Governor библиотеки SimPowerSystems системы MATLAB Simulink для моделирования ТА, реализующего подобную математическую модель (1), не позволяет включать более 3-х маховых масс турбины и 1-й массы турбогенератора, что существенно ограничивает возможности исследования. Кроме того, в модели, реализованной в указанных блоках SimPowerSystems, не учитывается коэффициент затухания колебаний масс друг относительно друга. Авторами разработано расширение стандартных блоков, которое позволяет учитывать любое количество масс и устраняет указанные недостатки таких блоков.

Блок расширения выполнен в виде блока линейной системы в пространстве состояний State-Space с рассчитываемыми по исходным данным валопровода параметрами с помощью m-скрипта (рис. 1, блоки Shaft, TG-Shaft-link). При этом в блоках Synchronous Machine и Steam Turbine and Governor учитываются только по одной крайней массе.

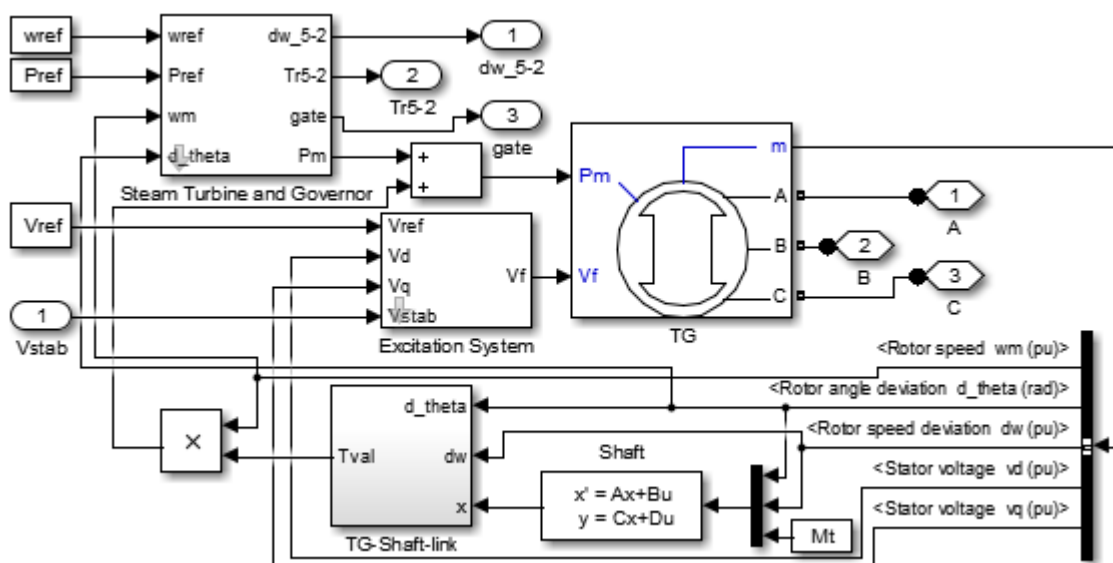


Рисунок 1 – Схема расширения стандартных блоков Simulink

Адекватность полученной модели была проверена путем сравнения результатов моделирования переходных процессов с аналогичными результатами, полученными путем прямого численного интегрирования в пакете Mathcad системы дифференциальных уравнений ТА, включающей уравнения (1).

Заключение

Описанная компьютерная имитационная модель позволила с большей точностью моделировать переходные электромеханические процессы в системах электроснабжения сахарных заводов с ТА. Кроме того, только такая модель позволяет определять механические напряжения и крутящие моменты в опасных сечениях ВП ТА и, таким образом, оценивать зависящую от них повреждаемость материала ВП с целью прогнозирования надежности и остаточного ресурса ТА.

Литература

1. Шестеренко, В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 656 с.
2. Kuievda, Yu. Synthesis of robust interconnected power system stabilizers for turbine generators in sugar factories / Yu. Kuievda, S. Baliuta // Ukrainian Journal of Food Science. – 2017. – Vol. 5, Issue 2. – P. 256-266.
3. Bovsunovskii, A.P. Torsional vibration in steam turbine shafting in turbogenerator abnormal modes of operation / A.P. Bovsunovskii // Strength of Materials. – 2012. – No. 44 (2). – P. 177-186.

УДК 631.9

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ЗЕРНОСУШИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Богданов С.И., к.т.н., доцент, Маркин М.А., Жильцова Н.С.

ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация

Сушка является неотъемлемой частью послеуборочного процесса обработки зерна. Она используется для приведения потребительских характеристик сырья до значений, позволяющих дальнейшее использование в пищеперерабатывающем производстве или длительном хранении. Сельскохозяйственные сушильные агрегаты основаны на различных способах сушки. В связи с этим существует их большое разнообразие, но большее распространение получили карусельного, барабанного, конвейерного, шахтного и модульного типов. Современный процесс сушки зерна не возможен без применения автоматизированных систем, позволяющих контролировать температуру и влажность высушиваемого материала. Автоматизация зерносушильных агрегатов обусловлена необходимостью уменьшения энергетических затрат, связанных с нерациональным использованием тепловой и электрической энергии. Но в связи с разнообразием способов сушки, технологических и технических особенностей, процесс автоматизации весьма затруднителен.

Автоматизация технологического процесса - совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений [1].

В состав автоматизированных систем зерносушильных агрегатов входят датчики температуры, влажности, программируемый логический контроллер (ПЛК), частотный преобразователь, модем, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и блок питания элементов оборудования управления.

Программируемые логические контроллеры представляют собой электронную систему, используемую в производственной среде, реализуя специальные функции, такие как логика, установление последовательности, согласование по времени, счет и арифметические действия для контроля посредством цифрового или аналогового ввода/вывода данных различных устройств или процессов [2].

ПЛК имеют наборы входных клемм, которые позволяют определять состояния объекта сушки посредством передаваемой с датчиков и выходных клемм, необходимых для управления исполняющими механизмами. ПЛК программируются в специализированных компьютерных средах, наиболее распространенной из которых является CoDeSys, которая включает графические и текстовые языки программирования [3]. На рисунке 1 представлен алгоритм работы ПЛК.

Как в промышленном производстве, так и в сельском хозяйстве алгоритм работы программируемых логических контроллеров имеет схожую структуру и основан на получении информации, последующей ее переработке, и хранении или подачи сигнала на выходные клеммы.

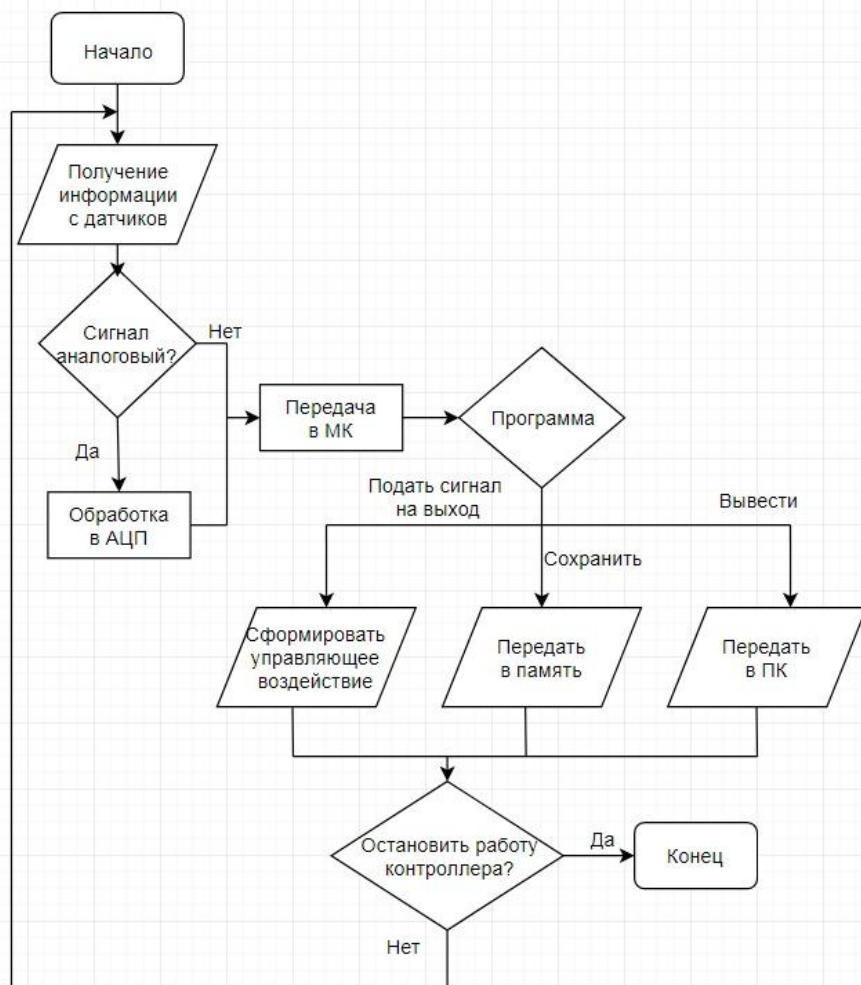


Рисунок 1 – Алгоритм работы ПЛК

Программируемые логические контроллеры принято подразделять на моноблочные и модульные. В конструкции моноблочных ПЛК используют определенное количество входов и

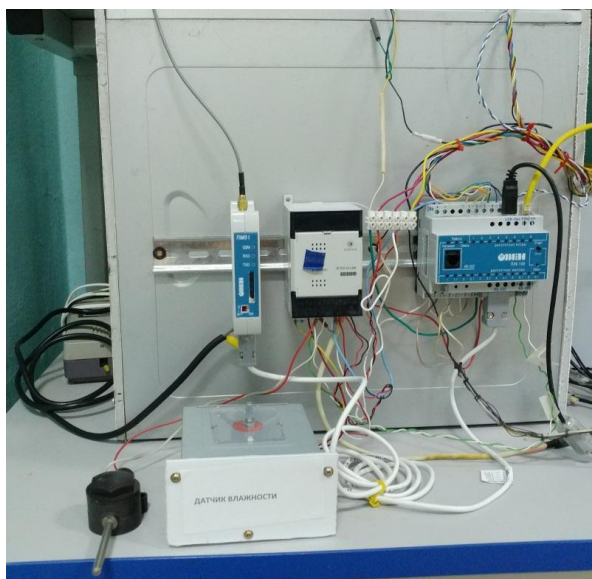


Рисунок 2 –Лабораторная установка автоматизированной системы

выход дискретных или аналоговых сигналов, в зависимости от производственного назначения. На модульных же применяют отдельные блоки входов и выходов, данных, а также дополнительный блок входов/выходов. Использование таких контроллеров упрощает процесс реконструкции и модернизации существующих механизмов и технологических процессов.

На кафедре «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» была создана лабораторная установка для отработки программы процесса автоматизации зерносушильной установки, включающей в себя датчик температуры, влажности, программируемый логический контроллер, модем для передачи данных, а также дополнительный блок входов/выходов (Рисунок 2).

Применение ПЛК позволяет стабилизировать сложный технологический процесс на крупных и малых предприятиях переработки сельскохозяйственной продукции; они надёжны в процессе эксплуатации и удобны в ремон-

те, при необходимости их можно модернизировать. Благодаря возможности программируемых логических контроллеров адаптироваться к начальным параметрам зерна, таким как влажность, температура или загрязнённость, на выходе из зерносушилки, возможно, получить продукт высокого качества с нормированными характеристиками, подходящими для хранения с последующей реализацией.

Литература

1. Автоматизация технологических процессов / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизация_технологических_процессов (дата обращения: 13.09.2019).
2. ГОСТ Р МЭК 61131-1-2016. Контроллеры программируемые. Часть 1. Общая информация. Введ. 2017-04-01. М., 2016. 11с.
3. И.Г. Минаев Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко. – Ставрополь : АГРУС, 2009. – 100 с.

УДК 631.53.027

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН ФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Носова Т.А., Аксенов М.П., Петрухин В.А., к.т.н., доцент, Ивушкин Д.С.
ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования способов и режимов предпосевной обработки семян в электрическом поле и их влияние на посевные качества и урожайность ведутся уже долгие годы. Французский физик Жан-Антуан Нолле еще в 1741-1744 годах обнаружил, что электризация повышает всхожесть семян, ускоряет рост растений. В 1753 году первый русский учёный-естествоиспытатель мирового значения, Михаил Васильевич Ломоносов на публичном собрании Академии наук в своей речи высказывал мысль о значении электрических сил в жизни растений. Биолог и селекционер Иван Владимирович Мичурин придавал большое практическое значение влиянию электричества на рост и развитие растений. Он считал необходимым «... обратить внимание на применение в культуре влияния на жизнь растений совершенно новых, не принадлежащих к разряду каких-либо минеральных или органических удобрительных веществ, а действующих в роли так называемых в текущее время стимуляторов, т.е. возбuditелей».

Исследования в направлении изучения способов предпосевной стимуляции семян ведутся по широкому спектру физических факторов: постоянных и переменных электрических и магнитных полей, радиоволнами (ВЧ, УВЧ, СВЧ), инфракрасным излучением (лампы ИК, лазеры ИК), воздействие на семена видимым светом (солнечный, искусственный, импульсный), ультрафиолетовым излучением, рентгеновским излучением, озоном, обработка электрогидродинамическим ударом в водных растворах, плазменная обработка семян

В сельскохозяйственных ВУЗах и научно-исследовательских учреждениях, расположенных в разных почвенно-климатических зонах России, проводится большое количество исследований по выявлению характера действия на семена различных культур, а также на рост и развитие растений такого физического фактора, как электростатическое поле. По мнению ряда ученых [1, 2, 3, 4, 5], наиболее доступным, менее дорогостоящим, а главное, высокоэффективным приемом ускорения прорастания семян является их электромагнитная стимуляция. С ее помощью можно добиться положительного результата за довольно короткий промежуток времени и на больших объемах семян.

Большой вклад в изучении воздействия электростатического поля на семена зерновых культур внесен учеными ЧИМЭСХ (ЮУрГАУ) под руководством Басова Анатолия Михайловича основателя нового научного направления – применения электронно-ионных технологий в сельском хозяйстве. Первые публикации о влиянии электрического поля постоянного

тока датируются 1958 годом. На протяжении многих лет ученые исследовали его влияние на интенсификацию процесса очистки зерна с помощью электросепаратора [6], а также произвели анализ движения зерна в электростатическом поле.

В практике предпосевной обработки семян используется значительное количество различных устройств. Часть из них в настоящее время морально устарела, часть является лишь модернизацией ранее созданных. Рассмотрим некоторые устройства, которые, как нам кажется, дают достаточно полную картину применяемых в практике предпосевной обработки технических средств.

Установка [7] для предпосевной обработки семян (рисунок 1), содержит вертикальный индуктор, выполненный из двух изолированных пластин, между которыми просыпаются семена, при этом пластины индуктора включены в колебательный контур источника высокочастотного излучения параллельно индуктивности источника.

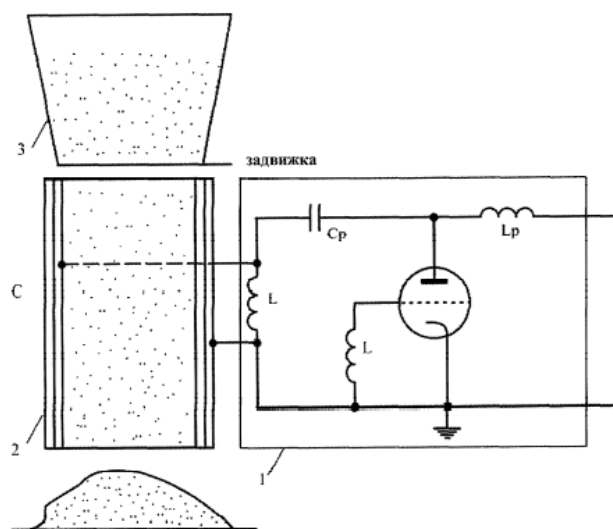


Рисунок 1 – Установка для предпосевной обработки семян в электрическом поле:
1 – источник высокочастотного излучения; 2 – индуктор; 3 – бункер

Недостатками данного устройства являются: 1) отсутствие регулировки межэлектродного расстояния; 2) неравномерность толщины слоя семян (нет стабильности напряженности электрического поля в слое семян, так как движение семян идет хаотическим просыпанием); 3) большой зазор между слоем семян и электродом, созданный толщиной ленты и воздушным промежутком, требующий избыточно большого напряжения источника питания, а следовательно, и более сложного и дорогого источника питания; 4) Отсутствие устройства регулирования потока семян.

Лучше организован процесс перемещения семян в другой установке для предпосевной обработки семян [8]. Обработку семян в установке (рисунок 2) можно осуществлять непосредственно перед загрузкой в сеялки. Причем для сокращения материальных расходов и затрат времени, представляется целесообразным объединение этих двух процессов. Это возможно осуществить перемещением зерна посредством конвейера и расположенной вблизи него определенным образом системы электродов.

Такая установка предусматривает наличие таких компонентов как умножитель напряжения, позволяющий преобразовать напряжение сети в требуемое высоковольтное, и собственно электроды, конвейер, а также ограждение и изоляцию для обеспечения безопасности персонала.

Недостатками данного устройства являются: 1) отсутствие регулировки толщины слоя семян; 2) невозможность обеспечения стабильной толщины слоя семян, и, следовательно, стабильной напряженности поля из-за перемещения ленты.

Эксперименты по предпосевной электростимуляции осуществлялись сотрудниками электроэнергетического факультета Волгоградского ГАУ по руководством Юдаева И.В. по

разработанным и апробированным методикам проведения экспериментов, с использованием двух силовых высоковольтных блоков питания. Измерительные ячейки, в которых проводилась электроимпульсная обработка посевного материала, представлены двумя видами: первая из них представляет собой открытый гетинаксовый контейнер с установленными вдоль по стенам узкими электродами, вторая – закрытый стеклотекстолитовый контейнер, с электродами, расположенными в плоскостях дна и крышки, конденсаторного типа.

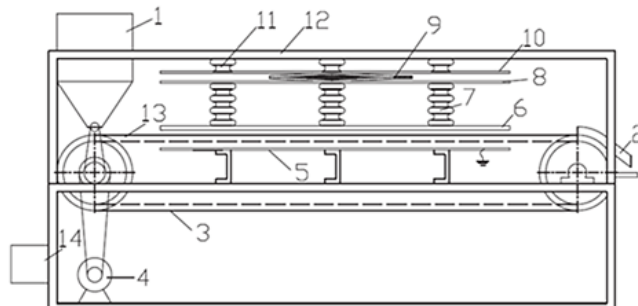


Рисунок 2 – Установка для предпосевной обработки семян: 1 – загрузочный бункер; 2 – выпускной лоток; 3 – ленточный подающий транспортер; 4 – привод; 5 – заземленный плоский электрод; 6 – цилиндрические электроды; 7 – изолирующие стойки; 8 – рама; 9 – ромбовый домкрат; 10 – верхняя рама; 11 – изоляторы; 12 – рама устройства; 13 – борта; 14 – блок управления.

Данная установка (рисунок 3) в условии лаборатории позволяет изменять напряжение питания, переключать режимы «постоянный ток», «импульсный ток», изменять частоту импульсов и, как следствие, регулировать в широких пределах количество подводимой к объекту энергии, т. е. дозу облучения, что дает дополнительную возможность выбора оптимальных режимов электроимпульсной обработки посевного материала.

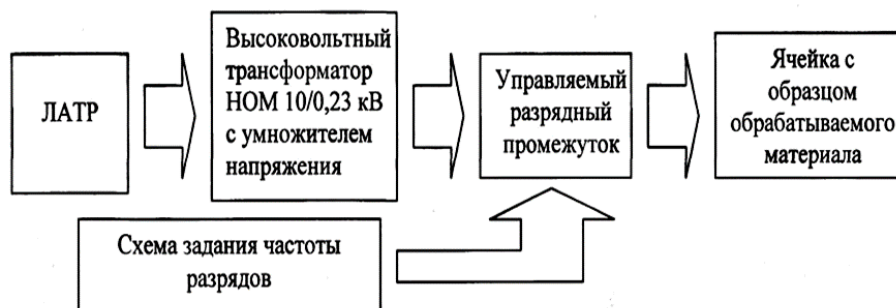


Рисунок 3 - Структурная схема импульсной установки

Изученные публикации, описывающие способы по предпосевной обработке семян, и технические средства для реализации этих способов позволяют классифицировать накопленный опыт и обосновать актуальность проблемы использования предпосевной обработки.

Литература

1. Жолобова, М.В. Анализ установок для предпосевной обработки семян [Текст] / М.В. Жолобова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - №83. - С.365 - 374.
2. Басов, А.М. Электрическое поле как стимулятор улучшения посевных качеств зерновых культур [Текст] / А.М. Басов, П.Д. Потанин, Г.А. Яснов // Вестник с.-х. науки. - 1960. - №2. - С.54 - 59.
3. Юдаев, И.В. Предпосевная электрообработка семян: опыт Нижнего Поволжья [Текст] / И.В. Юдаев, М.Н. Белицкая, И.Р. Грибуст, Е.В. Азаров // Энергетика і автоматика. - 2013. - № 3. - С. 48 - 54.
4. Юдаев, И.В. Предпосевная электрофизическая обработка семян – перспективный агроприем ресурсосберегающей технологии возделывания озимой пшеницы [Текст] / И.В.

- Юдаев, А.П. Тибирьков, Е.В. Азаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. - №3 (27). - С. 61 - 66.
5. Юдаев, И.В. Влияние электрофизической обработки посевного материала на сохранность растений озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. /И.В. Юдаев, А.П. Тибирьков, Е.В. Азаров // Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami. Materiały IX międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. 07 - 15 listopada 2013 roku. - Volume 32. / Rolnictwo: Przemysł. Nauka i studia. - 2013 -С.94 - 97.
6. А. с. 701711 СССР, МПК В 03 С 7/12. Электростатический пневматический сепаратор [Текст] / А.М. Басов, Б.Д. Папин, Э.А. Каменир, Ю.Д. Ахламов (СССР); - № 2606993/22-03 ; заявл. 17.04.1978 ; опубл. 05.12.1979, Бюл. № 45. – 3 с.: ил.
7. Пат. 2271645 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для предпосевной обработки семян [Текст] / Курзин Н.Н. – №2004119669/13; заявл. 28.06.04 ; опубл. 20.03.06, Бюл. №8.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ КАК ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Панасенко С.И.

Слуцкий государственный колледж, г. Слуцк, Республика Беларусь

Выпечка хлебобулочных изделий является энергоемким процессом. В общем случае, когда имеет место динамический режим теплообмена печи, тепловая мощность P^* , выделяемая блоком тэнов, расходуется на изменение температуры воздуха внутри печи, изменение температуры находящихся в ней выпекаемых продуктов, передачу тепла к стенкам печи и далее в окружающую среду путем теплоотдачи и лучистого теплообмена (Рисунок 1).

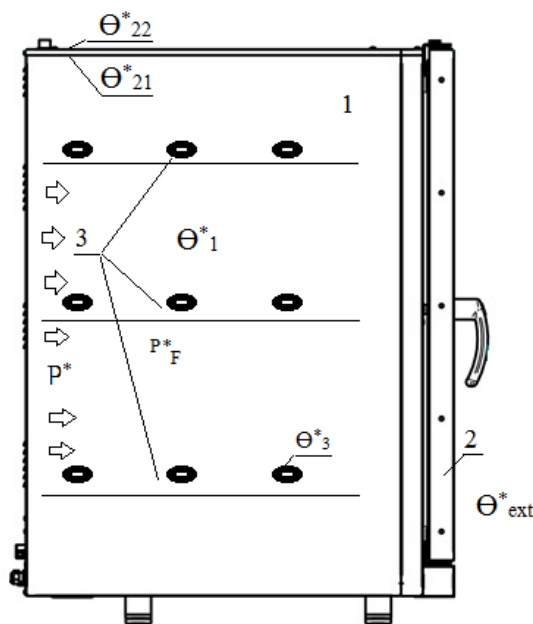


Рисунок 1– Печь Fimor G 6411 как объект регулирования температуры

1 – воздушный объем внутри печи; 2- стенки печи; 3 – продукт внутри печи; θ_1^* – температура воздуха в печи, °С; θ_3^* – температура выпекаемого продукта 3, °С; θ_{ext}^* – температура наружного воздуха, °С; θ_{21}^* – температура внутренней поверхности стен, °С; θ_{22}^* – температура наружной поверхности стен, °С; P^* – тепловая мощность блока тэнов Вт; P_F^* – суммарная мощность источников тепловых возмущений внутри печи, Вт

Уравнение теплового баланса:

$$P_0 + P + P_{F0} + P_F = P_1 + P_2 + P_3 + P_3^R, \quad (1)$$

где P_0 – номинальное значение тепловой мощности блока тэнов, Вт; $P = P^* - P_0$ – отклонение тепловой мощности блока тэнов от номинальной; P_{F0} – номинальное значение мощности источников тепловых возмущений, Вт; $P_F = P_F^* - P_{F0}$ – отклонение мощности тепловых возмущений от номинальной; P_1 – тепловой поток, расходуемый на нагрев воздушного объема внутри печи, Вт; P_2 – тепловой поток, передаваемый от воздуха внутри печи к стенам помещения путем теплопередачи, Вт; P_3 – тепловой поток, передаваемый от воздуха внутри печи к продукту 3 внутри её путем теплопередачи, Вт; P_3^R – тепловой поток, передаваемый от стен печи к продукту 3 внутри печи путем лучистого теплообмена, Вт.

После составления дифференциальных уравнений, описывающих динамику тепловых процессов и перехода к преобразованию Лапласа, получим, что передаточные функции объекта управления по управляющему и возмущающим воздействиям (т.е. структура математической модели) имеют следующий вид:

$$W_P(s) = \frac{\theta(s)}{P(s)} = \frac{b_0 \cdot s^2 + b_1 \cdot s + b_2}{a_0 \cdot s^3 + a_1 \cdot s^2 + a_2 \cdot s + a_3}; \quad (2)$$

$$W_{P_F}(s) = \frac{\theta(s)}{P_F(s)} = \frac{b_0 \cdot s^2 + b_1 \cdot s + b_2}{a_0 \cdot s^3 + a_1 \cdot s^2 + a_2 \cdot s + a_3}; \quad (3)$$

$$W_{\theta_{\text{ext}}}(s) = \frac{\theta(s)}{\theta_{\text{ext}}(s)} = \frac{b_0^{\text{ext}} \cdot s^2 + b_1^{\text{ext}} \cdot s + b_2^{\text{ext}}}{a_0 \cdot s^3 + a_1 \cdot s^2 + a_2 \cdot s + a_3}. \quad (4)$$

Значения коэффициентов $a_0 - a_3$, $b_0 - b_3$, $b_0^{\text{ext}} - b_2^{\text{ext}}$ сложным образом зависят от тепло-технических характеристики печи и продуктов внутри её. Аналитическое определение значений данных коэффициентов практически весьма затруднительно. Для этой цели необходимо использовать методы идентификации.

Для экспериментальной проверки адекватности полученной математической модели в качестве объекта, используется действующая печь Fimor G 6411, имеющая объем выпекаемой камеры – 279л. На вход печи подавалось ступенчатое воздействие: включался электрический нагревательный элемент, при этом значение выделяемой на ней тепловой мощности было постоянным и равнялось 9 кВт. Температура воздуха в печи постоянно измерялась термосопротивлением, подключенным к дисплею на печи Fimor G 6411, данные измерений передавались на ноутбук. Для обработки результатов измерений и решения задачи идентификации использовались инструменты библиотеки System Identification, входящей в состав пакета Simulink [3]. Для моделирования процесса выпекания в печи различных продуктов, обладающих некоторой конечной теплоемкостью, в камеру помещались лотки с тестом. Были выполнены следующие эксперименты:

1. нагрев пустой печи;
2. нагрев печи и выпечка продукции с одним лотком;
3. нагрев печи и выпечка продукции с двумя лотками.

При решении задачи идентификации в качестве структуры параметрической модели типа «вход-выход» использовалось выражение (2).

Кроме того, была также проверена возможность упрощения структуры математической модели объекта за счет аппроксимации ее апериодическим звеном 1-го порядка с запаздыванием:

$$W_P(s) = e^{-\tau \cdot s} \cdot \frac{K}{T \cdot s + 1}, \quad (5)$$

где K – коэффициент преобразования, °C/Вт; T – постоянная времени, с; τ – время чистого запаздывания, с.

Результаты идентификации объекта по управляющему воздействию выявили нестационарность параметров математической модели помещения, поэтому при разработке систем управления необходимо применять методы робастного и адаптивного управления.

Литература

1. Чемоданов Б.К. и др. Математические основы теории автоматического регулирования. Том 2. Учебное пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1977, 454 стр.
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. Бесекерский В.А., Попов Е.П., издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1975, 768 стр.
3. Simulink, И.В.Черных. "Simulink: Инструмент моделирования динамических систем" [Электронный ресурс]: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/>

УДК 631.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА**Богданов С.И.**, к.т.н., доцент, **Рябцев В.Г.**, д.т.н., профессор,**Жильцова Н.С.**, **Маркин М.А.**

ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация

Хранение зерна – комплекс мероприятий, способствующих сохранению запасов зерна. Правильная организация хранения зерна позволяет полностью сохранить его качество и свести к минимуму потери массы. Успех хранения зависит от подготовки хранилищ и партий зерна, соблюдения режима хранения. Для временного хранения влажного зерна широко применяется активное вентилирование, которое выполняется продуванием массы зерна подогретым воздухом. При активном вентилировании подсушиваются зерновые насыпи и предупреждается его самосогревание. Активное вентилирование исключает травмирование зерна, что всегда в той или иной степени происходит во время пропуска зерновых масс через зерноушилки, зерноочистительные машины и при перемещении транспортными механизмами [1-3].

Целью работы является разработка ресурсосберегающей технологии хранения зерна с использованием автоматизированной системы управления технологическим процессом активного вентилирования на основе программируемого логического контроллера фирмы ОВЕН.

Для обеспечения подсушивания зерна и уменьшения относительной влажности воздуха его необходимо подогреть с учетом текущей наружной температуры. График зависимости температуры теплого агента, который применяется для вентилирования зерна, от температуры наружного воздуха приведен на рис. 1 и представлен в виде тренда:

$$y = -0.8197x + 25.591.$$

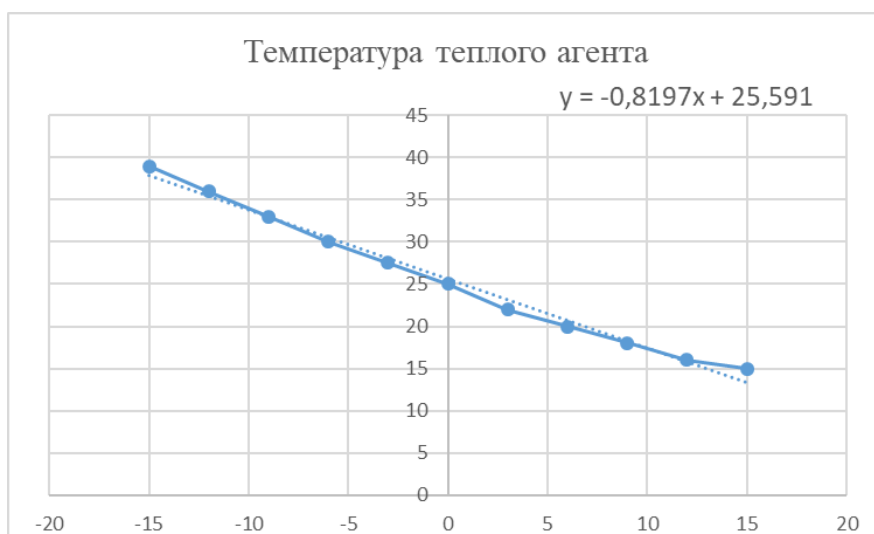


Рисунок 1 – График зависимости температуры теплого агента от температуры наружного воздуха

С учетом допустимого отклонения на ± 10 °С температуры теплого агента от значений, вычисленных согласно тренда, область его допустимых значений имеет вид:

$$-1.8645x+53.871 \leq z \leq -1.8645x+63.871.$$

Снижение температуры теплового агента при увеличении температуры наружного воздуха уменьшает затраты тепловой энергии и повышает эффективность активного вентилирования зерна.

Система автоматизации состоит из следующих компонентов:

- блока питания 24 В;
- аналогово-цифрового преобразователя (АЦП);
- ПЛК 100-24 Р-М;
- модема для передачи данных;
- датчиков температуры;
- датчика влажности зерна.

Для автоматизации вентилирования зерна применен ПЛК 100-24 Р-М фирмы ОВЕН, который обеспечивает получение следующих основных технических параметров и количественных характеристик:

- тактовая частота центрального 32-х разрядного RISC процессора на базе ядра ARM9 – 200 МГц;
- объем оперативной памяти – 8 Мб;
- объем энергонезависимой памяти - 4 Мб;
- напряжение питания ПЛК 100 -220 Р-М – 220 В переменного тока;
- среда программирования – CoDeSys 2.3.8.1 и старше;
- скорость обмена по протоколам RS от 4800 до 115200 bps;
- максимальная частота сигнала, подаваемого на дискретный вход при программной обработке 10 кГц;
- обеспечивается передача данных на верхний уровень в SCADA-систему;
- интерфейсы: RS-232, RS-485 обеспечивают поддержку модулей ввода/вывода ОВЕН Mx110 и операторских панелей, а также связь со SCADA-системой.

Для формирования команд изменения температуры теплового агента при вентилировании зерна в среде CoDeSys на языке ST написана программа, пример визуализации которой приведен на рис. 2.

По программе от датчиков поступают значения температур теплового агента и наружного воздуха. Если температура теплового агента находится ниже области допустимых значений, то программа выдаёт надпись: «УВЕЛИЧЬТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ТЕПЛОГО АГЕНТА». Если температура теплового агента находится выше области допустимых значений, выдается надпись: «УМЕНЬШИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ТЕПЛОГО АГЕНТА». Если температура теплового агента находится внутри области допустимых значений, то на экран монитора выдается надпись: «НОРМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ТЕПЛОГО АГЕНТА».

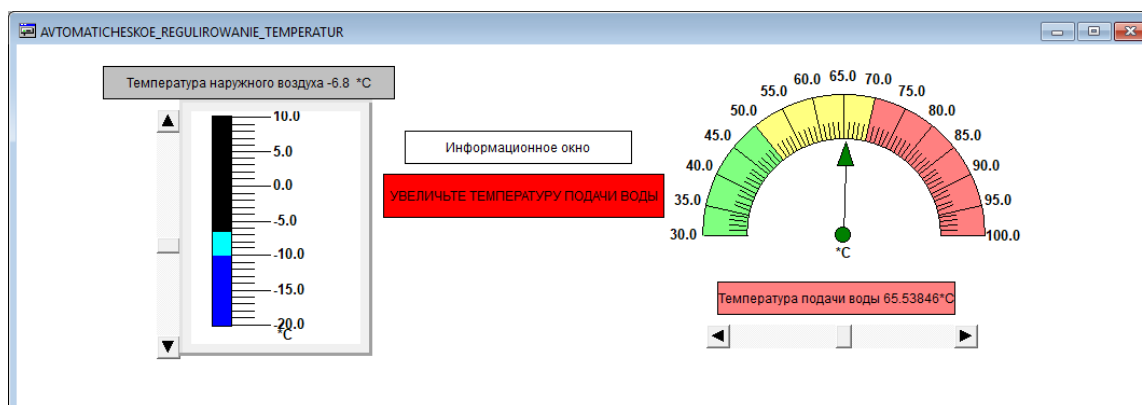


Рисунок 2 – Визуализация программы в режиме увеличения температуры теплового агента

При температуре наружного воздуха равной 15°C нагревание воздуха прекращается и вентилирование зерна осуществляется наружным воздухом без его подогрева.

Для измерения аналоговых сигналов, преобразования измеренных величин в значение физической величины и последующей передачи этого значения по сети RS-485 применен модуль аналогового ввода MB110-2A.

В качестве входных датчиков модуля могут быть использованы:

- термометры сопротивления;
- термопары (термоэлектрические преобразователи);
- активные преобразователи с выходным аналоговым сигналом в виде постоянного напряжения, сопротивления или тока.

Для задания режима работы модуля MB110-2A необходимо настроить его конфигурацию. С этой целью модуль MB110-2A подключается к компьютеру, используя преобразователь интерфейсов RS-485-USB. Во время конфигурирования прибора при определении сетевых настроек выбирается протокол ModBus.

Автоматическое регулирование температуры теплого агента обеспечивает снижение потребления электроэнергии для генерирования теплого агента, что снижает затраты на хранение зерна. Внедрение системы автоматизации технологического процесса активного вентилирования зерна возможно в небольших фермерских хозяйствах.

Литература

1. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2015. – 377 с.
2. Активное вентилирование зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hitagro.ru/aktivnoe-ventilirovanie-zerna/>
3. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов: учебник / И. Ф. Бородин, Ю. А. Студник. – М.: Колос, 2007. – 344 с.

УДК 621.385.6

РАДИОВОЛНОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЗМОРАЖИВАНИЯ ВЯЗКОГО СЫРЬЯ В НЕПРЕРЫВНОМ РЕЖИМЕ

Тихонов А.А.¹, к.т.н., доцент, **Романюк Н.Н.²**, к.т.н., доцент,
Казаков А.В.¹, д.б.н., доцент, **Новикова Г.В.¹**, д.т.н., профессор

¹НГСХА, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

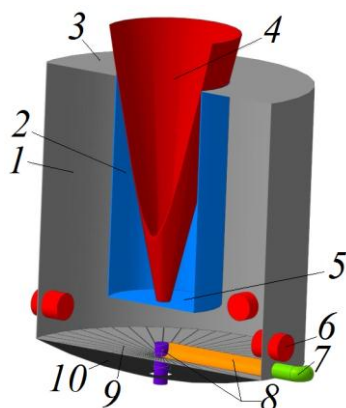
²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Размораживание вязкого сырья при низких эксплуатационных затратах является актуальной задачей.

Целью исследований является разработка радиоволновых установок для размораживания сырья без экранирующего корпуса с резонаторами, обеспечивающими высокую напряженность электрического поля и непрерывный режим работы с соблюдением электромагнитной безопасности. Разработаны сверхвысокочастотные (СВЧ) установки, в том числе с квазистационарным резонатором (рисунок 1) и биконическим резонатором.

СВЧ установка с квазистационарным резонатором содержит квазистационарный резонатор, состоящий из тороидальной части 1, образованной коаксиально расположенными цилиндрами и верхним кольцевым основанием 3, и конденсаторной части, представленной нижним основанием 5 центральной части резонатора и нижним перфорированным основанием резонатора 9. В центральной части 2 квазистационарного резонатора расположена приемная емкость 4 в виде усеченного конуса из неферромагнитного материала, содержащая заслонку. На нижнем основании 5 конденсаторной части резонатора имеется центральное отверстие, куда пристыкован малым основанием неферромагнитный усеченный конус, диаметр малого основания которого менее четверти длины волны. Образующие усеченного конуса соприкасаются с окружностью центральной части резонатора 2. К нижнему перфорированному основанию резонатора пристыкована неферромагнитная накопительная емкость 10.

Над перфорированным основанием резонатора установлен диэлектрический скребок на валу электропривода, по наружному периметру боковой поверхности – магнетроны 6 со сдвигом на 120° . Запредельный волновод 7 установлен на уровне нижнего перфорированного основания резонатора.



