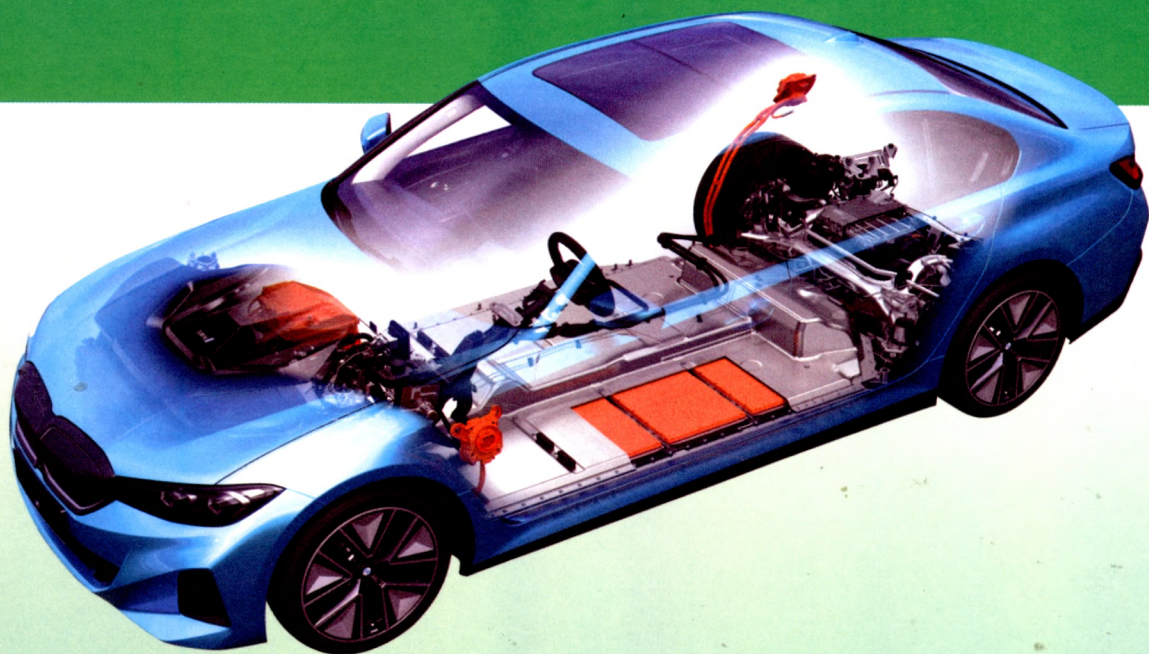


-500168-

Е.Л. Савич В.В. Капустин  
А.С. Гурский

# АВТОТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ



Е.Л. Савич В.В. Капустин  
А.С. Гурский

---

# **АВТОТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ**

Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
учреждений высшего образования по специальности  
«Эксплуатация наземных транспортных  
и технологических машин и комплексов»



Минск  
«Вышэйшая школа»  
2023

УДК 629.33.064.5(075.8)

ББК 39.33я73

С13

Рецензенты: кафедра «Технологии и организация технического сервиса» УО «Белорусский государственный аграрно-технический университет» (доцент кафедры кандидат технических наук *А.С. Сай*); заместитель генерального директора по высокоавтоматизированному электротранспорту ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» *А.В. Белевич*

**Савич, Е. Л.**

**С13** Автотранспортные средства с электродвигателем: учебное пособие / Е. Л. Савич, В. В. Капустин, А. С. Гурский. — Минск : Вышэйшая школа, 2023. — 256 с. : ил.  
ISBN 978-985-06-3539-6.

Приведены история развития и особенности конструкций электромобилей, гибридных автомобилей и электробусов различных стран и производителей. Подробно описываются источники электроэнергии – суперконденсаторы, высоковольтные и низковольтные аккумуляторные батареи, электродвигатели, электронные системы управления, процессы зарядки и зарядные станции. Анализируются конструкции кузовов электромобилей и утилизация электротранспортных средств. Изложены требования по безопасности и охране техники безопасности при эксплуатации электротранспортных средств.

Для студентов учреждений высшего образования по специальности «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов». Может быть полезно слушателям курсов повышения квалификации оценщиков и экспертов транспортных средств, а также учащимся в системе среднего специального и профессионального обучения по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, специалистам организаций автосервиса.

УДК 629.33.064.5(075.8)

ББК 39.33я73

Учебное издание

**Савич Евгений Леонидович**  
**Капустин Владимир Владимирович**  
**Гурский Александр Станиславович**

## **АВТОТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ**

Учебное пособие

Редактор *И.В. Тургель*. Художественный редактор *С.Д. Чирков*. Компьютерная верстка *Ю.Н. Трусович*.

Корректоры *И.В. Тургель, Т.К. Хваль, О.И. Голденкова*.

Подписано в печать 12.09.2023. Формат 70×100/16. Бумага офсетная. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 20,8. Уч.-изд. л. 19,8. Доп. тираж 200 экз. Заказ 3295.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.

Пр. Победителей, 11, 220004, Минск. e-mail: market@vshph.com http://vshph.com

Открытое акционерное общество «Типография “Победа”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/38 от 29.01.2014. Ул. Тавлая, 11, 222310, Молодечно.

