

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 08.07.2026 12:39:12
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Рязанский институт (филиал)

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Московский политехнический университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Наземные транспортные средства с комбинированными энергетическими
установками»**

Специальность

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Специализация № 2

«Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование»

Квалификация выпускника: инженер

Форма обучения: очная / заочная

Год набора – 2026

Рязань, 2026

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – специалитет по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», утверждённым приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 11.08.2020 № 935 (зарегистрирован в Минюсте России 25.08.2020, рег. № 59433), с изменениями, внесёнными приказом от 24.02.2023 № 196 (далее – ФГОС ВО);
- учебным планом по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», специализация № 2 «Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование», год набора 2026.

Рабочая программа дисциплины включает оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Автор: Ретюнских В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт»

(указать ФИО, ученую степень, ученое звание или должность)

Программа одобрена на заседании кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» (протокол № __ от __.06.2026).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Наземные транспортные средства с комбинированными энергетическими установками» является:

- формирование у обучающихся системных знаний о принципах построения, конструктивных особенностях и методах расчёта комбинированных энергетических установок (КЭУ) наземных транспортных средств (НТС), в том числе подъёмно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования (ПТСДО);
- развитие способности самостоятельно решать инженерные задачи в области проектирования, выбора и эксплуатации НТС с КЭУ (гибридными, электрическими, водородными и иными) с учётом современных технических регламентов, государственных программ декарбонизации и рынка труда Российской Федерации.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины у обучающегося формируются общепрофессиональные компетенции ОПК-1, ОПК-2 и профессиональные компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-3. Содержание компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание осваиваемых компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знает/умеет/владеет)
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей	ОПК-1.1. Формулирует инженерные задачи в области разработки и эксплуатации КЭУ НТС и ПТСДО с использованием математических и технологических моделей	Знает: физические принципы работы и математические модели элементов КЭУ (накопители энергии, электрические машины, тяговые преобразователи). Умеет: строить расчётные модели для оценки энергоэффективности КЭУ; формулировать инженерные задачи по проектированию тягового привода. Владеет: методами численного анализа и моделирования рабочих процессов КЭУ НТС.
ОПК-2. Способен решать профессиональные задачи с использованием методов получения, хранения и переработки информации; использовать информационные и цифровые технологии в профессиональной деятельности	ОПК-2.1. Использует специализированное программное обеспечение для расчёта, моделирования и анализа параметров КЭУ НТС	Знает: программные среды для моделирования электрических и гибридных тяговых систем (MATLAB/Simulink, ANSYS, 1D-CAE). Умеет: применять цифровые инструменты для анализа характеристик накопителей энергии и систем управления КЭУ. Владеет: навыками работы с информационными системами проектирования и диагностики КЭУ НТС.
ПК-1. Способен разрабатывать техническую документацию по модернизации и эксплуатации НТС и их технологического оборудования, включая ПТСДО	ПК-1.1. Разрабатывает техническую документацию на НТС и ПТСДО с КЭУ: конструкторские и технологические документы в соответствии с требованиями ГОСТ, ТР ТС и национальных стандартов в области электротранспорта	Знает: структуру и требования ГОСТ Р 56453, ГОСТ Р 58774, ТР ТС 018/2011 применительно к НТС с КЭУ; порядок сертификации электрических и гибридных ТС. Умеет: разрабатывать и оформлять техническую документацию на

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знает/умеет/владеет)
		элементы КЭУ (тяговые батареи, электродвигатели, инверторы, системы рекуперации). Владеет: навыками составления технических требований, чертежей и расчётно-пояснительных записок на КЭУ НТС.
ПК-2. Способен проводить анализ технических характеристик НТТС и ПТСДО, определять соответствие конструктивных параметров условиям эксплуатации	ПК-2.2. Анализирует энергетические характеристики, тяговые и тормозные свойства НТС с КЭУ; определяет соответствие параметров КЭУ условиям и режимам работы ПТСДО	Знает: методы анализа тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и ресурса накопителей НТС с КЭУ. Умеет: выполнять расчёт энергобаланса, ёмкости накопителя и параметров рекуперативного торможения для ПТСДО. Владеет: методами оценки энергоэффективности и эксплуатационных свойств НТС с КЭУ.
ПК-3. Способен проводить оценку технического состояния НТТС и ПТСДО, определять соответствие требованиям безопасности	ПК-3.1. Определяет соответствие НТС с КЭУ и ПТСДО требованиям электробезопасности, пожарной безопасности и технических регламентов	Знает: требования электробезопасности и пожарной безопасности при эксплуатации НТС с КЭУ (ГОСТ Р 56453, МЭК 62660, Правила ЕЭК ООН № 100, 134). Умеет: проводить диагностику и оценку технического состояния накопителей и силовой электроники КЭУ. Владеет: методами диагностирования и оценки безопасности НТС с КЭУ и ПТСДО.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Наземные транспортные средства с комбинированными энергетическими установками» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» программы специалитета по специальности 23.05.01 (ФГОС ВО, приказ № 935 от 11.08.2020). Дисциплина отражает приоритеты государственной политики в сфере декарбонизации транспорта: Транспортная стратегия РФ до 2030 г. (Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р) предусматривает наращивание парка электрических и гибридных ТС, в том числе ПТСДО.

Трудоёмкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч.). Форма промежуточной аттестации – экзамен. Освоение дисциплины предусмотрено в 9-м семестре (очная форма) / 10-м семестре (заочная форма).

Предшествующие дисциплины: физика, электротехника и электроника, теоретическая механика, сопротивление материалов, теория ПТСДО, конструкция ПТСДО, двигатели внутреннего сгорания, основы технической эксплуатации ПТСДО.

Последующие дисциплины: дипломное проектирование, преддипломная практика, государственная итоговая аттестация.

Требования к исходным компетенциям:

знать: принципы работы электрических цепей постоянного и переменного тока; конструкцию и принцип работы двигателей внутреннего сгорания, трансмиссии и ходовой части ПТСДО; методы инженерных расчётов;

уметь: применять законы Кирхгофа, Ома, Фарадея; выполнять расчёты прочности и тягово-скоростных свойств НТТС; читать конструкторскую и нормативную документацию;

владеть: навыками работы с CAD/CAE-системами; методами диагностики технического состояния ПТСДО; навыками работы с нормативной базой.

Таблица 2 – Структурно-логическая схема формирования компетенций

Компетенция	Предшествующие дисциплины	Данная дисциплина	Последующие дисциплины
ОПК-1	Математика, физика, теоретическая механика, ДВС	НТС с КЭУ	Дипломное проектирование, ГИА
ОПК-2	Информатика, САПР ПТСДО, электротехника	НТС с КЭУ	Дипломное проектирование
ПК-1	Конструкция ПТСДО, САПР ПТСДО	НТС с КЭУ	Преддипломная практика, ГИА
ПК-2	Теория ПТСДО, ДВС, основы технической эксплуатации	НТС с КЭУ	Дипломное проектирование, ГИА
ПК-3	Диагностика ПТСДО, электротехника и электроника	НТС с КЭУ	Преддипломная практика, ГИА

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч.). Распределение по видам работ представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Объём дисциплины и виды работ

Общая трудоёмкость дисциплины, ч	108
Контактная работа (всего), в т.ч.:	56
занятия лекционного типа, ч	28
занятия практического (семинарского) типа, ч	28
лабораторные занятия, ч	0
Самостоятельная работа (всего), в т.ч.:	52
самоподготовка по разделам дисциплины, ч	30
подготовка к промежуточной аттестации, ч	22
Промежуточная аттестация	Экзамен
Зачётных единиц	3

3.1. Тематический план и трудоёмкость занятий

Таблица 4 – Разделы дисциплины и их трудоёмкость

№	Раздел дисциплины	Коды компетенций	Всего ч	Лекции ч
1	Введение. Классификация и принципы построения КЭУ	ОПК-1	10	4
2	Электрохимические	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	14	6

№	Раздел дисциплины	Коды компетенций	Всего ч	Лекции ч
	накопители энергии для НТС			
3	Электрические машины тягового привода НТС	ОПК-1, ПК-1, ПК-2	12	4
4	Силовая электроника и система управления КЭУ	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	12	4
5	Гибридные КЭУ: схемотехника и расчёт	ОПК-1, ПК-1, ПК-2	14	6
6	Электрические НТС и ПТСДО. Водородные системы	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3	12	4
7	Рекуперация энергии и системы управления потоками	ОПК-1, ПК-2	10	0
8	Безопасность, диагностика и нормативная база НТС с КЭУ	ПК-1, ПК-3	8	0
	ИТОГО		92	28

3.2. Содержание лекционных занятий

Таблица 5 – Содержание лекций

№	Наименование темы	Содержание
1	Введение. Классификация и принципы построения КЭУ	Понятие комбинированной энергетической установки (КЭУ). Классификация КЭУ: последовательные, параллельные, последовательно-параллельные (сплит) гибриды; полные, мягкие, микрогибриды; электрические НТС (BEV, FCEV). Мировые и российские тенденции развития НТС с КЭУ. Государственные программы: Концепция развития электротранспорта в РФ до 2030 г. (Постановление Правительства РФ от 23.08.2021 № 1290), Транспортная стратегия РФ до 2030 г. Применение КЭУ в ПТСДО: обзор зарубежного и отечественного опыта (Liebherr, Caterpillar, БЕЛАЗ, КамАЗ).
2	Электрохимические накопители энергии	Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА): химия, конструкция ячейки, модульный батарейный пакет (BMS). Характеристики: удельная энергия, удельная мощность, C-rate, деградация. Суперконденсаторы (EDLC): принцип накопления, применение в гибридах ПТСДО. Сравнительный анализ накопителей: ЛИА, LFP, NMC, твердотельные батареи. Системы управления батарейным пакетом (BMS): функции, алгоритмы балансировки, State of Charge (SoC), State of Health (SoH). Тепловое управление накопителем. Требования ГОСТ Р 58774-2019, МЭК 62660.

