Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 14.08.2026 15:23:30
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d0

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Передовая инженерная школа технологического лидерства ФДР

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /П.Итурралде /
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Конструкция тяговых аккумуляторных батарей

Направление подготовки
23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль
Гоночный инжиниринг

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Преподаватель,
без ученной степени  /С.Э. Земцев/

Согласовано:
Отдел организации
и управления учебным
процессом  /Д.Т.Хамдамова/

Руководитель образовательной
программы
директор  / П.Итурралде /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
   - 3.3 Содержание дисциплины 7
   - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
   - 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
   - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы 8
   - 4.2 Основная литература 8
   - 4.3 Дополнительная литература 9
   - 4.4 Электронные образовательные ресурсы 9
   - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
   - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5. Материально-техническое обеспечение 9
6. Методические рекомендации 9
   - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 10
   - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7. Фонд оценочных средств 11
   - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
   - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 11
   - 7.3 Оценочные средства 12

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний, умений и навыков в области конструирования, расчёта и эксплуатации тяговых аккумуляторных батарей гоночных автомобилей, а также способности применять специализированное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем накопления энергии.

Задачи дисциплины

- изучить принципы устройства и работы тяговых аккумуляторных батарей различных электрохимических систем;
- освоить методы расчёта энергетических, мощностных и массогабаритных характеристик тяговых батарей;
- сформировать знания о конструкции батарейных модулей и сборок (battery pack), применяемых в гоночных автомобилях;
- изучить принципы работы систем терморегулирования и обеспечения безопасности тяговых батарей;
- сформировать навыки применения прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования конструкции аккумуляторных батарей;
- изучить нормативные и регламентные требования, предъявляемые к тяговым аккумуляторным батареям в автоспорте.

Обучение по дисциплине «Конструкция тяговых аккумуляторных батарей» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-5. Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов	ИОПК-5.1. Знает инструментарий формализации научно-технических задач проектирования тяговых аккумуляторных батарей; состав и функциональные возможности прикладного программного обеспечения для моделирования батарейных систем ИОПК-5.2. Умеет применять прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования конструкции тяговой аккумуляторной батареи, расчёта её энергетических и тепловых характеристик ИОПК-5.3.Владеет навыками практической работы со специализированным программным обеспечением для расчёта, моделирования и проектирования конструкции тяговых аккумуляторных батарей

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части/части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

«Конструкция тяговых аккумуляторных батарей» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Математическое моделирование рабочих процессов автомобиля.
- Управление проектированием гоночного автомобиля.
- Основы гоночного инжиниринга
- Эксплуатация гоночных автомобилей
- Перспективные конструкционные и эксплуатационные материалы для гоночных автомобилей

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			1
1	**Аудиторные занятия**	**48**	48
	В том числе:		
1.1	Лекции		16
1.2	Семинарские/практические занятия		32
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**60**	60
3	**Промежуточная аттестация**		
	Экзамен	Зачет	
	Итого	**108**	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

3.2.2.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ ические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Электрохимические системы тяговых аккумуляторных батарей	14	2	4			8
1.1	Конструкция аккумуляторной ячейки	14	2	4	-	-	8
1.2	Конструирование батарейных модулей и сборок (battery pack)	18	2	6	-	-	10
	Расчёт энергетических и мощностных характеристик тяговой батареи	16	2	6			8
	Системы терморегулирования тяговых батарей	14	2	4			8
	Системы обеспечения безопасности батарейных сборок	14	2	4			8
	Моделирование и проектирование батарейной сборки с использованием прикладного ПО	12	2	4			6
	Нормативные и регламентные требования к тяговым батареям в автоспорте	6	2				4
Итого		**108**	**16**	**32**			**60**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Электрохимические системы тяговых аккумуляторных батарей. Рассматриваются основные типы электрохимических систем, применяемых в тяговых батареях (литий-ионные, литий-полимерные, литий-железо-фосфатные и др.). Изучаются принципы работы и сравнительные характеристики каждой системы (удельная энергоёмкость, удельная мощность, ресурс). Анализируются факторы, влияющие на выбор электрохимической системы для гоночных применений. Обсуждаются тенденции развития химических источников тока для высоконагруженных применений. Рассматриваются перспективные технологии (твердотельные аккумуляторы) в контексте автоспорта.