- 1 – тороидальная часть резонатора;
- 2 – центральная часть резонатора;
- 3 – верхнее кольцевое основание тора;
- 4 – приемная емкость в виде усеченного конуса из неферромагнитного материала;
- 5 – центральное основание конденсаторной части резонатора;
- 6 – магнетроны;
- 7 – запредельный волновод;
- 8 – диэлектрический скребок на валу;
- 9 – нижнее перфорированное основание резонатора;
- 10 – накопительная емкость

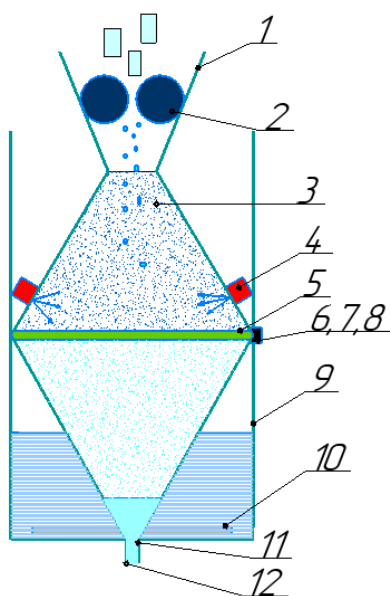
Рисунок 1 – Пространственное изображение СВЧ установки с квазистационарным резонатором для вытопки обеззараженного жира из измельченного жиросодержащего сырья

Технологический процесс происходит следующим образом. Загружают измельченное замороженное жиросодержащее сырье в приемную емкость 4, предварительно закрыв заслонку. Включают электропривод диэлектрического скребка 8 и открывают заслонку для подачи сырья в конденсаторную часть 5. После того, как измельченное сырье окажется на нижнем перфорированном основании резонатора, включают СВЧ генераторы. При этом возникает электрическое поле сверхвысокой частоты (ЭП СВЧ) в конденсаторной части резонатора, а магнитное поле будет сосредоточено в тороидальной части 1. Жиросодержащее сырье подвергается воздействию ЭПСВЧ высокой напряженности. При этом в каждой элементарной частице сырья генерируется эндогенное тепло, жир вытапливается, обеззараживается, стекает через отверстия перфорации нижнего основания резонатора 9 в накопительную емкость 10. Шквара с малыми размерами частиц с помощью вращающегося диэлектрического скребка 8 выводится через запредельный волновод 7, перекрытый с помощью сита из неферромагнитного материала. Размер ячейки сита намного меньше, чем размер измельченных частиц сырья.

В таком конструкционном исполнении резонатора без общего экранирующего корпуса за счет неферромагнитной приемной емкости в виде усеченного конуса и запредельного волновода, а также неферромагнитной накопительной емкости излучения через перфорации будут ограничены до допустимого уровня. Напряженность ЭП в конденсаторной части квазистационарного резонатора достаточно высокая, обеспечивающая обеззараживание переработанного продукта.

СВЧ установка с биконическим резонатором (рисунок 2) может обеспечить размораживание измельченного вязкого сырья, в том числе коровьего молозива в непрерывном режиме с обеспечением электромагнитной безопасности. Установка состоит из цилиндрической емкости 9, внутри которой соосно вертикально установлен биконический резонатор 3, вершины которого усечены. Вблизи вершин биконуса образуются поверхности, где наблюдается полное отражение волн, поэтому излучение из усеченных открытых концов значительно уменьшается [1]. На уровне горизонтальной оси биконического резонатора 3 расположен диск диэлектрический перфорированный 5 в зубчатом венце 6, входящий в сцепление с ведущей звездочкой 7, расположенный на валу электропривода 8. Над диском 5 жестко установлен диэлектрический скребок (не указан). Нижняя усеченная вершина биконического резонатора состыкована с запредельным волноводом 11, содержащим кран для слива продукта 12. По периметру оснований конусов (в центральной области биконического резонатора) с наружной стороны со сдвигом на 120 градусов установлены магнетроны 4 от СВЧ генераторов. Верхняя усеченная вершина биконического резонатора 3 состыкована с конической емкостью

стью 1, внутри которой расположены вальцы оребренные 2 с возможностью регулирования зазора между ними. Над основанием цилиндрической емкости 9 установлен трубчатый электронагреватель 10.



- 1 – коническую емкость для приема замороженного сырья,
- 2 – вальцы оребренные, 3 – биконический резонатор,
- 4 – магнетроны, 5 – диск диэлектрический перфорированный,
- 6 – зубчатый венец,
- 7 – ведущая звездочка, 8 – электропривод,
- 9 – цилиндрическая емкость,
- 10 – трубчатый электронагреватель (ТЭН),
- 11 – запредельный волновод,
- 12 – кран для слива размороженного продукта

Рисунок 2 – СВЧ установка с биконическим резонатором для размораживания измельченного вязкого сырья

Технологический процесс происходит следующим образом. Заливают воду в цилиндрическую емкость 9 так, чтобы вершина нижнего конуса оказалась в воде. Включают трубчатый электронагреватель 10 для нагрева воды, от которой нагревается поверхность нижней части биконического резонатора 3. Включают электропривод 8 для вращения диска 5 диэлектрического перфорированного за счет сцепления ведущей звездочки 7 с зубчатым венцом 6. Включают электродвигатель вальцов 2 оребренных. Загружают замороженное сырье без тары в емкость 1. Сырье между вальцами измельчается и падает на диск диэлектрический перфорированный 5. Далее включают СВЧ генераторы, после чего излучатели магнетронов 4, направленные внутрь биконического резонатора 3 возбуждают в нем ЭМП СВЧ. Измельченное замороженное сырье подвергается равномерному воздействию ЭМП СВЧ, нагревается, стекает через перфорации вращающегося диска 5. Диэлектрический скребок очищает отверстия перфораций диска. Сырье в нижней части биконического резонатора дополнительно нагревается от его горячей поверхности. Регулируя частоту вращения диска и вальцов, площадь живого сечения перфорации, удельную мощность генератора можно размораживать сырье с температурой $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, и поддерживать температуру $+(35-38)\text{ }^{\circ}\text{C}$ за счет трубчатого электронагревателя. Для слива воды и слива размороженного сырья в непрерывном режиме через запредельный волновод 11 открывают кран 12 на определенный расход. Из-за того, что вершины биконического резонатора отсечены так, что диаметр не превышает четверть длины волны, при непрерывном режиме работы СВЧ установки электромагнитная безопасность для обслуживающего персонала соблюдается.

Литература

1. Стрекалов, А.В. Электромагнитные поля и волны: учебное пособие / А.В. Стрекалов, Ю.А. Стрекалов. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 369с.

УДК 681.5

УЧЕТ СЛАБЫХ СИГНАЛОВ В СЛОЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ**Барашко О.Г.**, к.т.н., доцент, **Кобринец В.П.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Поведение сложных промышленных систем показывает, что как отдельные объекты, так и системы (в данном случае социально-экономические системы), самоорганизуются в многосвязные структуры и ведут себя нелинейным образом, являясь сложными адаптивными системами. Это необходимо учитывать при разработке стратегий управления промышленной системой с помощью ERP-систем.

Обычно сложная адаптивная система неоднородна, в ней имеются обширные области устойчивости, разделенные между собой небольшими зонами неустойчивости в которых система высокочувствительна, так что именно в них возникают и могут проявляться так называемые слабые сигналы.

Под слабыми сигналами подразумеваются малозаметные события (идеи, факты, факторы, процессы), которые потенциально могут привести к значительным последствиям [1]. Они важны, их детектирование и правильное толкование может быть вопросом успеха или поражения той или иной системы. Тем не менее, традиционное мышление и инструменты стратегического планирования и ограничивают нашу способность распознавать и использовать слабые сигналы. Для таких сигналов характерен очень низкий уровень осведомленности. Можно говорить, что в нынешних условиях, что особенно касается стран, находящихся в переходном периоде развития в части политической, социальной или экономической среды, фирмы пребывают в состоянии именно такой неосведомленности. Источниками слабых сигналов могут быть: мировые тенденции (нестабильность в глобальном масштабе, международные события, взаимоотношения между развитыми и развивающимися странами и т. п.); любая область экономики, претерпевающая постоянные изменения (высокотехнологичные отрасли, информационные технологии, появление новых материалов и т. п.); политические события (результаты выборов в государственные органы власти, законодательные инициативы и т. п.).

В свою очередь, уровень осведомленности можно классифицировать по мере возрастания силы сигнала [2]. Первый уровень осведомленности соответствует наименьшему объему полезной информации. Известно лишь то, что не исключено возникновение какой-то опасности (возможности), которой природа и источник пока неизвестны. Второй уровень осведомленности – ситуация, когда источник возможных новых явлений известен, а сами явления – еще нет. Например, научные исследования в области новых материалов и технологических процессов. При осведомленности третьего уровня известен источник и сами явления, но есть неясности в области их применения и, соответственно, в необходимых мерах со стороны промышленной системы. На этом уровне информации недостаточно для надежной оценки воздействия и эффективности ответных мер. Четвертый уровень осведомленности: информации достаточно для разработки и принятия конкретных мер, но их возможные последствия определить трудно из-за отсутствия опыта. Например, предприятия, первыми использовавшие новую технологию, делали крупные вложения в данную технологию с надеждой, что допустимый в таких случаях риск окупится. Осведомленность пятого уровня: получены данные о результативности принятых мер. Например, те предприятия, закрепившиеся в новой технологии, получили достаточные данные, чтобы определить прибыльность новой технологии. Те же, кто не попал в их число, обычно несут большие расходы для того, чтобы внедриться в эту область производства.

Таким образом, порядок действий в том случае, когда из внешней среды поступают слабые сигналы, должен следовать следующей стратегии – по мере нарастания уровней осведомленности ответные меры должны постепенно усиливаться. По мере того как сигналы набирают силу, поступает все больше информации для принятия активных контрмер. Принимаемые предприятием контрмеры по силе должны быть адекватны уровням осведомлен-

ности. Самые слабые состоят в обследовании той области, в которой возникает нестабильность. На другом краю — характер мер, имеющих прямые действия в ответ на опасности или новые возможности, например, решение об освоении новой продукции, переходе к новой рыночной стратегии, развертывание или свертывание целого вида деятельности. Между крайними точками возрастает не только конкретность контрмер, но также их цена и необратимость.

В работе проанализированы источники обнаружения слабых сигналов в различных промышленных системах и предложена алгоритм процедуры их усиления (и его модификации), включающая в себя ряд основных этапов [3]: идентификация перспективы (т.е. концептуальной точки зрения, с которой ищутся слабые сигналы и по мере погружения можно изменить точку зрения на какую-то более достоверную и начать процедуру заново); определение потенциала слабых сигналов и их способности повлиять на систему; определение условий включения (развития, срабатывания) слабого сигнала, т. к. он обладает возможностью изменить систему; активация слабого сигнала и условия ее реализации; использование традиционных методов (анализ тенденций, планирование сценариев и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Harris, S. Dyer, Zeisler, Steven. Weak Signals: Detecting the Next Big Thing // The Futurist. 2002. Vol. 36, №6, November-December, pp. 21-29.
2. Шифрин, М.В. Управление по слабым сигналам. Элитариум [Электронный ресурс] / Режим доступа http://www.elitarium.ru/upravlenie_po_slabym_signalam/. - Дата доступа: 10.09.2019
3. Барашко, О.Г. Процедура усиления слабых сигналов в сложных адаптивных системах // 79-я научно-техническая конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов БГТУ. Секция химической технологии и техники. – Минск, 2015. – С. 14.

УДК 663.42

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЛАГИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ (НА ПРИМЕРЕ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ)

Бондарчук О.В., Кононюк Е.А., Литвинюк Д.М., БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Ячмень, являясь в сухом виде диэлектриком с удельным объемным сопротивлением $\rho_v=10^{10}-10^{15}$ Ом·см и выше, в результате увлажнения становятся полупроводниками; величина ρ_v понижается до $10^{-2}-10^{-3}$ Ом·см.

Одними из важнейших параметров сыпучего материала, в частности зерновых культур, является влажность. Повышение влажности зерна является причиной изменения его электрофизических свойств.

Для характеристики электрофизических свойств используют такие показатели, как: δ – удельная проводимость (электропроводность); ε – диэлектрический коэффициент (диэлектрическая проницаемость); тангенс угла потерь; коэффициент потерь K [1]. Взаимосвязь данных показателей с влагосодержанием зерна была установлена экспериментальным путем.

Быстрый рост электропроводности наблюдается, начиная с 16 % влажности. Это объясняется тем, что вода, поглощенная зерном, претерпевает изменения при взаимодействии с веществами зерна вследствие гидратации эндосперма.

На величину электросопротивления большое влияние оказывает характер влаги, распределяющейся по сечению зерна, а также содержание этой влаги в поверхностных слоях. Сопротивление зерна падает с увеличением влажности до величины порядка 10^6 Ом становясь полупроводником.

Сопротивление зерен также уменьшается с увеличением напряженности электрического поля из-за появления электронного тока, причем у более влажных зерен быстрее, чем у менее влажных. Это свидетельствует о том, что зерно переходит из состояния диэлектрика в состояние полупроводника.

Диэлектрическая проницаемость зерна, с повышением влажности возрастает, причем наиболее заметно начиная с влагосодержания 16...18 %. С повышением рабочей частоты от 0,5 до 30,0 МГц влияние влажности менее заметно. Подобная зависимость действительна и для тангенса угла потерь. В связи с этим произведение его на диэлектрическую проницаемость – коэффициент потерь (К) также изменяется в различном темпе до и после 16...17 % влагосодержания. По влажности 13...14 % (т. е. до влагосодержания 15...16,5 %) коэффициент К не зависит от рабочей частоты [2]. Это подтверждает график представленный на рисунке 1. Зависимость коэффициента К от влажности почти не изменяется под влиянием сортовых и прочих особенностей зерна.

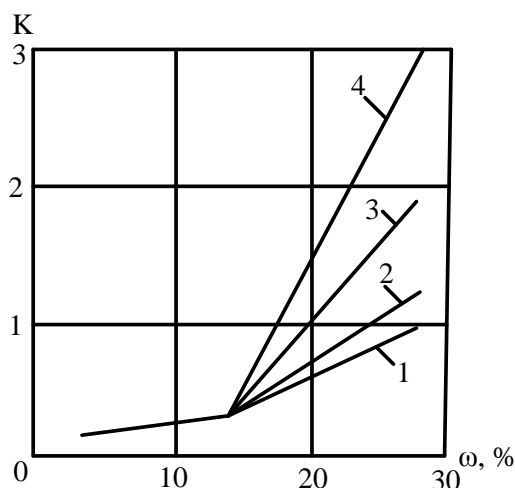


Рисунок 1 – Влияние влажности зерна на коэффициент потерь при частотах: 1 – 9,6 МГц; 2 – 4,6 МГц; 3 – 1,98 МГц; 4 – 0,536 МГц

Таким образом, все показатели электрофизических свойств ячменя обнаруживают четко выраженную зависимость от влагосодержания.

Аналогично на электрофизические свойства ячменя влияет и температура. Связано это с изменением состояния воды, которая была поглощена зерном. Исследования показывают, что в зернах с повышением температуры увеличивается электропроводность и соответственно уменьшается сопротивление, причем, чем ниже влажность зерна, тем заметнее снижение [3]. Эта зависимость показана на графике представленном на рисунке 2.

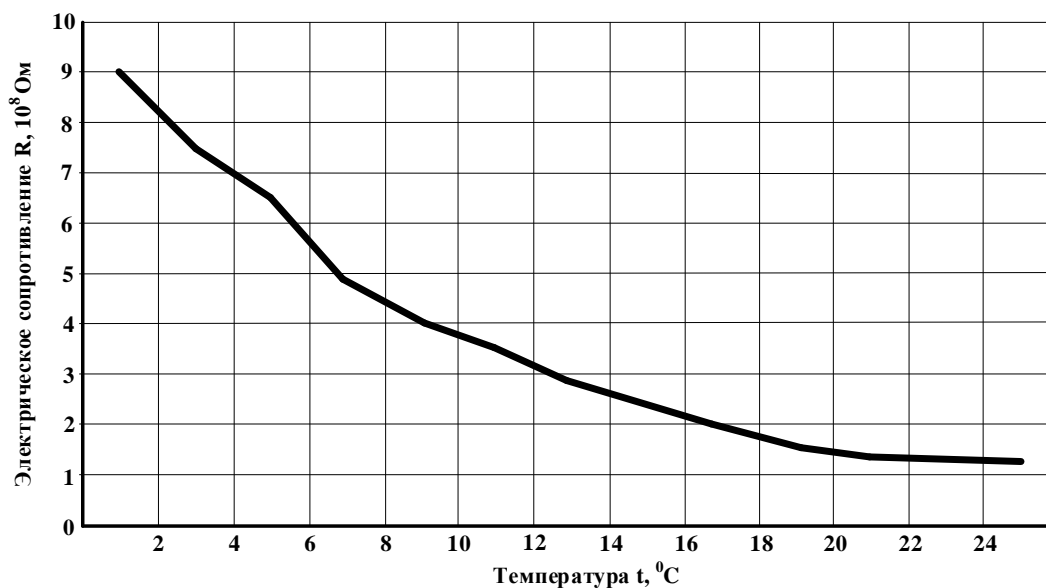


Рисунок 2 – График зависимости электрического сопротивления ячменя от температуры

Это объясняется тем, что с повышением температуры в зерне возрастает скорость движения основных ионов кристаллической решетки. Если при умеренной температуре в процессе электропроводности участвуют только слабо закрепленные ионы, то по мере ее увеличения начинают двигаться и ионы с более сильными связями.

На электрофизические свойства ячменя существенно влияет состояние его биологической системы, прорастание зерна, а также незавершенность его развития при созревании.

Исследования электрических потенциалов семян показали, что состояние биологической системы влияет на значение потенциалов. Установлено, что зерно с низким показателем качества отличаются низкой проницаемостью оболочки, следовательно, значение их потенциала выше, чем у семян с более высокими показателями качества [4]. Установлено также, что на дополнительное воздействие электрическим током реагируют зерна как высокой (96%), так и низкой всхожести (86%), однако у зерен с высокой всхожестью изменение мембранного потенциала существенно выше, чем у зерен с низкой всхожестью. Опыты показывают, что сила тока, протекающего через зерно во время измерений, уменьшается со временем. Эта зависимость показана на графике представленном на рисунке 3. Уменьшение тока происходит в результате процесса поляризации зерна.

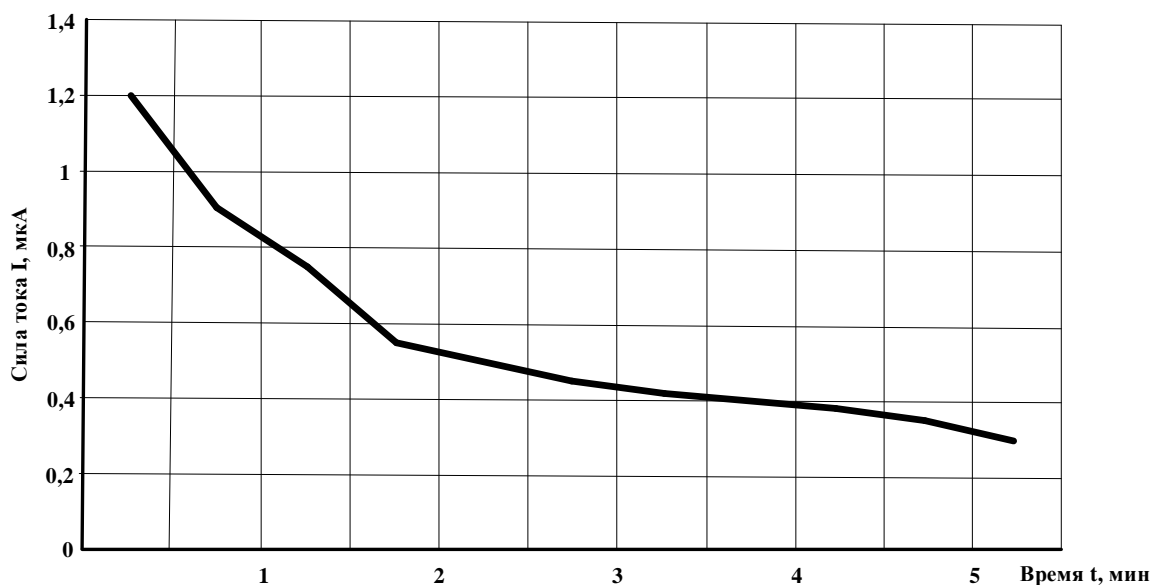


Рисунок 3 – График зависимости силы тока, проходящего через зерно от времени

Результаты проведенных исследований можно использовать при проектировании и конструировании приборов измерения влажности зерновых материалов.

Литература

1. Медведев, С.С. Электрофизиология растений / С.С. Медведев. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 1998. – 184 с.
2. Зерно. Метод определения влажности : ГОСТ 13586.5–2015. – Введ. 01.07.2016. – М.: Стандартинформ, 2016. – 13 с.
3. Федорова, Р.А. Биохимические особенности свойств зерна : Учеб.-метод. пособие / Р.А. Федорова. – СПб. : Университет ИТМО, 2016. – 41 с.
4. Мерченко, Н.Н. Зависимость мембранного потенциала зерен пшеницы от концентрации ионов на внутренней стороне оболочки и ее проницаемости / Н.Н. Мерченко, С.П. Пронин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8. – С. 1539–1544.

УДК 621.3:37

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ

Гаркуша К.Э., к.т.н., доцент

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь энергопотребление большей части зданий детских садов, школ, лицеев, учреждений среднего специального и высшего образования не соответствует современным критериям энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии.

В первую очередь это касается зданий, построенных более 30 лет назад в соответствии с принятыми на то время стандартами в строительстве. Приведение зданий старой застройки к современным требованиям, широкое внедрение источников возобновляемой энергии требует значительных капитальных вложений. Областные и районные бюджеты не позволяют подойти к решению данной проблемы комплексно, и, как правило, финансирование учреждений образования осуществляется на уровне отдельных мероприятий, таких как замена светильников, установка стеклопакетов в окна, внедрение приборов учета и автоматики.

Демонстрационные объекты энергоэффективности с максимальным пакетом энергосберегающих мероприятий появились в республике при реализации международных проектов: Всемирного банка, ПРООН, Соглашения мэров и др.

Отличительной особенностью таких проектов является использование не только донорских средств, но и средств местного бюджета (шефских организаций, собственные средства).

Разработка энергосберегающих мероприятий осуществляется по результатам энергоаудита, целью которого является оценка текущего энергопотребления, разработка мер по повышению энергоэффективности с использованием возобновляемой энергии, а также анализ эффективности финансовых затрат на реализацию предлагаемых мер. Немаловажным фактором является и сокращение выбросов CO₂.

Рассмотрим эффективность мероприятий по энергосбережению на примере типового учреждения дошкольного образования, расположенного в г. Ошмяны. Здание детского сада построено в 1970 году и представляет собой два двухэтажных корпуса, соединенных между собой одноэтажным хозяйственным блоком. Корпуса в плане прямоугольные, без подвала и чердака с наружным неорганизованным водостоком.

В детском саду не соблюдаются температурный режим и нормы освещенности, здание не соответствует действующим нормам по санитарно-вспомогательным помещениям, в нем отсутствует горячее водоснабжение, в ясельных группах не предусмотрен подогрев пола. Вентилирование помещений детсада осуществляется с помощью естественной тяги воздуха через каналы во внутренних стенах, за счет проветривания, а также через щели в старых окнах и дверях. Система механической вытяжной вентиляции кухни морально и физически устарела. Механическая приточная вентиляция отсутствует.

Исходя из результатов энергоаудита, предложены следующие мероприятия:

1. Утеплить наружные стены с доведением их термического сопротивления до нормативных требований.
2. Произвести замену окон стеклопакетами с уменьшением площади проемов в тех помещениях, где позволяют нормы освещенности.
3. Утеплить кровлю с доведением термического сопротивления кровли до нормативных требований.
4. Установить системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии.
5. Модернизировать систему отопления с заменой трубопроводов и нагревательных приборов, установкой балансировочных кранов и термостатических регуляторов на отопительных приборах и устройством современного автоматизированного индивидуального теплового пункта.
6. Установить в детском саду солнечные коллекторы с баками накопителями для нагрева воды на нужды ГВС.

Секция 2: Энерготехнологии и автоматизация технологических процессов АПК

7. Установить воздушные тепловые насосы, предусмотрев возможность их подключения к системам ГВС и отопления.
8. Для снижения расхода электрической энергии произвести замену наиболее энергоемкого оборудования кухни: электроплит и электрошкафа.
9. Произвести замену неэффективных источников наружного освещения.
10. Для снижения расхода электрической энергии на собственные нужды сада внедрить фотоэлектрические преобразователи, установив их на кровле.
11. С целью сокращения потребления горячей и холодной воды установить на каждом смесителе ограничители расхода воды (аэраторы).
12. Произвести замену старой и небезопасной электропроводки и сопутствующего электрооборудования.

Фактическое годовое энергопотребление дача в базовом году составило 349 МВт·ч тепловой энергии и 27,4 МВт·ч электрической энергии. Данные значения определены по приборам учета без сопоставимости следующих факторов: сокращения продолжительности отопительного периода в базовом году по сравнению с нормативной расчетной продолжительностью [2]; отклонения температур воздуха в помещениях сада по отношению к нормативным температурам; затрат теплоты на нужды горячего водоснабжения и работу механической приточной вентиляции в пищеблоке. Расчетное потребление тепловой энергии с учетом вышеперечисленных факторов составляет 716,3 МВт·ч; электрической – 51,8 МВт·ч.

В таблице 1 рассмотрена эффективность предложенных мероприятий с учетом их вклада в общую экономию и финансовые затраты, рассчитано сокращение выбросов парниковых газов. Пользуясь данными таблицы 1 можно составлять пакеты энергосберегающих мероприятий исходя из максимальной экономии энергоресурсов и финансовых возможностей учреждения образования.

Таблица 1 – Перечень рекомендованных энергосберегающих мероприятий

Наименование мероприятия	Ежегодные сбережения энергии					Кап. вложения, евро	Срок окупаемости, лет	Сокращение выбросов, т CO ₂ -экв
	Электрической	Тепловой		Денежных средств				
		МВт·ч	МВт·ч	%	евро			
1. Аэраторы на смесителях воды	-	4,1	0,7	264	0,6	180	0,7	1,9
2. Замена наружных светильников	3,4	-	-	457	1,1	1313	2,9	3,0
3. Замена электрошкафа кухни	4,6	-	-	608	1,4	2604	4,3	4,0
4. Замена электроплит кухни	5,2	-	-	696	1,6	3438	4,9	4,6
5. Тепловые насосы на ГВС	-7,7	27,7	4,7	1806	4,2	13640	8,4	5,9
6. Тепловые насосы на отопление	-42,9	155,2	26,1	10106	23,7	68200	7,5	33,2
7. Вентиляция с рекуперацией	-	36,6	6,2	2379	5,6	18438	7,8	16,8
8. Модернизация системы отопления с устройством ИТП	-	97,7	16,4	6348	14,9	51667	8,1	44,7
9. Замена окон	-	90,3	15,2	5868	13,7	53600	9,1	41,4
10. Утепление стен	-	88,2	14,8	5730	13,4	55521	9,7	40,4
11. Солнечные коллекторы ГВС	2,3	24,5	4,1	2519	5,9	25000	9,9	13,2
12. Фотоэлектрические преобразователи	4,6	-	-	616	1,4	7379	12,0	4,1
13. Утепление кровли	-	69,6	11,8	4525		66458	14,7	31,9
14. Замена внутреннего освещения	6,1	-	-	806		21925	27,2	5,3
ИТОГО:	-24,4	593,8	100	42730		389362	9,1	250,4

Увеличение потребления электроэнергии на 24,4 МВт·ч связано с применением тепловых насосов. При этом экономия тепловой энергии от данного мероприятия составляет 182,9 МВт·ч.

Литература

1. Богуславский Л.Д. Энергосбережение в системе теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. – Москва: Стройиздат, 1990.
2. ТКП 45-2.04.43-2006 Строительная теплотехника.
3. СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология / Министерство архитектуры и строительства РБ - Минск, 2001.
4. СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Министерство архитектуры и строительства РБ - Минск, 2004.
5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18 марта 2016 года № 216 «Положение о порядке организации и проведения энергетических обследований (энергоаудитов)», 2016.
6. Государственный стандарт Республики Беларусь «Энергетическое обследование потребителей топливно-энергетических ресурсов. Общие требования» СТБ 1776-2007, Минск, Госстандарт, дата введения 2007-12-01.
7. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск, 2017.
8. Зенютич Е.А., Котомкин В.Н. и др. Экономия энергии в образовательных учреждениях: Технологии энергосбережения и финансовые механизмы. – Москва: 2006 г. – 85 с.

УДК 537.568; 663.11

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАРЯДА НА ДИФФУЗИЮ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ КЛЕТКИ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Заяц Е.М., д.т.н., профессор, Янко М.В.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Скорость роста аэробных микроорганизмов в целом и хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в частности зависит от концентрации кислорода в среде, концентрации питательных веществ, температуры среды и диффузии ионов питательных веществ через поры мембраны клетки, [1].

Дрожжевая клетка, как клетки большинства микроорганизмов, состоит из мембраны (оболочки); протоплазмы; ядра; вакуоли; клеточных структур – рибосом, митохондрий; запасных включений – гликогена и волютина, [2].

Мембрана расположена снаружи дрожжевой клетки. Она имеет пористую структуру, состоит из клетчатки (углеводов) и пор. Пory служат для перемещения внутрь клетки ионов питательных веществ из околоклеточного пространства. Скорости диффузии ионов питательных веществ через поры мембраны дрожжевой:

$$D_{\phi} = D_0 \cdot e^{\left(\frac{eF\phi_n}{RT}\right)}, \quad (1)$$

где D_{ϕ}, D_0 – коэффициент диффузии питательного вещества через мембрану клетки и в среде, m^2 / c ; e – эмпирический коэффициент; ϕ_n – потенциал на входе в пору мембраны клетки, В; F – число Фарадея, Кл/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура, К.

Как видно из (1) диффузия ионов питательных веществ зависит от потенциала на входе в пору мембраны клетки ϕ_n . Допустим, что поверхность поры имеет форму цилиндра и по-

крыта белковыми молекулами с поверхностной плотностью ρ_n . Изменение потенциала внутри цилиндра вдоль его оси описывается известным уравнением

$$\varphi_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_c} \int_S \frac{\rho_n dS}{r}, \quad (2)$$

где dS – элемент поверхности поры, m^2 ; r – расстояние от рассматриваемой точки поля до dS , m (рисунок 1).

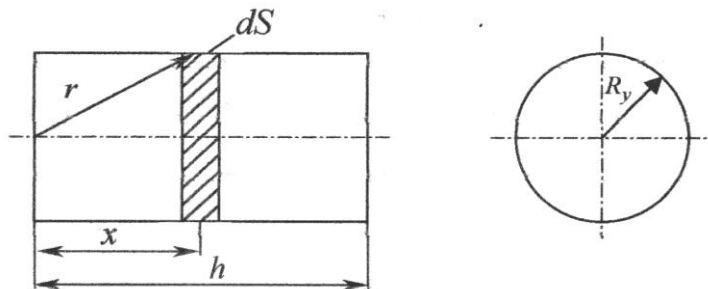


Рисунок 1 – Схема к расчету потенциала внутри цилиндра вдоль его оси

После соответствующих преобразований формула (2) преобразуем к виду:

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_y}{2\epsilon_c} \int_0^R \frac{dx}{\sqrt{R_y^2 + x^2}}, \quad (3)$$

где x – расстояние по оси цилиндра от входа в пору до плоскости сечения, проходящей через середину полосы dS (рисунок 2).

Решение (3) запишем в виде:

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_y}{2\epsilon_c} \ln \left(\frac{x + \sqrt{R_y^2 + x^2}}{R_y} \right) \Bigg|_0^h.$$

Тогда потенциал на входе в пору

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_y}{2\epsilon_c} \ln \left(\frac{h + \sqrt{R_y^2 + h^2}}{R_y} \right). \quad (4)$$

Если уменьшить плотность поверхностного заряда в 2 раза до значения $\rho_n = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/м}^2$, и предположить, что толщина стенки поры $h = 100 \text{ \AA}$, а радиус поры $R_y = 50 \text{ \AA}$, то коэффициент диффузии (1) увеличится более чем в 7 раз, т.е. диффузия молекул в клетку увеличится. Аналогичный расчёт показывает, что если увеличить плотность поверхностного заряда до $\rho_n = 4,8 \cdot 10^{-2}$, то при тех же данных, коэффициент диффузии уменьшится более чем в 10^{31} раз, т.е. диффузия прекратится полностью. Следовательно, наличие диссоциирующих заряженных функциональных групп на стенках пор мембраны позволяет регулировать доступ молекул питательных веществ в зависимости от поверхностного заряда.

Литература

1. Янко, М. В. Аэроионная активация некоторых микробиологических процессов / М.В. Янко, Е.М. Заяц // Агропанорама. – 2019. – № 1 (131) – С. 28-29.
2. Бабьева, И.П. Биология дрожжей / И.П. Бабьева, И.Ю. Чернов – Москва : Т-во науч. изд. КМК, 2004. – 239 с.

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В СРЕДЕ, ОГРАНИЧЕННОЙ ТОКОПОДВОДЯЩИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ, РАЗДЕЛЕННЫМИ МЕМБРАНОЙ

Заяц Е.М.¹, д.т.н., профессор, Кривовязенко Д.И.¹,

Янко М.В.¹, Чорный А.Д.², к.ф.-м.н., доцент

¹БГАТУ, ²ИТМО НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Электротермохимическая обработка органических дисперсных гидросистем (ОГС), к которым мы относим продукты сельскохозяйственного производства растительного и животного происхождения, связана с изменением температуры.

Электрический ток, протекая через среду, нагревает ее. Во всех случаях повышение температуры – это увеличение энергоемкости процесса, что нежелательно. Более высокая температура у поверхности токоподводящих электродов, разделительной мембраны может ухудшить качество обработки или вообще затруднить токоподвод к среде.

Поскольку обычно ОГС обрабатывают при относительно небольших напряженностях поля и достаточно больших межэлектродных расстояниях, то изменение температуры в ОГС можно в достаточно хорошем приближении рассмотреть на основе омической модели проводимости [1]. Также, исходя из малости скорости диффузионного и конвективного переноса заряда по сравнению со скоростью миграции ионов в ОГС за счет приложенного электрического поля, уравнение полного тока в ОГС имеет вид

$$\nabla(\sigma E) = \nabla(\sigma \nabla \Phi) = 0 \quad (1)$$

Температуру дисперсной гидросистемы определяют из уравнения конвективной теплопроводности с учетом вклада омического нагрева:

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial \tau} + \vec{u} \cdot \nabla T \right) = \nabla(\lambda \nabla T) + \sigma E^2$$

с начальными $T|_{\tau=0} = T_0$ и граничными условиями $\lambda \nabla T|_{\Gamma} = \alpha(T_{env} - T|_{\Gamma})$, где λ , ρ , C_p – теплопроводность, плотность и удельная теплоемкость дисперсной среды, \vec{u} – вектор скорости, α – коэффициент теплоотдачи на границе Γ , T_0 – начальная температура, T_{env} – температура окружающей среды, $T|_{\Gamma}$ – температура среды на границе, σ – удельная электропроводность среды, E – напряженность электрического поля, Φ – электрический потенциал.

Решение уравнения (1) применительно к реакторам в виде плоского и коаксиального канала со стенками, представляющими электроды, приведено в [2]. В настоящей работе рассматривается плоская электродная система, токоподводящие поверхности которой разделены мембраной на анодную и катодную области (Рис. 1).

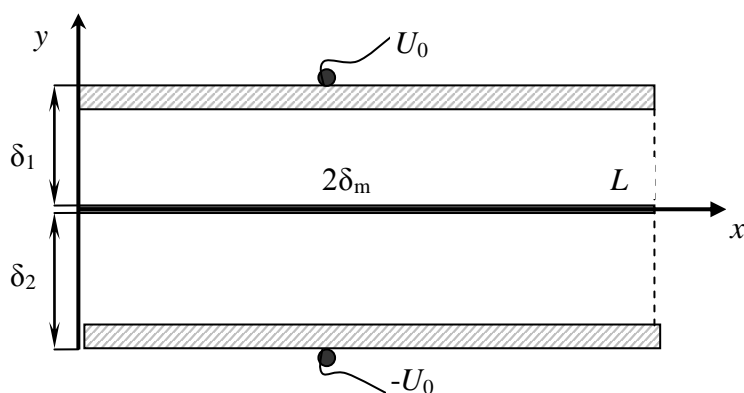


Рисунок 1 – Плоская электродная система с разделительной мембраной.

Среда может перемещаться прямооток и противоток. Электрический ток протекает от одного электрода к другому через среду и мембрану. Температура в среде и мембране из-

меняется от начального до какого-то конечного максимального значения, заданного технологическим процессом. При этом температура мембраны не должна превышать предельную допустимую для обрабатываемого материала. Для такого диапазона температуры наблюдается слабая зависимость от нее тепло- и электрофизических параметров среды и мембраны и можно принять их постоянными.

Для установившегося потока среды в межэлектродном пространстве с относительными размерами, такими как $\delta_1/L \gg 1$ и $\delta_2/L \gg 1$, оценку состояния среды по длине канала можно произвести в приближении пограничного слоя как для температурного, так и электрического полей:

$$\frac{\partial}{\partial y}(\sigma(y)E_y) = -\frac{\partial}{\partial y}\left[\sigma(y)\frac{\partial\Phi}{\partial y}\right] = 0, \quad (2)$$

$$\text{для среды: } \rho C_p u \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda(y)\frac{\partial T}{\partial y}\right) + \sigma E^2 \quad (3)$$

$$\text{для мембраны: } 0 = \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_m \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \sigma_m E^2 \quad (4)$$

Граничные условия на входе в канал для $T = T_0$, тогда как на выходе из канала «мягкое» граничное условие: $\partial T / \partial x|_{x=L} = 0$. Для случая противотока следует учитывать, что эти границы для анодной и катодной частей противоположно расположены относительно друг друга. На стенках канала (электроды) справедливы условия Ньютона для теплового потока

$$\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial y}\bigg|_{y=\delta_m+\delta_1} = \alpha_1(T_{env} - T|_{y=\delta_m+\delta_1}), \quad \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial y}\bigg|_{y=-(\delta_m+\delta_2)} = -\alpha_2(T_{env} - T|_{y=-(\delta_m+\delta_2)}).$$

Коэффициенты теплоотдачи α_i [Вт м⁻²К⁻¹] от нагреваемой жидкости к окружающей среде в катодной и анодной зонах определим через числа Нуссельта как $\alpha_i = Nu_i \lambda_i / \delta_i$ [3, 4]. В рассматриваемом типе каналов для ламинарного режима движения жидкости $Nu_i = 7.54$, а для турбулентного режима воспользуемся формулой $Nu_i = 0.0155 Pr_i^{0.5} Re_i^{0.83}$, справедливой для жидкостей с числом Прандтля $1 < Pr_i < 25$ [4].

С учетом граничных условий на электродах для потенциала ($\Phi|_{y=\delta_m+\delta_1} = U_0$, $\Phi|_{y=-(\delta_m+\delta_2)} = -U_0$) и условия непрерывности тока на границе среды с мембраной ($y = \delta_m$ и $-\delta_m$) можно показать, что решением уравнения (2) является зависимость:

$$E(y) = \frac{2U_0}{\sigma(y)\left[\frac{\delta_1}{\sigma_1} + \frac{2\delta_m}{\sigma_m} + \frac{\delta_2}{\sigma_2}\right]} \quad (5)$$

Здесь электропроводимость σ является функцией от y , потому что изменяется в зависимости от электропроводимости среды, движущейся над мембраной и под ней, а также электропроводимости самой мембраны ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_m$, соответственно). Подстановка формулы (5) в формулу для количества тепла, выделяемого единицей объема, в уравнении (2) для температуры дает:

$$Q(y) = \sigma E^2 = \frac{(2U_0)^2}{\sigma(y)\left[\frac{\delta_1}{\sigma_1} + \frac{2\delta_m}{\sigma_m} + \frac{\delta_2}{\sigma_2}\right]^2}$$

Используя интегроинтерполяционный метод [5] для нахождения температуры, осредненной по толщине каждого из каналов и мембраны, из уравнений (3) и (4) получаем следующую систему уравнений:

$$\text{для среды над мембраной: } \rho_1 C_{p1} u_1 \delta_1 n_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = K_1(T_m - T_1) + K_{1env}(T_{env} - T_1) + \sigma_1 E_1^2 \delta_1,$$

для среды под мембраной: $\rho_2 C_{p2} u_2 \delta_2 n_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = K_2 (T_m - T_2) + K_{2env} (T_{env} - T_2) + \sigma_2 E_2^2 \delta_2$,

для мембраны: $0 = K_1 (T_1 - T_m) + K_2 (T_2 - T_m) + \sigma_m E_m^2 2\delta_m$. (6)

Здесь среднерасходная скорость в каналах определяется как $u_{1,2} = Q_{1,2} / S_{1,2}$, где $Q_{1,2}$ - объемный расход среды в канале, $S_{1,2}$ - проходное сечение канала, $n_{1,2}$ - индексы направления движения среды ($n_{1,2} = 1$ - вдоль оси x , $n_{1,2} = -1$ - противоположно оси x), индексы 1, 2, m указывают на параметр в рассматриваемой области.