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

ISBN 978-985-06-3539-6

© Савич Е.Л., Капустин В.В., Гурский А.С., 2023

© Оформление. УП «Издательство “Вышэйшая школа”», 2023

# СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений . . . . .	3
Предисловие . . . . .	5
<b>1. ИСТОРИЯ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА . . . . .</b>	<b>6</b>
1.1. История развития электротранспорта . . . . .	6
1.2. Особенности, история и прогнозы развития электротранспорта в Республике Беларусь . . . . .	9
1.3. Перспективы развития электромобилей . . . . .	13
<b>2. ТИПЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО . . . . .</b>	<b>16</b>
2.1. Типы электромобилей . . . . .	16
2.2. Общее устройство электромобиля . . . . .	16
<b>3. ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ . . . . .</b>	<b>19</b>
3.1. Аккумуляторная батарея . . . . .	19
3.1.1. Аккумуляторные батареи сети низкого напряжения . . . . .	19
3.1.2. Тяговые аккумуляторные батареи для электродвигателя . . . . .	23
3.1.3. Система управления АКБ . . . . .	49
3.1.4. Суперконденсаторы . . . . .	53
3.1.5. Термины по АКБ . . . . .	58
<b>4. ЗАРЯДКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ . . . . .</b>	<b>61</b>
4.1. Виды зарядных станций . . . . .	61
4.2. Виды разъемов и режимы зарядки . . . . .	69
4.2.1. Виды разъемов . . . . .	69
4.2.2. Режимы зарядки . . . . .	70
4.3. Кабели для зарядки легкового автомобиля . . . . .	73
4.4. Технология зарядки легкового автомобиля . . . . .	76
4.5. Особенности зарядных станций электробусов . . . . .	81
4.6. Станции замены батарей и индуктивные зарядные устройства . . . . .	84
<b>5. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ . . . . .</b>	<b>87</b>
5.1. Электродвигатели электромобилей и электробусов . . . . .	87
5.1.1. Общее устройство и принцип работы . . . . .	87
5.1.2. Синхронные электродвигатели . . . . .	89
5.1.3. Асинхронные электродвигатели . . . . .	100
5.2. Электродвигатель гибридного автомобиля . . . . .	108
<b>6. ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ И НИЗКОВОЛЬТНАЯ СЕТИ . . . . .</b>	<b>109</b>
6.1. Общие положения . . . . .	109
6.2. Инвертор . . . . .	112
6.3. DC/DC преобразователь . . . . .	121

6.4. Высоковольтные контакторы . . . . .	124
6.5. Предохранители . . . . .	126
<b>7. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕМ . . . . .</b>	<b>128</b>
7.1. Общая компоновка электронной системы управления . . . . .	128
7.2. Системы передачи данных . . . . .	130
7.3. Дистанционные системы контроля электротранспорта . . . . .	147
<b>8. СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ . . . . .</b>	<b>152</b>
8.1. Общие положения . . . . .	152
8.2. Охлаждение тяговых АКБ . . . . .	154
8.3. Контуры системы охлаждения . . . . .	156
8.4. Предварительное кондиционирование электромобиля . . . . .	161
8.5. Охлаждение электродвигателя . . . . .	161
8.6. Система терморегулирования суперконденсатора электробуса . . . . .	164
<b>9. ОСОБЕННОСТИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ . . . . .</b>	<b>166</b>
9.1. Устройство тормозной системы . . . . .	166
9.2. Принцип работы процесса торможения в электрообиле и гибридном автомобиле и рекуперация . . . . .	173
9.3. Стояночная тормозная система электромобиля . . . . .	178
<b>10. ОСОБЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ . . . . .</b>	<b>186</b>
<b>11. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КУЗОВА И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ . . . . .</b>	<b>189</b>
11.1. Конструктивные особенности кузова . . . . .	189
11.2. Особенности сборки и восстановления кузова, модулей, узлов и агрегатов электромобиля . . . . .	193
<b>12. ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ . . . . .</b>	<b>194</b>
12.1. Общие принципы и схемы реализации гибридных автомобилей . . . . .	194
12.2. Гибридные автомобили, использующие повышенное напряжение (мягкий гибрид) . . . . .	199
12.3. Схемы тягового электропривода колес карьерных автомобилей . . . . .	204
12.4. Гибридные автомобили с водородно-кислородными топливными элементами и дизель-пневматическим приводом . . . . .	208
12.4.1. Устройство и принцип работы гибридных автомобилей с водородно-кислородными топливными элементами . . . . .	208
12.4.2. Эффективность применения водорода . . . . .	211
12.4.3. Устройство и принцип работы гибридных автомобилей с дизель-пневматическим приводом . . . . .	213

<b>13. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ . . . . .</b>	<b>215</b>
13.1. Безопасность электромобиля . . . . .	215
13.1.1. Основные источники загрязнения окружающей среды электротранспортом . . . . .	215
13.1.2. Сравнительные оценки электромобиля и ТС с ДВС . . . . .	217
13.1.3. Безопасность конструкции электромобиля и аккумуляторов . . . . .	221
13.1.4. Гипотезы и факты электромагнитного облучения . . . . .	226
13.1.5. Характеристики электропривода и ДВС транспортного средства и условий безопасности электромобиля . . . . .	229
13.2. Техника безопасности при работе с электротранспортными средствами . . . . .	231
13.2.1. Меры безопасности при эвакуации и ДТП электромобиля . . . . .	231
13.2.2. Техника безопасности при проведении диагностирования, ТО и ремонта электромобилей . . . . .	235
<b>14. ПРОГРАММНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПО ТРАНСПОРТНЫМ И ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВАМ . . . . .</b>	<b>241</b>
14.1. Релиз новой версии «Объединенный программный комплекс плюс» . . . . .	241
14.2. Учебные пособия, информационное и методическое обеспечение . . . . .	243
<b>15. УТИЛИЗАЦИЯ, ПЕРЕРАБОТКА И ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ . . . . .</b>	<b>247</b>
Литература . . . . .	253