Тема 2. Конструкция аккумуляторной ячейки. Изучается устройство аккумуляторной ячейки различных форм-факторов (цилиндрическая, призматическая, пакетная/pouch). Рассматриваются конструктивные элементы ячейки: электроды, сепаратор, электролит, корпус. Анализируется влияние конструкции ячейки на её энергетические и мощностные характеристики. Обсуждаются вопросы обеспечения механической прочности и герметичности ячейки в условиях гоночных нагрузок (вибрация, удары). Рассматриваются критерии выбора форм-фактора ячейки для конкретного применения.

Тема 3. Конструирование батарейных модулей и сборок (battery pack). Рассматривается процесс объединения ячеек в модули и модулей в общую батарейную сборку (последовательное, параллельное и смешанное соединение). Изучаются конструктивные решения по механическому креплению и фиксации ячеек в модуле. Анализируются требования к электрическим соединениям и токовым шинам батарейной сборки. Обсуждаются вопросы компоновки батарейной сборки в структуре гоночного автомобиля с учётом развесовки. Рассматриваются примеры конструкций серийных и гоночных батарейных сборок.

Тема 4. Расчёт энергетических и мощностных характеристик тяговой батареи. Изучаются методы расчёта требуемой энергоёмкости батареи для заданного гоночного цикла. Рассматриваются методы расчёта максимальной токоотдачи и

пиковой мощности батарейной сборки. Анализируется влияние температуры и степени заряда на располагаемые характеристики батареи. Обсуждаются методы расчёта внутреннего сопротивления и потерь энергии в батарее. Рассматриваются практические примеры расчёта батарейной сборки под заданные требования технического задания.

Тема 5. Системы терморегулирования тяговых батарей. Рассматриваются принципы тепловыделения в аккумуляторных ячейках при работе под нагрузкой. Изучаются типы систем охлаждения батарейных сборок (воздушное, жидкостное, с фазовым переходом). Анализируются конструктивные решения по обеспечению равномерного температурного поля в батарейном модуле. Обсуждаются вопросы предотвращения теплового разгона (thermal runaway) и его распространения между ячейками. Рассматриваются требования к системе терморегулирования в условиях интенсивных гоночных нагрузок.

Тема 6. Системы обеспечения безопасности батарейных сборок. Изучаются конструктивные и электронные меры обеспечения безопасности тяговой батареи (изоляция, защита от короткого замыкания, аварийное отключение). Рассматриваются требования к корпусу батарейной сборки с точки зрения защиты от механических повреждений при ДТП. Анализируются процедуры безопасного обслуживания и хранения высоковольтных батарейных систем. Обсуждаются вопросы утилизации и вторичного использования тяговых батарей. Рассматриваются требования регламентов безопасности к батарейным сборкам гоночных автомобилей.

Тема 7. Моделирование и проектирование батарейной сборки с использованием прикладного ПО. Изучаются возможности специализированного программного обеспечения для электротеплового моделирования батарейных сборок. Рассматриваются принципы построения расчётной модели ячейки и модуля в CAE-среде. Анализируются методы моделирования теплового поля батарейной сборки при различных режимах эксплуатации. Обсуждаются подходы к оптимизации конструкции батарейной сборки по результатам моделирования. Рассматриваются примеры применения программных комплексов при проектировании реальных батарейных сборок.