Коэффициенты теплоотдачи $K_{1,2} = (1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + 2\delta_m/\lambda_m)^{-1}$, $K_{1env} = (1/\alpha_1 + 1/\alpha_{env} + \delta_{1e}/\lambda_{1e})^{-1}$, $K_{2env} = (1/\alpha_2 + 1/\alpha_{env} + \delta_{2e}/\lambda_{2e})^{-1}$, где $\delta_{1,2e}$ и $\lambda_{1,2e}$ - толщина и теплопроводность материала электрода, α_{env} - коэффициент теплоотдачи от поверхности электродов в помещение (примем равным $\alpha_{env} = 8$ Вт/м²К).

Из определения коэффициентов $K_{1,2}$ и уравнения (6) следует, что температура мембраны равна:

$$T_m = \frac{K_1}{K_1 + K_2} T_1 + \frac{K_2}{K_1 + K_2} T_2 + \frac{\sigma_m E_m^2 2\delta_m}{K_1 + K_2}.$$

Таким образом, для нахождения изменения температуры среды необходимо решить систему обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\rho_1 C_{p1} u_1 \delta_1 n_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = \frac{K_2 K_1}{K_1 + K_2} \left(T_2 - T_1 + \frac{\sigma_m E_m^2 2\delta_m}{K_2} \right) + K_{1env} (T_{env} - T_1) + \sigma_1 E_1^2 \delta_1, \quad (7)$$

$$\rho_2 C_{p2} u_2 \delta_2 n_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} \left(T_1 - T_2 + \frac{\sigma_m E_m^2 2\delta_m}{K_1} \right) + K_{2env} (T_{env} - T_2) + \sigma_2 E_2^2 \delta_2. \quad (8)$$

Для системы уравнений (7)–(8) может быть найдено общее решение с помощью отыскания корней характеристического уравнения и метода вариации произвольной постоянной [6].

В настоящей работе решение приведено для конкретной ОГС (при получении белка из молочной сыворотки). Согласно параметрам коагуляции белков молочной сыворотки $Pr_i = \mu_i C_{pi} / \lambda_i \approx 5$.

Для заданных параметров обработки в случае проточного движения среды в каналах ($n_1 = n_2 = 1$) аналитическим решением уравнений (7)–(8) являются функции:

$$T_1 = -1141.524 \exp(-0.00213x) - 12.799 \exp(-0.01123x) + 1447.322, \quad (9)$$

$$T_2 = -1137.392 \exp(-0.00213x) + 12.845 \exp(-0.01123x) + 1417.547. \quad (10)$$

В случае противотока ($n_1 = -n_2 = 1$) решением являются следующие функции при длине каналов $L = 1$ м:

$$T_1 = -310.824 \exp(0.00491x) - 843.498 \exp(-0.00488x) + 1447.322, \quad (11)$$

$$T_2 = -790.678 \exp(0.00491x) - 331.5896 \exp(-0.00488x) + 1417.547; \quad (12)$$

при длине каналов $L = 0.5$ м:

$$T_1 = -205.207 \exp(0.00491x) - 842.969 \exp(-0.00488x) + 1447.322, \quad (13)$$

$$T_2 = -792.025 \exp(0.00491x) - 331.381 \exp(-0.00488x) + 1417.547. \quad (14)$$

Изменение температуры в мембране:

$$T_m = 0.5(T_1 + T_2) + 5.98935. \quad (15)$$

Численное решение (9)-(15) дает значение температуры вдоль поверхности электродов и мембраны для прямого движения и противотока. Определяет выбор материала мембраны и длины электродов, дает информацию, способствующую исключению перегрева среды.

Литература

1. Жакин А. И. Электродинамика. УФН. 2012. Т. 182. С. 495–520.
2. Заяц Е.М. Основы электротермохимических методов обработки влажных кормов. Мн.: Ураджай, 1997. – 216 с.
3. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 366 с.
4. Кэйс В.М. Конвективный тепло- и массообмен. М.: Энергия, 1972. – 448 с.
5. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1983. – 616 с.
6. Бронштейн И.И., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1967. – 608 стр.

УДК 621.313.33

**О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЙ КОМПЛЕКСНЫХ
ЗАЩИТ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Иванов Д.М., Равинский Н.А.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

На производственных и сельскохозяйственных предприятиях наибольшее применение находят асинхронные трехфазные электродвигатели. Надёжность их работы влияет на весь технологический процесс. Даже если электроприводы спроектированы и эксплуатируются со всеми технологическими нормами и требованиями, при их работе всегда остаётся вероятность возникновения аварийных режимов или режимов, которые характеризуются ненормальной работой.

По данным, приведенным в [1], среди причин отказов электродвигателей, наибольшее их количество приходится на заклинивание ротора (29,7 %), неполнофазный режим (15,9 %), перегрузку (9,9 %), и т. д. Примерно такие же данные приведены в [2]. На животноводческих комплексах среди причин отказов электродвигателей на первое место выходят воздействия агрессивных сред (18,75 %) и низкая чувствительность защиты (18,75 %), далее следуют вибрация (15,63 %), износ подшипника (11,73 %), перегрузки (7,81 %), заклинивания рабочей машины (3,13 %), загрязнения, воздействия пыли и работа при повышенной температуре (6,25 %) и т. д. [3].

Как известно, невозможно обеспечить полную защиту электродвигателя от всех аварийных режимов и состояний путем контроля всего лишь одного параметра [4]. При этом, контроль наибольшего числа аварийных режимов могут обеспечивать такие показатели, как ток и температура [3], поэтому в основе комплексных защит электродвигателей, защищающих от нескольких аварийных состояний, лежит контроль именно этих параметров.

Наиболее простыми являются электронные комплексные защиты, которые имеют проходные датчики тока, например, устройства СиЭЗ-4А, СиЭЗ-8-25, СиЭЗ-20-80 производства НПП «БИНАР». Они позволяют защищать асинхронные двигатели по следующим параметрам аварийных режимов [5]:

- обрыв фазы;
- увеличение тока двигателя сверх номинального рабочего значения из-за электрических или технологических перегрузок;
- заторможение (заклинивание) ротора двигателя;
- короткое замыкание.

Однако, вышеприведенные устройства защиты имеют основных 3 недостатка:

- позволяют включать электродвигатель на заведомо неполнофазную сеть;

- позволяют включать электродвигатель без проверки сопротивления изоляции обмотки перед пуском;
- имеют неточную настройку номинального тока.

Всех этих недостатков лишены более надёжные, точные и чувствительные устройства токовой защиты на основе микропроцессора, наличие которого делает устройства защиты электродвигателя ещё более многофункциональным и обеспечивает сохранение в памяти параметров аварийного отключения, индикацию токов по трем или одной фазам по выбору, цифровую установку номинального (рабочего) тока защиты, индикацию вида аварии, индикацию токов аварийных режимов при срабатывании защиты, установку времятоковой характеристики защиты в зависимости от режимов работы электродвигателя и его технических характеристик, установку времени задержки контроля времятоковой характеристики защиты на время пуска электродвигателя в зависимости от режимов работы электродвигателя и его технических характеристик, цифровую установку тока защиты по минимальному току, возможность включения и отключения необходимых параметров защит, управление по релейному выходу пускателем электродвигателя, подключение внешней индикации по релейному выходу аварийной сигнализации, режим автоматической разблокировки устройства (снятие режима «Авария») по истечении заданного времени. К данному типу защит относятся устройства СиЭЗ-6, СиЭЗ-4И-1-25, СиЭЗ-1МИ-20-230, СиЭЗ-2М, СиЭЗ-ФИ-1-25 (НПП «БИНАР») [5].

Комплексные микропроцессорные устройства защиты асинхронных двигателей позволяют осуществлять защиту по следующим параметрам аварийных режимов:

- контроль наличия и чередования фаз электросети;
- обрыв фазы;
- перегрузки по току (заклинивание ротора, увеличение тока электродвигателя сверх номинального (рабочего) значения из-за электрических или технологических перегрузок);
- предпусковой контроль сопротивления изоляции;
- короткое замыкание;
- защита по минимальному току («Сухой ход», изменение нагрузки ниже минимальной);
- перегрев электродвигателя.

Как видно из вышесказанного, наибольшее предпочтение следует отдавать именно микропроцессорным устройствам, у которых предусмотрена возможность программирования параметров защиты. Данные устройства обеспечивают более широкие функциональные возможности по реализации комплексной защиты электродвигателя.

Литература

1. Курбатова Г.С. Электродвигатели для сельского хозяйства/ Г.С. Курбатова. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 64с.
2. Основные направления повышения надежности электродвигателей в сельском хозяйстве / Тр. Всес. ин-та заоч. образования. - Москва, 1977. - № 135. - С. 3-10.
3. Гурин, В.В. Автоматическая защита электрооборудования. В 2 ч. Ч.2: Защита асинхронных трехфазных электродвигателей : учебно-методическое пособие/ В.В. Гурин. – Минск: БГАТУ, 2011. – 452 с.
4. Данилов, В.Н. Повышение эксплуатационной надежности электродвигателей, используемых в сельскохозяйственном производстве, электронными средствами защиты : автореферат дисс. ... докт. техн. наук : 05.20.02/ В.Н. Данилов. – Челябинск, 1991. – 36 с.
5. Научно-производственное предприятие «Бинар». Система электронной бесконтактной защиты электродвигателя [Электронный ресурс] : / "Google": Формат файла: Microsoft Word. - Режим доступа : www.binar-bv.com/produce/1.html. - Дата доступа : 25.09.2019.

УДК 681.5

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Кобринец В.П., к.т.н., доцент, **Барашко О.Г.**, к.т.н., доцент
БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Основным продуктом калийной промышленности является хлорид калия (KCl), который используется в качестве удобрений и как составляющая сложных удобрений в сельском хозяйстве.

Промышленная переработка калийных руд выполняется преимущественно флотационным и галургическим способом.

Технология переработки сильвинитовой руды флотационным способом в условиях ОАО «Беларуськалий» включает следующие операции: измельчение, классификацию, обесшламливание, флотацию, обезвоживание продуктов обогащения, осветление оборотных потоков и сушку концентрата.

Галургический метод переработки калийных руд также содержит операцию сушки. Сушка является завершающей стадией на пути для получения товарного продукта. Высушивание проводится до остаточной влажности не более 1%, если продукт предназначен для отправки потребителю, и не более 0,5%, если он идет после сушки на грануляцию.

В калийной промышленности в основном применяются барабанные сушилки (и сушилки с псевдооживленным кипящим слоем (аппараты КС). Все эти аппараты имеют топку для сжигаемого топлива, а сушка проводится горячими продуктами сжигания. Процесс осуществляется при прямом контакте между теплоносителем и концентратом KCl. При этом наиболее эффективным по производительности по энергосбережению является процесс сушки в аппаратах КС, особенности автоматизации которого представляют практический и научный интерес.

В аппарате КС взаимодействие твердых частиц и газов происходит в псевдооживленном слое, создаваемым на газораспределительной решетке, при подаче на нее сверху влажного продукта, а снизу теплоносителя, который создает эффект псевдосжижения. Скорость газа в слое 1-2 м/с в зависимости от крупности частиц, продолжительность высушивания – несколько минут.

Основной задачей автоматического контроля и управления процессом сушки в аппарате КС является минимизация расхода топлива при получении продукта заданной конечной влажности. Основными возмущающими воздействиями являются изменение количества сырого материала или его начальной влажности, или того и другого вместе взятых. Основной выходной параметр – конечная влажность продукта.

Особенностью установок для сушки в аппарате КС является большая интенсивность процесса и большая скорость изменения параметров, которые характеризуют процесс сушки. Одной из основных задач регулирования промышленных установок КС является поддержание теплового баланса процесса путем стабилизации температуры слоя в аппарате. Этот параметр является наиболее важным показателем процесса сушки в КС, потому что однозначно определяет конечную влажность продукта.

Регулирование температуры слоя можно осуществить двумя разными способами. При первом способе стабилизируется температура и количество теплоносителя, которые определяют природную часть теплового баланса, а постоянство температуры слоя поддерживается путем регулирования количества влажности материала, подаваемого в слой. При таком способе регулирования температуры слоя между сушкой и предыдущим процессом целесообразно установить промежуточный бункер, который должен сглаживать возможные небольшие колебания нагрузки.

Второй способ регулирования температурного слоя можно использовать в том случае, если по технологическим условиям установка КС должна работать без промежуточного бункера. Стабилизация температурного слоя достигается в этом случае изменением температуры

теплоносителя. Поскольку при постоянном расходе воздуха температура теплоносителя определяется только расходом топлива, то этот способ сводится к регулированию расхода топлива в зависимости от температуры слоя.

Выбор способа регулирования температуры зависит от конкретных условий сушки и работы предыдущих ей производственных отделений.

Кроме управления температурой слоя, для нормальной работы аппарата КС необходимо также поддерживать на определенном заданном уровне сопротивление слоя, от которого зависит аэродинамический режим сушки. Сопротивление слоя может быть измерено по разности давлений среды до и после него. При этом стабилизация сопротивления слоя может быть достигнута путем изменения количества выгружаемого из слоя сухого материала при помощи изменения производительности разгрузочного устройства.

Для нормальной работы аппарата КС также необходимо обеспечить определенную скорость газа в слое, т.е. подачу определенного количества воздуха в систему путем стабилизации величины разрежения в верхней части аппарата КС.

Проведенный анализ динамических свойств установки КС показал, что по каналам связи «загрузка – температура в слое», «влажность материала – температура в слое» установка КС может быть описана апериодическими звеньями 1-го порядка. Эти динамические характеристики могут быть использованы для синтеза системы управления процессом сушки, инвариантной к указанным возмущениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьміцкі, І.Ф. Аўтаматызацыя хімічна-тэхналагічных працэсаў і вытворчасцяў. І.Ф. Кузьміцкі, В.П. Кобрынец. – Мн.: БДТУ, 2004. – 232 с.
2. Головков, Б.Ю. Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. Б.Ю. Головков, Л.А. Рейбман, Г.Т. Колмаков. – М.: Наука, 1990. – 232 с.

УДК 621.317.08

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ковалев В.А.¹, к.т.н., доцент, **Скочек И.И.¹**, **Кулаков А.Т.²**, к.т.н., доцент
¹БГАТУ, ²БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Величинами, характеризующими климатические условия в закрытых производственных помещениях (микроклимат), являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха. Сюда также можно отнести химический состав воздуха и концентрацию пыли и микроорганизмов. Микроклимат в производственных помещениях сельскохозяйственных предприятий существенным образом влияет на эффективность производства конечной продукции животноводства и птицеводства, тепличного растениеводства, оптимальность параметров среды хранения повышает сохранность выращенных плодов и овощей.

Оптимальные параметры микроклимата в том или ином животноводческом (птицеводческом) помещении определяются видом животных или птицы, их возрастом, технологией выращивания или содержания. Аналогичные технологические требования к оптимальности параметров микроклимата существуют в тепличном производстве и при хранении сельскохозяйственной продукции. Системы обеспечения микроклимата являются весьма энергоемкими – например в отрасли животноводства и птицеводства затраты энергии на микроклимат составляют до 30 % от общих затрат. Поэтому в общем комплексе задач по повышению эффективности сельскохозяйственного производства одним из важных направлений является разработка и внедрение энергоэффективного оборудования для создания микроклимата. При этом для достижения наилучшего результата необходимо обеспечить автоматическое управ-

ление этим оборудованием, что возможно только в том случае, если будет должное метрологическое обеспечение измерения и контроля параметров микроклимата.

С метрологическим обеспечением контроля таких параметров как температура и скорость движения воздуха значительных проблем нет – на рынке и в государственном реестре средств измерений Республики Беларусь имеется достаточно широкая номенклатура соответствующих измерительных преобразователей и приборов с хорошими метрологическими характеристиками [1]. Присутствуют на рынке и нормирующие преобразователи этих величин, что позволяет без проблем применять в системах автоматического контроля и управления логические контролеры.

Иная ситуация имеет место с измерением относительной влажности воздуха. За всю историю развития измерительной техники было разработано достаточно большое количество методов измерения этой величины и измерительных преобразователей на их основе [2]. Далеко не все из них широко используются в настоящее время. Преобладающее большинство всех современных измерителей относительной влажности воздуха изготавливаются с использованием емкостных чувствительных элементов (ЧЭ). Технология производства таких ЧЭ на сегодняшний день достаточно хорошо отлажена и они предлагаются многими крупными электронными компаниями по сравнительно невысокой цене. Измерительные преобразователи и приборы на их основе широко представлены на нашем рынке, многие из них включены в реестр средств измерений, и могут с успехом использоваться, в том числе на многих объектах АПК, но далеко не всех. Производители емкостных ЧЭ стараются не упоминать о таком их существенном недостатке, как дрейф выходного сигнала при длительном нахождении в среде с влажностью выше 90 %. Величина дрейфа увеличивается с ростом влажности, температуры и длительности пребывания при высокой влажности и может достигать 10 % [3]. Эта особенность емкостных сенсоров не позволяет использовать измерительные преобразователи и приборы на их основе для постоянного контроля в процессах с влажностью более 90 %. А это достаточно широкий круг задач, включающий, в том числе, контроль влажности в таких производственных помещениях сельскохозяйственного производства как плодоовощехранилища, грибные фермы, теплицы и др., где оптимальная влажность по технологическим требованиям лежит в пределах 90-98 %.

Не так давно на рынке появились специальные модели гигрометров с емкостным ЧЭ, предназначенные для длительной работы в условиях высокой влажности. В этих приборах сенсор перегревается относительно окружающей среды, в результате чего относительная влажность воздуха в точке измерения не превышает (70-85) %. Преобразователь на основе значений температуры сенсора и измеренной относительной влажности рассчитывает парциальное давление водяного пара. Отдельный измерительный преобразователь контролирует температуру воздуха. Затем на основе известных значений парциального давления и температуры рассчитывается относительная влажность воздуха. Такие гигрометры могут быть с успехом использованы на выше упомянутых объектах с высоким уровнем оптимального значения влажности, но следует учитывать, что они существенно дороже «обычных».

Более привлекательной по стоимости альтернативой при этом могли бы служить измерители на основе психрометрического метода, основанного на разнице показаний "сухого" и "увлажненного" термометров. Проведенные нами исследования показали, что они имеют вполне приемлемые метрологические характеристики [4]. К сожалению, серийно они в настоящее время не производятся.

Еще одним решением задачи длительного контроля относительной влажности воздуха, при высоких их значениях, можно рассматривать применение измерительных преобразователей на основе элемента «Polyga™» [5]. ЧЭ такого преобразователя состоит из нескольких синтетических нитей, каждая из которых в свою очередь состоит из множества отдельных волокон диаметром 3 мкм каждое. Если влага впитывается нитью, цепочки молекул изменяют свою структуру, видимый результат этого – изменение длины нитей. Потеря влаги нитями вызывает обратный эффект. Процесс расширения нитей улавливается электронной системой и конвертируется в интегрированный сигнал, преобразующийся в стандартный уни-

фицированный аналоговый сигнал 0-20 мА или 4-20 мА или 0-10 В. В качестве недостатка таких преобразователей можно отметить большую инерционность, зато они могут длительно сохранять свои нормированные метрологические характеристики при высоких уровнях влажности.

Литература

1. Государственный реестр средств измерений [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.oei.by/section/index?id=41&page1>. - Дата доступа: 12.09.2019.
2. Фарзани, Н.Г. Технологические измерения и приборы [Текст] : учеб. для студ. вузов / Н.Г. Фарзани, Л.В. Илясов, А.Ю. Азим-заде. – М.: Высш. шк., 1989. – 456 с.
3. Измерение влажности в климатических термокамерах [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.microfor.ru/htm/application/termokamers.php>. - Дата доступа: 16.09.2019.
4. Контроль параметров среды хранения плодоовощной продукции / Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 23-24 октября 2014 г. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 195-197.
5. Каталог продукции GALLTEC+MELA [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://galltec.nt-rt.ru/images/showcase/catalogr.pdf>. - Дата доступа: 17.09.2019.

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, **Гаркуша К.В.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Для увеличения энергетической эффективности систем теплоснабжения в сельскохозяйственных производственных помещениях большое значение имеет правильный выбор оборудования.

Нами разработана структурная схема современного энергетического оборудования (рис.1), которое потенциально может быть использовано для проектирования инновационных систем отопления и горячего водоснабжения производственных помещений агропромышленного комплекса.

При выборе того или иного варианта теплоснабжения необходим критический анализ затрат на выработку единицы теплоты с учетом КПД и стоимости теплового оборудования, стоимости топлива, эксплуатационных затрат и экологичности проекта.

Рассмотрим пример использования твердотопливных котлов мощностью 20 кВт, выпускаемых в Республике Беларусь и России для указанных целей. В качестве топлива для твердотопливных котлов используют уголь, торф, дрова, пеллеты, опилки, щепу и другие отходы производства (биомассы) [1-4]. Сжигание отходов деревообработки и сельскохозяйственного производства позволяет заодно решить проблему их утилизации.

Основные расчетные технико-экономические характеристики котлов приведены в табл.1, стоимостные характеристики котлов взяты по источнику [5].

Современные котлы снабжаются электронными системами управления, что делает их энергонезависимыми и надежными, хотя более дешевые конструкции котлов управляются «вручную».

Исходя из проведенных исследований, лучшими к эксплуатации в механических мастерских аграрного сектора можно принять отечественные твердотопливные котлы (RIZON M20) с видом топлива – каменный уголь. Эти котлы имеют наименьшие капитальные и эксплуатационные затраты (стоимость топлива) в течение отопительного сезона. Основные расчеты и технико-экономические характеристики выбранных твердотопливных котлов (мощностью 20 кВт) представлены в табл.2.

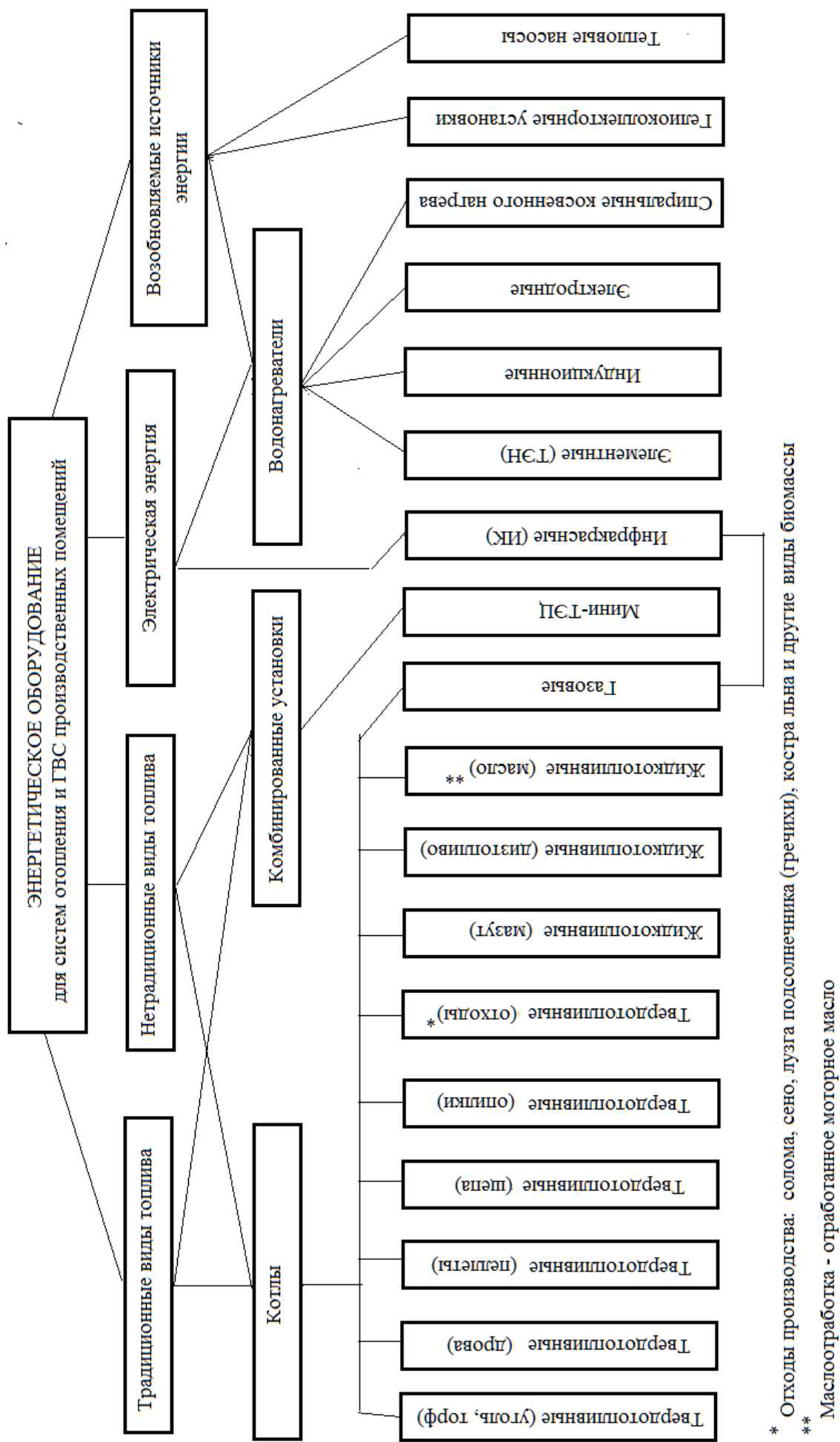


Рис. 1 – Структурная схема основного энергетического оборудования для систем отопления и ГВС производственных помещений

Таблица 1 – Техничко-экономические характеристики котлов

Основные показатели, связанные с энергетическим оборудованием для систем телоснабжения	Виды используемого в котле топлива				
	Каменный уголь	Дрова	Пеллеты	Щепа	Опилки
Средняя стоимость оборудования, руб	1548	1548	6300	2100	2390
Средняя стоимость монтажа в РБ, руб	от 345				
Номинальная теплопроизводительность, кВт	21-22	20	20-25	20-22	20-22
Средний КПД котлов, %	72-80	72-80	85-90	77-82	75-82
Минимальный расход топлива, кг/ч	4,5	7,0	2-2,5	6,5-7,1	8,6-9,5
Нормативная влажность топлива, %	12-14	15	12	35-40	40-50
Продолжительность рабочего цикла при сжигании топлива, ч	8-12	4-5	72-168	12-16	12-16

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели выбранных твердотопливных котлов

Основные показатели	Виды используемого в котле топлива	
	Основное	Дополнительное
Средняя стоимость оборудования, с учетом монтажно-наладочных работ, руб.	(1548 + 350 + 450)·1,1 = 2583	
Наименование топлива, (влажность в %)	уголь (12)	дрова (15)
Максимальный КПД котлов, %	80	80
Стоимость топлива за отопительный период, руб.	2418,6	3626,0

При расчетах принято: стоимость монтажно-наладочных работ – 350 руб., стоимость дополнительного оборудования отопительной системы котельной – 450 руб. (по прейскуранту стоимости работ ООО «Город котлов и отопления»).

Для получения данных по использованию энергетического оборудования с другими видами топлива и принципами действия необходимо провести расчеты согласно приведенному примеру.

Литература

- ГОСТ 27313-2015 Топливо твердое минеральное. Обозначение показателей качества и формулы пересчета результатов анализа для различных состояний топлива. Введ. 01.04.2017. – М.: Издательство стандартов, 2015. – 24 с.
- Конаков, С. И. Комплексное использование древесины [электронный ресурс]: метод. указания / С. И. Конаков. – Сыктывкар: СЛИ, 2010. – 56 с.
- Федоренчик, А.С. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов. / А.С. Федоренчик, А.В. Ледницкий. – Минск: БГТУ, 2010. – 446 с.
- Коротаев, Э. И. Использование древесных опилок / Э. И. Коротаев, М. И. Клименко. - Москва : Лесная промышленность, 1974. - 141 с.
- Каталог товаров: котлы твердотопливные. – Минск: 100 KOTLOV.BY, [сайт] URL: <https://100kotlov.by/kotly-tverdotoplivnye> (дата обращения 10.08.2019).

УДК 631.62

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ КАК ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Крутов А.В., к.т.н., доцент, Бойко М.А., Мацкело В.В.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Производство органически чистых продуктов питания в настоящее время становится все актуальнее. Для этого требуются более безопасные средства борьбы с болезнями растений, дезинфицирующие вещества. Такими бактерицидными и дезинфицирующими свойствами обладают электрохимически активированные растворы (католит и анолит). Они синтезируются соответственно в катодной и анодной камерах при электролизе подсолонной воды в момент ее нахождения между электродом и полупроницаемой перегородкой (диафраг-

мой). В анодной камере образуется анолит, в катодной – католит. Католит и анолит - разбавленные водные растворы хлорида натрия (поваренной соли), подвергнутые электрохимическому воздействию в диафрагменном электроактиваторе. В результате католит насыщается щелочными элементами (NaOH, OH, H₂O₂, HO₂, H₂O₂, O₂), придающими ему моющие свойства, а анолит обогащается оксидантами (HClO, Cl₂O, ClO₂, Cl, O₂, O₃, OH), придающими ему дезинфицирующую активность. Анолит, в зависимости от способа приготовления, может быть нейтральный (АНК - с pH 6,5-7) или кислый (АК - с pH 2,5-4).

В анодной камере кислотность воды увеличивается с образованием высокоактивных окислителей (хлор, озон, перекись водорода, хлорноватистая кислота и др.). В их присутствии происходит электрокаталитическое окисление органических примесей воды, а также деструкция и подавление микроорганизмов. Это говорит о том, что анолит обладает бактерицидными свойствами.

По внешнему виду анолит и католит – прозрачные жидкости. Католит без запаха. В нем образуется легкий хлопьевидный осадок. Анолит имеет запах хлора. Установка позволяет производить анолит с содержанием активного хлора от 200 до 600 мг/л. Для получения анолита с требуемой концентрацией активного хлора исходный раствор поваренной соли в 10 литрах воды должен соответствовать следующим данным:

Концентрация активного хлора в анолите, %	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Количество натрия хлорида в г на 10 л воды	20	30	40	80	90

Анолит и католит хранят отдельно в стеклянной, пластмассовой и эмалированной (без повреждения эмали) таре с крышкой, в темном месте не более двух суток с момента изготовления. Анолит нейтральный АНК, помимо свойств кислого анолита, одновременно обладает и моющими свойствами.

Опыты по обработке оборудования, сточных вод, загрязнённых бактерицидной и вирусной микрофлорой, показали положительные результаты после их обеззараживания анолитом [1]. Анолит АНК (нейтральный) предназначен для дезинфекции и мойки поверхностей помещений, тракторных прицепов и другой сельскохозяйственной техники, оборудования и средств ухода за животными, птицей, поверхностей помещений, оборудования и инструментов боен и убойных цехов; кожного покрова животных; доильного и молочного оборудования; товарных и инкубационных яиц; тары, спецодежды и транспортных средств. Анолит АН (кислый) предназначен только для дезинфекции перечисленных выше объектов. Католит предназначен для мойки перечисленных выше объектов. Перед применением анолита поверхности обрабатываемого объекта должны быть очищены от пыли, навоза и других загрязнений.

Также проводились исследования по обеззараживанию последренижного питающего раствора растений, при их выращивании в теплицах по технологии с малообъемной культурой субстрата. Цель настоящих исследований – снизить себестоимость выращиваемых в теплицах овощей, экологическую нагрузку на окружающую среду, расход энергетических, водных и минеральных ресурсов путем использования для приготовления питательных растворов, обеззараженных электрохимическим способом дренажных вод.

Способ обеззараживания анолитом заключается в следующем [2]. Для получения анолита слабый водный раствор хлорида натрия (5-7 мг/л) был обработан в диафрагменном электрохимическом реакторе. В нашем опыте концентрация активного хлора в анолите достигала 425 мг/л, показатель pH анолита, в зависимости от электрического заряда, доводился от 2,5 до 3,5. С учетом того, что поливная вода не должна содержать в своем составе более 50 мг/л хлора [3], полученный анолит разбавляли последренижным питательным раствором в пропорции 1:100. Обеззараживающее действие анолита более эффективным оказалось при больших значениях pH. Наивысшая бактерицидная активность анолита проявлялась в диапазоне pH близких к 7,0. В этом случае концентрации гипохлорит-ионов и хлорноватистой кислоты примерно одинаковы, а расход количества электричества - минимальный. Прямой

синтез хлорноватистой кислоты в анодной камере происходит по следующей схеме: $\text{OH}^- + \text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{HClO}$, а гипохлорит-анионов: $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$.

Общее микробное число (титр КОЕ) в 1 мл приготовленного по вышеизложенной методике питательного раствора было равно нулю уже при концентрации активного хлора 5 мг/л и рН анолита 6,5.

Активированное состояние воды и растворов в результате униполярной электрохимической обработки проявляется в аномальной реакционной способности католита и анолита в окислительно-восстановительных реакциях, в их каталитической, биокаталитической активности, в аномальной физико-химической активности при взаимодействиях на границе раздела фаз. При этом изменяются такие параметры раствора, как рН, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), поверхностное натяжение, диэлектрическая проницаемость, электропроводность. Известны три основных фактора, обуславливающие физико-химическую активность анолита и католита [4].

Первый из них - образование щелочей, кислот, других стабильных продуктов электрохимических реакций в католите и анолите, которые не только заменяют традиционные химические добавки, но и обеспечивают достижение лучших результатов при использовании католита и анолита вместо химических растворов. Второй - образование высокоактивных неустойчивых (метастабильных) продуктов электрохимических реакций (например, свободных радикалов), время жизни которых ограничено несколькими часами. Они значительно усиливают проявление кислотных, окислительных, щелочных и восстановительных свойств анолита и католита. Получить их в воде путем растворения химических реагентов, как правило, невозможно. Третий - возникновение и существование в течение некоторого времени диссипативных структур, сформированных в области объемного заряда у поверхности электродов, как свободных, так и в виде гидратных оболочек ионов, молекул, радикалов, атомов, что придает анолиту и католиту свойства катализатора самых различных химических реакций, в том числе биохимических. Также происходит изменение активационных энергетических барьеров между взаимодействующими компонентами.

Закключение

Электрохимически активированные водные растворы хлорида натрия могут заменить многие поступающие по импорту дезинфицирующие и бактерицидные средства, а также отдельные пестициды.

Литература

1. Крутов, А.В., Бойко, М.А. Обеззараживание сточных вод машинных дворов продуктами электрохимической активации//Перспективы и направления развития энергетики АПК. Материалы междунар. научно-технич. конф. – Мн.: БГАТУ, 2007. – 392 с.
2. Крутов, А.В., Бойко, М.А., Боровская (Мацкело), В.В. Обеззараживание дренажных вод при выращивании овощей способом малообъемной гидропоники//Агропанорама. – 2011. – №5. – С.13 – 16.
3. Веремейчик Л.А. Основы питания томатов, выращиваемых в малообъемной культуре. – Мн.: БГАТУ, 2002. – 349 с. ISBN 985-655-219-2.
4. Бахир, В.М. и др. Пути создания эффективных и безопасных антимикробных жидких средств и эволюция общественного восприятия дезинфекционных мероприятий// Дезинфекционное дело, №3, 2004. – С.22-26.

УДК 628.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОЛИВОЧНОЙ ВОДЫ

Крутов А.В., к.т.н., доцент, Бойко М.А., Мацкело В.В.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Качество воды является важным фактором, который влияет на возможность и целесообразность успешного выращивания тепличной продукции. Типичная овощная теплица требует 8000 м^3 воды на гектар в год. Химический состав поливной воды определяет ее качество и возможность применения в закрытом грунте [1].

Вода, как и любая биологическая среда, обладает определенными электромагнитными свойствами – электропроводностью, диэлектрической и магнитной проницаемостью, оптическими характеристиками. В результате воздействий на стоки электрических и электромагнитных полей происходят изменения химических, физических свойств воды, электрических зарядов находящихся в ней компонентов, что позволяет осуществлять значительную часть процессов обработки стоков электротехнологическими способами, как наиболее эффективными [2]. В их числе – электроимпульсная технология (ЭИТ) обеззараживания дренажной воды, которая позволяет обеспечить:

- безреагентную дезинфекцию воды;
- уничтожение всех видов микроорганизмов, включая вирусы и споры;
- обработку воды независимо от количества взвешенных в ней твердых частиц и примесей.

Устройство для обеззараживания воды электроимпульсным разрядным методом, должно позволять получить кратковременной (импульс около 2 мс) разряд током до 6 кА, при напряжении до 3 кВ (при промежутке между электродами до 10 мм). Один из способов – заряд высоковольтного конденсатора до требуемого напряжения и разряд через воду. Данный способ не эффективен в связи с дороговизной конденсатора требуемой емкости (около 100 мкФ) и напряжением (более 20 кВ), особой сложностью изготовления источника для зарядки конденсатора, конструктивное исполнение устройства с учётом необходимых мер безопасности, из-за того, что напряжение пробоя (1,3 - 6 кВ) в широком диапазоне проводимости жидкости и при различной длине струи всегда ниже начального напряжения заряда емкости (18 - 20 кВ).

В ходе лабораторных исследований разряда в воде было установлено, что при пропускании высокого напряжения через воду в первый момент времени (порядка 60 мкс) сопротивление воды в сотни раз больше, чем в момент самого разряда (рис. 1).

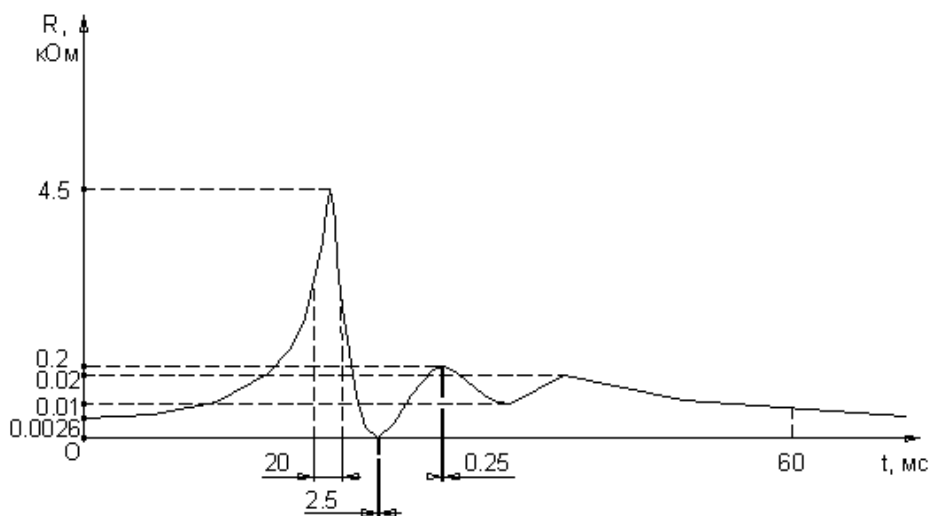


Рисунок 1 – Экспозиционный график изменения сопротивления воды

Этот фактор и обуславливает различие напряжения пробоя на конденсаторе и начального напряжения заряда. Также было установлено, что существует возможность создания разряда и при одинаковом первоначальном напряжении, подаваемом на электроды в воде и напряжении в момент разряда. Для этого требуется поддерживать напряжение на электродах более 10 мс, причём в первые 5-6 мс всей длительности импульса, из-за высокого сопротивления воды, ток, проходящий через воду в сотни раз меньше, чем в момент разряда (рис. 2).

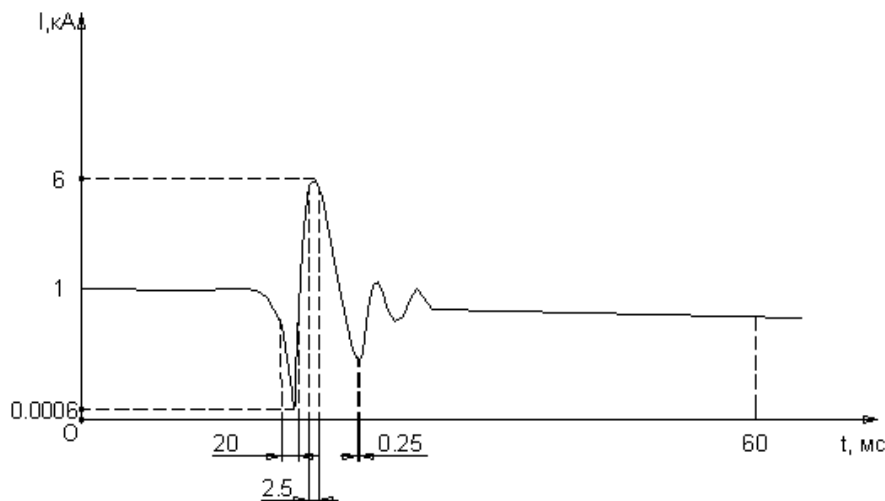


Рисунок 2 – Экспозиционный график тока

Данная особенность воды и позволила реализовать обеззараживание при более низком напряжении (до 3 кВ).

Литература

1. УниВод [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://univod.ru/proizvodstvo/selskoe-hozyajstvo/>. Дата доступа – 24.09.2019.
2. Колесников, В.А. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод [Текст] / В.А. Колесников, Н.В. Меньшутина. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 266с.

УДК 681.5

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРУДИРОВАНИЕМ ЗЕРНА

Мякинник Е.Е., Жур А.А.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Экструдирование применяется для получения качественных, легкоусвояемых кормов. При экструдировании, продукт подвергается обеззараживанию, измельчению, обезвоживанию и стабилизации. Обработка в экструдере активно влияет на молекулу белка, «раскрывает» ее, повышая усвояемость питательных веществ.

Производство кормов с помощью экструдирования позволяет повысить усвояемость и снизить потребление кормовой массы. Экструзионный процесс это переработка продуктов в экструдере путем размягчения или пластификации и придания им нужной формы путем продавливания через экструзионную головку, сечение фильер которой соответствует конфигурации изделия.

Экструдеры по производству продуктов из агросырья на основе зерновых предназначены как для технологии варочной экструзии, когда температура процесса переработки сырья превышает 100 °С, так и для получения продуктов методами теплой (40-90 °С) и холодной (до 40 °С) экструзии. Осуществлять экструдирование с давлением сжатия 10 МПа не представляет особого труда. При таком высоком давлении в экструдере возникают большие силы

сдвига, благодаря чему появляется возможность формировать необходимую структуру из белков растительного происхождения, что невозможно в условиях традиционной технологии тепловой обработки.

Таким образом, экструдеры позволяют за счет высокого давления, температуры, больших сдвиговых напряжений значительно сократить продолжительность технологических операций. При этом за счет совмещения нескольких операций сокращается продолжительность всего технологического процесса, что позволяет уменьшить трудоемкость и снизить энергопотребление.

Современное производство кормов и кормовых добавок методом экструзии сопряжено с требованием обеспечения согласованного интеллектуального управления системой различных аппаратов для очистки исходных кормовых компонентов, их дозирования, смешивания, дробления, экструдирования, охлаждения, затаривания готового продукта [1, 2]. Система управления должна не просто поддерживать заданные параметры, например температуру, производительность и др., но и корректировать их в связи с наличием тех или иных условий, осуществлять архивацию важных параметров и аварийных событий и т.д. Придание системам управления интеллектуальных свойств позволяет в максимальной мере проявить эффективность современной автоматизации, проявляющуюся в снижении расхода дорогостоящих кормов и энергии на единицу продукции.

В данной работе предложена информационная структура системы управления поточной технологической линии экструдирования кормов (рис. 1). Комплекс технических средств, реализующий данную информационную структуру, представлен на рис. 2.

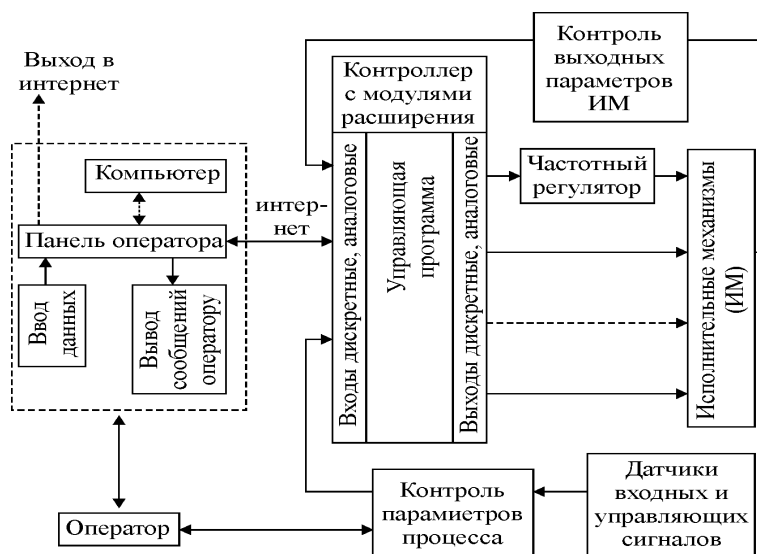


Рисунок 2 – Функциональная схема микропроцессорной системы управления линией экструдирования зерна

В качестве основы аппаратного комплекса выбран панель-контроллер 4PPC70 101G-20W с сенсорным дисплеем и набором распределенных модулей ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов X20. Разработанный комплекс технических средств управления прошел экспериментальное апробирование на линии экструдирования кормов в СПК «Лучники» Слуцкого района.

Разработанный алгоритм управления технологическим оборудованием линии экструдирования обеспечивает работу линии в двух режимах – автоматическом и ручном (наладочном), а также автоматическое оповещение оператора об аварийных ситуациях и корректную остановку технологического процесса в данном случае. При этом разработанный алгоритм управления обеспечивает автоматическую подстройку системы под различные виды используемых зерновых компонентов с различной степенью засоренности исходного сырья, а также различной влажности, плотности и т.д. без дополнительного вмешательства обслуживающего (эксплуатирующего) персонала.

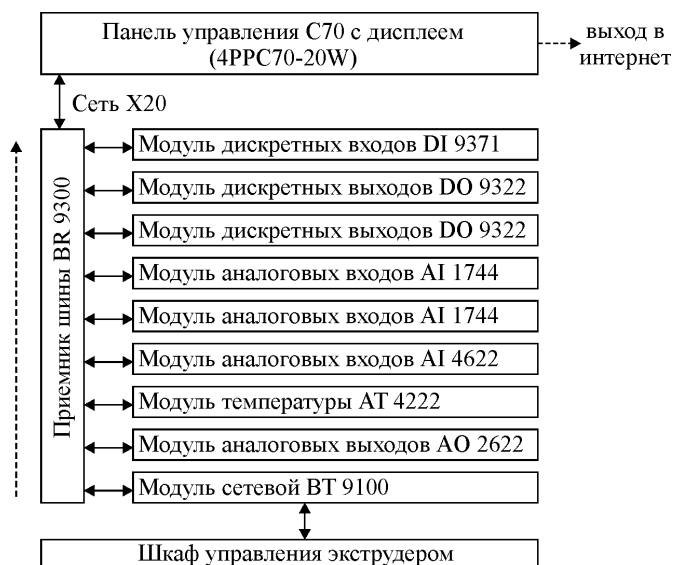


Рисунок 3 - Комплекс технических средств микропроцессорной системы управления технологическим процессом получения высокоусвояемого экструдированного корма на основе бобовых культур и зерна кукурузы

Литература

1. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами / М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин. – М. : Высш. шк., 2005. – 768 с.
2. Шингарева, Т. И. Производство сыра: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Технология хранения и переработки животного сырья» / Т.И. Шингарева, Р. И. Раманаускас. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 384 с.

УДК 631:223.2:631.371:621.311:541.135.21

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

Прищепов М.А., д.т.н., доцент, Григорьев Р.Д.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В животноводстве используется большое количество оборудования, требовательного к качеству воды. Важнейшими проблемами при этом являются избыточная концентрация солей кальция, железа и др., а также наличие бактерий, способных ухудшить качество получаемой продукции и нанести ущерб здоровью людей и животных. В этой связи, целью проводимой работы является совершенствование способа электротехнологической обработки воды, обеспечивающего дезинфекцию микроорганизмов, выделение и фильтрацию солей, имеющего более высокую, по сравнению с существующими, энергетическую, технологическую и экономическую эффективность.

Избыточная (более $0,4 \text{ мг/дм}^3$) минерализация приводит к увеличению буферной емкости воды, что влечет за собой снижение эффективности моющих и дезинфицирующих средств. В результате увеличивается выброс в окружающую среду отработанных химикатов. Плохая дезинфекция является причиной порчи продукции в процессе их производства и хранения, при этом повышается риск распространения инфекционных заболеваний. Соли кальция и железа образуют налет, который нарушает работу наиболее уязвимых частей гидравлического оборудования (вентили, клапаны, распылители, нагреватели и др.), вызывают коррозию и ухудшают внешний вид оборудования.

При поении животных важно не только очистить и продезинфицировать воду, но и придать ей определенные свойства. Известно, что на определенные виды животных благоприятное воздействие оказывает вода с рН отличным от 7. Поэтому, разработка простого и доступного способа очистки воды от солей с одновременной дезинфекцией, а также позволяющего регулировать свойства очищенной воды, является актуальной практической и научной задачей.

В основу концепции разрабатываемого способа положен принцип устранения недостатков существующих электротехнологических устройств:

- интенсивный электрохимический износ анода;
- отложение солей на катоде;
- выделение электролизных газов.

Основным устройством при реализации электротехнологического способа обработки воды является электролизер (электрохимический реактор). Реактор представляет собой блок гидравлически соединенных электролитических элементов. В электролитическом элементе применены химически стойкие материалы. Схема соединения электролитических элементов зависит от требуемых свойств воды. Как правило, в электролизерах применяется принцип проточного электролиза воды постоянным током с использованием диафрагмы или мембраны, а также бездиафрагменный или комбинированный (при необходимости регулирования свойств воды).

Исследования направлены на разработку конструкции электролизера, позволяющей устранить недостатки уже существующих электротехнологических устройств, путем использования:

1. простой, лишенной дорогостоящих мембран и диафрагм, конструкции ячейки и способа разделения потоков, позволяющей эффективно использовать воду с максимальным выходом фильтрата;
2. ячейки с низким сопротивлением, позволяющей более эффективно использовать электрическую энергию на процесс электролиза;
3. оригинальной конструкции электролизера, позволяющей эффективно утилизировать электролизные газы, которые обычно мешают процессу, и использовать их для уменьшения энергоемкости процесса, увеличения технологического эффекта обработки, а также увеличения надежности и долговечности основных элементов конструкции. Утилизация водорода, содержащего в себе значительное количество энергии, происходит в результате его разряда у анода. При этом уменьшается доля участия материала анода в электрохимических реакциях и увеличивается срок его службы. Разряд водорода имеет химический эффект, обеспечивающий искомое (в случае необходимости) смещение рН, с образованием связанных химических соединений, представляющих меньшую технологическую и экологическую опасность.

Проведенные исследования позволили определить некоторые параметры разрабатываемого оборудования и получаемой воды, приведенные в таблице 1

Таблица 1. - Параметры разрабатываемого оборудования

Наименование показателей	Значения показателей
Производительность	до 1м ³ /ч
Потребляемая мощность	1,5-2 кВт
Питающее напряжение	До 50В
Плотность тока	100 А / м ²
Расход энергии	1,5-2кВт ч/ м ³
Характеристики воды:	
– градус жесткости на входе	12 мг-экв/ дм ³
– градус жесткости на выходе	1-2 мг-экв/ дм ³
– рН	5,5 - 8,5
– свободный активный хлор	0,3 мг / дм ³

Необходимо отметить, что указанные параметры могут существенно изменяться в зависимости от исходных и требуемых свойств воды.

Совершенствуемый электротехнологический способ обеспечивает возможность эффективного сочетания и комплексного использования с другими методами обработки и очистки воды (магнитная обработка и др.).

Анализ стоимости различных способов очистки воды, которые реализуются с использованием дорогостоящих реагентов и расходных материалов, позволяет сделать вывод о том, что электротехнологический способ водоподготовки имеет экономическое преимущество (таблица 2).

Таблица 2 - Экономическая эффективность совершенствуемого способа

Способ получения воды	Приблизительная себестоимость воды \$/м ³ *
Водопроводная вода	0,4 - 2
Бутилированная вода	до 150
Вода, очищенная при помощи мембран	до 15
Вода, очищенная при помощи ионообменной технологии	0,8 - 3,5
Вода, очищенная электрохимическим способом при стоимости электроэнергии 0,03- \$/кВт ч	0,6-2,5

* - приведены усредненные показатели мировых цен на воду и электрическую энергию

Таким образом, совершенствуемый электротехнологический способ позволяет получать воду с параметрами, соответствующими стандартам на питьевую воду при наименьшей себестоимости в сравнении с традиционными способами очистки и водоподготовки. При этом обеспечивается возможность регулирования параметров получаемой воды с целью ее использования в таких технологических процессах, как поение сельскохозяйственных животных, мойка и дезинфекция оборудования, а также для бытовых целей.

Литература

1. Водоснабжение животноводческих комплексов с применением погружных электронасосных агрегатов: монография / В. С. Ивашко [и др.]; под ред. В. К. Пестиса, 2011. - 250 с.
2. Прищепов, М.А. Выбор электротехнологического оборудования для подготовки воды на животноводческой ферме / М.А. Прищепов, Р.Д. Григорьев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, (Минск, 21-23 ноября 2018 года) - Минск: БГАТУ, 2018. - С. 516-519
3. Григорьев, Р.Д. Исследование электротехнологии подготовки воды на свиноводческом комплексе / Р.Д. Григорьев // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сборник научных трудов / ГГАУ. - Гродно, 2018. - Т. 41 : Зоотехния. - С. 41-47
4. Прищепов, М.А. Электротехнология водоподготовки в энергетическом балансе фермы / М.А. Прищепов, Р.Д. Григорьев // Актуальные вопросы энергетики в АПК : матер. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Благовещенск, 27 фев. 2019 г.). – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та – Благовещенск, 2019. – С. 35-37.

УДК 631.363

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫМ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ВАЛЬЦОВЫХ ПЛЮЩИЛОК-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Прищепова Е.М., Дайнеко В.А., к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В структуре себестоимости производства мяса, молока и других продуктов животноводства, корма составляют 60 %. Однако эффективность их использования во многом зависит от подготовки их к скармливанию. Одним из способов, позволяющих полнее использовать питательные вещества зерновых кормов является их плющение при консервировании или измельчение перед скармливанием. Таким образом, разработка высокопроизводитель-

ных энергоэффективных плющилок-измельчителей зерна, обеспечивающих технологические процессы плющения и измельчения зерна, а также повышение эффективности функционирования существующих является одной из актуальнейших задач кормоприготовления.

Указанные процессы приготовления кормов сопровождаются значительными затратами энергии. Совершенно очевидно, что даже незначительное снижение энергозатрат при кормоприготовлении дает огромный народнохозяйственный эффект.

Для того, чтобы вальцовая плющилка-измельчитель выполняла технологические процессы плющения и измельчения зерна и обеспечивала высокую энергоэффективность процессов в ней необходимо использовать взаимосвязанный частотно-регулируемый асинхронный электропривод для каждого из валцов в отдельности [1,2].

При этом в работе [3] показано, что минимум удельных приведенных затрат при высокой загрузке плющилки-измельчителя будет обеспечиваться минимизацией удельных энергозатрат процессов плющения и измельчения зерна, т.е.

$$q = \frac{P}{Q} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Учитывая, что мощность потребляемая электроприводом плющилки-измельчителя P и производительность плющилки-измельчителя Q напрямую зависят от скорости валцов, то задача алгоритма управления будет сводиться к поиску скорости валцов при которой удельные энергозатраты будут минимальным.

Для технической реализации такого алгоритма управления электроприводом при плющении зерна необходимо за определенный промежуток времени определять среднеинтегральную потребляемую из сети мощность электропривода и среднеинтегральную производительность плющилки-измельчителя зерна при изменении скорости валцов. Если измерение среднеинтегральной потребляемой из сети мощности электропривода не вызывает технических сложностей, то измерение среднеинтегральной производительности вальцовой плющилки-измельчителя весьма проблематично. Это обусловлено отсутствием высокоточных серийно выпускаемых поточных расходомеров зерна, ввиду того, что на точность их измерений существенное влияние оказывают влажность, температура, плотность зернового потока и вид культуры.

Наиболее просто и с достаточной для практической реализации точностью измерение производительности плющилки-измельчителя можно осуществить путем измерения времени плющения дозированной объемной порции зерна, находящегося в вертикальной шахте загрузки плющилки-измельчителя между нижней и верхней заслонками.

Таким образом, техническая реализация способа управления возможна через нахождение такой скорости валцов, при которой дозированная объемная порция зерна будет обработана за минимальное время.

При реализации процесса измельчения зерна в балансе мощности затрачиваемой электроприводом на измельчение, необходимо дополнительно учитывать мощность, затрачиваемую на сдвиг зерновки и мощность проскальзывания валцов по зерновке при сдвиге, т.е. мощность, затрачиваемая на сдвиг зерна также должна быть определенной, она будет определяться модулем упругости и размером зерна, межвальцовым зазором и геометрическими размерами валцов, а мощность проскальзывания валцов по зерновке при сдвиге будет определяться также модулем упругости и размером зерна, межвальцовым зазором и геометрическими размерами валцов, и кроме того, соотношением разности скоростей валцов. Следовательно, регулируя соотношение разности скоростей валцов можно влиять на величину этой составляющей и соответственно на общий баланс мощности.

Таким образом, после того, как найден оптимальный скоростной режим плющения зерна необходимо увеличивать скорость на одном из валцов, до тех пор, пока будет расти ток рекуперации в шине постоянного напряжения преобразователя частоты. Если при увеличении скорости одного из валцов прекратится увеличение тока рекуперации, то это значит что начинает расти бесполезная составляющая баланса мощности и оптимальный режим измельчения зерна уже был найден ранее [4].

Для пояснения вышесказанного на рисунке 1 приведена блок-схема алгоритма управления взаимосвязанными электроприводами вальцовых плющилок-измельчителей зерна с рекуперацией электрической энергии, где в блоке 1 оговорено исходное состояние заслонок вертикальной шахты загрузки зерна.

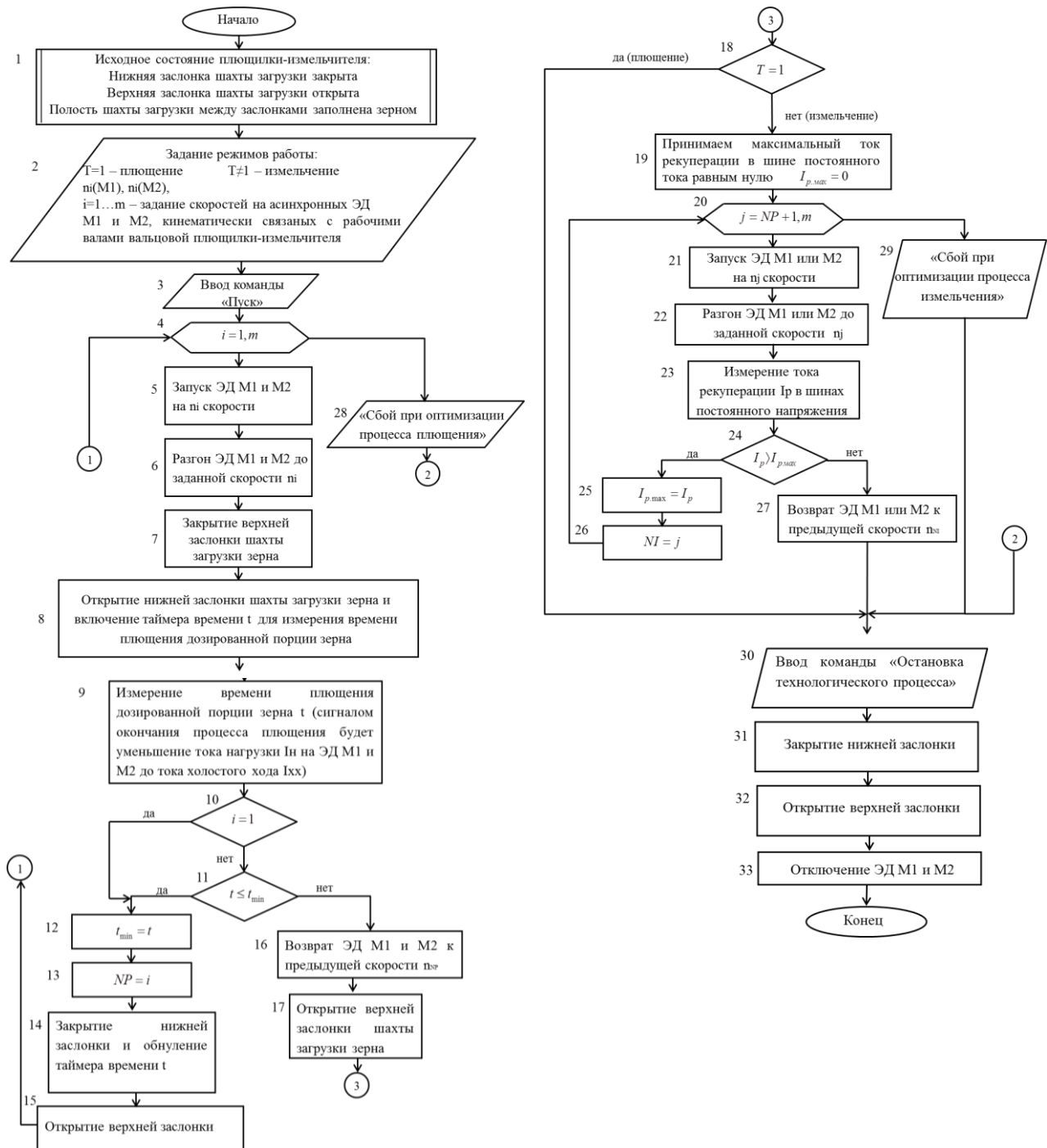


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма управления взаимосвязанными электроприводами вальцов плющилки-измельчителя зерна с рекуперацией электрической энергии

В основу алгоритма управления заложено изменение скорости валцов ступенчато (m ступеней) от меньшей к большей. В блок-схеме алгоритма скорости валцов и технологический режим работы плющилки-измельчителя задаются в блоке 2. При этом на каждой ступени производят плющение дозированной порции зерна, находящейся между верхней и нижней заслонками вертикальной загрузочной шахты, и измерение времени за которое эта порция будет отработана. Эту процедуру проводят от меньшей скорости к большей до тех пор пока не будет определена скорость, при которой плющение порции будет происходить за

минимальное время. В блок-схеме алгоритма управления электроприводом эта процедура будет реализовываться в блоках 3-17.

Если по технологическому процессу требуется режим измельчения зерна (блок 18), то далее происходит увеличение скорости одного из валцов уже от оптимальной скорости плющения. Увеличение скорости происходит до тех пор, пока будет расти ток рекуперации I_p в шине постоянного напряжения. Это процедура будет реализовываться в блок-схеме алгоритма в блоках 19-27. В блоках 28-29 будет выдаваться сообщение о том, что оптимизация скоростного режима еще не достигнута, т.е. необходимо увеличить количество ступеней скорости или дискретность между ступенями.

В блоках 30-33 заложена процедура выключения плющилки-измельчителя с возвратом верхней и нижней заслонок шахты загрузки в исходное состояние и остановкой приводных двигателе М1 и М2.

Использование предполагаемого способа управления взаимосвязанными электроприводами вальцовой плющилки-измельчителя зерна позволит минимизировать удельные энергозатраты на выполнение технологических операций плющения и измельчения зерна путем задания оптимальных скоростных режимов взаимосвязанной работы электроприводов.

Литература

1. Способ управления взаимосвязанными электроприводами с рекуперацией электрической энергии: пат. 19919 Респ. Беларусь, Н 02Р 5/74 / М.А. Прищепов, В.В. Гурин, Е.М. Прищепова, Д.М. Иванов; заявитель Белор. гос. агр. техн. ун-т – № а 20131163; заявл. 08.10.13; опубл. 28.02.16// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 1. – С. 133.
2. Устройство управления взаимосвязанными частотно-регулируемыми асинхронными электроприводами с рекуперацией электрической энергии (варианты): пат. 21618 Респ. Беларусь, Н 02Р 5/74 / М.А. Прищепов, В.В. Гурин, Е.М. Прищепова, Д.М. Иванов; заявитель Белор. гос. агр. техн. ун-т – № а 20150506; заявл. 26.10.15; опубл. 28.02.18// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 1. – С. 158.
3. Дайнеко, В.А. Обоснование целевой функции и критерия оптимизации конструктивных и технологических параметров системы электропривода вальцовых плющилок-измельчителей зерна / В.А. Дайнеко, И.И. Гургенидзе, Е.М. Прищепова // Агропанорама. - 2015. - №4. - С.30-35.
4. Способ управления взаимосвязанными электроприводами вальцовой плющилки-измельчителя зерна с рекуперацией электрической энергии: пат. 21847 Респ. Беларусь, В 02С 4/42/, Н 02Р 5/74 / Е.М. Прищепова, В.А. Дайнеко; заявитель Белор. гос. агр. техн. ун-т – № а 20150636; заявл. 16.12.15; опубл. 30.04.18 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 2. – С. 77-78.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: МИРОВОЙ ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ В БЕЛАРУСИ

Русан В.И. д.т.н., профессор
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Возобновляемая энергия признана важной составляющей энергетики в XXI веке, а ее эффективное использование является одним из направлений устойчивого энергообеспечения различных государств в мире. Генеральная Ассамблея ООН объявила 2012 год Международным годом устойчивой энергетики для всех.

В 2009 году организовано международное агентство по возобновляемой энергетике (IRENA) для координации работ в этой области.

Основное преимущество ВИЭ – неисчерпаемость и экологическая чистота. Эти качества и послужили основанием бурного развития возобновляемой энергетики за рубежом и весьма оптимистических прогнозов их развития в ближайшем будущем.

Экономический потенциал ВИЭ в мире в настоящее время оценивается в 200 млрд. т.у.т. в год, что в 2 раза превышает годовой объем добычи всех видов ископаемого топлива.

В России экономический потенциал ВИЭ оценивается в 270 млн. т.у.т., что составляет 30% от объема потребления ТЭР, и выполнены многочисленные разработки по возобновляемой энергетике для сельского хозяйства.

В США поставлена задача к 2035 году произвести 80% электрической энергии от ВИЭ.

Экспрезидент США Обама заявлял «Нация, которая будет лидером в экологически чистой энергетике, может быть лидером в глобальной экономике». В ЕС разработаны программы 20:20.20 и 30.30.30. ФРГ поставила задачу обеспечить страну энергией 70% за счет ВИЭ.

В Украине функционирует институт возобновляемой энергетике, выполняются разработки по биоэнергетике и использованию ветра, а в Молдавии решается задача по использованию ВИЭ с учетом региональных аспектов. В Армении большое внимание уделяется использованию солнечной энергии, а в Монголии изучаются возможности применения геотермальной теплоты, а также разрабатывается комбинированная система солнечного обогрева.

В 2010 г. в нашей республике принят Закон «О возобновляемых источниках энергии», обязательный для выполнения всеми учреждениями. Разработана и утверждена в 2011 г. национальная программа развития местных и возобновляемых источников энергии.

Новой концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь на период до 2020 г. предусматривается использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в нарастающих масштабах. С учетом природных, географических и метеорологических условий республики предпочтение отдается малым гидроэлектростанциям, ветроэнергетическим и биоэнергетическим установкам, установкам для сжигания отходов растениеводства и бытовых отходов, фотоэлектрическим установкам и гелиоводонагревателям, тепловым насосам.

Использование ВИЭ увеличивает долю собственных энергоресурсов государства, а замещение возобновляемыми источниками энергии углеводородного топлива относится к энергосберегающим мероприятиям.

Распределенное производство электроэнергии на основе ВИЭ имеет ряд преимуществ перед централизованным: повышается надежность электроснабжения объектов, снижаются потери в сетях и перетоки реактивной мощности, исключается необходимость реконструкции и строительство электросетевой инфраструктуры (воздушных и кабельных ЛЭП, распределительных и трансформаторных подстанций и др.).

При этом, производство электроэнергии за счет использования ВИЭ увеличивает долю электроэнергии в общем потреблении энергии, что в свою очередь является одним из основных мероприятий повышения энергоэффективности экономики. Следует отметить, что разнообразие ВИЭ способствует диверсификации использования энергоресурсов.

Это и послужило основанием для бурного развития возобновляемой энергетике за рубежом и весьма позитивных прогнозов развития возобновляемой энергетике в Беларуси.

ВИЭ могут быть использованы для целей электро- и теплоснабжения с.-х. объектов, сушки сельскохозяйственной продукции и механического привода технологических процессов с.-х. производства и др. Наиболее эффективно использование ВИЭ при комплексном их применении, в т.ч. с установками на углеводородном топливе. Проведенные исследования показали, что потенциал возобновляемой энергетике в республике велик и составляет 12-20 млн. т.у.т.

Большое значение в работе Ассоциации придается научному и информационному обеспечению инновационной деятельности.

С этой целью при Ассоциации создан научно-технический экспертный совет (НТЭС), в состав которого вошли ведущие представители академической, отраслевой и вузовской науки, известные специалисты, включая руководителей научных подразделений, докторов наук и профессоров.

В результате проведенной работы получены следующие результаты по внедрению ВИЭ – на 01.01.2018 г. суммарная установленная мощность установок по использованию ВИЭ в Республике Беларусь составила 401,2 МВт. В том числе:

–55 фотоэлектрических станций (ФЭС) мощностью 156,6 МВт Крупнейшая Речицкая ФЭС ПО «Белоруснефть» – 56 МВт;

–51 гидроэлектростанций (ГЭС) мощностью 95,3 МВт. Крупнейшие - Полоцкая (21,6 МВт) и Витебская (40 МВт) ГЭС введены в эксплуатацию в 2017 году;

96 ветроэнергетических установок (ВЭУ) мощностью 100,95 МВт. Крупнейший ветропарк (6 объединенных ВЭУ) - Новогрудский р-н (9 МВт, РУП «Гродноэнерго»);

–25 биогазовых комплексов мощностью 32,9 МВт. Крупнейший в СПК «Рассвет им. Орловского» - 4,8 МВт;

–9 мини-ТЭЦ на древесном топливе электрической мощностью порядка 15,5 МВт.

Ожидается к 2021 г. достигнуть установленной мощности 636 МВт, что позволит заместить 203,1 тыс. т.у.т.

Для дальнейшего развития возобновляемой энергетики в Республике необходимо решить ряд задач, основными из которых являются:

1. Устранение барьеров на пути развития возобновляемой энергетики.

2. Необходимо в максимально короткие сроки создать в Беларуси необходимую полноценную правовую базу.

3. Важно добиться полного и безусловного выполнения органами государственного управления и научными центрами руководящих требований документов, принятых высшим руководством Республики Беларусь.

4. Требуется реальная государственная поддержка масштабных научных разработок по тематике возобновляемой энергетики.

5. Нужна стройная система подготовки и повышения квалификации специалистов-профессионалов, способных эффективно использовать имеющийся потенциал возобновляемой энергетики.

6. Целесообразно разработать комплексную научно-техническую программу стран СНГ по развитию ВИЭ.

7. Следует обеспечить дальнейшее развитие возобновляемой энергетики на основе государственного и частного партнерства.

Решение изложенных проблем позволит повысить энергетическую безопасность и энергоэффективность экономики страны, уменьшить зависимость Республики от импортируемого топлива, а также будет способствовать успешному выполнению основных параметров социально-экономического развития Республики Беларусь.

УДК 631.171

ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗА РАБОТОЙ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Якубовская Е.С., Полищук Е.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В соответствии с нормами проектирования для котлов на газообразном и жидком топливе обязательно предусматривается система автоматики безопасности, которая должна отвечать требованиям надежности, прекращать контролируемый производственный процесс при возникновении аварийных режимов либо автоматически устранять ненормальные режимы. Принцип действия динамической системы автоматической защиты заключается в преобразовании выходной величины объекта защиты в сигнал, сравнение с предельно допустимым и, в случае превышения, прекращение подачи энергии к объекту [1, с.336]. Однако в данном случае важным является и обеспечение сигнализации о параметре, который вызвал аварийный или ненормальный режим.

Для котла ТКН-ЕV06 параметрами, подлежащими контролю являются: повышение давления пара в барабане котла (на рис. 1 позиция 1); понижение давления воздуха (на рис. 1

позиция 2); понижение давления газа (на рис. 1 позиция 3); уменьшение разрежения в топке (на рис. 1 позиция 4); повышение или понижение уровня в барабане котла (на рис. 1 позиция 5); погасание факела в топке (на рис. 1 позиция 6). Пуск котла осуществляется переключателем (на рис. 1 обозначен а), при обеспечении предварительного залива в котел воды и нормальных показаний давлений воздуха, пара, разрежения в топке. При этом подается сигнал на открытие клапанов запальников и включение запального устройства. При благополучном загорании пламени, что требуется просигнализировать, должна быть открыта подача газа (вручную), которая удерживается электромагнитным клапаном-отсекателем, и с выдержкой времени отключаются клапаны запальников и запальное устройство. Если по каким-то причинам загорания пламени не произошло в течение определенного времени, следует включить аварийную сигнализацию и обесточить устройства зажигания. При нарушении таких параметров, как давление пара, воздуха и газа, подача топлива должна прекращаться. При нарушении остальных параметров должна обеспечиваться сигнализация и лишь с выдержкой времени прекращаться подача топлива, если не произошло восстановление параметра.

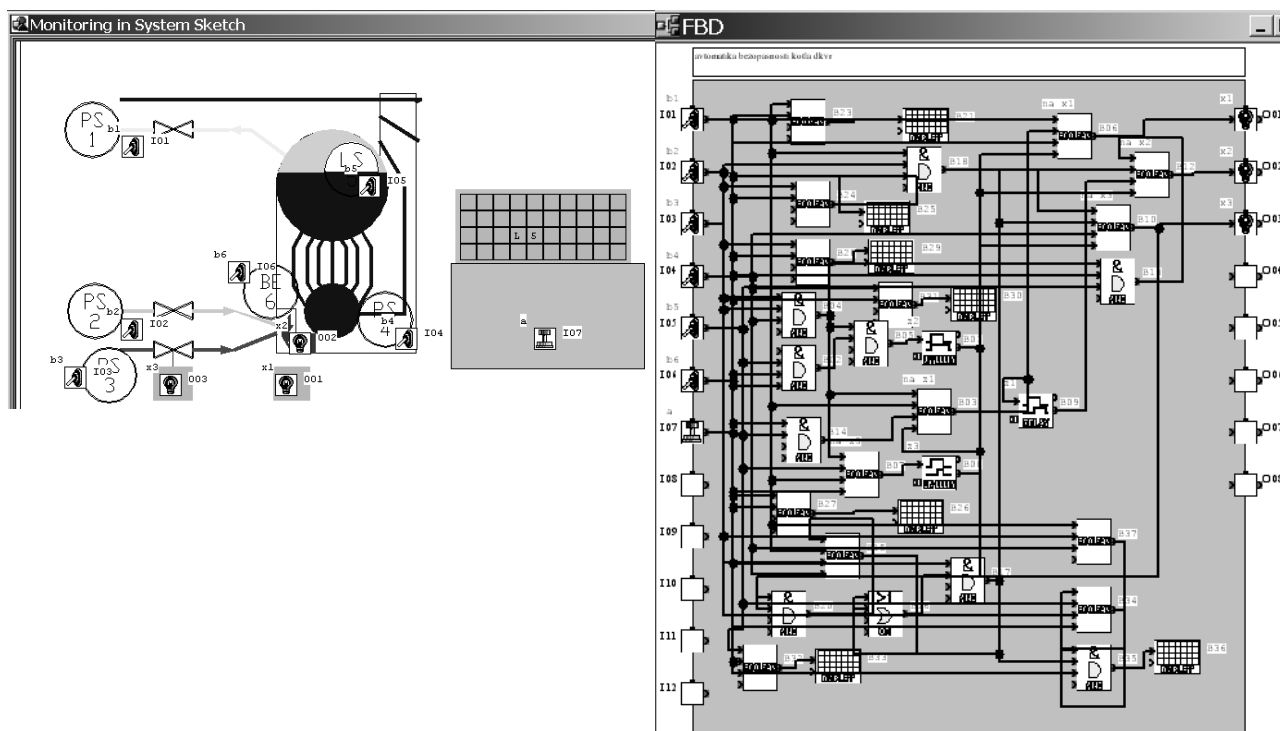


Рисунок 1 – Реализация системы автоматики безопасности котла на базе контроллера AL2-14MR-D

Реализовать световую, звуковую сигнализацию и сообщение о нарушении при достаточной надежности по сравнению с традиционными схемами позволит использование микропроцессорного устройства управления, хотя и потребует специфических датчиков контроля параметров. Наиболее простыми в программировании, надежными и недорогими по сравнению с другими являются контроллеры Mitsubishi α -серии. Выбранный AL2-14MR-D, на входы которого подаются сигналы от датчиков технологических параметров, а к выходу подключены исполнительные механизмы, с успехом позволяет реализовать задачи автоматики безопасности котла. На рисунке 1 приведена программа автоматики безопасности на языке функциональных блок-диаграмм. Помимо управления исполнительными механизмами в программе обеспечивается выдача на жидкокристаллический дисплей информации о нарушении параметров с выделением аварийного и ненормального режима работы.

Лучшей по функциональным возможностям является микропроцессорная система, которая при наличии модуля GSM-сигнала обеспечит не только отображение информации на дисплее контроллера, но передачу ее также на экран компьютера, стоящего удаленно. Кроме

того, ряд контроллеров, например Siemens, позволяют организовать контроль через глобальную сеть интернета.

Реализация системы автоматики безопасности котла на базе микропроцессорного устройства управления позволяет обеспечить более удобное отображение информации о ходе технологического процесса и надежность работы установки при достаточной простоте программирования.

Литература

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : Новое знание, М.: ИНФРА-м, 2015. — 376 с.

УДК 631.171

**ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТВОРОГОИЗГОТОВЛЕНИЯ
НА МИКРОПРОЦЕССОРНОМ УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ**

Якубовская Е.С., Гарновский В.Ю.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Качество производства молочной продукции определяется в первую очередь точностью поддержания технологических параметров. В процессе творогоизготовления такими параметрами являются температура пастеризации молока, температура молока в танке для сквашивания, доза закваски и уровни по всем технологическим емкостям. Задача системы автоматического управления (САУ) контроль этих параметров и точное регулирование температуры молока в нескольких точках линии, дозы закваски, а также управление оборудованием линии по остальным параметрам. При этом реализация такой САУ на базе микропроцессорного устройства управления требует программной установки параметров настройки в контурах регулирования, а для этого требуется провести моделирование процесса регулирования температуры в процессе творогоизготовления.

В состав линии творогоизготовления входит следующее оборудование: танк хранения молока, молочные насосы, пастеризатор, танк для сквашивания молока, сам творогоизготовитель и система трубопроводов с регулируемыми клапанами. Обеспечивается поточная работа линии. С помощью насосов молоко из танка хранения поступает в первую секцию пастеризатора, где должно нагреваться до температуры 37-40 °С, оттуда поступает в сепаратор-молокоочиститель и далее во вторую секцию пастеризатора, где нагревается до температуры 75-76 °С. Если температура молока выше 75 °С, то оно поступает в танк для сквашивания через перепускной клапан, иначе поступает назад в уравнильный бак для дальнейшего повторного поступления в пастеризатор. В танке каждые 20 минут с продолжительностью в одну минуту срабатывает мешалка и подается закваска. При выдержке в танке молока до 35 °С частично сквашенное молоко мембранным насосом подается творогоизготовитель, в котором поддерживается требуемый уровень продукта вентилем, оборудованным исполнительным механизмом.

Наиболее сильно влияет на процесс сквашивания молока, и следовательно, выход творога, качество пастеризации молока, которое определяется точностью поддержания температуры пастеризации. Температура пастеризации молока обеспечивается двумя контурами регулирования [1, с. 223]. Контур управления рециркуляцией недопастеризованного молока обеспечивает перепуск недопастеризованного молока обратно в уравнильный бак. Контур управления температурой пастеризации обеспечивает поддержание температуры горячей воды для пастеризации с помощью клапана подачи пара. Таким образом, во втором контуре следует организовать непрерывное регулирование клапаном подачи пара по определенному закону плавного регулирования с помощью микропроцессорной системы управления на базе контроллера.

Контур автоматического поддержания температуры пастеризации (рисунок 1) составляют сам объект регулирования – пастеризатор – представляет собой апериодическое звено 1-го порядка с запаздыванием и в модели представлен двумя звеньями, датчик температуры – также апериодическое звено 1-го порядка, регулятор, представленный тремя звеньями – пропорциональным, интегральным и дифференциальным, регулирующего органа – клапана подачи пара, на который подается плавно изменяемый сигнал напряжения.