Тема 8. Нормативные и регламентные требования к тяговым батареям в автоспорте. Рассматриваются технические регламенты FIA и других организаций, определяющие требования к тяговым аккумуляторным батареям гоночных автомобилей (энергоёмкость, напряжение, требования безопасности). Изучаются требования к маркировке и сертификации батарейных систем. Анализируются процедуры технической инспекции батарейных сборок перед соревнованиями. Обсуждаются требования к обучению персонала, работающего с высоковольтными системами. Рассматривается влияние регламентных требований на конструктивные решения батарейной сборки**.**

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Тема 1. Сравнительный анализ электрохимических систем тяговых батарей. Обучающиеся анализируют технические характеристики различных электрохимических систем на основе данных производителей ячеек. Проводится сравнение удельных энергетических и мощностных показателей для заданных условий эксплуатации. Обсуждаются критерии выбора электрохимической системы для конкретной гоночной задачи. Анализируется соотношение стоимости, ресурса и характеристик различных систем. Формируется отчёт по результатам сравнительного анализа.

Тема 2. Анализ конструкции и характеристик аккумуляторных ячеек различных форм-факторов. Обучающиеся изучают техническую документацию на ячейки различных форм-факторов и сравнивают их конструктивные особенности. Проводится расчёт удельных показателей ячейки (энергия/масса, энергия/объём). Анализируется влияние формы ячейки на компоновку батарейного модуля. Обсуждаются требования к механической защите ячейки в условиях эксплуатации. Составляется отчёт с результатами анализа.

Тема 3. Проектирование компоновки батарейного модуля. Обучающиеся выполняют расчёт и проектирование схемы соединения ячеек в модуле (последовательное/параллельное) для заданных требований по напряжению и

ёмкости. Проводится разработка эскизной компоновки батарейного модуля с учётом габаритных ограничений. Анализируется конструкция токовых шин и электрических соединений. Обсуждаются вопросы технологичности сборки модуля. Оформляется отчёт с разработанной компоновкой модуля.

Тема 4. Расчёт энергетических и мощностных параметров батарейной сборки. Обучающиеся выполняют расчёт требуемой энергоёмкости и мощности батарейной сборки для заданного гоночного цикла нагрузки. Проводится расчёт внутреннего сопротивления и тепловыделения батареи при заданных токах разряда. Анализируется влияние температуры на располагаемые характеристики батареи. Обсуждаются результаты расчёта в сопоставлении с требованиями технического задания. Составляется отчёт с результатами расчёта.

Тема 5. Расчёт и проектирование системы терморегулирования батарейного модуля. Обучающиеся выполняют расчёт теплового баланса батарейного модуля при заданных условиях эксплуатации. Проводится выбор и обоснование типа системы охлаждения (воздушное/жидкостное). Разрабатывается эскизная схема размещения элементов системы терморегулирования в модуле. Анализируется эффективность предложенного решения по результатам упрощённого теплового расчёта. Оформляется отчёт по результатам проектирования.

Тема 6. Разработка мер обеспечения безопасности батарейной сборки. Обучающиеся анализируют потенциальные риски эксплуатации батарейной сборки (короткое замыкание, механическое повреждение, перегрев) и разрабатывают меры по их предотвращению. Рассматривается выбор конструктивных решений корпуса батареи с точки зрения защиты от повреждений. Разрабатывается схема аварийного отключения батарейной сборки. Обсуждаются требования регламентов безопасности применительно к разработанному решению. Составляется отчёт с описанием предложенных мер безопасности.

Тема 7. Электротепловое моделирование батарейной сборки в специализированном ПО. Обучающиеся строят упрощённую расчётную модель батарейного модуля в специализированной программной среде. Проводится моделирование теплового поля модуля при заданном режиме нагрузки. Выполняется параметрическое исследование

влияния конструктивных изменений на распределение температуры. Анализируются полученные результаты моделирования и формулируются рекомендации по доработке конструкции. Оформляется итоговый отчёт по результатам моделирования.

Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Отсутствуют курсовые проекты согласно учебному плану

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

- ФГОС ВО по направлению подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» (уровень магистратуры);
- ГОСТ Р 51715-2017 «Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Общие технические требования»;
- ГОСТ IEC 62660 (все части) «Аккумуляторы литий-ионные тяговые для электрических транспортных средств»;
- ГОСТ Р МЭК 62133 «Аккумуляторы и батареи аккумуляторные, содержащие щелочной или другой некислотный электролит. Требования безопасности»;
- Технические регламенты FIA в части тяговых аккумуляторных батарей (актуальная редакция).