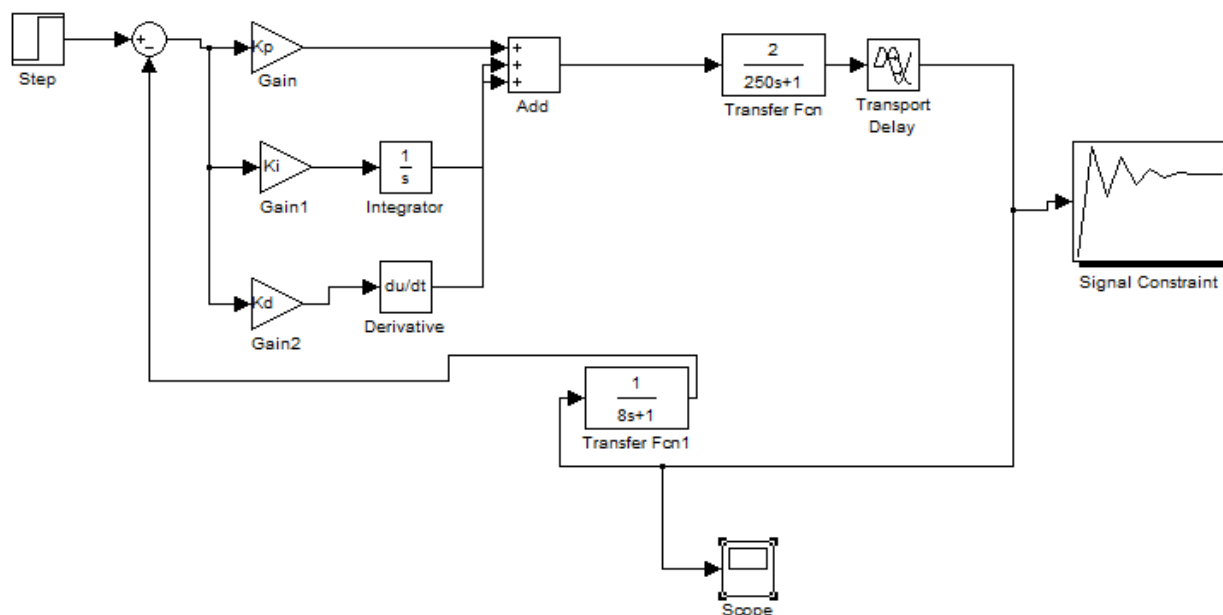


Рисунок 1 - Структурная алгоритмическая схема САР

Промоделировать процесс поддержания температуры в системе MATLAB позволяет блок Signal Constraint. В качестве критерия оптимальности выбираем апериодический переходной процесс с параметрами: перерегулирование – не более 20%, отсутствие статической ошибки и минимальное время регулирования. При использовании Симплекс метода как метода оптимизации, заикливание матрицы оптимизации обеспечивается при настроечных параметрах: $K_d=154.86$; $K_i=0.0438$; $K_p=16.45$. Время регулирования 38 с, перерегулирование – 10% (что меньше 20%). Т.е. данные параметры обеспечили наилучшие характеристики переходного процесса в контуре регулирования.

Таким образом, добиться точности поддержания параметров в процессе пастеризации молока при изготовлении творога позволит микропроцессорная система управления, которая по сигналу датчиков обеспечит точное поддержании температуры пастеризации молока, а по сигналам других датчиков линии обеспечит в целом управление оборудованием линии творогоизготовления.

Литература

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск: Новое знание ; М.: ИНФРА-М, 2015. – 376 с.

УДК 535.37 + 004.942

**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
С УЧАСТИЕМ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ
ВНУТРИСФЕРНОГО ЛИГАНДНОГО ОБМЕНА В ЕВРОПИЕВОМ КОМПЛЕКСЕ****Арабей С.М.**, д.ф.-м.н., доцент, **Станишевский И.В.**, к.ф.-м.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии находят все более широкое применение, поскольку используют возобновляемые источники энергии и являются «экологически чистыми». В настоящее время основной проблемой кремниевых солнечных элементов является увеличение их КПД и срока службы. Одним из путей повышения квантовой эффективности солнечных элементов является трансформация солнечного УФ излучения в видимую область спектра, где фотovoltaическая ячейка имеет более высокую чувствительность. Для этих целей широко используются координационные соединения, как активные компоненты композитных супрамолекулярных фотопреобразующих материалов [1]. Среди них самыми эффективными излучателями в красной области спектра являются комплексные соединения трехвалентного иона европия. В настоящей работе представлены результаты исследования спектрально-кинетических особенностей фотолюминесценции европиевого комплекса, внедренного в органический полимер.

Для изучения кинетических особенностей люминесценции европиевого комплекса использован метод характеристики метастабильных электронных состояний органических молекул описанный в работах [2, 3], который основан на анализе кинетики уменьшения и восстановления интенсивности их флуоресценции, возбуждаемой амплитудно-модулированным квазистационарным лазером. В дополнение к симуляции динамики наблюдаемых фотопроецессов в [4] реализована итерационная аппроксимация сложного немонотонного профиля кинетики люминесценции. Важной особенностью метода является возможность обнаружения и количественного описания всех фотопроецессов, протекающих в субмиллисекундном и более длительном диапазоне времен.

В данной работе разработанные методы изучения кинетики фотопроецессов использованы для получения информации о внутрикомплексных константах скоростей и скоростях лигандного обмена в четырехлигандном комплексе европий (III)-три(дибензоилметан)-трифенилфосфиноксид ($\text{Eu}(\text{ДБМ})_3 \cdot \text{ТФФО}$).

На рисунке 1 изображена кинетика люминесценции $\text{Eu}(\text{ДБМ})_3 \cdot \text{ТФФО}$ при двухступенчатом лазерном возбуждении, которая имеет сложный немонотонный профиль и заметно отличается от профиля лазерного импульса. Путем численных расчётов населённостей энергетических уровней в модели двух взаимосвязанных комплексов трехвалентного иона европия выполнена аппроксимация кинетической кривой. Максимальное соответствие между экспериментальными и симулированными кривыми было получено с помощью итерационной аппроксимации, выполненной с привлечением алгоритма Нелдера-Мида. Расчёты позволили также получить численные значения констант скоростей и параметров модели. Такой подход для анализа кинетики был применен, по-видимому, впервые, и позволил, несмотря на значительно возросший объем расчетов, количественно обосновать интерпретацию полученных данных. Численные значения констант скоростей и параметров модели позволили сделать вывод о том, что в $\text{Eu}(\text{ДБМ})_3 \cdot \text{ТФФО}$ имеет место изменение лигандного состава в основном и возбужденном состояниях [5]. Весомым доводом в пользу описанного механизма превращений служит тот факт, что при температуре 77К интенсивность люминесценции полностью повторяет профиль лазерного импульса фотовозбуждения. Очевидно, что при низкой температуре отсутствует лабильность молекул воды и лигандный состав комплекса остается неизменным.

Изменение лигандного состава является видом гидратной изомерии, в которой имеет место перераспределение молекул воды между внутренней и внешней координационной сферами при фотовозбуждении. Результаты исследований показали, что в возбужденном 5D_0 -

состоянии комплекса происходит быстрый отрыв молекул воды от иона европия, что увеличивает квантовый выход люминесценции, и медленный процесс их обратного присоединения в основном 7F_2 -состоянии.

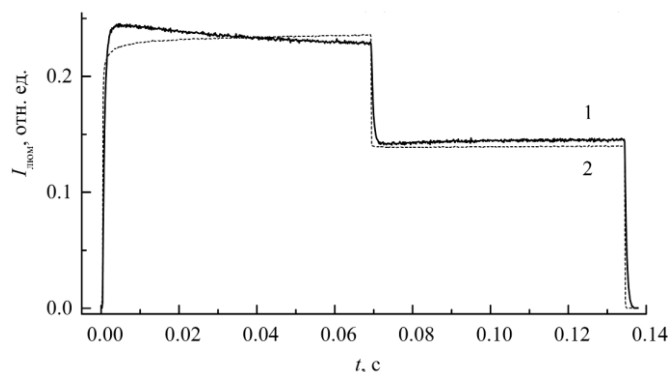


Рисунок 1 – Кинетика люминесценции $\text{Eu}(\text{ДБМ})_3\text{ТФФО}$ в поликристалле при 298 К ($\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм, $\lambda_{\text{рег}} = 618$ нм) (1). Профиль лазерного импульса фотовозбуждения (2).

Важно отметить, что координационные соединения на основе редкоземельных элементов играют не только важную роль при производстве «солнечной» электроэнергии, но и являются перспективными компонентами при разработке высокоэффективных электролюминесцентных светодиодов.

Литература

1. Konagai, M. Present Status and Future Prospects of Silicon Thin-Film Solar Cells / M.Konagai // Japanese Journal of Applied Physics – 2011. – Vol.50. – 030001/ DOI: 10.1143/JAP.50.030001.
2. Влияние нижнего триплетного состояния на кинетику уменьшения и восстановления интенсивности флуоресценции фотостойких органических флуорофоров /И.В. Станишевский [и др.] // Журн. прикл. спектр. – 2013. – Т.80, № 3. – С.368–372.
3. Характеризация T_1 -состояния молекул порфиринов на основе численного моделирования кинетики уменьшения и возрастания интенсивности флуоресценции /И.В. Станишевский [и др.] // Опт. спектроск. – 2016. – Т.121, №5. – С.770–777.
4. И.В. Станишевский // Квантовая электроника: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф., редкол.: М.М. Кугейко (отв. ред.) [и др.]. – Минск : РИВШ, 2017. – С. 42–43.
5. Исследование изменения лигандного состава хелата Eu^{3+} методами двухступенчатого лазерного возбуждения люминесценции и компьютерного моделирования кинетики / И.В. Станишевский [и др.] // Опт. спектроск. – 2019. – Т. 126, № 2. – С.134–141.

УДК 621.313

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК

Татарчук О.С.¹, Кулаковский Д.А.², Денисевич В.Ю.²

¹СООО «Евроавтоматика ФиФ», г. Лида, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В повседневной жизни мы часто сталкиваемся со случаями отключения электрической энергии, пониженным или повышенным напряжением в сети, асимметрии напряжения, нарушением чередования фаз и прочими аварийными ситуациями. Это влечет за собой выход из строя промышленного и бытового электрооборудования.

Для повышения надежности электроснабжения объектов применяются блоки АВР. Блок АВР обеспечивает непрерывное питание и защиту потребителей в трёхфазной или однофазной сетях переменного тока.

Блок АВР контролирует параметры сети на 2-х вводах. При выходе параметров рабочей сети (основной ввод) за установленные пределы, Блок АВР переключит нагрузку на резервный ввод. Если задать основной ввод как приоритетный, то при восстановлении параметров сети Ввода 1, Блок АВР отключит резервный ввод и включит основной. Если параметры сети

Секция 2: Энерготехнологии и автоматизация технологических процессов АПК

на 2-х вводах не соответствуют заданным, Блок АВР отключит нагрузку до восстановления параметров сети одного из вводов.

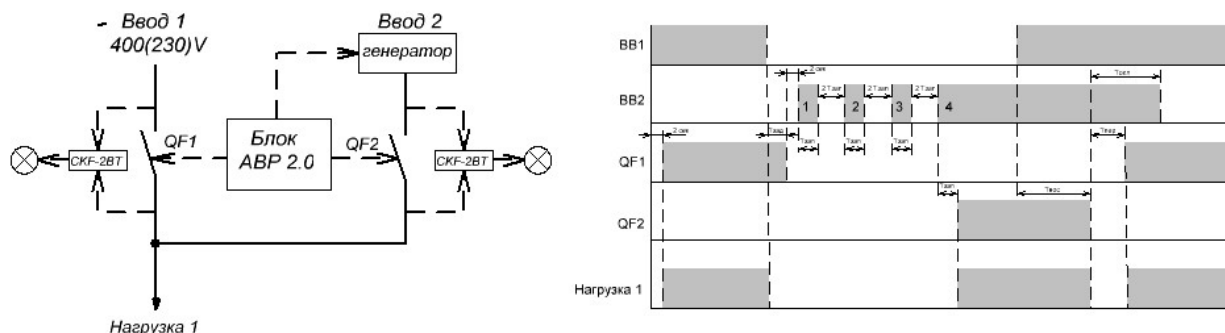


Рисунок 1 - Блок АВР 2.0 с диаграммой работы.

В качестве резервного источника питания (резервный ввод) может выступать генераторная установка (ГУ) с возможностью автоматического пуска внешним управляющим сигналом. При выходе напряжения рабочей сети за установленные пределы, Блок АВР отключает нагрузку от основного ввода и формирует сигнал для запуска генератора. После запуска генератора, прогрева, при условии соответствия параметров напряжения генератора заданным, Блок АВР подключит нагрузку к ГУ. После восстановления основного ввода, Блок АВР переключит нагрузку на него и через время, необходимое для охлаждения, отключит генератор. Предусмотрена возможность повторного пуска ГУ (3 раза). В случае не запуска ГУ Блок АВР формирует сигнал «Авария генератора».

На рисунке 2 Нагрузка разделена на 2 группы исполнительным устройством QF3. При соответствии параметров рабочей сети заданным, Нагрузка 1 и Нагрузка 2 подключены к Вводу 1, осуществляется подзарядка аккумуляторной батареи ИБП (по необходимости). Питание приоритетной Нагрузки 2 на время оперативных переключений и пуска генератора обеспечивается применением ИБП с двойным преобразованием. Питание Нагрузки 1 на время оперативных переключений и пуска генератора отсутствует. Таким образом осуществляется снижение мощности ИБП, что приводит к существенному уменьшению его стоимости.

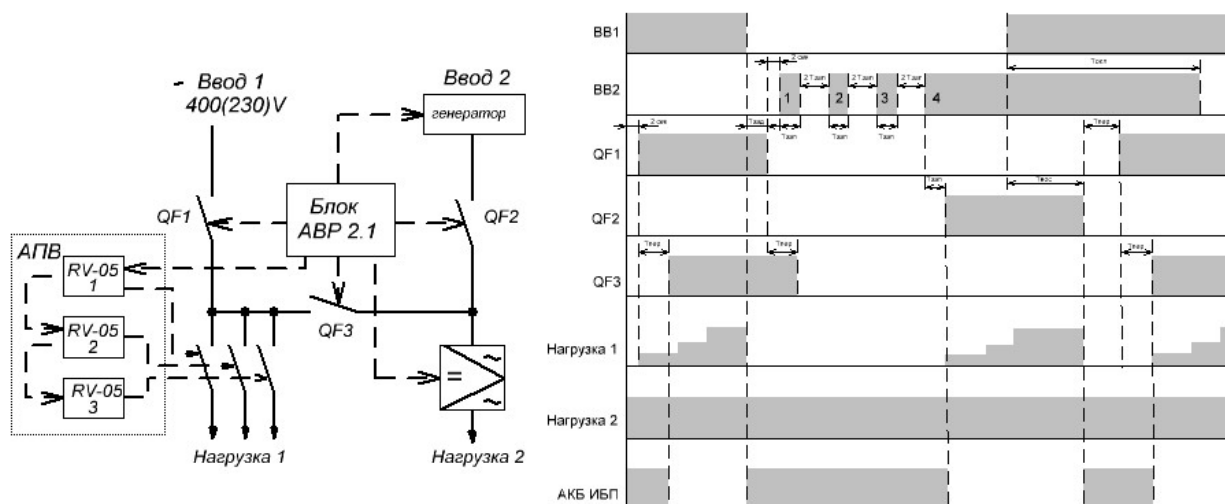


Рисунок 2 - Блок АВР 2.1. Диаграмма работы.

Для уменьшения пусковых токов и включения оборудования в заданной последовательности может использоваться система автоматического повторного включения АПВ (устройства RV-05). При восстановлении напряжения питания начинается отсчёт времени

включения АПВ, по окончании которого осуществляется последовательное подключение нагрузки к питающей сети.

Контроль состояния контактов исполнительных механизмов QF1, QF2, QF3 осуществляется устройствами СКФ-2ВТ. Устройство измеряет фазное напряжение на входе и выходе исполнительного механизма. Если разность напряжений между входными и выходными клеммами превышает установленное значение от 0,8 В до 20 В, нагрузка отключается, формируется сигнал «Авария». Включение нагрузки возможно только после отключения питания и устранения неисправности.

В случае, когда от трехфазного ввода запитана однофазная нагрузка можно использовать переключатели фаз (PF) по схеме 3х3. Трехфазная нагрузка в данном случае подключается до PF. Применение переключателей фаз обеспечит уменьшение количества пусков генератора и циклов заряд-разряд АКБ ИБП, тем самым снижая эксплуатационные расходы и увеличивая срок службы оборудования.

Применение GSM-модуля SIMply MAX позволит посредством передачи SMS сообщений осуществлять уведомления потребителя о режимах работы Блока АБП (пуске/аварии генератора, состоянии исполнительных механизмов QF (включен/отключен и т.д.), а также дистанционное управление генератором, исполнительными механизмами и т.д.

В случае, когда необходимо контролировать большое количество объектов, параметров, Блоки АБП можно интегрировать в систему удаленного мониторинга, регистрации и управления «MeternetPRO» (рисунок 3). Программная оболочка устанавливается на сервер MT-CPU-1 который является устройством локальной сети и выполняет функции веб-сервера.

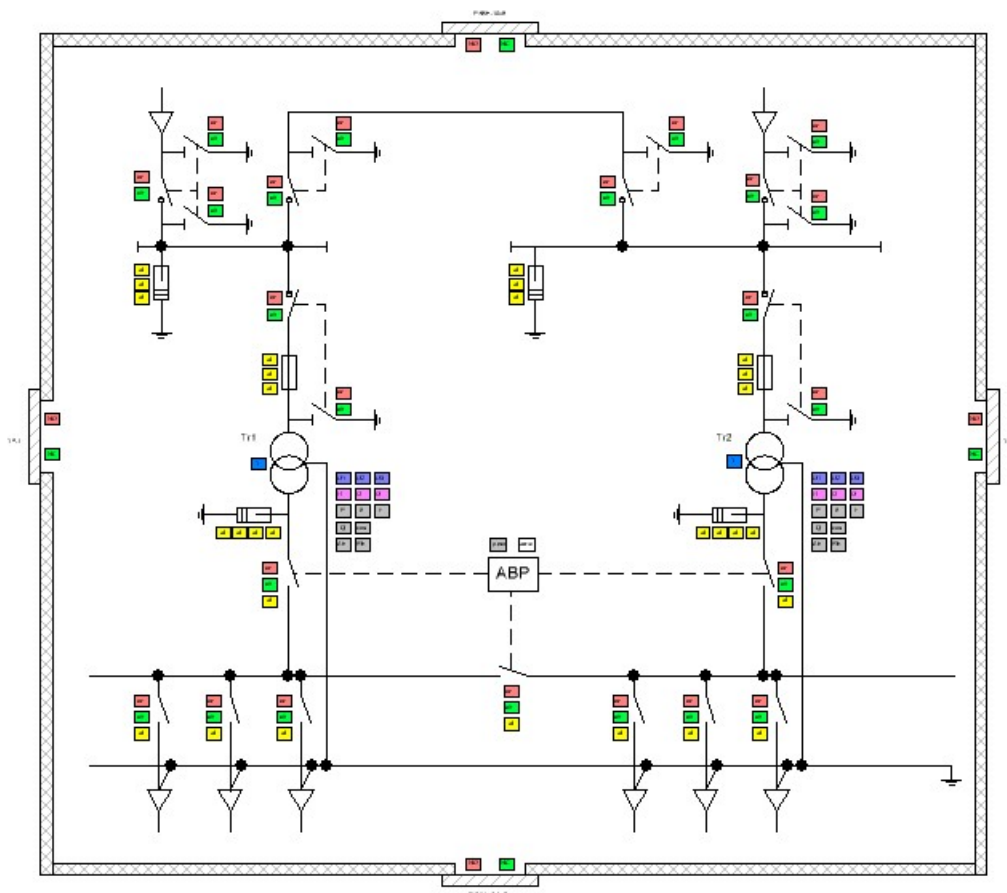


Рисунок 3 - Схема контроля параметров 2-х трансформаторной ТП

Обмен данными между устройствами осуществляется в стандартных сетях RS-485, М-bus или локальной компьютерной сети LAN в соответствии с протоколами Modbus RTU и М-bus. Пользовательский интерфейс программного обеспечения является WEB-приложением.

Литература:

1. Альбом схем АВР, изд. СООО Евроавтоматика ФиФ, г.Лида, РБ, 2016г.
2. Каталог электротехнической продукции 2019г., изд. СООО Евроавтоматика ФиФ, г.Лида, РБ, 2019г.

УДК 621.316.99

**СНИЖЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ
ПРИМЕНЕНИЕМ ОБРАБОТКИ ГРУНТА НЕАГРЕССИВНЫМИ К МАТЕРИАЛУ
ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ВЛАЖНОСТЬ ДОБАВКАМИ**

Барайшук С.М., к.ф.-м.н., доцент, Павлович И.А.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При проектировании и монтаже заземляющих устройств в грунтах, имеющих высокое удельное сопротивление, для снижения сопротивления заземления нормативные документы [1] рекомендуют использовать ряд технических решений, одним из которых является применение искусственной обработки грунта неагрессивными к материалу заземлителя компонентами с целью снижения его удельного сопротивления.

С этой целью используют различные виды околоэлектродных заполнителей, которые предназначены. Кроме того, для повышения эффективности заземлителя и снижения переходного электрического сопротивления электрод – грунт сегодня стараются увеличить площадь токоотдачи вокруг электрода. Наиболее распространенными базовыми материалами для околоэлектродных заполнителей являются: засыпка из минеральных солей, глины, а также угольная засыпка или коксовая мелочь и другие и другие материалы соответствующие [2]. Известные минеральные активаторы грунта производящиеся на территории ТС [3], представляющие собой смесь искусственного графита, бетонита, модифицированную галогенидным активатором и ПАВ. Имеют ряд недостатков, основной из которых высокая стоимость и применимость только в регионах с достаточно высокой и стабильной влажностью грунта. Кроме того ранее проведенные исследования в этой области показывают необходимость пересмотра рекомендуемых диаметров заземлителей для электроустановок, располагаемых в грунтах, а так же указывают на необходимость учета увеличения сезонных коэффициентов при расчете контуров заземления [4].

При использовании электролитов можно достигнуть относительно большого снижения удельного сопротивления, однако это длится сравнительно небольшое время (около 2 - 4 лет), после чего требуется повторная обработка околоэлектродного пространства. Делались попытки устранить эти недостатки. Так в Германии был разработан метод, при котором в землю вокруг электрода добавляются металлы в измельченном виде (коллоидные растворы, мелкая металлическая стружка). Однако этот метод имеет свои недостатки: коллоиды так же не устойчивы в почве, они вымываются дождевой водой и, кроме того имеются вопросы экологической безопасности.

Однако, наиболее перспективным методом является использование электропроводящего состава неагрессивного к материалу заземлителя стабилизирующего влажность [5-6] непосредственно в околоэлектродном пространстве. В таком случае обеспечивается как уменьшение температуры замерзания несвязанной влаги в грунте за счет ее связывания, так и уменьшения сопротивления грунта, за счет формирования связанных электролитических растворов. Чистый гидрогель эффективен при снижении очень высоких сопротивлений заземлений (порядка 400-600 Ом) и малоэффективен при величинах сопротивлений порядка 100 Ом, в таком случае он может давать сколь либо заметный эффект только в сочетании с углеродосодержащими порошками. На основе нормативных документов и мирового опыта на кафедре практической подготовки студентов БГАТУ проводятся исследования таких смесей и их отдельных компонентов, которые показали, что введение таких смесей способно

уменьшить удельное сопротивление грунта и сопротивление растеканию заземляющего устройства от 24,7 до 70,5%, в зависимости объема введения смеси.

Для проведения исследований были смонтированы несколько заземляющих устройств: Контрольный контур заземления, представляющий собой вертикальный составной электрод из оцинкованной стали диаметром 16 мм длиной 3 м и горизонтальный фрагмент соединительной полосы 4x50мм так же длиной 3 м, без добавления каких либо добавок. Экспериментальный контура имеют аналогичную конструкцию, но в околоэлектродном объеме грунта проведена обработка смесями или отдельными веществами, для оптимизации заземления. Измерение сопротивления заземляющих устройств проводились при помощи измерителя ИС-10, трехпроводным методом, годовой график изменения сопротивления контрольного контура и контура выполненного с применением смеси на основе гидролизованного полиакрилонитрила приведен на рисунке 1.

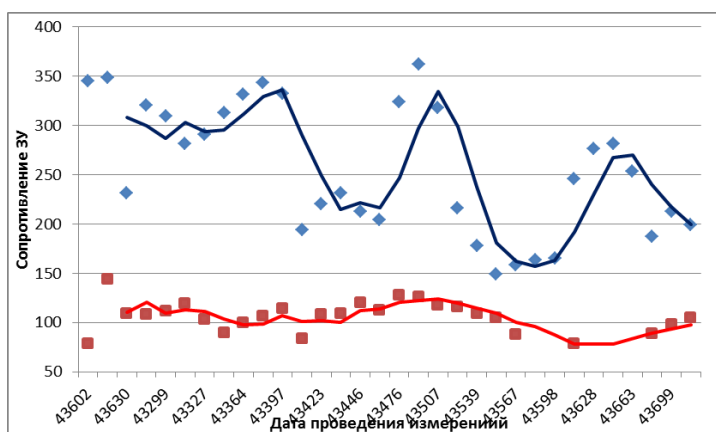


Рисунок 1 - Годовой график сопротивления контрольного (верхняя кривая) и экспериментального (нижняя кривая) контуров

Исследования показали, влияние на снижение сопротивления можно разделить на 2 фактора, Уменьшение коэффициента сезонности и уменьшение удельного сопротивления грунта в околоэлектродном пространстве.

При исследовании влияния смеси на коэффициент сезонности установлено, что при засыпке смесью 30% длинны электродов коэффициент сезонности снижается на 7,6%, 60% – 15,7%; 100 – 18,3. А в случае, если при забивании вертикальных электродов смесью обработано и их околоэлектродное пространство вокруг горизонтальных электродов по всей длине коэффициент сезонности снижается на 23,3% по сравнению с контрольными значениями для необработанного контура.

Соответственно от 7,2 до 47,3% составляет вклад уменьшения удельного сопротивления грунта. Полученные данные подтверждаются опытной эксплуатацией смеси для нормализации заземлений проведенной Ляховичской станционной группой электросвязи. После обработки 30% длинны элементов контура смесью сопротивление контура - 4,5 Ом, через 48 часов после обработки сопротивление контура - 4,2 Ом. Через 40 суток сопротивление контура - 5 Ом. Состояние грунта - сухой. Отсутствие все это время в местах размещения контура осадков позволяет оценить вклад как коэффициента сезонности порядка 14,5 % и вклад уменьшения удельного сопротивления 9,1%, что согласуется с результатами ранее проведенных исследований.

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что применение смесей на основе гидролизованного полиакрилонитрила позволяет снизить как коэффициент сезонности до 23% так и общее сопротивление контура заземления. Применение таких позволит уменьшить затраты на монтаж заземляющих устройств уменьшением количества заземлителей, и размеров территории, на которой они располагаются.

Литература

1. ТКП 339-2011(02230) Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний. – Введ. 23.08.2011. – Минск : Министерство энергетики республики Беларусь, 2011. – 593с.
2. ГОСТ Р МЭК 62561-7-2016 Компоненты системы молниезащиты. Часть 7. Требования к смесям, нормализующим заземление. – Введ. 01.01.2018. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 12с.
3. Грибанов А.Н. Бипрон — заземление электроустановок //Экспозиция Нефть Газ,– 2016 .– №4 .– с. 72-75.
4. IEEE Std 142 -2007 IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. – Approved 7 June 2007. 225 p..
5. Shi L., Yang N., Zhang H., Chen L., Tao L., Wei Y., Liu H., Luo Y. A novel poly(glutamic acid)/silk-sericinhydrogel for wound dressing: Synthesis, characterization and biological evaluation. *Materials Science and Engineering C*. 2009; 48 (1): 533–540.
6. Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т. Исследование кинетики набухания синтезированных гидрогелей на основе гидролизованного полиакрилонитрила // *Universum: Химия и биология* : электрон. научн. журн. 2018. № 3(45).

УДК 631.362.36:533.9

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН КАТЕГОРИИ ЭКСТРА

Городецкая Е.А., к.т.н., доцент, Городецкий Ю.К., Качалко А.С.,

Сыч А.Д., Роговой А., Кучук Е., Минзер П.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Результаты многолетних научных исследований и производственных испытаний показывают, что для повышения качества (чистоты фракций, всхожести, энергии прорастания) семян могут быть с успехом использованы физические факторы, и, в первую очередь, электрические и магнитные поля. Электротехнология, как современное направление в производстве, основанное на непосредственном воздействии электромагнитного поля на обрабатываемый материал, находит все большее применение в сельском хозяйстве.

Новизна нашей работы заключается в разработке и обосновании теоретических и практических основ и решении научной проблемы улучшения посевных качеств семян при использовании сепарации и стимуляции в электрическом поле, базирующиеся на селективности зарядки и поляризации семян, проведении частичной модернизации рабочего органа и оптимизации некоторых режимов работы диэлектрического сепаратора. Благодаря избирательному воздействию неоднородных электрических полей на сепарируемые частицы отбираются наиболее биологически ценные семена, обеспечивающие большую продуктивность растений. Основанные на этом принципе устройства можно использовать для очистки, сортирования и калибровки семян всего размерного диапазона и любой культуры, в том числе твердокаменных и труднопрорастаемых, сосновой щепы (по смолистости), чая, продуктов помола зерна (размолотые частицы зародыша, эндосперма и оболочки (наличие эндосперма влечет быстрое прогоркание муки)), орехов целых и дробленых и мн. др. продуктов.

Необходимо отметить, что механизм воздействия электрического поля на сельскохозяйственные материалы следует рассматривать на молекулярном уровне, обращая особенное внимание на процессы, происходящие в мембране растительной клетки. При этом следует выявлять действующие факторы, которые оказывают наибольшее влияние на состояние мембраны клетки. Функционирование и развитие сельскохозяйственного производства должно базироваться на совершенствовании имеющихся и создании новых электротехнологий, техниче-

ских средств, обеспечивающих повышение эффективности производства продукции. Применение этих методов резко ускоряет течение процессов, повышает производительность труда, снижает потребность в производственных площадях. Повышается качество продукции, а также улучшаются санитарно–гигиенические условия труда и экологическая составляющая растениеводческой отрасли. Специфическим преимуществом указанных методов перед традиционными методами рассевов является возможность достаточно равномерного распределения подводимой энергии по всему объему обрабатываемого материала и, что особенно важно, за достаточно короткие промежутки времени. Анализ результатов наших исследований [1-3] показывает: режимы электросепарирования обеспечивают повышение всхожести и энергии прорастания в сравнении с контролем. Хорошо прослеживается зависимость улучшения агрономических качеств семян с ростом напряжения на обмотке. Задача определения оптимального напряжения при электросепарации и одновременном стимулировании для семян каждой культуры решается комплексно: максимумы эффектов могут не совпадать.

Экспериментами подтверждено: электросепарация наряду с более качественным разделением семенного вороха на фракции и выделением лучших семян обеспечивает стимулирующее воздействие на семена. Электрическое поле бифилярной обмотки активирует биологические процессы, в результате которых семена имеют значительно более высокую всхожесть и энергию прорастания в сравнении с необработанными [3].

Электромагнитная обработка семян растений в сравнении с целым рядом других методов обработки не сопряжена с трудоемкими и дорогостоящими операциями, не оказывает вредного воздействия на обслуживающий персонал (как, например, химическая, магнитная или радионуклидная обработка) или использование пестицидов, не дает при обработке летальных для посевного материала доз, является весьма технологичным и легко автоматизируемым процессом, воздействие легко и точно дозируется, является экологически чистым видом обработки, легко стыкуется с применяемыми в настоящее время агроприемами. Немаловажным является то, что растения, выросшие из обработанных семян, не имеют в дальнейшем патологических изменений и индуцированных мутаций, первые листья остаются здоровыми, что значительно повышает презентабельность растений (цветов, пряно-ароматической и лекарственной срезки). Воздействие электромагнитного поля увеличивает количество продуктивных стеблей, количество колосьев, среднюю длину растений и колоса, увеличивает количество зёрен в колосе, массу зерна. Всё это - прибавка урожайности на 10-15 и более %, тонны готовой продукции.

Настоящие исследования выполняются в соответствии с Договорами с БРФФИ (2011-2020 гг.)

Литература

1. Отчет заключительный о НИР «Изучение физиолого-биохимических свойств и агрономических качеств мелкосемянных культур в условиях диэлектрической сепарации» согласно договору с БРФФИ № Б14– 017 от 23.05.2014 г.
2. Отчет заключительный по НИР «Изучить закономерности развития семян некоторых хвойных пород Беларуси (*Picea abies* (L.) и *Pinus sylvestris*) после их диэлектрической сепарации», согласно договору с БРФФИ № Б16-016 от 20.05.2016.
3. Отчет промежуточный за 5 этап «Изучить морфофизиологические особенности прорастающих семян *Apiaceae* после их предпосевной интегрированной электрофизической обработки», согласно договору с БРФФИ № Б18-016 от 30.05.2018 г.

БИОГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**Горустович Т.Г.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время биогазовые технологии являются одним из перспективных направлений возобновляемой энергетики и обеспечивающих решение энергетических и экологических задач. Биогаз представляет собой смесь метана и углекислого газа, незначительного количества аммиака, водорода, сероводорода и других веществ в зависимости от исходного биосырья и технологии. Биогазовые технологии получили широкое распространение в Европе, США, Китае и других странах. В Германии насчитывается около 10846, в Швейцарии – 638, Чехии – 554, Великобритании – 523, Швеции – 282, Польше – 277, Бельгии – 204, Норвегии – 123. По данным Европейской биогазовой ассоциации в ЕС насчитывалось 17276 биогазовых установок и за год они производят количество биогаза, за счёт которого, можно выработать 60,6 ТВтч электроэнергии. Мировое производство биогаза к 2022 году составит 407 ТВтч в пересчете на тепловую энергию по исследованиям Pike Reseach. По данным Департамента по энергоэффективности государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, в стране функционирует 18 биогазовых установок общей установленной электрической мощностью более 26 МВт (таблица 1).

Таблица 1 – Биогазовые установки на территории Республики Беларусь

Наименование	Эл. мощн., МВт
СЗАО "ТелДаФаксЭкотехМН", г.Минск (свалочный газ)	3,446
ИООО "ВиреоЭнерджи", г.Орша (свалочный газ)	0,171
ИООО "ВиреоЭнерджи", г.Витебск (свалочный газ)	1,163
ИООО "ВиреоЭнерджи", г.Гомель (свалочный газ)	1,063
СЗАО "ТДФЭкотех-Северный", г.Минск (свалочный газ)	5,6
ИООО "ВиреоЭнерджи", г.Новополцк (свалочный газ)	0,635
Вилейский ф-л ОАО "Молодеченский молочный комбинат" (отходы пр-ва)	0,32
ОАО "СГЦ"Западный", Брестский район (животноводч. отходы)	0,54
ОАО"Гомельская птицефабрика", Гомельский район (животноводч. ходы)	0,33
КСУП "Племптице завод "Белорусский", г.Заславль (животноводч. отходы)	0,33
СЗАО "ТДФЭкотех-Снов", Несвижский район (животноводч. отходы)	2
СЗАО "ТДФЭкотех-Снов", Несвижский район (животноводч. отходы)	0,835
СПК "Рассвет" им. К.П. Орловского, Кировский р-н (животноводч. ходы)	4,8
Ф-л агрофирма "Лебедево" РУП "Минскэнерго", (животноводч. отходы)	0,5
ОАО "Беларуськалий", Солигорский район (животноводч. отходы)	0,34
РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства", "Зазерье"	0,25
СЗАО "ТДФЭкотех-Лань", Несвижский район (животноводч. отходы)	1,4
КПУП "Брестский мусороперерабатывающий завод" (ТБО, сточные воды)	3,15
Суммарная электрическая мощность	26,873

На данный момент введена в эксплуатацию самая мощная в Беларуси и вторая по мощности в Европе биогазовая установка в СПК «Рассвет» Могилевской области. Её мощность составляет 4,8 Мвт, мощность же самого крупного биогазового комплекса в Пенкуне (Германия) составляет 20 МВт.

Сельское хозяйство Беларуси ежегодно дает 30 млн. кубометров стоков, которые необходимо утилизировать. По данным заведующего кафедрой энергоэффективных технологий МГЭУ им. А.Д. Сахарова В. Пашинского, биогазовый потенциал Беларуси составляет 4 млрд. кубометров биогаза – это около 800 МВт электрической мощности. Использование энергипотенциала отходов сельскохозяйственного производства Беларуси позволило бы обеспечить экономию 3,87 млн т у.т. в год. Если говорить о выращивании в Беларуси биомассы для энергетических целей, то для этого хорошо подходят природно-климатические условия Гомельской области. Здесь самый продолжительный в стране вегетационный период (191—209 дней), достаточное годовое количество осадков (550—650мм), а также имеется около 300 тыс. га свободных залежных земель. В биоэнергетике можно использовать так же невоостре-

бованную биомассу (солому, ботву и др.). Необходимо отметить, что при строительстве у комплекса мощностью 1 МВт удельные капитальные вложения на 1 кВт установленной мощности около 3000 евро, в то время как у комплекса мощностью 250 кВт – 4500 евро. В последние несколько лет государство определило квоты на строительство биогазовых комплексов. По результатам последнего распределения квот на 2018-2020 годы было выделено 2,72 МВт мощности для создания биогазовых комплексов.

Биогазовые энергетические комплексы повышают энергобезопасность страны благодаря решению задач: 1. указанные энергоисточники обладают высоким коэффициентом полезного действия и малым удельным расходом топлива на единицу вырабатываемой энергии, что позволит снизить удельный расход топлива на единицу получаемого энергоресурса; 2. такие источники обеспечивают взаиморезервирование с централизованной системой энергоснабжения, что повышает надежность энергоснабжения; 3. снижается эмиссия парниковых газов (метана, двуокиси углерода), что позволит республике стать участником рынка продаж квот парниковых газов

Внедрение биогазовых установок уже на сегодняшний день дало положительный экологический эффект. Так в Минской и Брестской областях удалось избежать засорения рек отходами. Биогазовые установки являются современным и экологически безопасным источником энергии. А Беларусь обладает хорошим потенциалом для развития биогазовых технологий и наравне с западноевропейскими странами, пригодна для их развития и эксплуатации. Но для повышения их эффективного использования необходимо уже на стадии разработки проекта размещения установки и выбора мощности уделять внимание оценке потенциала биосырья как на текущий момент, так и на перспективу, то есть в непосредственной близости от источника сырья с минимальным использованием транспортных средств. А так же при выборе конструкции биогазового реактора обеспечить его хорошую теплоизоляцию. Осуществлять оптимальный температурный режим и подбор составов субстратов, которые обеспечивают оптимальное брожение и увеличение выхода биогаза. Рассмотреть возможности более эффективного использования вырабатываемой тепловой энергии как на процесс сушки или отопление. Выполняя все необходимые условия можно минимизировать влияние отрицательных и максимизировать влияние положительных аспектов использования биогазовых установок.

Литература

1. Величко В.В., Кундас С.П. Эффективность и проблемы использования биогазовых технологий //Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века: материалы 16-й международн. науч. Конф., 19-20 мая 2016 года, г.Минск, Республика Беларусь / под. Ред. С.А. Маскевича, С.С. Позняка, Н.А. Лысухо. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2016. – 266с.
2. Завтрашний день биогазовых технологий. [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://belagromech.by>. – Дата доступа: 25.09.2019.
3. Энергодиспетчер. Оперативная работа в электроэнергетике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://operby.com>. – Дата доступа: 25.09.2019.
4. Энергоэффективность.// Ежемесячный научно-практический журнал. – 2017 – №7. – С.10-25.

УДК: 637.03

СПОСОБ ХОЛОДНОЙ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА

Демидков С.В., к.т.н., доцент, **Коротгинский В.А.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

С целью увеличения сроков хранения молока, а также его очистки от болезнетворных микроорганизмов используются традиционные термические методы обработки. Наиболее распространенным способом обработки цельного молока в настоящее время является тепловая обработка (нагрев, охлаждение) в процессе производства молочных продуктов [1]. Одна-

ко, общим недостатком традиционных методов является снижение содержания полезных веществ в молоке и высокие энергозатраты.

Постановка задачи. Как известно, в неоднородной среде, помещенной во внешнее электрическое поле, на границах неоднородностей возникают поперечные силы, действующие вдоль направления вектора напряженности электрического поля [1]. С целью уничтожения микроорганизмов путем их механического разрушения предлагается воздействовать на молоко электростатическим полем.

Анализ силового воздействия электростатического поля. При определении напряжений внутри микроорганизма примем схему распределения электрического поля вокруг и внутри микроорганизма, показанную на рис.1. и воспользуемся выражением механического напряжения, возникающего на границе сред с разной диэлектрической проницаемостью в электрическом поле [2]:

$$\sigma_n = D^2 \cdot (1/\epsilon^{(e)} - 1/\epsilon^{(i)})/2, \quad (1)$$

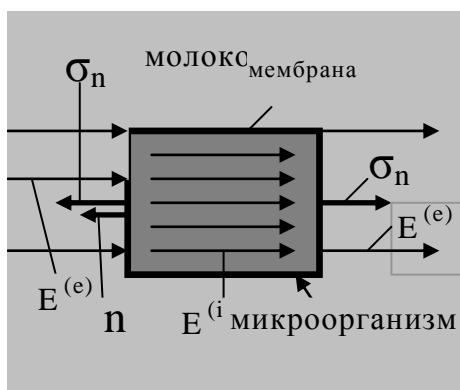


Рисунок 1 - Схема распределения электростатического поля вокруг и внутри микроорганизма

где σ_n - тензор механических напряжений на границе микроорганизма, $\epsilon^{(e)}$ - относительная диэлектрическая проницаемость среды вне бактерии, $\epsilon^{(i)}$ - относительная диэлектрическая проницаемость микроорганизма, ϵ_0 - диэлектрическая постоянная, D - величина вектора электрического поля ($D = \epsilon_0 \epsilon^{(i)} E^{(i)} = \epsilon_0 \epsilon^{(e)} E^{(e)}$).

В [1] показано, что электростатическое поле на границе сред с разной диэлектрической проницаемостью создает механическое напряжение, направленное нормально к поверхности раздела сред.

Оценка параметров механических напряжений, создаваемых электростатическим полем на поверхности мембраны микроорганизма.

Считаем, что $\epsilon^{(i)} \in [1, \infty]$. Тогда $\sigma_n \approx \frac{\epsilon_0 \epsilon^{(e)}}{2} E_x^{(e)2}$. Поскольку $\epsilon^{(e)} = 3$ [2], а величина напряженности электростатического поля, требуемого для разрыва микроорганизма, составляет от 10^3 кВ/м до 10^4 кВ/м (при этом $\sigma^{(i)} \in [10, 10^3]$ н/м²).

В [1] экспериментальным путем было показано, что при воздействии переменного электрического поля с напряженностью $E^{(e)} \approx 3 \cdot 10^3$ кВ/м происходит пастеризация молока. Этот факт подтверждает работоспособность предложенной в данной статье теоретической модели.

Реализация механизма пастеризации молока электростатическим полем. Схема устройства для холодной пастеризации молока показана на рис.2.

Одна из возможных конструкций устройства для холодной пастеризации молока представляет собой набор спеченных металлических шариков, подключенных к одному из электродов источника постоянного напряжения.

Молоко пропускают через заданный объем фильтра. При этом сама молочная среда соединена электрически с другим электродом источника напряжения. Вследствие наличия проводимости у молока и изолированности его от металлических шариков электрический потенциал в любой точке объема молока одина-

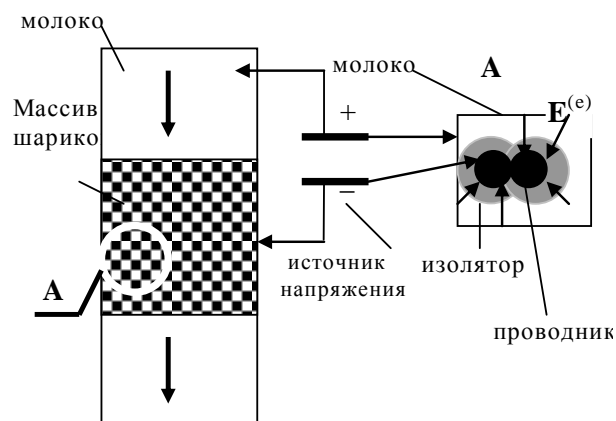


Рисунок 2 - Схема устройства для холодной пастеризации молока

ков. Следовательно, прохождение молока через фильтр будет осуществляться в условиях воздействия на него статического электрического поля $E^{(э)} \approx U/\Delta$, где U - напряжение источника, а Δ - толщина оксидной пленки. Следовательно, на частицы молока, находящиеся вблизи поверхности шариков, будет действовать механическое напряжение, определяемое соотношением (1), в результате чего будет осуществляться механическое разрушение микроорганизмов, содержащихся в молоке.

Заключение

1. Предложен способ электростатического воздействия на молоко с целью его обеззараживания и консервации, исключаяющий фактор термического воздействия и требующий минимума энергозатрат.
2. Предложена принципиальная схема устройства для холодной пастеризации молока.

Литература

1. Ганжа, В.Л. Энергосберегающая электроимпульсная технология пастеризации жидкотекучих пищевых продуктов/ В.Л. Ганжа, Г.М. Васильев, В.А. Васецкий.- Минск: ИТМО им. А.В.Лыкова НАНБ, 2003, 27с.
2. Ландау, Л.Д. Электродинамика сплошных сред/ Л.Д. Ландау, Е. М.Лифшиц -М: Наука, 1982, 661с.

УДК 635.21.077: 621.365

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОДОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРА БЕЛКОВ КАРТОФЕЛЬНОГО СОКА

Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, **Кардашов П.В.**, к.т.н., доцент, **Корко В.С.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Материал электродов должен обеспечивать надежный токоподвод к обрабатываемой массе, обладать высокой стойкостью к воздействию среды, отсутствием или безвредностью продуктов электролитического разложения. Критерием выбора послужили эрозионной стойкости и стоимость материала.

Задача исследования состояла в установлении зависимости скорости и характера эрозии материала электродов, работающих в картофельном соке, от плотности тока на них.

Исследовали электроды из стали марки Ст.3, 12Х18Н9Т и графита ГЭ в диапазоне плотности тока 440...1020 А/м². Образцы электродов размером 20×10×2 мм, изготовленных из листового материала, перед испытанием зачищали наждачной бумагой марки М16 и обезжиривали в ацетоне /1/. Небольшие размеры образцов обусловлены необходимостью создания равномерной плотности тока на их поверхности.

Экспериментальная установка включала ячейку прямоугольной формы со сменными электродами, автотрансформатор, амперметр, вольтметр и потенциометр, с подключенной к нему термопарой для контроля за температурой.

Продолжительность испытания составляла 12 часов при температуре 50 °С. Через каждые 3 часа образцы изымали, очищали от коагулята и продуктов эрозии в горячей воде с последующей обработкой в 10% растворе NaOH, просушивали и взвешивали на весах с точностью до 10⁻³ г. Высокая точность при взвешивании вызвана небольшой массой образцов и времени испытаний.

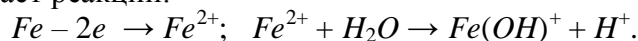
Величину эрозии определяли по убыли массы [1]:

$$v = (m_0 - m_1)/(s\tau),$$

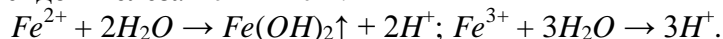
где v – скорость эрозии, г/(м²·ч); m_0 – первоначальная масса образца, г; m_1 – масса образца после удаления продуктов коррозии, г; s – поверхность образца до испытания, м²; τ – время испытания, ч.

Результаты исследований показали, что скорость эрозии сталей Ст.3 и 12Х18Н9 линейно возрастает с увеличением плотности тока. Визуальными наблюдениями установлено, что разрушение поверхности металла происходит равномерно, без видимых трещин и питтингов. Образцы из Ст.3 приобретают гладкую поверхность, чистота которой увеличивается с возрастанием плотности тока. При 440 А/м² эрозия нержавеющей стали в 2,5...3 раза меньше, чем Ст.3, поверхность образца рыхлая. Рост плотности тока приводит к резкому увеличению скорости эрозии, образец приобретает гладкую поверхность.

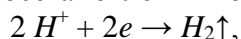
Использование в качестве анода углеродистых сталей (Ст.3) при электрообработке картофельного сока вызывает реакции:



При дальнейшем окислении Fe^{2+} до Fe^{3+} возможно образование и выпадение плохо растворимых гидроксидов железа Fe^{2+} и Fe^{3+} :



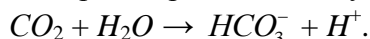
Кроме того, протекает процесс восстановления ионов H^+ :



что приводит к более быстрому росту рН в катодной и падению в анодной областях, образованию гидроксидов двух- и трехвалентного железа, выпадающего в осадок.

Использование в качестве анода нержавеющей стали (12Х18Н9Т) ведет к окислению железа и ионов OH^- . Поэтому предпочтительнее использование анода из графита.

Эрозия катода отличается от эрозии анода. Катод из Ст.3 подвержен разрушению как и анод, но со значительно меньшей скоростью (5...15 г/(м²·ч)). Масса катода из нержавеющей стали 12Х18Н9Т остается неизменной. Однако, при плотности тока выше 730 А/м² он темнеет. Графитовый катод увеличивает свой вес, что можно объяснить его высокой пористостью и насыщением пор продуктами электрохимической реакции. Поэтому при применении этого материала в качестве катода возникают следующие явления /1/: Окисление в порах воды, содержащейся в соке, и образование CO_2 , что вызывает механическое и химическое разрушение электрода, уменьшение рН за счет растворения в воде углекислого газа:



Коррозионную стойкость оценивали по методике, согласно которой металл относят к той или иной группе устойчивости в зависимости от скорости разрушения. Расчет скорости эрозии при годовом фонде рабочего времени установки 3600 часов и максимально допустимой плотности тока приведен в таблице 1, которая показывает, что наименьшая стоимость потерь материала соответствует графиту ГЭ.

Таблица 1 – Обоснование материала электродов

Марка материала электрода	Скорость эрозии, г/(м ² ·с)	Потери материала, кг/(м ² ·год)	Относительная стоимость материала*	Относительная стоимость потерь материала, год ⁻¹
Ст.3	0,276	10,65	1,00	10,65
12Х18Н9Т	0,176	7,62	7,27	55,40
ГЭ	0,052	1,63	2,73	4,59

* относительная стоимость Ст.3 принята равной 1.

С учетом вышеизложенного, можно сделать вывод, что наилучшее сочетание материалов электродов при электрокоагуляции белков картофельного сока – анод, выполненный из графита, в частности, графит марки ГЭ, а катод нержавеющей сталь (12Х18Н9Т).

Литература

1. Маттсон Э. Электрохимическая коррозия. – М.: Металлургия, 1991.

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Забелло Е.П., д.т.н., профессор, Мисюк И.В.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Проблема качества электроэнергии (КЭ) и более общая проблема обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) в системах электроснабжения (СЭС) относятся к важнейшим в современной электроэнергетике. От их решения во многом зависят эффективность использования и надежность обеспечения электроэнергией потребителей. Согласно действующим правилам электроснабжения энергосберегающая организация обязана в точках раздела электрических сетей обеспечить подачу электрической энергии потребителю в количестве, сроки и по качеству, соответствующим техническим условиям на присоединение. Потребитель в свою очередь обязан обеспечить выполнение норм КЭ на выводах электроприёмников, то есть не создавать недопустимых кондуктивных электромагнитных помех.

Поскольку качество электроэнергии зависит не только от поставщика, но и потребителя, то их вместе и следует рассматривать как возможных виновников искажений КЭ и распространения по всем сетям и электроустановкам, в том числе за пределами границы балансового раздела между электрической станцией и сетевыми предприятиями. В подобном аспекте данный вопрос был рассмотрен в [1], где для четырех наиболее важных показателей качества электрической энергии (ПКЭ) приведен перечень наиболее вероятных источников искажений: для δU_y - установившегося отклонения напряжения, K_u - коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, K_{2u} - коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности, Δf - отклонения частоты. При наличии анализатора качества электроэнергии оперативно выявляются и величины отклонений названных параметров от их номинальных значений и в результате появляется возможность оценки как качества кривой напряжения и тока, так и определения виновников нарушения этого качества. Так, в [2] приведены результаты конкретных расчетов значений δU , усредненных на часовых интервалах за недельный период, из которых видно, что несимметрия напряжений по фазам А, В, С существенно различается ($\bar{\Delta U}_A = 8,8\%$, $\bar{\Delta U}_B = 6,62\%$, $\bar{\Delta U}_C = 4,52\%$). Расчет значений ΔU выполняется по следующей формуле:

$$\bar{\Delta U} = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta U_i \cdot \Delta t_i}{100}, \quad (1)$$

где ΔU_i – величина отклонения напряжения (%) на i_m интервале; Δt_i – время, в течении которого имело место превышение напряжения величиной ΔU_i ; m – число интервалов измерений.

Из приведенной формулы следует, что наиболее достоверный результат по параметру $\bar{\Delta U}$ обеспечивается при более коротких интервалах усреднения, чем 1 час (например 3 минуты). Подобные измерения позволяют получить кривые распределения отклонений напряжения в течении любого контрольного периода. Таким периодом наиболее вероятно и обоснованно можно считать суточный, так как именно он определяет циклы жизнедеятельности, а следовательно и формы графиков электрических нагрузок.

Все сказанное выше о параметре $\bar{\Delta U}$ относится и к другим ПКЭ, для анализа которых разработана и используется различная аппаратура: от дорогостоящих анализаторов качества, обеспечивающих расчет ПКЭ по всем 11 показателям, до многофункциональных электронных счетчиков с анализом качества некоторого числа ПКЭ (от двух и более). В подобной ситуации наиболее рациональным решением следует считать вариант использования анализа-

торов ПКЭ в качестве переносных устройств при проведении энергоаудитов, а многофункциональных электронных счетчиков – для коммерческого учета электроэнергии по всем параметрам и учета основных ПКЭ с целью их улучшения в реальном времени и учета при формировании сложных тарифов на электроэнергию. В настоящее время по ряду причин учет ПКЭ в тарифах не проводится, что является фактором, стимулирующим рост величины ущербов как для энергоснабжающей организации, так и потребителей энергии [3].

Среди анализаторов ПКЭ, обеспечивающих выполнение требований стандарта по всем показателям следует назвать «Устройство непрерывного контроля показателей качества электроэнергии (УНКПКЭ, Россия). Вычислительный блок устройства состоит из промышленного компьютера с установленным системным и прикладным программным обеспечением, измерительные блоки выполнены на основе измерений ПКЭ типа «Ресурс – UF2».

Являются функционально достаточными и следующие анализаторы:

– измеритель показаний качества электрической энергии «Ресурс – UF2 – 4.30», обеспечивающий кроме мониторинга ПКЭ технический учет электрической энергии (энерготехника г.Пенза);

– анализатор качества электроэнергии «Ресурс – PQA» (энерготехника г.Пенза) в виде переносного прибора;

– регуляторы серии «ПАРМА» (ООО «ПАРМА. г. Санкт-Петербург);

– регуляторы ПКЭ (НПО «АГАТ», г. Минск) и др.

Среди многофункциональных электронных счетчиков, обеспечивающих наряду с коммерческим учетом электроэнергии расчет некоторых или в целом ПКЭ можно назвать следующие:

– модельный ряд счетчиков «Меркурий» (ООО «Инкотекс – СК», г. Москва), насчитывающий более 120 модификаций при выпуске более 4 млн. электросчетчиков в год;

– счетчики «Гран – Электро» (НП ООО «Гран – Система – С», г.Минск);

– счетчики Альфа 1700, Альфа 1800, Альфа А1140 (СП ООО «Эльстер – Метроника», г.Москва);

– счетчики СЕ 303 (концерн «Энергомера», г.Ставрополь);

– счетчики СЕ 301 ВУ (ООО «Фанипольский завод измерительных приборов «Энергомера», Республика Беларусь).

Перечисленный ряд счетчиков обеспечивает необходимыми интерфейсными выводами для того, чтобы с выходом информации в локальную компьютерную сеть создавать необходимую базу данных и обеспечивать в реальном масштабе времени расчет требуемых ПКЭ с последующим применением результатов при формировании сложных тарифов на электрическую энергию.

Литература

1. Забелло Е.П., Булах В.Г. Необходимость и пути наращивания функциональных возможностей систем учета, контроля и управления энергией // Энергетика и ТЭК. – 2013. - №1. – с.12 – 15.
2. Забелло Е.П. / Оперативный контроль уровней напряжения на шинах 0,4 кВ распределительных устройств и диагностика состояния осветительных установок. Е.П. Забелло, В.А. Дайнеко, В.Г. Булах, В.И. Епифанов // Энергетика и ТЭК. – 2015. – № 3. – с.14 – 19.
3. Забелло Е.П., Булах В.Г. Учет качества электрической энергии в тарифах потребителей // Энергетика и ТЭК. – 2013. - № 11/12. – с. 46 – 49.
4. Пономаренко И.С. Приборы «ЭРИС – КЭ» для количественного анализа режимов электрических сетей // Энергетик. – 2004. – б. с.25 – 28.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНА

Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Недоиспользование питательного потенциала, а также значительные объемы скармливания животным фуражного зерна требуют повышения эффективности его обработки. Существующие способы обработки требуют значительных энергетических затрат, не раскрывают в полной мере питательный потенциал, заложенный в зерне.

С целью выявления основных действующих факторов повышения питательности зерна, при обработке, рассмотрим физико-химическую сущность процесса.

Основным массообразующим веществом зерна является крахмал (табл. 1), который состоит из амилопектина (70...80%), амилазы (20...30%) и полисахаридов, построенных из остатков Д-глюкопиранозы. Макромолекулы амилопектина представляют собой сильноразветвленные, а амилазы - линейные или слабоветвленные цепи.

Таблица 1 – Химический состав зерна [1]

Вид зерна	Содержание в веществе зерна, %					
	Влага	Крахмал	Белок	Жир	Клетчатка	Зола
Рожь	13,5	69,1	12,2	1,6	2,0	1,6
Ячмень	13,0	64,6	12,0	2,1	5,5	2,8
Пшеница	13,6	63,8	16,8	2,0	2,0	1,8

Повышение питательности зерна происходит при расщеплении макромолекул крахмальных зерен на отдельные фрагменты во влажной среде под воздействием ионов при температуре выше 51,5 °С. Разрушение большинства молекул превращает крахмал в клейстер, который при охлаждении образует гель. Реакция является эндотермической и протекает с поглощением энергии.

Существует мнение, что основными действующими ионами являются катионы H_3O^+ , и анионы OH^- . Первый из них считают более активным.

Клейстеризация крахмала представляет собой гетерогенную реакцию ионного обмена между гранулами крахмала (рис. 1) и жидкостной фазой и протекает на уровне первичной структуры растительной ткани – клеточной мембраны.

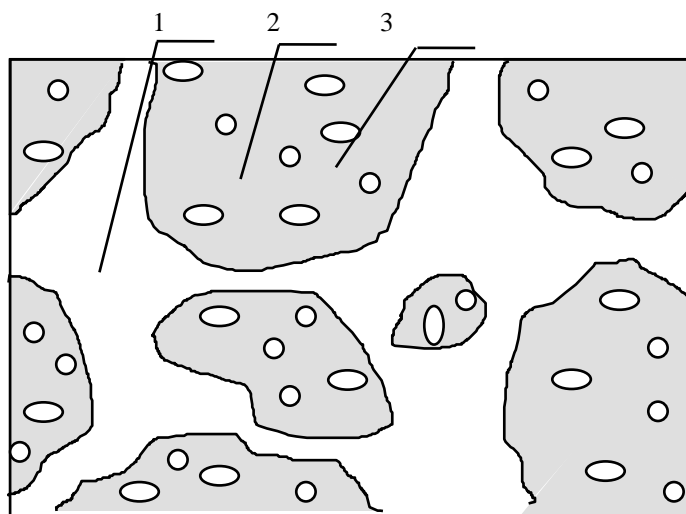


Рисунок 1 - Микроструктура эндосперма зерна:

1 – оболочка клеток; 2 – протоплазма; 3 – гранулы крахмала;
точки – включения белка, жира, белковые и жировые прослойки

Скорость реакции гетерогенных процессов

$$\mathfrak{Q} = KS\Delta C, \quad (1)$$

где K – коэффициент массопередачи, с^{-1} ; S – поверхность раздела фаз, $\text{м}^2/\text{м}^3$; ΔC – движущая сила процесса, $\text{моль}/\text{м}^2$.

Коэффициент массопередачи K для гетерогенных процессов зависит от константы скорости реакции K_1 , диффузии ионов из объема раствора в зону реакции, определяемой коэффициентом диффузии D .

$$K = f(K_1, D). \quad (2)$$

Константа скорости реакции K_1 определяется из уравнения Аррениуса

$$K_1 = K_0 \exp\left(-\frac{G}{RT}\right), \quad (3)$$

где K_0 – константа для данной реакции, с^{-1} ; G – энергия активации реагирующих веществ, $\text{Дж}\cdot\text{моль}$; R – универсальная газовая постоянная, $\text{Дж}/(\text{К}\cdot\text{моль})$; T – абсолютная температура, К .

Движущая сила процесса

$$\Delta C = C_o - C_p, \quad (4)$$

где C_o – действительная концентрация ионов в растворе химреагента, $\text{моль}/\text{м}^2$; C_p – концентрация ионов в растворе в момент равновесия фаз, $\text{моль}/\text{м}^2$.

Согласно формулам (1)...(4) скорость клейстеризации крахмала зависит от площади поверхности раздела фаз, температуры, диффузии и концентрации ионов.

Изменение площади поверхности реагирующих веществ ограничено зоотехническими нормами к степени измельчения фуражного зерна. Увеличение температуры повышает энергоёмкость процесса. Скорость диффузии также зависит главным образом от температуры. Следовательно, в соответствии с (4), наиболее возможным направлением интенсификации процесса клейстеризации крахмала может быть изменение концентрации реагирующих веществ и в частности ионов H^+ , образующих H_3O^+ и OH^- .

Таким образом, сущность процесса повышения питательности зерна, заключается в изменении концентрации реагирующих веществ, в результате которой происходят глубинные качественные изменения в химической структуре кормов за счет перегруппировки и обмена электрически заряженных частиц – электронов или ионов. В нашем случае, ионы выступают не только как носители электричества, но и химически активные частицы, изменение концентрации которых в широком диапазоне, как показано в [2], можно достигнуть электротехнологическими методами.

Литература

1. Основы земледелия и растениеводства / В.С. Косинский и др. – М, Колос, 1980. – 335 с.
2. Основы электротехнологических методов обработки влажных кормов. / Е.М. Заяц. – Мн.: Ураджай, 1997. – 216с.

УДК 620.95

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Клинцева В.Ф., Коротинский В.А., к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Агрородак – категория населенных пунктов Беларуси. Агрородаки были вынесены в качестве отдельного типа сельских населенных пунктов в 2007 году в рамках Закона «Об административно-правовом делении и порядке решения вопросов административно-территориального устройства Республики Беларусь, тогда же они получили и официальный статус.

Главное отличие агрогородка от поселка – инфраструктура. По замыслу создателей, агрогородок это возможность жить в сельской местности и при этом пользоваться всеми благами города: эталон, к которому должны стремиться все населенные пункты сельской местности.

Всего по Беларуси создано 1481 агрогородок, что соответствует занятости около 60% сельского населения и аграрного производства.

Запланированная инфраструктура предполагала:

а) энергообеспечение

–обеспечение централизованного и индивидуального водоснабжения;

–повсеместное централизованное снабжение природным газом;

–качественное и надежное электроснабжение;

б) логистика

–хорошее дорожное покрытие на территории агрогородков;

–развитая дорожная сеть, обеспечивающая возможность быстрой связи с близлежащими городами (городом);

в) связь и работа специальных служб

–наличие стационарных телефонов и доступность мобильной связи;

–доступная пожарная помощь и милиция;

–доступная аварийная газовая служба;

г) социальные учреждения и инфраструктура

–достаточное количество торговых объектов с широким ассортиментом продовольствия, хозяйственных товаров и бытовых предметов;

–детские дошкольные учреждения (сады, ясли);

–средние школы;

–объекты после школьного образования (спортивные секции, культурные учреждения, экологические);

–доступная медицинская помощь;

–доступная юридическая помощь.

Сегодня городские жители не стремятся переезжать в агрогородки, а те которые уже сменили Минск и другие города на жилье в агрогородке, сталкиваются с рядом серьезных проблем. К основным проблемам относятся следующие проблемы:

–неудовлетворительное качество построенных жилых зданий;

–некачественное и ненадежное энергообеспечение;

–крайне слабо развитая инфраструктура.

Главными требованиями к энергетической эффективности агрогородков, являются их бесперебойное и качественное энергообеспечение.

На рис.1 приведена комплексная схема энергоснабжения, которая объединяет в себе три возможных схемы: типовую, альтернативную и перспективную.

С позиции совместного эффективного использования различных энергоресурсов и энергетической безопасности агрогородков требуется научное обоснование комплексного использования традиционных централизованных и нетрадиционных местных и возобновляемых энергоресурсов.

Перспективная схема энергообеспечения сельских населенных пунктов (агрогородков) преследует выполнение трех основополагающих задач:

1. Утилизация отходов сельскохозяйственного производства.

2. Получение качественных органических удобрений.

3. Надежное и качественное энергоснабжение потребителей.

Поэтому основным энергетическим источником в данном случае является биогазовый комплекс, который находится в районе расположения сельскохозяйственного производства (источника отходов). Комплекс решает первые две задачи, т.е. утилизацию отходов производства и получения качественных органических удобрений. Кроме того, выработанный

биогаз проходит цикл обогащения (удаляются все лишние включения типа CO_2 и H_2S) и направляется в газовую трубу.

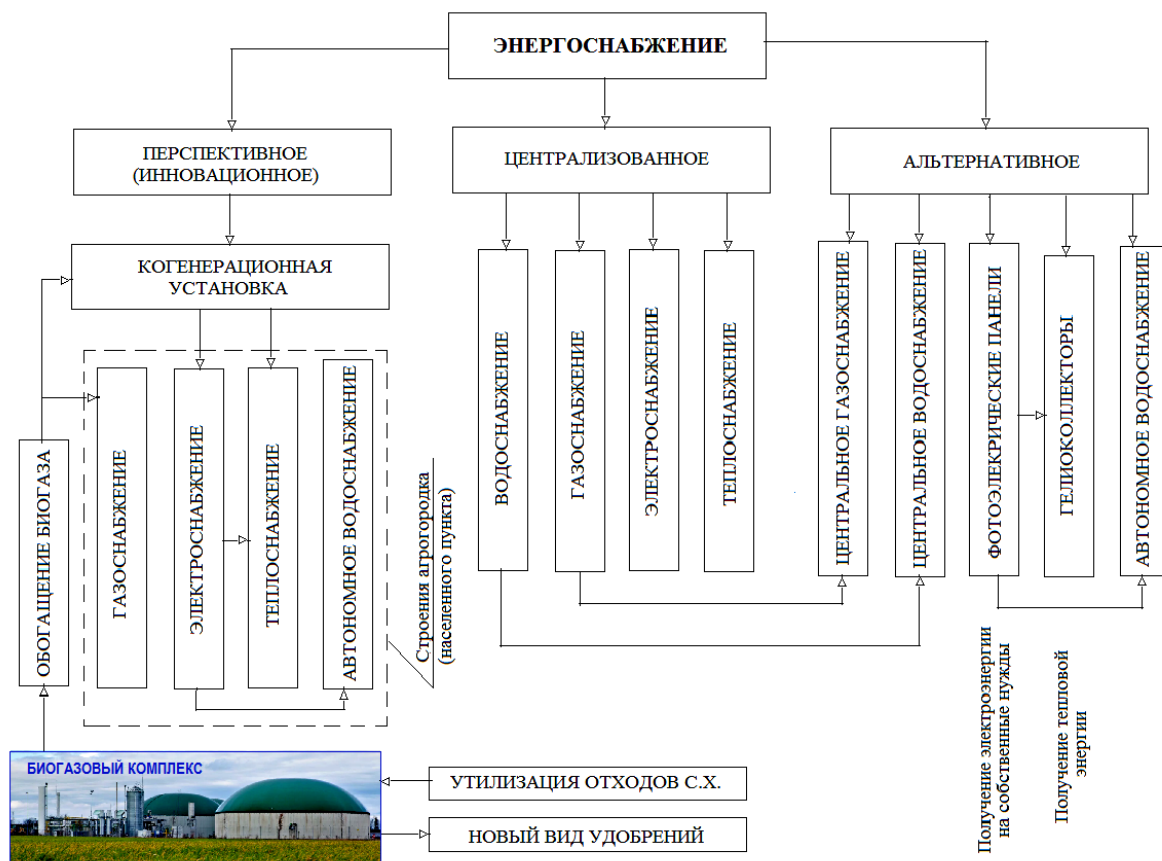


Рис.1 Типовая, альтернативная и перспективная схемы энергоснабжения

Газ, представляющий собой CH_4 в чистом виде, направляется по трубопроводу к сельскому населенному пункту, расстояние до которого не должно превышать 8 – 12 км.

В населенном пункте в центре энергетических нагрузок следует расположить газораспределительный пункт (ГРП) и когенерационную установку, которая должна иметь установленную мощность по выработанной электрической энергии не менее требуемой суммарной нагрузки потребителей агрогородка.

Таким образом, в населенном пункте обеспечивается полное газоснабжение и электроснабжение потребителей качественной и недорогой электрической энергией. Вырабатываемая когенерационной установкой тепловая энергия расходуется на нужды теплофикации (отопление и горячее водоснабжение).

Если количество получаемой тепловой энергии избыточно, то ее излишки можно использовать для получения холода для холодильных систем объектов коммунальных служб (магазины). В случае дефицита тепловой энергии для системы локального теплоснабжения, желательно использовать возобновляемые источники энергии в виде солнечных (вакуумных) гелиоколлекторов. Возможно применение и биогаза в местных локальных котельных установках, но это требует дополнительного технико-экономического обоснования.

Предложенная перспективная схема энергоснабжения, с учетом запросов потребителей, дает возможность использовать практически всю энергию, получаемую на когенерационной установке, приближая ее эффективность к 100 %. В этом случае страна не тратит лишнюю валюту на импорт газа и получает экономическую выгоду. К тому же такой подход способствует улучшению экологии и сохранению озонового слоя.

Литература

1. Биоэнергетика: пособие/ Коротинский В.А., Гаркуша К.Э.. – Минск: БГАТУ, 2011 – 148с.

УДК 534.838.7: 631.56

ЭФФЕКТЫ УЛЬТРАЗВУКА В ЖИДКИХ СРЕДАХ

Корко В.С., к.т.н., доцент, **Кардашов П.В.**, к.т.н., доцент, **Дубодел И.Б.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При прохождении ультразвука в различных средах (жидких, твердых, газообразных) энергия механических колебаний может поглощаться, преломляться или отражаться. Поглощенная энергия ультразвука преобразуется частично в тепловую и преимущественно в механическую энергию, создающую в среде первичные эффекты (акустическое течение, акустическую кавитацию и переменное давление), которые, в свою очередь, вызывают ряд вторичных явлений и эффектов (разделение частиц, коагуляция, диспергирование, дегазация, течение и фонтанирование жидкости).

В жидких средах под действием ультразвука в локальных зонах могут возникать значительные разности давлений и сопутствующие механические, термические и физико-химические явления, используемые в различных технологических процессах (мойки, очистки, обеззараживания, интенсификации биологических процессов и т.п.) [1-3].

Интенсивность ультразвуковых колебаний, генерируемых пьезоэлектрическими излучателями при одностороннем излучении, Вт/м², [1]

$$I = \frac{K_{\Pi} f^2 U^2}{\rho c}, \quad (1)$$

где K_{Π} - коэффициент, учитывающий свойства материала излучателя, например, для кварца – $1,44 \cdot 10^{-8}$ Вт·Н·с³/(В²·м⁵), титаната бария – $1,44 \cdot 10^{-4}$ Вт·Н·с³/(В²·м⁵); f - частота, Гц; U - напряжение возбуждения, В; ρ - плотность среды, кг/м³; c - скорость распространения ультразвука в данной среде (для воды $c = 1430$ м/с).

Энергия УЗ поля, идущая на образование кавитационной области, затрачивается в течение всей фазы расширения кавитационного пузырька. Средняя за период мощность на образование всей кавитационной области

$$P_k = \frac{E_k}{T_0} = \eta \frac{E}{T_0}, \quad (2)$$

где E_k и E - соответственно энергия, затраченная на создание кавитационной области, и полная энергия ультразвукового поля, Дж; $\eta = \frac{E_k}{E}$ - коэффициент использования акустической энергии; T_0 - период первичного ультразвука, с.

Таким образом, в кавитационной области сравнительно медленно накапливаемая энергия освобождается в течение очень короткого времени, в результате чего мгновенная мощность во много раз превосходит среднюю, вводимую излучателем. Выделяющейся в процессе захлопывания пузырька энергии достаточно для возбуждения, ионизации и диссоциации молекул воды, газов и веществ с высокой упругостью пара внутри кавитационной полости. В результате происходит изменение физико-химических свойств (значение pH , электропроводность воды, число свободных ионов и активных радикалов, структуризация и активация молекул) [3].

Для экспериментальных исследований использовали ультразвуковую ванну объемом 4,5 л с тремя пьезоэлектрическими преобразователями в ее днище, подключенную к генератору с выходной мощностью 250 Вт, рабочей частотой 18 кГц. Измерения активности кавитации в ультразвуковых полях осуществляли кавитометром ИСА – 6D.

Результаты замеров уровней кавитации в различных точках объема ультразвуковой ванны с водой представлены на рисунке.

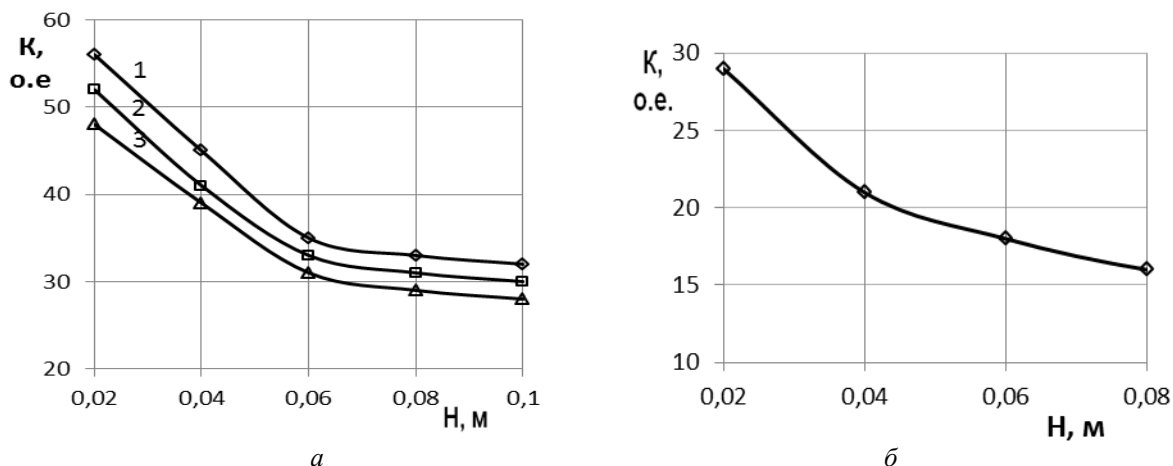


Рисунок - Зависимость уровня полной активной кавитации от расстояния до дна ванны: в воде над излучателями 1...3 (а) и при погружении яблока диаметром 0,06м в центральной зоне, обращенной к излучателю 2 (б)

Анализ результатов исследований позволяет сделать заключение о наличии кавитационных процессов и существенной зависимости уровня кавитации K от расстояния до излучателей H , места расположения измерительного датчика, наличия твердых объектов.

Максимальное значение K имеет место непосредственно вблизи излучателей, затем происходит ее ослабление практически по экспоненциальному закону с увеличением расстояния H до излучателей. Абсолютное значение K вблизи поверхности воды в 1,7...1,9 раз ниже максимума (рисунок а). Аналогично происходит ослабление интенсивности ультразвука по горизонтали в зоне между излучателями.

В соответствии с уравнениями (1), (2) и по результатам наших исследований интенсивность кавитационных процессов практически в квадратичной зависимости зависит от напряжения возбуждения излучателя, а также имеет место некоторый разброс интенсивности каждого излучателя, что, очевидно, связано с их конструктивным исполнением, который учитывается в уравнении (1) коэффициентом K_{II} .

Исследования особенностей пространственного распространения ультразвука в окрестности объекта сферической формы, например, яблока (рисунок б), показали, что относительное изменение уровня кавитации у нижней поверхности яблока на тех же расстояниях от излучателя составляет 1,3...1,5. В верхней части яблока в воде образуется акустическая тень и происходит еще большее ослабление интенсивности ультразвука, что связано с дифракцией волн.

Как показали наши исследования, образцы сферической формы за счет большей обтекаемости в значительно меньшей степени ослабляют измеренный уровень кавитации в зоне, обращенной к излучателям, а также и на противоположной стороне, чем плоские цилиндрические [2]. Эти обстоятельства следует учитывать в технологических процессах, связанных с поверхностной обработкой объектов (очистки, обеззараживания и др.)

Интенсивность и характер проявления эффектов зависят от частоты и интенсивности колебаний, а также от свойств самих сред. Например, в воде при частоте 20 кГц кавитация возникает при интенсивности от $1 \cdot 10^4$ до $(3...7) \cdot 10^4$ Вт/м² [1, 3].

Таким образом, высокая эффективность ультразвуковых технологий обусловлена тем, что в жидких средах, помимо других эффектов, возникает и протекает ультразвуковая кавитация, обеспечивающая максимальные энергетические воздействия, как на сами жидкости, так и на твердые тела в жидкостях, порождающая большое количество эффектов второго порядка, которые, в свою очередь, также обеспечивают интенсификацию протекающих технологических процессов.

Литература

1. Электротехнологии: пособие / И.Б. Дубодел и др. – Минск, БГАТУ, 2014. – 252 с.
2. Толочко Н.К., Корко В.С, Челединов А.Н., Ланин В.Л. Факторы неравномерной очистки деталей машин в ультразвуковых ваннах. Журнал «Вестник машиностроения», - Москва, – 2017. № 4. – С. 82-85
3. Шиляев, А.С. Физические основы применения ультразвука в медицине и экологии: учебно-методическое пособие / А.С. Шиляев, С.П. Кундас, А.С. Стукин; под общ. ред. профессора С.П. Кундаса. – Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 110 с.

УДК 658.567.1

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ
ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ**

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, **Бобко А.А.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Загрязнение окружающей среды – привнесение новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение их естественного уровня. Загрязнение атмосферы, воды или почвы происходит, если концентрация химических веществ, поступающих в эти среды, либо воздействие на них повышаются до уровня, превышающего способности экосистем к самовосстановлению, т.е. возможности ассимиляционного потенциала окружающей среды.

На современном этапе в мировой практике нашли промышленное применение четыре основных метода переработки отходов [1, 2]:

1. *термическая обработка* (как правило – это сжигание отходов);
2. *биотермическое аэробное компостирование* (с получением удобрения и биотоплива);
3. *анаэробная ферментация* (получение биогаза);
4. *сортировка* (с извлечением ценных компонентов для вторичного использования).

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, свои оптимальные области применения, зависящие главным образом от морфологического состава твердых бытовых отходов (ТБО) и региональных условий.

Утилизация ТБО дело непростое и затратное. Устранить эти проблемы и сделать утилизацию отходов менее затратной позволяют проекты по дегазации полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО).

Швейцарская компания «TDF ecotech AG» в июле 2010 года осуществила проект утилизации свалочного газа на полигоне ТКО «Тростенец» (Могилевское шоссе, г. Минск).

Для извлечения биогаза из тела полигона твердых бытовых отходов создана система сбора биогаза, которая включает: сеть специально оборудованных вертикальных скважин; горизонтальные газопроводы 1-го порядка для транспортировки биогаза от скважин до газосборных пунктов; газосборные пункты; магистральные газопроводы для перемещения биогаза от газосборных пунктов к установке утилизации (рис.1). Была построена система газопроводов (37 газовых дренажных колодцев и 5 коллекторов) и установлено следующее технологическое оборудование: три газопоршневые установки мощностью по 1 МВт, компрессорная установка, трансформаторная подстанция и факельная установка.

Скважины (рис.2) сооружены буровым способом по всей площади полигона. Бурение осуществлено на 3/4 глубины полигона. Для обустройства скважин использованы перфорированные полимерные трубы диаметром 100 мм.

Каждая скважина осуществляет дренаж конкретного блока ТБО, условно имеющего форму цилиндра. Теоретически устойчивость работы скважины может быть обеспечена, если ее дебит не превышает объема вновь образующегося свалочного газа. По расчетам специалистов фирмы выделяется около 70 тыс. м³ метана в год, а используется около 12 тыс. м³.