Основная литература

- Осипов А. В. Электромобили: конструкция, теория, расчёт: учебное пособие. — М.: Форум.
- Коровин Н. В. Химические источники тока: справочник. — М.: Издательский дом МЭИ.
- Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком.

4.2 Дополнительная литература

- Материалы технических регламентов FIA по батарейным системам (Формула E и др. — актуальная редакция, официальный сайт FIA).
- Периодические издания и материалы конференций по тематике накопителей энергии для электротранспорта (актуальные выпуски).

4.3 Электронные образовательные ресурсы

- Электронно-библиотечная система вуза;
- Образовательный портал вуза (курс дисциплины, методические материалы, презентации лекций);
- Национальная электронная библиотека (НЭБ).

4.4 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

- Специализированное ПО для электротеплового моделирования батарейных систем (MATLAB/Simulink с пакетом Simscape, либо свободный аналог — Octave/Scilab);
- CAD-системы для проектирования компоновки батарейного модуля (SolidWorks, Compass-3D, либо свободный аналог FreeCAD);
- Пакет офисного ПО (Microsoft Office / LibreOffice).

4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Научная электронная библиотека ;
- База данных стандартов «Техэксперт» / «Кодекс»;
- Справочно-правовые системы «КонсультантПлюс» / «Гарант».

5. Материально-техническое обеспечение

Учебная лаборатория, оснащённая компьютерами с установленным специализированным программным обеспечением для моделирования батарейных систем;

Лабораторные образцы аккумуляторных ячеек различных форм-факторов (при наличии);

Мультимедийное оборудование для проведения лекционных и практических занятий.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекции и семинарские занятия. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекционные занятия. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, ответить на вопросы.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой. Темы задач, предлагаемых студентам для решения на практических занятиях, должны быть максимально приближены к темам последних лекций по данной дисциплине. В связи с указанным, целесообразен тесный контакт лектора с преподавателями, ведущими практические занятия.

Изучение дисциплины завершается экзаменом. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий экзамен, лично несёт ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов устройства транспортных средств, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретического материала, подготовку к лекционным, семинарским (практическим) занятиям; выполнение контрольных заданий.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету и экзамену.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с технической литературой. Научиться работать с технической литературой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с технической литературой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное усвоить и применить на практике.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка к семинарским занятиям и выполнение практических работ;

- подготовка рефератов, их защита и обсуждение с получением обратной связи.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на другие конструкции.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на другие конструкции.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

- защита отчётов по практическим занятиям;
- тестовые задания по разделам дисциплины;
- решение расчётных задач.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену:

1. Опишите основные электрохимические системы тяговых аккумуляторных батарей и их сравнительные характеристики.
2. Какова конструкция аккумуляторной ячейки различных форм-факторов?
3. Опишите принципы конструирования батарейного модуля (последовательное и параллельное соединение ячеек).
4. Какие методы применяются для расчёта энергоёмкости и мощности тяговой батареи?
5. Как температура и степень заряда влияют на характеристики батареи?
6. Опишите типы систем терморегулирования тяговых батарей.
7. Что такое тепловой разгон (thermal runaway) и какие меры применяются для его предотвращения?
8. Какие меры обеспечения безопасности применяются в конструкции батарейных сборок?
9. Опишите возможности специализированного ПО для электротеплового моделирования батарей.
10. Какие требования предъявляют регламенты FIA к тяговым батареям гоночных автомобилей?
11. Каковы требования к маркировке и сертификации батарейных систем?
12. Опишите процедуру технической инспекции батарейной сборки перед соревнованиями.
13. Какие факторы учитываются при выборе форм-фактора ячейки для гоночного применения?
14. Приведите пример расчёта внутреннего сопротивления батарейной сборки.
15. Каковы перспективные технологии накопителей энергии для автоспорта (например, твердотельные аккумуляторы)?