Секция 2: Энерготехнологии и автоматизация технологических процессов АПК

Сегодня все газопоршневые установки (общая мощность блоков 3 МВт) работают достаточно успешно; общее количество производимой ими электрической энергии составило около 24 млн. кВт·ч в год. Кроме того, проложена кабельная линия электропередач общей протяженностью 4,8 км, соединяющая трансформаторную подстанцию объекта с подстанцией «Сосны». Как планирует инвестор, расчетный срок окупаемости комплекса по проекту составит около 8 лет. По опыту эксплуатации других полигонов в Европе можно предположить, что газа должно хватить на 12–15 лет. Если не будет дальнейшего разрастания свалки, оборудование можно свернуть и перевезти на другое место.

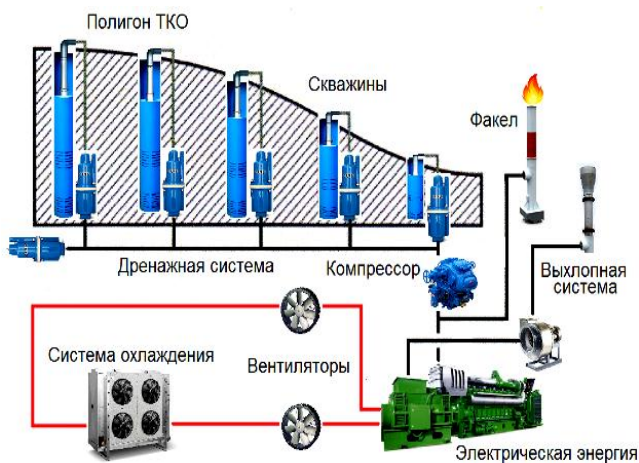


Рисунок 1 - Технологическая схема сбора газа

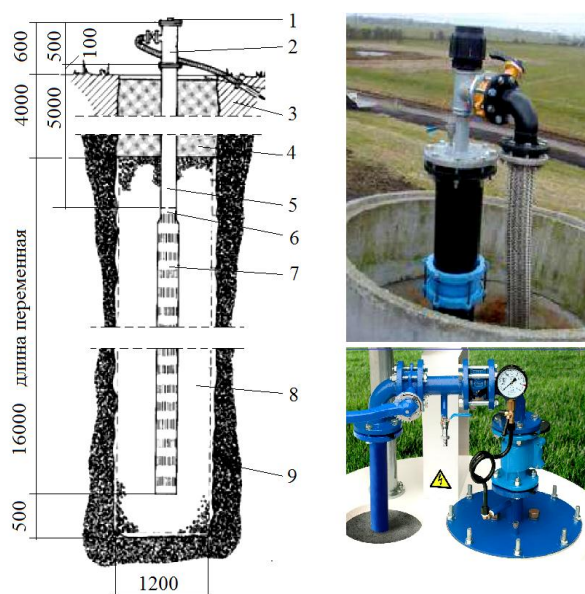


Рисунок 2 - Устройство газовой скважины:
1 – головка; 2 – отсек сбора осадка; 3 – бетонный фундамент; 4 – глиняное уплотнение; 5 – телескопическая труба; 6 – глубина тампонирующей скважины; 7 – перфорированная труба; 8 – наполнитель из гравия; 9 – тело полигона

При этом надо учитывать, что для добычи свалочного газа пригодны свалочные тела мощностью не менее 10 м, и экономически целесообразно использовать биогаз через несколько лет после того, как начнет действовать свалка.

В начале 2019 года систему дегазации полигона «Тростенец» модернизировали, а имеющуюся там инфраструктуру используют теперь для дегазации действующего полигона «Тростенецкий». При этом было принято простое инновационное решение: провели трубопровод от одного полигона к другому (расстояние около 1,5 км) и продолжают качать газ.

Однако необходимо отметить, что опыт эксплуатации биогазовых комплексов в ЖКХ и АПК нашей республики за последние десять лет показал, что оплата электроэнергии по ставкам, установленным Законом о возобновляемых источниках энергии [3], не дает никакой гарантии экономического успеха при эксплуатации биогазовой установки. Помимо высокого показателя использования блочным газопоршневым агрегатом установленной мощности по выработке электроэнергии, большую роль играет использование тепловой энергии. Тепловая энергия в системах свалочных биогазовых комплексов используется на 10-12 % (только для собственных нужд) в АПК – до 24-30 %.

В контексте дальнейшего развития производства газа разработка комплексной концепции утилизации тепловой энергии имеет центральное значение с экономической и экологической точки зрения. Только в том случае, если удастся практически полностью использовать энергию выработанного биогаза, применение возобновляемого сырья в биогазовых установках будет продолжительное время способствовать накоплению потенциала и рентабельности в коммунальной сфере и сельском хозяйстве Республики Беларусь.

Мировой опыт показывает [1, 2], что рынок с его стремлением к минимизации издержек не способствует решению проблем охраны окружающей среды. Достижения промышленно развитых стран в этой сфере и ресурсосбережения базируются не только на гибкости рыночной экономики, способной на быструю сырьевую переориентацию, они подкреплены дальновидной государственной политикой и финансированием, стимулирующим утилизацию отходов и уменьшение их негативного воздействия на окружающую природную среду.

Прежде всего, это стимулирование получения альтернативной энергии, необходимость которого отражена в законе Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии», дает инвесторам преференции на 10 лет (повышенные тарифы на закупку электрической энергии), и за это время инвестиции необходимо окупить. Однако, когда затраты будут погашены, закупка пойдет уже по понижающей ставке. То есть город будет получать дешевую электроэнергию. В любом случае страна не тратит лишнюю валюту на импорт газа и получает экономическую выгоду. К тому же эти технологии способствуют улучшению экологии и сохранению озонового слоя.

Литература

1. Биоэнергетика: пособие/ Коротинский В.А., Гаркуша К.Э.. – Минск: БГАТУ, 2011 – 148 с.
2. Б.Эдер, Х.Шульц Биогазовые установки, Практическое пособие / Под научной редакцией И. А. Реддих. – М: Zorg Biogas, 2011 – 268с.
3. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. №204-З.

УДК 66.087.5:637.146.4

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Кривовязенко Д.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Сыворотка, жидкий побочный продукт, образующийся при производстве сыра, казеина и йогурта, является одним из крупнейших источников пищевого белка.

Производство молока в 2018 году составило: в мире 700 млн. т.; в Беларуси 7,5 млн. т. В Беларуси цельное молоко занимает 15 %, остальное перерабатывают. Побочный продукт переработки - молочная сыворотка составляет 90 %. Часть сыворотки перерабатывают, около 50 % сливают в канализацию. При этом теряют 25 тыс. т. белка ежегодно и загрязняют окружающую среду. Изыскание способов полного выделения белков из сыворотки, снижение энергоемкости этого процесса, защита окружающей среды являются актуальными вопросами для нашей страны и мирового сообщества.

На сегодня разработаны ряд способов коагуляции белков молочной сыворотки: тепловые, термохимические, химические, механические, электрические. Все эти способы обладают рядом недостатков, наиболее существенным из них являются: тепловых – низкая степень выделения белков и высокая энергоемкость; механических – засорение мембран во время работы, продолжительность процесса; электрических - наличие труднорастворимого и неиспользуемого осадка. Таким образом, степень выделения белков у известных способов не превышает 60%, энергоемкость процесса достигает 0,3 МДж/кг сыворотки. Необходимо разработать способ позволяющий выделять до 90...95% белков при энергоемкости, не превышающей 0,05...0,1 МДж/кг сыворотки.

Устранение или снижение отмеченных недостатков возможно при электротехнологическом способе коагуляции, суть которого состоит в создании в молочной сыворотке концентрации анионов и катионов, соответствующей изоэлектрической точке коагуляции белков путем пропускания электрического тока через зоны, разделенные ионопроницаемой мембраной и тем самым влияя на рН среды и условия коагуляции.

Цель предлагаемой работы состояла в определении параметров электрического тока для коагуляции белков молочной сыворотки.

Совместно с БГУ, используя методы дифференциальной потенциометрии и брэнстедовской рК-спектроскопии, найдено изоэлектрическое число белков молочной сыворотки, лежащее в диапазоне рН 8...10.

Молочную сыворотку обрабатывали постоянным электрическим током в ячейке, разделенной мембранной перегородкой, варьируя количество электричества Q в пределах $(0...15) \cdot 10^3$ Кл·кг⁻¹, что изменяло рН среды от 5.0 до 11. На рисунке 1б дана зависимость выделения белка молочной сыворотки от количества электричества. Увеличение Q до $6 \cdot 10^3$ Кл·кг⁻¹ приводит к максимальному выделению белка (95%). Дальнейший рост количества электричества не вызывает заметной коагуляции. Анализируя рисунок 1а видно, что наибольшему выделению белка соответствует рН = 8,9.

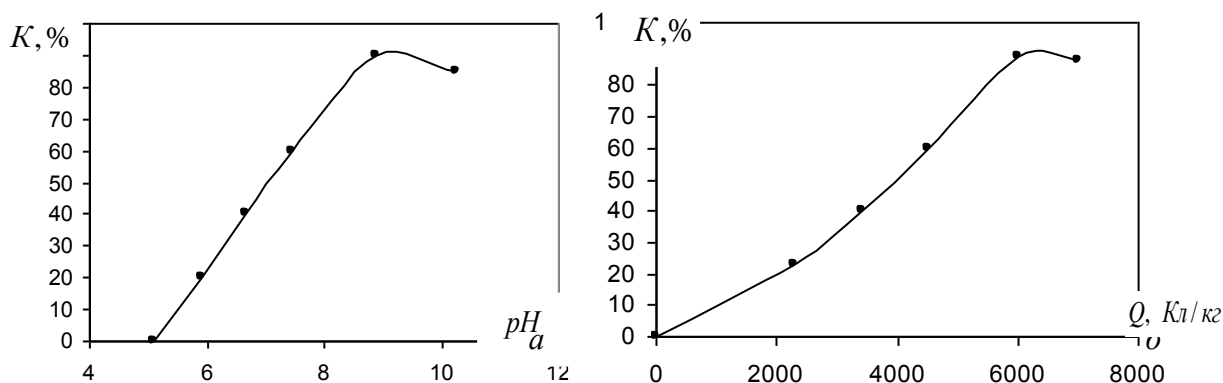


Рисунок 1- Зависимость выделения белка (K) молочной сыворотки от рН (а) и количества электричества Q (б)

Экспериментальными исследованиями установлены следующие оптимальные параметры электрокоагуляции:

- количество электричества – $(5,5...6,5) \cdot 10^3$ Кл·кг⁻¹;
- рН среды – 8...9;
- температура обработки – 20...30 °С.

Электротехнологический способ коагуляция позволяет выделить до 95% белков, при температуре не выше 30 °С, при этом энергоёмкость не превышает 0,12 МДж/кг, что ниже в 2...3 раза по сравнению с известными способами.

Литература

1. Храмцов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: Учебное пособие. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 587 с.
2. Справочник по переработке молока // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dairyprocessinghandbook.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki>. – Дата доступа : 10.07.2019.
3. Зонтаг Т. и др. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – Л.: Химия, 1973.

УДК 004.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ В СРЕДЕ PROTEUS

Матвеев И.П., к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время уровень развития материально-технической базы сельского хозяйства позволяет перейти от простого наполнения различной техникой к совершенствованию её структуры, повышению технического уровня на основе использования автоматизированных и роботизированных систем.

В различных роботизированных устройствах используются электродвигатели (постоянного тока, переменного тока, серводвигатели и др.). Кроме того, системы автоматизированного управления электродвигателями, как правило, включают электронные схемы с использованием микроконтроллеров различных типов. Но отладка работы реальных контроллеров оказывается достаточно сложной и трудоёмкой задачей: недостаточно просто написать программу и записать её в процессор, необходимо также подключить к выходу микроконтроллера исполнительные устройства, например, электродвигатели и только увидеть, правильно ли работает программа. Проще такую задачу можно решить используя возможности компьютерного моделирования.

Для проведения компьютерного моделирования была использована программа Proteus v8. Proteus (by Labcenter Electronics) - симулятор принципиальных электронных схем. С помощью него можно создать и проверить работу спроектированной электрической схемы с микроконтроллером. То есть можно заранее, виртуально, просмотреть результаты выполненной работы и увидеть возможные ошибки до реализации проекта на физическом устройстве. Proteus содержит большую библиотеку электронных компонентов. Главное преимущество и характерная особенность Proteus - опции по моделированию работы разнообразных программируемых устройств: микропроцессоров и микроконтроллеров.

В данном примере приводится проект схемы для управления серводвигателями (рис.1).

Серводвигатель – это двигатель с обратной связью, которой можно управлять, чтобы или достичь требуемой скорости (следовательно, крутящего момента) или же получить необходимый угол поворота. Для этой цели устройство обратной связи посылает определенные сигналы в цепь контроллера серводвигателя, сообщая о скорости и соответственно угловом положении. Если применена обратная связь, то сигнал о нем используется, чтобы остановить двигатель в тот момент, когда непосредственно ротор приблизится к необходимому угловому положению.

Решающим фактором использования сервоприводов является не только высокая их динамика, но и возможность получить высокостабильное или точное управление, широкий диапазон регулирования скорости, малые габариты и вес, а также помехоустойчивость.

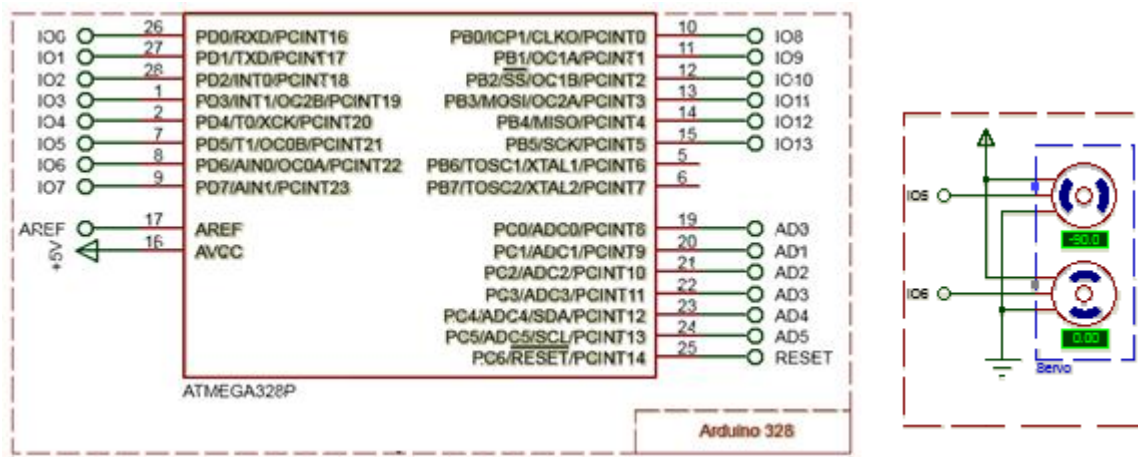


Рисунок 1 - Макет проекта

Для создания проекта необходимо собрать виртуальную электронную схему, выбрав необходимые элементы, разместить их на виртуальной плате [1]. В работе используется микроконтроллер AVR фирмы ATMEL типа ATMEGA 328P. Особенностью данной схемы является использование, так называемого, электронного конструктора Arduino. Плата Arduino представляет собой инструмент, с помощью которого можно создавать различные электронные устройства. По сути, это настоящая аппаратная вычислительная платформа универсального предназначения. Она может использоваться как для построения простых схем, так и для реализации довольно сложных проектов.

Плата Ардуино является простым микроконтроллером AVR (в данном случае ATmega 328P), который был прошит бутлоадером (специальная программа, которая располагается в памяти микроконтроллера и может самостоятельно перепрограммировать его) и имеет необходимый минимум портов ввода-вывода. Базируется конструктор на своей аппаратной части, которая представляет собой плату ввода-вывода. Для программирования платы используются языки, которые основаны на C/C++[2].

Микроконтроллер ATMEGA 328P управляет работой серводвигателя. К контроллеру может быть подключено до 8 сервоприводов. В данной работе приводится пример для управления двумя серводвигателями. В программе для микроконтроллера заложено изменение положения сервопривода от нуля до 180 градусов с шагом в один градус. Программно можно подключить любой двигатель и проверить его работу.

Для этого запускается эмуляция программы, и тогда можно наблюдать работу схемы в соответствии с написанной программой [2] для микроконтроллера. В нашем случае, в процессе эмуляции визуально наблюдаем поворот сервопривода на определенный угол.

Таким образом, используя программу Proteus, можно достаточно просто смоделировать электронную схему с микроконтроллером AVR и электродвигателями, составляющих основу роботизированных устройств, провести её отладку. И только потом создавать реальное устройство, зная, что оно работоспособно.

Литература

1. Матвеев И.П. Методика изучения микроконтроллеров AVR. «Информатизация образования», №2. - 2013. - С.86-95.
2. Электронный ресурс: <http://fb.ru/article/206826/arduino-dlya-nachinayuschih-poshagovyye-instruktsii-programmirovaniye-i-proektyi-arduino-s-chego-nachat>.

УДК 621.3.015.3

КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ У ТРАНСФОРМАТОРА У/У_н И СПОСОБ ЕГО СНИЖЕНИЯ

Протосовицкий И.В., к.т.н., доцент, **Протосовицкий Д.И.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Значительная часть силовых трансформаторов, установленных в сельских сетях 0,4-10 кВ, находится под воздействием большого количества негативных факторов от внутрисетевых до окружающей среды, которые негативно сказываются на сроках эксплуатации.

Значительный ущерб силовым трансформаторам и подключенным к ним потребителям наносят перенапряжения, обусловленные коммутационными перенапряжениями, возникающими в сетях или атмосферными явлениями. Достигающие выводов трансформаторов перенапряжения могут быть ограничены большим количеством устройств защиты, находящимися вне трансформатора. Гораздо сложнее организовать устройство защиты от перенапряжений, возникающих внутри трансформатора при распределении электромагнитной волны вдоль обмотки, при этом напряжения между отдельными витками обмоток могут значительно превысить напряжения установившегося режима. Пробой изоляции влечет за собой выход трансформатора из строя и нарушение нормальных условий эксплуатации данной установки. При этом процессы, происходящие в трансформаторе при перенапряжениях, являются случайными и в полном объеме не поддаются математическому анализу.

Согласно [1] причинами отказов силовых трансформаторов являются: грозовые перенапряжения – 20,8%, внутренние перенапряжения, короткие замыкания в сетях – 34,4%, перегрузки – 7%, снижение уровня изоляции в процессе эксплуатации – 12%. Очевидно, что данные проблемы наиболее характерны для трансформаторов длительно находящихся в эксплуатации. Поэтому важно не только обеспечить надежную защиту изоляции трансформаторов, но и обеспечить условия для сохранения изоляцией своих электрических характеристик

на относительно высоком уровне в течение всего расчетного срока службы, учитывая при этом воздействия перенапряжений и других негативных факторов.

В большом количестве публикаций подробно рассмотрены процессы, происходящие в обмотках трансформатора во время переходных процессов и определены факторы оказывающие наибольшее влияние: схема соединения обмоток трансформатора, режим заземления нейтрали, количество фаз, на которые приходится волна перенапряжения, конструкции обмоток [1-3].

При этом не рассматривается вопрос влияния симметрирующей обмотки в трансформаторах марки ТМГС_У (получившей широкое распространение в сетях 0,4-10 кВ в Республике Беларусь и Российской Федерации) на параметры перенапряжения в обмотках низкого напряжения (обмотках НН) [4]. Поэтому целью данного исследования являлось изучение данного вопроса с целью определения предпочтительной схемы соединения обмоток трансформатора с низкой стороны для минимизации воздействия коммутационных перенапряжений на изоляцию трансформаторов.

В экспериментах использована физическая модель трехфазного трансформатора 0,4/0,24 кВ мощностью 0,63 кВА., обмотка высокого напряжения соединена в «звезду», фазные обмотки низкого напряжения соединены в «звезду с нулем» с возможностью коммутации симметрирующей обмотки. Регистрация амплитуд импульсов перенапряжений выполнялась анализатором качества электроэнергии FLUKE 435 одновременно для трех фаз и нейтрали. Особенностью данного эксперимента является отсутствие металлического корпуса трансформатора и, соответственно, значительное снижение влияния емкости обмоток на заземленные элементы.

Влияние симметрирующей обмотки на параметры коммутационных перенапряжений изучалось в режиме холостого хода и при коммутации нагрузки разной степени несимметричности.

Полученные из осциллограмм данные систематизированы и согласованы по виткам для всех фаз обмотки НН трансформаторов.

При статистической обработке данных для оценки влияния симметрирующей обмотки на параметры перенапряжения в качестве основных критериев использовалось сравнение средних значений и дисперсий.

Сопоставления амплитуд импульсов перенапряжения для трансформаторов при коммутации симметричной нагрузки и выключении в режиме холостого хода показали, что при выключении трансформатора в режиме холостого хода симметрирующая обмотка не оказывает влияния на параметры коммутационных перенапряжений.

В случае коммутации симметричной нагрузки, как при её включении, так и отключении, в трансформаторе с симметрирующей обмоткой наблюдается снижение амплитуд импульсов перенапряжений на входных зажимах трансформатора относительно земли и более равномерное распределение напряжения по фазным обмоткам низкого напряжения, что снижает негативное влияние коммутационных перенапряжений как на продольную, так и на поперечную изоляции. Так снижение амплитуд импульсов перенапряжений для данного трансформатора в ходе эксперимента составила 28% при подключении нагрузки, и 14% при отключении. Данные преимущества в основном обусловлены дополнительным входным сопротивлением симметрирующей обмотки трансформатора по отношению к трансформатору без неё.

Были проведены сопоставления амплитуд импульсов перенапряжений при коммутации трансформатора с симметрирующей обмоткой и без неё на нагрузку с 25% несимметричной нагрузкой и в неполнофазном режиме.

Из полученных амплитуд импульсов перенапряжений по всей длине фазных обмоток можно отметить следующие принципиальные особенности:

1. В трансформаторе без симметрирующей обмотки максимальная амплитуда импульсов перенапряжений в фазных обмотках зависит от величины несимметрии нагрузки, в отличие от трансформаторов с симметрирующим устройством в которых эта зависимость практически отсутствует. В испытуемом трансформаторе в ходе эксперимента разность между амплитудами импульса перенапряжения с симметрирующей обмоткой и без неё на входных

зажимах обмотки низкого напряжения в зависимости от степени несимметрии составила от 25% до 36%.

2. При отсутствии симметрирующей обмотки амплитуды импульсов перенапряжений имеют приблизительно одинаковые значения во всех фазах трансформатора, в трансформаторе с симметрирующей обмоткой амплитуды импульсов перенапряжений пропорциональны нагрузке фазы.

3. Для трансформатора с симметрирующей обмоткой характерно более равномерное распределение напряжения по всей длине обмотки при прохождении переходного процесса, вызванного коммутацией нагрузки.

4. Значения амплитуд импульсов перенапряжений в нейтрали трансформатора без симметрирующей обмотки при коммутации в зависимости от степени несимметричности выше в среднем в 1,7 раза.

Из экспериментальных исследований следует, что в сельскохозяйственных сетях 0,4-10 кВ, с ярко выраженной несимметричной нагрузкой, наиболее предпочтительна установка трансформаторов с симметрирующей обмоткой, которая обеспечивает качество, экономию электрической энергии, а также обеспечивает лучшие эксплуатационные характеристики с точки зрения воздействия перенапряжений.

Выводы

1. Экспериментальные исследования выявили значительное влияние симметрирующей обмотки на параметры перенапряжений в трансформаторе.

2. Применение трансформаторов с симметрирующей обмоткой позволяет существенно снизить амплитуды перенапряжений в фазных обмотках и нейтрали трансформатора, а также улучшить условия работы и эксплуатации трансформатора.

3. Приведенные экспериментальные данные показывают преимущество применения трансформаторов с симметрирующей обмоткой в сельскохозяйственных сетях 0,4-10 кВ с характерной для них несимметрией нагрузок.

Литература

1. Рыбаков Л.М. Методы и средства обеспечения работоспособности электрических распределительных сетей 10 кВ. М.: Энергоатомиздат, 2004. 422 с.
2. В. Ф. Важов. Техника высоких напряжений: курс лекций / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 112 с..
3. Астафьева, О.В. Исследование перенапряжений и разработка системы защиты от них в сетях среднего и высокого классов напряжения металлургических заводов и комбинатов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.14.12: защищена 25.05.2007: утверждена 11.10.2007/Халилов Фирудип Халилович. – Спб., 2007 – 224 с. – Библиогр.: с. 93–110. – 003069650.
4. А. Сердешнов, И.Протосовицкий, Ю.Леус, П. Шумра. Симметрирующее устройство для трансформаторов. Средство стабилизации напряжения и снижение потерь в сетях 0.4 кВ.// Новости электротехники – 2005. – С. 69-71.

УДК 631.22.018

ТОКСИЧНЫЕ ОТХОДЫ АПК И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ

Синица С.И.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Одним из направлений экологической безопасности является утилизация отходов сельскохозяйственного производства и в первую очередь животноводческих предприятий.

Большое разнообразие технологий содержания животных, способов уборки навоза из животноводческих помещений, типов и мощностей животноводческих ферм и комплексов, климатических условий приводит к получению различного вида навоза. В общем получае-

мый на фермах навоз сельскохозяйственных животных разделяют на подстилочный (навоз с подстилкой и кормовыми остатками) и бесподстилочный (навоз без подстилки с добавкой воды или без нее). Виды бесподстилочного навоза: полужидкий (содержит более 8% сухого вещества), жидкий (содержит 3-8% сухого вещества) и навозные стоки (содержат менее 3% сухого вещества). Основную массу органических отходов птицеводства получают в виде жидкого помета или пометных стоков. В соответствии с классификационным каталогом отходов навоз классифицируется следующим образом: навоз КРС перепревший (хранение не менее шести месяцев) – V класс опасности; навоз КРС свежий – IV класс опасности; навоз от свиней свежий – III класс опасности; навоз от свиней перепревший (хранение не менее одного года) – IV класс опасности.

Многие птицефабрики, размещающиеся около крупных городов и поселков, оказывают негативное действие на санитарно-экологическое состояние окружающей среды. Происходит загрязнение прилегающих к птицефабрикам почв, водоемов, лесов и пастбищ, в связи с несвоевременной утилизацией отходов. Таким образом, большая часть органического сырья не перерабатывается, накапливается вблизи птицефабрик. Птичий помет, как удобрение теряет свои ценные удобрительные свойства и представляет постоянную угрозу экологическому благополучию населения и соседним хозяйствам. Птичий помет рассматривается как токсичные отходы производства III класса опасности.

В то же время навоз и помет являются потенциальным источником распространения инфекционных и инвазионных заболеваний болезней животных и человека. Кроме того, в навозе содержится большое количество семян сорных растений, которые наносят значительный экономический ущерб при производстве продукции растениеводства. Поэтому, с одной стороны, исходный навоз является ценным органическим удобрением, а с другой – непосредственное его использование без предварительной подготовки представляет серьезную экологическую опасность для окружающей среды, животных и людей.

Биокомплекс предлагает комплексное решение по вопросам утилизации навоза и помета, которое включает ускоренную переработку в современных биогазовых установках. В процессе переработки, в ускоренном режиме протекают естественные процессы разложения органики с выделением газа включающего: метан, CO₂, серу, и т.д. Только получаемый газ не выделяется в атмосферу, вызывая парниковый эффект, а направляется в специальные газогенераторные (когенерационные) установки, которые вырабатывают электрическую и тепловую энергию.

Биогаз — горючий газ, образующийся при анаэробном метановом сбраживании биомассы и состоящий преимущественно из метана (55-75%), двуокиси углерода (25-45%) и примесей сероводорода, аммиака, оксидов азота и других (менее 1%).

Разложение биомассы происходит в результате химико-физических процессов и симбиотической жизнедеятельности 3-х основных групп бактерий, при этом продукты метаболизма одних групп бактерий являются продуктами питания других групп, в определённой последовательности.

Первая группа — гидролизные бактерии, вторая – кислотообразующие, третья — метанобразующие.

Навоз содержит большое количество биогенных веществ (табл. 1), которые определяют его как ценное органическое удобрение.

Курица-несушка производит в год около 0,8 кг азота и 0,2 кг фосфора.

Таблица 1 - Количество биогенных веществ, содержащихся в навозе различных видов животных

Вид животных	Содержание питательных веществ к сухому веществу, %		
	азот (N)	фосфор (P ₂ O ₅)	калий (K ₂ O)
Крупный рогатый скот	3,2	1,8	5
Свиньи	6	3,2	2,5

Различные исходные свойства получаемого навоза обусловили разработку разнообразных технологий подготовки его к использованию. Так, для подстилочного навоза в основном используют технологии компостирования. Для подготовки бесподстилочного навоза к использованию наибольшее распространение получили технологии компостирования полужидкого навоза, гомогенизации полужидкого и жидкого навоза, разделение жидкого навоза на фракции в отстойниках-накопителях, механическое разделение жидкого навоза на фракции, разделение жидкого навоза с полной биологической обработкой жидкой фракции, разделение жидкого навоза с частичной биологической обработкой жидкой фракции и др.

Навоз, помимо использования в качестве удобрения, является альтернативным источником энергии. При анаэробном сбраживании образуется такой ценный продукт, как биогаз.

Анаэробная переработка навозных стоков и помета в биогазовых установках позволяет очищать их без привлечения внешних источников энергии. Анаэробное сбраживание навоза протекает при температуре 35–39°C (мезофильный режим) на протяжении 25–30 суток. В этих условиях подавляются патогенные микроорганизмы, гибнут семена сорняков, яйца гельминтов, снижается содержание или почти полностью устраняются канцерогенные вещества, неприятный запах. Метаногены в биореакторе превращают органические отходы животноводства в обеззараженные органические удобрения, которые обладают высокой эффективностью и обеспечивают дополнительный прирост урожайности в среднем на 20–30% по сравнению с использованием несброженного навоза. В отличие от компостирования, при анаэробной переработке отсутствуют потери азота, которые в противном случае могут достигать 40%. В данном случае происходит минерализация азот-, фосфор- и калийсодержащих органических соединений с получением минерализованных форм NPK, наиболее доступных для растений. Кроме этого, в сброженном навозе по сравнению с несброженным в четыре раза увеличивается содержание аммонийного азота, а количество усваиваемого фосфора удваивается.

Такое жидкое удобрение способно повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 10–20% по сравнению с традиционным навозом, также анаэробное сбраживание жидкого навоза и помета позволяет решить проблему экологического, энергетического и агрохимического характера.

Литература

1. Б.Эдер, Х.Шульц Биогазовые установки, Практическое пособие / Под научной редакцией И. А. Реддих. – М: Zorg Biogas, 2011 – 268 с.
2. И.А. Степанова, А.С. Степанов. Утилизация отходов агропромышленного комплекса. – Оренбург, 2009. – 172 с.

УДК 621.313

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СХЕМАМИ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ» И «ЗВЕЗДА-ЗВЕЗДА С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ» ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

Прищепов М.А., д.т.н., доцент, **Зеленькевич А.И.**, **Збродыга В.М.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Работа всех элементов электрической системы при несимметрии токов и напряжений вызывает дополнительные потери мощности, снижает срок службы электрооборудования, уменьшает экономические показатели его работы. Уменьшение несимметрии можно обеспечить применением специальных корректирующих устройств. В системах электроснабжения сельскохозяйственных потребителей авторы рассматривают возможность использования для этого трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1-3].

Целью исследований является экспериментальное подтверждение способности «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» обеспечивать наиболее высокий уровень симметрии напряжений на его выводах, по сравнению с другими схемами, при несимметричном характере нагрузки. Для сравнительной оценки взята рекомендованная к применению в сельских электросетях и наиболее распространенная схема «звезда-звезда с нулевым проводом».

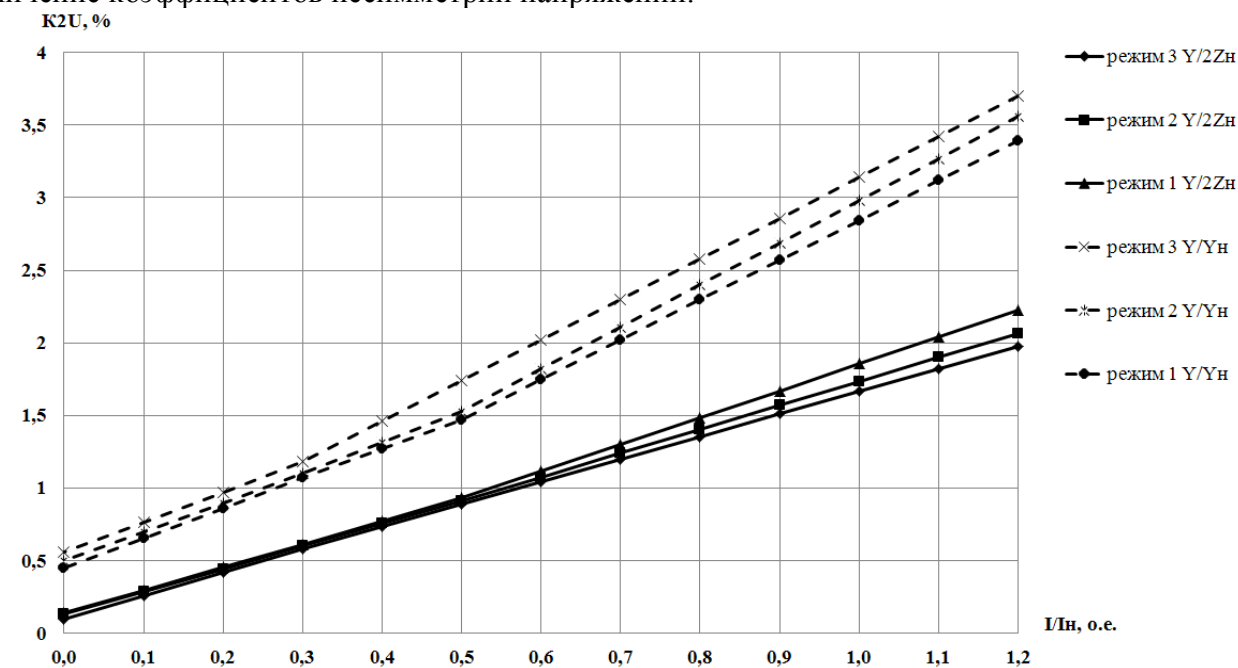
Исследования работы трансформатора при несимметричном характере нагрузки проводились с использованием одного магнитопровода путем смены обмоток. Исследуемый трансформатор был изготовлен в лабораторных условиях. Обмотки выполнены без изменения сечений. При исследовании нагрузка трансформатора и ее изменение обеспечивалось при помощи ползунковых реостатов. Были приняты следующие режимы нагрузки:

1. Ток в одной из фаз изменялся в пределах от 0 до $1,2 I_n$, а в двух других фазах был равен номинальному I_n .
2. Ток в одной из фаз изменялся в пределах от 0 до $1,2 I_n$, в другой фазе был равен нулю, в третьей фазе был равен номинальному I_n .
3. Ток в одной из фаз изменялся в пределах от 0 до $1,2 I_n$, а в двух других фазах был равен нулю.

В указанных режимах работы измерялись линейные и фазные напряжения трансформаторов высшей и низшей сторон, токи низшей стороны, коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности при помощи анализатора качества напряжения Fluke 425.

При доверительной вероятности равной 0,95, аргументе функции Лапласа 1,96 и величине ошибки, не превышающей 0,75 %, было проведено по 24 опыта для каждого из рассматриваемых режимов.

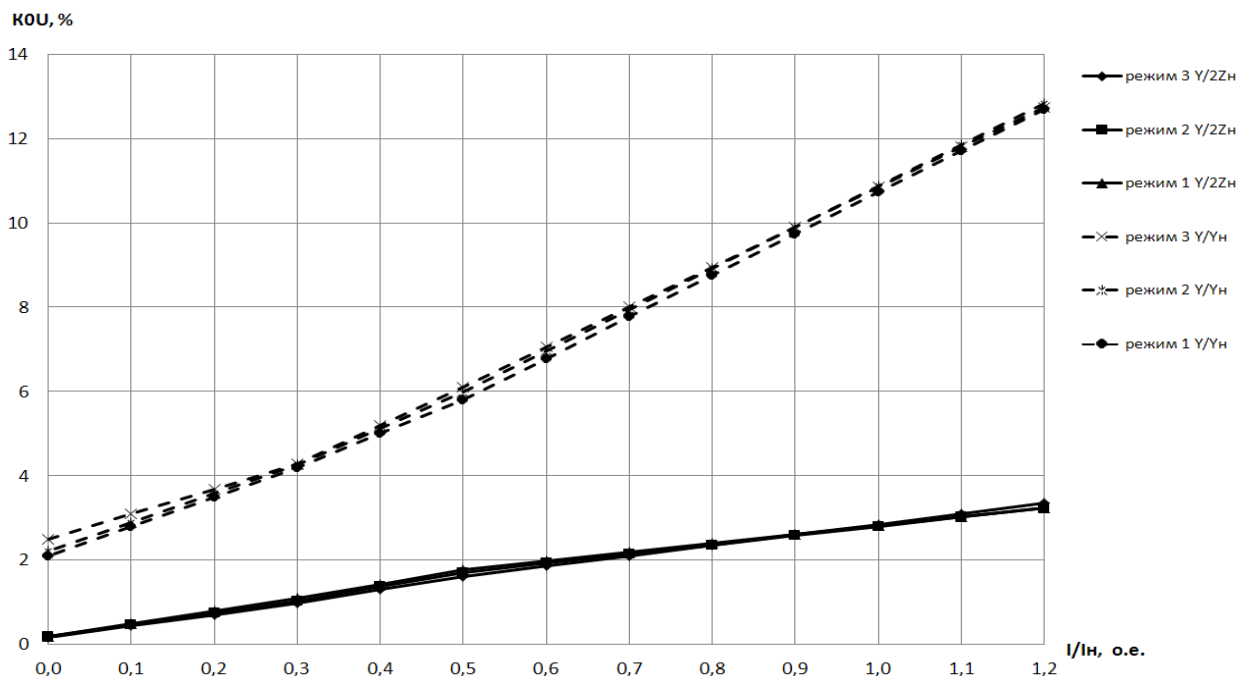
Напряжения первичной стороны у трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» сохраняют симметрию при несимметричной нагрузке трансформатора. Коэффициент несимметрии его первичных напряжений практически равен нулю. Для определения влияния величины несимметрии нагрузки на искажение симметрии вторичных напряжений проведены исследования зависимости коэффициентов несимметрии напряжений вторичной стороны от токов нагрузки для принятых режимов, для каждой из исследованных схем соответственно. По этим данным построены графики, приведенные на рисунках 1 и 2, из которых видно, что рост несимметрии нагрузки вызывает увеличение коэффициентов несимметрии напряжений.



1 – режим $I_a = 0 \dots 1,2 I_n, I_b = I_n, I_c = I_n$; 2 – режим $I_a = 0, I_b = 0 \dots 1,2 I_n, I_c = I_n$; 3 – режим $I_a = 0, I_b = 0, I_c = 0 \dots 1,2 I_n$.
Рисунок 1 – Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности от тока нагрузки для трансформаторов

При номинальном значении нагрузки коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности не превышает 1,86 %, что не превышает нормально допустимого стандартом значения.

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности не превышает 2,85 %, что на 0,85 % выше нормально допустимого, но ниже предельно допустимого значения.



1 – режим $I_a = 0 \dots 1,2 I_n$, $I_b = I_n$, $I_c = I_n$; 2 – режим $I_a = 0$, $I_b = 0 \dots 1,2 I_n$, $I_c = I_n$; 3 – режим $I_a = 0$, $I_b = 0$, $I_c = 0 \dots 1,2 I_n$.

Рисунок 2 – Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности от тока нагрузки для трансформаторов

При эксплуатации маловероятно возникновение такой глубокой несимметрии нагрузки, которая создавалась при проведении эксперимента в лабораторных условиях. Поэтому можно утверждать, что схема соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» обеспечивает симметрию напряжений в допустимых стандартом пределах значений и может успешно применяться в электроустановках сельскохозяйственных потребителей при несимметрии нагрузки.

Литература

1. Патент №16008 Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» - № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.
2. Прищепов, М.А. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 16-25.
3. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 25-31.

**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА УСТАНОВОК КОМПЕНСАЦИИ
РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**Счастный В.П.¹, к.т.н., доцент, Зеленькевич А.И.²¹БНТУ, ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Эффективное использование энергоресурсов — обязательное условие функционирования и динамичного развития современного предприятия. Для выполнения целевых показателей энергосбережения и для повышения эффективности функционирования производств предприятиям необходимо изыскивать резервы энергосбережения одним из которых является компенсация реактивной мощности (КРМ) в электрических сетях предприятий.

Большинство приёмников электрической энергии в силу своих физических свойств вместе с активной потребляют из сети реактивную энергию, которая необходима для создания электромагнитного поля.

Эффективность использования электрической мощности потребителем характеризуется коэффициентом мощности ($\cos\varphi$). В электрических сетях большинства предприятий $\cos\varphi$ находится в пределах 0,6–0,8, соответственно, потребляемая реактивная мощность может составлять от 75 до 130 % величины потребляемой активной мощности. В этих условиях потери электроэнергии, обусловленные передачей «бесполезной» реактивной мощности, равноценны или даже превышают потери от передачи «полезной» активной мощности.

Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий позволяет: снизить потери энергии в электрических сетях, вызванные передачей реактивной мощности и сократить за счёт этого расходы на оплату потреблённой электроэнергии; повысить пропускную способность электрических сетей без их масштабной реконструкции (замены силовых трансформаторов, шинопроводов, кабелей); повысить качество электроэнергии в электрических сетях; уменьшить нагрев токоведущих частей трансформаторов, реакторов, шин, кабелей, повысить их эксплуатационную надёжность, увеличить сроки службы.

Анализ данных, приведённых в [1], свидетельствует о том, что установка 1 квар мощности компенсирующих устройств позволяет экономить в среднем от 40 до 80 кВт·ч электроэнергии в год. В отдельных случаях эта величина достигает 100 кВт·ч/год и более. Разбегка значений показателя обусловлена рядом факторов, характеризующих местные условия: конфигурацией схем электроснабжения предприятий и расположением границ раздела балансовой принадлежности электрических сетей; напряжением электрических сетей и величинами реактивных нагрузок потребителей; типами и мощностью силовых трансформаторов; длиной, сечением и материалом проводников линий электропередачи; графиками работы производств.

Необходимо отметить, что в последние годы интерес предприятий к внедрению новых и модернизации существующих компенсирующих устройств возрос. Этому, несомненно, способствуют жёсткая государственная политика энергосбережения, необходимость разгрузки электрических сетей предприятий в целях наращивания производственных мощностей.

Выбор мощности конденсаторной установки – сложная задача, требующая большого количества оптимизационных расчетов [2]. Одним из критериев оптимизации является наименьший срок окупаемости капиталовложений.

На рисунке 1 приведена зависимость удельной стоимости конденсаторной установки от количества ступеней регулирования (по данным ведущих мировых производителей).

Как видно из графика, при увеличении количества ступеней регулирования удельная стоимость установки уменьшается. Большее число ступеней позволяет более полно скомпенсировать реактивную мощность на предприятии и снизить величину потерь.

На рисунке 2 приведена зависимость удельной стоимости ступени регулирования конденсаторной установки от количества ступеней регулирования.

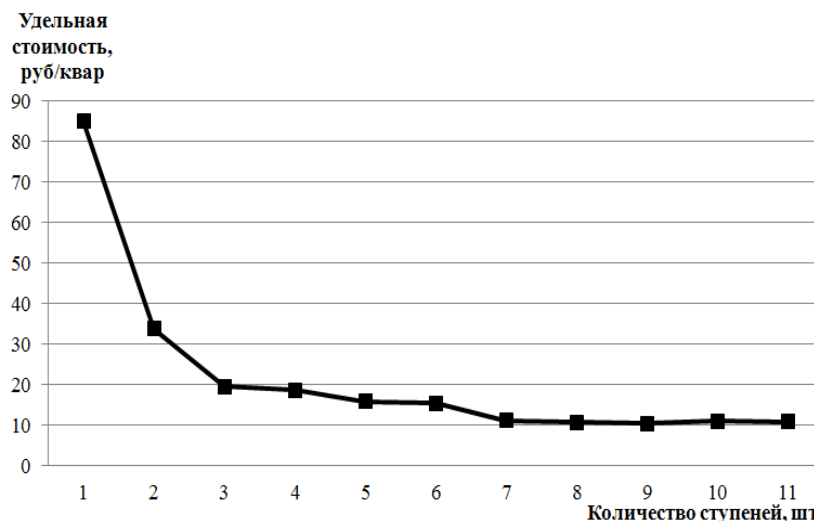


Рисунок 1 – Зависимость удельной стоимости конденсаторной установки от количества ступеней регулирования

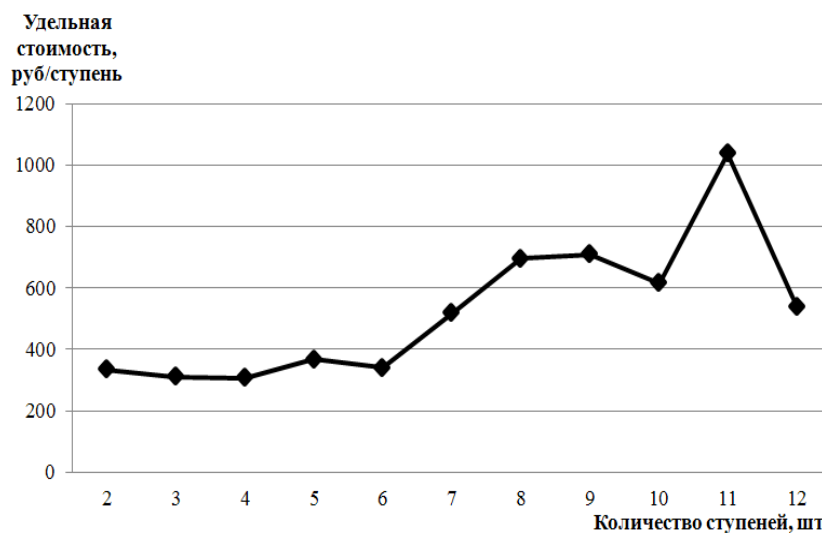


Рисунок 2 – Зависимость удельной стоимости ступени регулирования конденсаторной установки от количества ступеней регулирования

Как видно из графика, при увеличении количества ступеней регулирования выше 6 удельная стоимость установки резко увеличивается.

При прочих равных условиях, целесообразно применять установки не более чем с 6 ступенями регулирования.

К решению проблемы компенсации на предприятиях необходим индивидуальный подход, включающий анализ электрических нагрузок, графиков потребления реактивной мощности; исследование качества напряжения в электрических сетях; расчёт параметров и выбор компенсирующих устройств; технико-экономическое обоснование.

Литература

1. Счастный, В.П. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий / В.П. Счастный, А.И. Жуковский, А.И. Зеленькевич // Энергия и менеджмент. – 2013. – № 4-5. – С. 62-65.
2. Жуковский А.И. Повышение эффективности компенсации реактивной мощности в сельских электрических сетях 0,38 кВ с использованием регулируемых конденсаторных установок: автореф. дис. канд. техн. наук. – Минск, 2001. – 21 с.

О РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ
Янукович Г.И., к.т.н., профессор, **Королевич Н.Г.**, к.э.н., доцент, **Тюнина Е.А.**
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в состав белорусской энергосистемы (объединение «Белэнерго») входит шесть республиканских унитарных предприятий электроэнергетики (РУП) по числу областей, объединенное диспетчерское управление РУП «ОДУ», а также ряд других связанных с электроэнергетикой предприятий (строительство, НИОКР, ремонт, монтаж и т.д.).

При данной схеме структуры ГПО «Белэнерго» рыночный механизм организационно-экономических отношений хозяйствующих субъектов в сфере электроснабжения вообще и тем более аграрного производства выполнить не возможно. Для его создания предлагалось провести реструктуризацию белорусской энергосистемы.

Реструктуризация должна создать законодательную основу, условия для появления на рынке независимых производителей и обеспечить прозрачность, необходимую для принятия долгосрочных инвестиционных решений.

Еще в июле 2003 года состоялось заседание коллегии Министерства энергетики, на котором и были рассмотрены вопросы реструктуризации электроэнергетической отрасли республики. В середине 2008 года по заданию Совета Министров Республики Беларусь РУП "Энергетическая стратегия» был разработан проект Концепции реструктуризации отрасли «Электроэнергетика» (далее Концепция), а 08.07.2003 года Президиум Совета министров Беларуси одобрил разработанную концепцию реструктуризации электроэнергетики республики. Конечной целью ее является разделение энергопроизводства по видам деятельности.

В соответствии с указанным проектом Концепции предлагается создать три компании: ГПО «Белгенерация», в которую войдут электростанции высокого и среднего давления, РУП «Национальная сетевая компания», в которую войдут магистральные электрические сети высокого напряжения и ГПО «Белэнерго», в которое войдут РУП «Распределительно-сбытовые компании» (РУП «РСК»).

Надо отметить, что в проекте Концепции есть определенные недостатки: предлагаемый вариант реструктуризации отрасли фактически не предусматривает создание конкурентного рынка электроэнергии, предприятия, входящие в одно производственное объединение, не смогут конкурировать между собой, поскольку существование жестких внутрифирменных связей исключает развитие конкурентных отношений.

В последнее десятилетие проблема реструктуризации электроэнергетики в Беларуси активно обсуждается в правительстве, Министерстве энергетики, а также консультантами. Однако до сих пор так и не было выработано единое мнение по данному вопросу.

Для его создания предлагается республиканские унитарные предприятия электроэнергетики (РУП), которые в настоящее время занимаются производством, передачей, распределением и продажей электрической энергии, реорганизовать в три отдельные структурные подразделения: электростанции, которые занимаются только вопросами производства электрической и тепловой энергии; электрические сети, которые занимаются транзитом и распределением электроэнергии и энергообъём, который занимается только вопросами реализации электрической энергии.

Каждая электростанция производит электроэнергию, определяет ее себестоимость, учитывает накладные расходы и устанавливает стоимость производимой энергии. По данному тарифу электростанции отпускают электроэнергию установленного в соответствии со стандартом качества электрическим сетям.

Электрические сети просчитывают стоимость транзита электроэнергии от каждой электростанции к потребителям во все регионы республики. При этом они учитывают потери энергии в электрических сетях, зарплату и прочие накладные расходы и устанавливают стоимость электроэнергии на данном этапе. Электрические сети обеспечивают качество электроэнергии и надежность ее передачи от электростанции к потребителю. Они занимаются

обслуживанием электрических сетей, текущим и капитальным ремонтом их, строительством новых сетей с целью удешевления транзита электроэнергии. Электрические сети определяют схему транзита электроэнергии от конкретной электростанции к определенному потребителю, чтобы снизить потери электроэнергии на ее передачу и ее стоимость. Электрические сети обязаны возмещать убытки в полном объеме за нарушение надежности транзита электроэнергии и ее качества, если они произошли по вине сетей.

Энергосбыт окончательно устанавливает тариф на электроэнергию от каждого источника электроснабжения с учетом собственных затрат. Каждый потребитель электроэнергии заключает с ним договор на электроснабжение. В нем должна быть указана электростанция, от которой он хочет получать электроэнергию, указаны показатели качества электроэнергии и категории потребители по надежности электроснабжения. В договоре должны быть оговорены штрафные санкции к виновникам нарушения условий договора (электрические сети или потребитель). Кроме того, в договоре необходимо указать, что потребитель имеет право отказаться от оплаты за электроэнергию в случае нарушения поставщиком требований, предъявляемых в соответствии с настоящим договором к качеству электроэнергии или надежности электроснабжения. Потребитель должен иметь право поменять источник электроснабжения [1].

Литература

1. Королевич, Н. Г., Янукович, Г. И. Теоретические основы качества электроснабжения сельскохозяйственного производства и методология его повышения / Королевич Н. Г., Янукович Г.И. – Минск, ИВЦ Минфина, 2019. – 142 с.

УДК 631.372

АНАЛИЗ СХЕМ ПРИВОДА УНИФИЦИРОВАННОЙ МАШИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Филькин Н.М., д.т.н., профессор, Музафаров Э.Р.
ИжГТУ, г. Ижевск, Российская Федерация

Для транспортировки грузов россыпью, навалом и т.п., для применения машины в качестве тягача прицепов и в качестве унифицированного шасси для выполнения различных видов работ (путем использования стандартных навесных устройств для различных видов передне- и задненавесного оборудования) в закрытых тепличных комплексах АПК наиболее перспективным типом машин является унифицированная машина технологического электротранспорта (УМТЭТ) [1, 2, 3], созданная ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» и АО «Сарapulьский электрогенераторный завод», выпуск которой начинается в текущем году (рис. 1).

При разработке концепции новой унифицированной машины технологического электротранспорта выбор типа привода является в высшей степени основополагающим решением. Наряду с требованиями экономичности, безопасности и компактности особое значение при определении концепции имеют показатели управляемости, устойчивости и тяговой динамики машины с различными типами привода.

Теоретически для двухосной машины технологического электротранспорта существуют три группы и восемь вариантов возможного расположения электрического двигателя и ведущей оси.

Группы следующие: привод на передние ведущие колеса; привод на задние ведущие колеса; привод на все колеса.

Варианты исполнения: 1 – привод на передние колеса, двигатель установлен продольно перед передней осью; 2 – привод на передние колеса, двигатель установлен продольно за передней осью; 3 – привод на передние колеса, двигатель установлен параллельно управляемой оси; 4 – привод на задние колеса, двигатель установлен за задней осью; 5 – привод на задние

колеса, двигатель установлен перед задней осью; 6 – привод на задние колеса, двигатель установлен параллельно оси; 7 – постоянный полный привод на все колеса, двигатель установлен параллельно оси; 8 – отключаемый полный привод на все колеса, двигатель установлен параллельно оси.



Рисунок 1 – Варианты исполнения УМТЭТ

Результаты проведенного анализа недостатков и достоинств рассматриваемых вариантов конструкций исполнения приводов УМТЭТ представлены в табл. 1.

Исходя из проведенного анализа и требования к разрабатываемой УМТЭТ можно сделать выводы:

- привод на передние ведущие колеса не является предпочтительным. Увеличение передней части кузова перед передней осью приведет к уменьшению маневренности и увеличению радиуса поворота технологического электротранспорта. Для вариантов 1, 2 придется использовать гипоидную передачу для изменения направления потока мощности, подводимой от электрического двигателя к ведущим колесам. При нагруженном состоянии на ведущие колеса будет приходиться малая часть веса технологического электротранспорта, что приведет к проскальзыванию ведущих колес на дорогах с малым коэффициентом сцепления шин с полотном дороги. Передняя управляемая ось будет еще и ведущей, что приведет к усложнению и удорожанию конструкции переднего моста;

- привод на задние ведущие колеса является предпочтительным, а именно привод на задние колеса с двигателем, установленным над задней осью. Уменьшение задней части кузова приведет к улучшению маневренности и уменьшению радиуса поворота УМТЭТ. Для вариантов 4, 5 придется использовать гипоидную передачу для изменения направления потока мощности, подводимую от электрического двигателя к ведущим колесам. Установка двигателя над задней осью позволит увеличить вес, приходящийся на ведущую ось в ненагруженном состоянии, путем совмещения редуктора и дифференциала, увеличить КПД трансмиссии;

- привод на все колеса не является предпочтительным. Основное назначение разрабатываемой машины технологического электротранспорта является выполнение транспортных работ на дорогах общего пользования и закрытых зонах тепличных комплексов, цехов и т.п., где применение полного привода не целесообразно из-за увеличенного расхода энергии и высокой стоимости элементов конструкции.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа конструкций приводов УМТЭТ

№ варианта	Достоинства	Недостатки
1	Освобождение средней части кузова для возможности размещения большего количества груза или источников питания, увеличение веса машины, приходящего на передние ведущие колеса.	Ухудшение тяговых свойств из-за меньшего веса нагруженной машины, приходящего на ведущие колеса. Увеличение длины свеса передней части, что увеличивает радиус поворота машины. Необходимость применения гипоидной передачи.
2	Освобождение передней части кузова для уменьшения длины свеса, а также возможности размещения водителя и пассажира перед передней осью.	Ухудшение тяговых свойств из-за меньшего веса нагруженной машины, приходящего на ведущие колеса. Использование средней части кузова под размещение электродвигателя приводит к уменьшению объема под накопитель энергии. Необходимость применения гипоидной передачи.
3	Освобождение передней части кузова для уменьшения длины свеса, а также возможности размещения водителя и пассажира перед передней осью.	Ухудшение тяговых свойств из-за меньшего веса нагруженной машины, приходящего на ведущие колеса.
4	Освобождение средней части кузова, возможность размещения накопителей энергии в данной части.	Увеличение длины свеса задней части, что увеличивает радиус поворота машины.
5	Освобождение задней части кузова для уменьшения длины свеса.	Использование средней части кузова под размещение электродвигателя, что уменьшает объем под накопитель энергии.
6	Освобождение средней и задней части кузова путем выбора необходимой компоновки электродвигателя, например, над задней осью. Простой в конструкции и дешевый колесный редуктор цилиндрических зубчатых колес.	Возможное увеличение высоты машины.
7	Увеличение динамического фактора и проходимости машины.	Увеличение расхода энергии на совершение транспортной работы, сложность и дороговизна конструкции.
8	Увеличение динамического фактора и проходимости машины. Повышение КПД трансмиссии в сравнении с постоянным приводом на ведущие колеса.	Увеличение расхода энергии на совершение транспортной работы, сложность и дороговизна конструкции.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующий вывод. Более рационально с точки зрения использования свободного пространства и требований, предъявляемых к УМТЭТ, использовать привод на задние колеса с расположением двигателя параллельно над осью, т.е. вариант 6.

Литература

1. Коршунов, А.И. Системные подходы в конструировании и дизайн-проектировании унифицированной машины технологического электротранспорта (УМТЭТ) [Текст] / А.И. Коршунов, Р.С. Музафаров, М.А. Плетнев и др. // Интеллектуальные системы в производстве: Период. науч.-практ. журнал Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова. – Вып. 2 (23). – Ижевск: ИжГТУ, 2016. – С. 40-47.
2. Филькин, Н.М. Разработка унифицированной платформы напольного электротранспорта [Текст] / Н.М. Филькин, Р.С. Музафаров, А.Ф. Мкртчян и др. // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова: Науч.-теорет. журнал. – Том 20, № 3. – Ижевск: ИжГТУ, 2017. – С. 41-42.
3. Филькин, Н.М. Унифицированная платформа наземного электротранспорта / Н.М. Филькин [и др.] // Патент на промышленный образец 102998. Приоритет промышленного образца 13.04.2017 г.

УДК 631.363

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Шатковский А.И., к.т.н., Базулина Т.Г.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

С ростом энерговооружённости и модернизацией сельскохозяйственных предприятий, приходом нового, сложного и дорогого электрооборудования остро стоит задача об обеспечении его безаварийной и квалифицированной эксплуатации. На балансе с\х предприятий находится значительное количество электрооборудования отработавшего свой нормативный срок службы. Средств на поддержание такого оборудования в рабочем состоянии и проведении регламентного технического обслуживания постоянно не хватает.

Хроническая нехватка квалифицированных кадров и постоянный их отток, остро ставят вопрос в сложившейся ситуации о поисках новых организационных и технических решениях способных обеспечить безаварийную эксплуатацию имеющегося электрооборудования.

Основной задачей эксплуатационников является оперативная оценка состояния электрооборудования и прогнозирование по результатам его обследования остаточного ресурса. Существующая система плановых осмотров и предупредительных ремонтов оборудования весьма трудоёмка, затратна и не гарантирует надёжное обнаружение и устранение неисправности, дефектных узлов и деталей.

Большинство производимого современного оборудования имеет встроенные элементы диагностики, позволяющие исключить катастрофические отказы, заблаговременно известив о неисправности обслуживающий персонал. Но, в большинстве оборудования, находящегося в настоящее время в эксплуатации сельскохозяйственных предприятий, отсутствуют не только элементы диагностики, но в ряде случаев и элементы защиты, что приводит к существенным материальным потерям, оборудования и с\х продукта.

Среди ряда методов позволяющих контролировать состояние оборудования в процессе эксплуатации особо следует отметить тепловизионный контроль. Он позволяет обнаруживать дефекты на ранней стадии их развития проявляющихся в виде избыточного тепла и температурных изменений, в том числе: контактных соединений, участков перегрузки кабелей, оценку теплового состояния трансформаторов различного назначения, электродвигателей, разрядников, реакторов и другого электрооборудования

Применение тепловизионных обследований позволяет перейти к системе поддержания эксплуатационной готовности оборудования путем организации мониторинга технического состояния электрооборудования и проведения упреждающего обслуживания или ремонта по результатам этого мониторинга.

Преимуществами тепловизионной диагностики электрооборудования по сравнению с другими методами контроля являются:

- возможность обследования объектов в процессе эксплуатации без снятия напряжения;
- дистанционная регистрация дефектов объекта без необходимости нахождения в опасной или рабочей зоне;
- возможность оперативной классификации дефектов по степени их опасности;
- возможность объективного, оперативного документирования обнаруженных дефектов.

Перечисленные достоинства тепловизионной диагностики, несомненно, ставят этот метод во главу угла диагностического контроля. Но, длительное время широкое использование тепловизионной аппаратуры для диагностики электрооборудования сдерживалось недоступностью его из-за высокой стоимости тепловизионных приборов и необходимости применять жидкий азот для охлаждения приёмной матрицы.

В настоящее время, благодаря прогрессу в области электронных компонентов, разработаны портативные тепловизионные камеры, охлаждение приёмной матрицы, которых осуществляется на эффекте Пельтье. Благодаря этому за несколько лет стоимость портативных тепловизионных камер упало в десятки раз. Кроме того, появились камеры, совмещаемые со

смартфонами, которые позволяют производить тепловизионную съёмку, видеосъёмку, и оперативно отсылать их любому абоненту.

В качестве примера можно привести, тепловизионную камеру Seek Thermal разработанную специально для смартфонов компанией Flir при совместном сотрудничестве с фирмой Raytheon. Эта камера является полноценным тепловизионным устройством, которое можно подключить через micro USB к смартфону и получить на дисплее видеотрансляцию с инфракрасной камеры. Тепловая съемка ведется с помощью главного элемента тепловизора – миниатюрного болометра, который имеет объектив из специального стекла. При помощи болометра Seek Thermal снимается температурная картина окружающих предметов и поверхностей. Камера измеряет температуру от минус сорока до трёхсот градусов по Цельсию. Цена такого самого недорогого тепловизора составляет всего 199\$. [1] Подобный ценовой уровень позволяет иметь тепловизионную аппаратуру в любом хозяйстве и перейти от плановых технических осмотров оборудования при планово-предупредительном ремонте к сплошному систематическому мониторингу тепловых режимов электроприводов, электрооборудования и теплового хозяйства.

Документирование и ретроспективный анализ тепловизионных съёмок позволят выявить температурные тренды на самых ранних этапах возникновения дефектов в обследуемом оборудовании и принять упреждающие меры по предотвращению отказа оборудования. Несомненно, покупка тепловизионного оборудования не решит все задачи эксплуатационников, потребует дополнительных затрат на обучение персонала, но массовое использование современного тепловизионного оборудования позволит в дальнейшем существенно снизить эксплуатационные затраты, создать иерархическую структуру контроля реального технического состояния оборудования в Республике.

Литература

1. <https://www.pergam.ru/articles/smartfon-teplovizor.htm>.

УДК 664.723

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

Цубанов И.А., Цубанова И.А., Безгодова И.Д.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Среди общих потерь зерна большой удельный вес имеют потери обусловленные хранением сырого зерна. Поэтому основным способом сохранения качества зерна является сушка, направленная на снижение влажности зерна до кондиционной. Природно-климатические условия Республики Беларусь предопределяют необходимость сушки более половины убранного зерна перед закладкой на хранение.

Сушка является ключевой операцией в комплексе мероприятий по послеуборочной обработке зерна. И в тоже время – это самый энергозатратный процесс. Это связано с тем, что для сушки зерна в основном используются конвективные сушилки. Кроме расходов электрической энергии на транспортировку зерна и подачу агента сушки и воздуха, значительные затраты теплоты расходуются на приготовление агента сушки в топочных агрегатах.

Снижение расходов топлива на зерносушение неразрывно связано с утилизацией теплоты отработавшего агента сушки.

Рассмотрим использование компрессионного теплового насоса в конвективной зерносушилке. Предусмотрено осушение отработавшего сушильного агента с последующим его использованием для низкотемпературной сушки семенного зерна. В этих условиях температура агента сушки не превышает 70°.

Отработавший агент сушки насыщен водяным паром, что свидетельствует об использовании его влагопоглощательной способности. В испарителе теплового насоса агент сушки

охлаждается, что приводит к выпадению конденсата и осушке воздуха. При прохождении через конденсатор воздух нагревается до заданной температуры, после чего вновь поступает в сушильную камеру.

Условия энергосбережения определяются параметрами работы теплового насоса:

- коэффициентом преобразования μ ;
- разностью температур конденсации и испарения хладагента в тепловом насосе $\delta t_{\text{тн}}$;
- удельными затратами электрической энергии на привод компрессора $l_{\text{км}}$.

Предложена зависимость для определения коэффициента преобразования [1]:

$$\mu = 8,13 - 0,088\delta t_{\text{тн}}. \quad (1)$$

Для расчета разности температур конденсации и испарения хладагента следует пользоваться формулой:

$$\delta t_{\text{тн}} = t_1 - t_3 + \delta t_1 + \delta t_2, \quad (2)$$

где t_1 – температура агента сушки на входе сушильной камеры, °С; t_3 – температура воздуха на выходе из испарителя °С; δt_1 и δt_2 – наименьшие температурные напоры в конденсаторе и испарителе.

В случае применения теплового насоса для осушения агента сушки удельные затраты на привод компрессора определяются внутренним тепловым балансом сушильной камеры. Эти затраты оказываются равными разности добавлений и затрат теплоты в сушильной камере:

$$l_{\text{км}} = -\Delta. \quad (3)$$

Тогда коэффициент преобразования при принятых условиях работы теплового насоса будет равен:

$$\mu = \frac{(t_1 - t_3)A}{(t_1 - t_2)l_{\text{км}}}, \quad (4)$$

где A – параметр, характеризующий процесс сушки, кДж/кг; t_2 – температура агента сушки на выходе сушильной камеры, °С.

При этом $A = 2500 + 1,88t_2 - \Delta$.

Решая систему уравнений (1)–(4), окончательно получаем:

$$\delta t_{\text{тн}} = \frac{8,13(t_1 - t_2) + B(\delta t_1 + \delta t_2)}{0,088(t_1 - t_2)B}, \quad (5)$$

где $B = -A / \Delta$.

Из уравнения (5) следует, что значение $\delta t_{\text{тн}}$ зависит от разности добавлений и затрат теплоты в сушильной камере. При увеличении величины Δ разность температур конденсации и испарения уменьшается. Снижение значения $\delta t_{\text{тн}}$ при заданном температурном режиме приводит к повышению температуры охлажденного воздуха t_3 . В этом случае процесс сушки смещается в более влажную область состояния воздуха.

С другой стороны уменьшение значения Δ приводит к снижению непроизводительных затрат теплоты, а следовательно уменьшает экономический эффект при использовании тепловых насосов в конвективных зерносушилках.

Из вышесказанного следует, что условие применения тепловых насосов в конвективных зерносушилках для осушения агента сушки определяется внутренним тепловым балансом сушильной камеры и выражается следующим неравенством:

$$\Delta_{\text{min}} \leq \Delta \leq \Delta_{\text{max}},$$

где Δ_{min} – наименьшее значение Δ для обеспечения энергосбережения в требуемых размерах, кДж/кг; Δ_{max} – наибольшее значение Δ , при котором не происходит переувлажнение агента сушки в сушильной камере, кДж/кг.

Литература

1. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А. Цубанов // Агропанорама. – № 3, 2009. – С. 22-27.

УДК 631.371

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Карпович А.М., Цубанова И.А.

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Основой существования современного общества является стабильное наличие различных источников энергии. Постоянный рост потребления требует постоянного роста добычи традиционных энергоресурсов. Ограниченность энергетических ресурсов привела к поиску альтернативных источников энергии. Вместе с тем, альтернативные источники энергии и процесс их использования выдвигают на первый план достаточно большое количество новых проблем, которые необходимо решать.

Альтернативные источники энергии имеют в своем основании процессы, длительность которых значительно превышает период восстановления традиционных источников энергии. Солнечное излучение, приливы, ветер и тепло земной мантии не могут закончиться в ближайшие тысячелетия. Соответственно, использование данных процессов для получения энергии не имеет ограничений.

Наиболее развитые страны, потребляющие значительные объемы вырабатываемой энергии, развернули массивную программу внедрения альтернативных источников энергии. Республики Беларусь также не может отказаться от использования альтернативных источников энергии, но при этом необходимо учитывать особенности белорусской экономики.

Прогноз Мирового энергетического конгресса утверждает, что к 2020 году альтернативные источники энергии в общем энергопотреблении займут около 5,8 %. Такие развитые страны как США, Великобритании, Франция, Германия и др. предполагают приблизиться к цифре в 20 %. В странах Европы планируется к 2020 году использование экологически чистого теплоснабжения в 70 % всего жилого фонда Европы. [1, с. 123]

Наиболее массовые альтернативные источники энергии при производстве энергии опираются на энергию Солнца, ветра и воды. Иные альтернативные источники являются достаточно специфическими и зачастую сильно привязаны к конкретным особенностям местности, которые связаны с геологическими или космическими процессами.

Наиболее распространенными источниками альтернативной энергии является использование солнечных фотоэлектрических преобразователей, которые производят ежегодно около 300 МВт и ветроустановки, имеющие суммарную мощность 70 000 мВт. [2, с. 23]

Необходимо отметить, что количество традиционных ресурсов на нашей планете еще достаточно большое. Кажущееся противоречие между стремлением внедрять альтернативные источники энергии из-за конечности традиционных источников объясняется просто. Добыча традиционных ресурсов имеет конкретную рентабельность, которая определяется сложностью их добычи и доставки к конечному потребителю. В случае отрицательной рентабельности добычи ресурсов, можно утверждать, что эти ресурсы для рынка фактически отсутствуют.

Использование Солнца в качестве источника энергии наряду с преимуществами, имеет и значительное количество недостатков. Наиболее значимой проблемой является отсутствие равномерного потока света на протяжении суток, а также зависимость солнечного излучения от времени года. Следовательно, солнечные батареи не являются стабильным источником энергии. Решением данной проблемы является использование различных систем аккумуляции энергии, увеличивающих срок окупаемости установки.

Вместе с тем, необходимо отметить, что более эффективным является использование источников аккумуляции солнечного излучения в качестве нагревательного прибора. Если цена установки будет составлять в эквиваленте 4000 долларов США, то срок окупаемости составит около 4 лет. Юридические лица, имеющие необходимость в постоянном получении теплой воды, окупают данный вид установки в течение 1-2 лет. Использование дополнительных нагревательных приборов необходимо в этом случае лишь в зимний период.

Также стоит отметить, что использование солнечных батарей на территории Республики Беларусь рационально лишь в местах, которые удалены от основных линий электропередач либо имеют незначительный объем потребляемой электроэнергии.

Ветроэнергетика на территории Республики Беларусь также имеет свои ограничения. Проведенные различными организациями исследования выявили около 2000 мест, которые оптимальны для размещения ветроустановок. Основные требования к месту размещения ветроустановки – высота холма до 80 метров и скорость ветра более 5 м/с. Последнее условие является особенно критическим для использования ветряков на нашей территории, так как средняя скорость составляет около 5 м/с, тогда как оптимальным для работы ветроэнергетической установки является скорость 10 м/с. Следовательно, срок окупаемости ветряка, по различным оценкам, может достигать до 40 лет.

Массовость внедрения различных видов альтернативных источников энергии в странах Европы и Америки имеет под собой некоторые объективные причины, которые для Республики Беларусь не являются актуальными.

Одной из главных причин является различие стоимости единицы электроэнергии в странах Европы. Сравнивая стоимость киловатта в час в республике Беларуси можно увидеть, что на территории Германии она выше в 6,1 раза, Великобритании – 4,5, Швеции – 3,9, Франции – 3,4, Финляндии – 3,2. Поэтому альтернативные источники энергии в западных странах имеют более короткий срок окупаемости, что делает их использование финансово перспективными.

Осуществляемые при этом различные программы финансового и налогового стимулирования использования альтернативных источников энергии приводят к увеличению интереса к данному направлению.

Отметим, что на территории постсоветского пространства цены на электроэнергию являются также низкими в сравнении со странами Европы и Америки. Несмотря на значительный интерес к альтернативным источникам энергии, их реальное использование достаточно низкое. Необходимо отметить, что в отдельных регионах осуществляется массивное использование солнечной и ветровой энергетика. Однако, эти регионы характеризуются тем, что доставка традиционных энергоносителей к ним сложна и имеет высокую стоимость. Вследствие этого, использование альтернативных источников окупается в короткие сроки.

Как видно из вышесказанного, использование ветровых и солнечных источников энергии в значительных количествах на территории республики Беларусь ограничивается как природными условиями, так и значительными отличиями от других стран.

Структуре энергопотребления Республики Беларусь характеризуется тем, что промышленные предприятия потребляют более 57 % всей вырабатываемой электроэнергии. Соответственно, альтернативные источники энергии могут использоваться лишь для предприятий с малым энергопотреблением и наличием возможности использования традиционных источников в случае падения выработки электроэнергии.

Предприятия сельского хозяйства потребляют 10,7 % вырабатываемой в республике электроэнергии. Причем, размещение этих предприятий по территории страны позволяет обеспечить их электроснабжение с опорой на альтернативные источники энергии в большей мере, чем для промышленных предприятий.

Отметим, что одним из перспективных источников замещения традиционных энергоресурсов является использование биогаза. Так как сельскохозяйственные предприятия являются источником различных видов отходов, которые могут перерабатываться в биогаз и ценные удобрения.

Полученный газ используется для выработки электроэнергии и тепла. Использование установок по получению биогаза показали, что установка затрачивает на полное обеспечение внутренних потребностей предприятия по теплу и электроэнергии лишь 34 % полученной энергии.

Литература

1. Кондаков, А.М. Альтернативные источники энергии - М.: Прива. 2006.- 205 с.
2. Кононов, Ю.Д. Энергетика и экономика. Проблемы перехода к новым источникам энергии. - М.: Наука, 2000.- 271 с.
3. Энергетические ресурсы мира. Под редакцией Непорожного П.С., Попкова В.И. - М.: Энергоатомиздат. 2008.-256 с.

УДК 681.51

**РАСЧЕТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ
УРОВНЯ ВОДЫ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ**

Матвейчук Н.М., к.ф.-м.н., Быковский А.А.
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

С целью обеспечения навыков разработки и исследования систем автоматического управления с использованием современных средств моделирования технологических процессов выполнение лабораторных работ по дисциплине теория автоматического управления проводится на учебной экспериментальной установке по изучению систем замкнутого регулирования FestoDidactic.

Система автоматического регулирования состоит из регулируемого объекта и элементов управления, которые воздействуют на объект при изменении одной или нескольких регулируемых переменных. Под влиянием входных сигналов (управления или возмущения), изменяются регулируемые переменные. Цель регулирования заключается в формировании таких законов регулирования, при которых выходные регулируемые переменные мало отличались бы от требуемых значений.

В работе рассматривается релейная система автоматического регулирования уровня воды в верхнем резервуаре с заполнением сверху (рисунок 1).

Управляемой величиной является уровень воды Z в резервуаре. Для ее измерения применяется ультразвуковой датчик уровня, преобразующий значение уровня воды в цифровой сигнал – уровень воды. Вода закачивается в резервуар посредством центробежного насоса. Управляющим воздействием на объект является изменение электрической мощности, подаваемой на электропривод центробежного насоса. Возмущающим воздействием на объект – изменение степени открытия запорного клапана на стоке. Устройством управления является электронный микропроцессорный блок управления, реализованный на основе персональной ЭВМ. Заданным критерием является энергоэффективность.

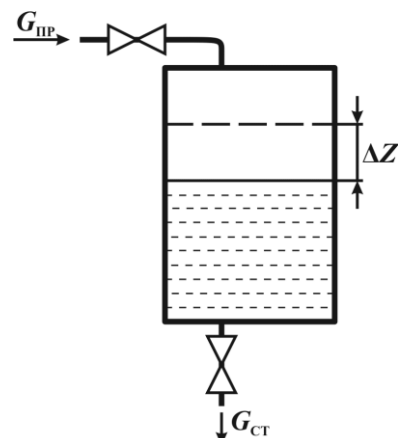


Рисунок 1 – Схематическое изображение объекта управления

Сформулирована задача синтеза релейной САР уровня воды в верхнем резервуаре с заполнением сверху с двухпозиционным законом управления по критерию максимизации энергоэффективности.

В качестве величины, отражающей энергоэффективность установки, предлагается использовать коэффициент энергоэффективности $K_{Э}$ (отношение времени простоя электропривода к времени работы в пределах одного цикла).

Коэффициент энергоэффективности определяется по графику управляющего воздействия по формуле:

$$K_{\text{Э}} = \frac{t_P}{t_{\text{П}}},$$

где t_P – время работы, а $t_{\text{П}}$ – время простоя электродвигателя (рисунок 2).

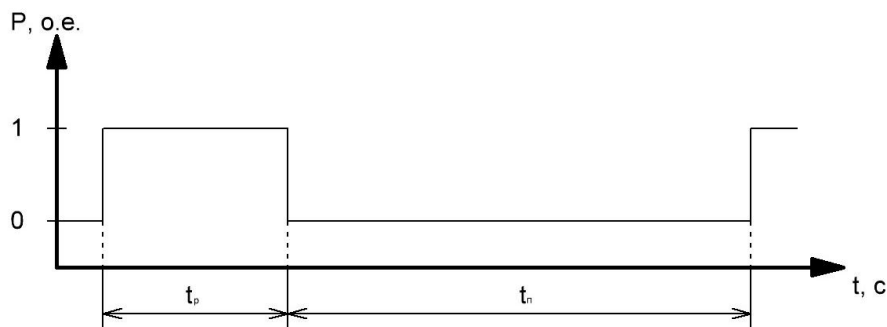


Рисунок 2 – Определение времени работы и простоя электропривода

Чем больше коэффициент, тем меньше доля времени работы электропривода в одном периоде автоколебаний. Соответственно, система с большим коэффициентом $K_{\text{Э}}$ эффективнее расходует электроэнергию.

Для решения поставленной задачи требуется определить оптимальные параметры регулятора, осуществляющего регулирование в соответствии с двухпозиционным законом управления. Регулятор имеет один параметр – ширину зоны неоднозначности.

При проведении эксперимента используется учебная экспериментальная установка по изучению систем замкнутого регулирования FestoDidactic.

Для каждого значения регулируемого параметра (для каждого значения ширины зоны неоднозначности двухпозиционного регулятора) проводится моделирование работы установки с определением значения критерия. С применением последовательного симплекс-метода производится определение оптимального значения ширины зоны неоднозначности.



Рисунок 3 – Одно автоколебание переходной функции

Для определения коэффициента энергоэффективности по графику экспериментальной переходной функции, полученной на лабораторной установке, требуется выделить одно автоколебание (рисунок 3).

По полученному на лабораторном стенде графику экспериментальной переходной функции САР уровня воды с двухпозиционным законом регулирования определяются показатели качества регулирования.

Таким образом, проводится определение оптимального варианта автоматического поддержания уровня воды в верхнем резервуаре лабораторной установки с учетом требований функциональности и энергоэффективности. При моделировании синтезированной системы на лабораторном стенде экспериментально определяются оптимальные параметры регулятора по критерию энергоэффективности.

Литература

1. Баландин, Д. В. Классические и современные методы построения регуляторов в примерах [Электронный ресурс] / Д. В. Баландин, С. Ю. Городецкий. – Электронное учебно-методическое пособие (3.74 Мб). – Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2012. – 122 с.
2. Тарасов, А. В. Экспериментальное определение передаточной функции объекта регулирования / А. В. Тарасов, А. А. Чепуштанов, Н. С. Горяев // Ползуновский альманах, 2011. – № 1. – с. 116–118.
3. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М. : Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

ТЕХНИЧЕСКОЕ И КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Материалы
Международной научно-практической конференции

(Минск, 24–25 октября 2019 года)

В двух частях

Часть 1

Ответственный за выпуск *И. С. Крук*
Компьютерная верстка *Е. В. Сенчурава*
Дизайн обложки *Д. О. Сенькевич*

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

Подписано в печать 23.10.2019. Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 47,43. Уч.-изд. л. 18,54. Тираж 150 экз. Заказ 789.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.