№	Наименование темы	Содержание
3	Электрические машины тягового привода	Типы тяговых электрических машин: асинхронный двигатель (АД), синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ), двигатель с переключением потоков (Flux Switching). Механические характеристики тяговых двигателей. Выбор параметров тягового двигателя для ПТСДО. Мотор-редукторы и мотор-колёса для строительных машин. Генераторы для последовательного гибрида: конструкция, регулирование. Тепловые режимы тяговых машин.
4	Силовая электроника и система управления КЭУ	Тяговые инверторы: принципы PWM, SVM, схемы IGBT/SiC. Двухнаправленные DC/DC-конвертеры для сопряжения накопителей. Бортовые зарядные устройства (ОБС): режимы зарядки (AC/DC, CHAdeMO, CCS, GB/T, CHAdeMO). Алгоритмы управления потоками мощности: rule-based, оптимизационные (DP, MPC, ECMS). Системы рекуперативного торможения. Диагностика и мониторинг КЭУ.
5	Гибридные КЭУ: схемотехника и расчёт	Последовательный гибрид: схема, уравнения баланса мощности, расчёт ДВС-генератора. Параллельный гибрид: схема, коэффициент гибридизации, тяговый расчёт. Сплит-гибрид (планетарная передача Toyota THS): принцип, дифференциальное уравнение. Гидростатический гибрид для строительных машин: принцип, преимущества для экскаваторов. Расчёт параметров КЭУ для гибридного колёсного экскаватора: выбор накопителя, мощности ДВС.
6	Электрические НТС. Водородные системы	Полностью электрические НТС и ПТСДО: BEV-архитектура, расчёт запаса хода. Топливные элементы (FCEV): принцип, конструкция ПЭМ-элемента, управление. Водородное хранение: сжатый, жидкий, металлгидридный. Водородные карьерные самосвалы: БЕЛАЗ-75585, Hyundai HDC-6 Neptune. Инфраструктура зарядки/заправки. Нормативная база: Правила ЕЭК ООН № 100 (электробезопасность), № 134 (водородные ТС), ГОСТ Р 56453.
7	Рекуперация энергии в ПТСДО	Рекуперация при торможении НТС: физика, ограничения по устойчивости. Рекуперация потенциальной энергии стрелы экскаватора: гидростатические и электрические схемы. Рекуперация в кранах и подъёмниках: принципы, расчёт накопителя. Рекуперация в карьерных самосвалах на спуске: тяговый расчёт. Оценка энергетической эффективности рекуперации для различных режимов работы ПТСДО.

№	Наименование темы	Содержание
8	Безопасность, диагностика, нормативная база	Электробезопасность НТС с КЭУ: классы защиты, изоляция, тест IPXXB. Пожарная безопасность: тепловое разгорание (thermal runaway), меры пассивной и активной защиты. Нормативная база в РФ: ГОСТ Р 56453-2015, ГОСТ Р 58774-2019, ГОСТ Р 58659, ТР ТС 018/2011 (Правило ЕЭК ООН № 100), Правила ЕЭК ООН № 134. Порядок сертификации электрических и гибридных ТС. Диагностика КЭУ: методы оценки SoH, замер HPPC, EIS. Техническое обслуживание НТС с КЭУ и ПТСДО.

3.3. Содержание практических занятий

Таблица 6 – Содержание практических занятий

№	Наименование занятия	Содержание
1	Анализ схем КЭУ НТС	Разбор принципиальных схем последовательного, параллельного и сплит-гибридов. Составление функциональных схем КЭУ для заданного типа ПТСДО. Сопоставление отечественных и зарубежных конструкций.
2	Расчёт параметров накопителя энергии	Определение требуемой ёмкости аккумуляторного пакета для гибридного колёсного экскаватора по заданному циклу нагружения. Выбор типа и конфигурации ячеек. Расчёт тепловых потерь и температуры пакета.
3	Выбор и расчёт тягового электродвигателя	Расчёт номинальной мощности и момента тягового двигателя для ПТСДО. Построение механической характеристики. Выбор типа двигателя (АД / СДПМ). Расчёт параметров мотор-редуктора для дорожной машины.
4	Расчёт инвертора и DC/DC-конвертора	Выбор схемы тягового инвертора; расчёт токов IGBT/SiC. Расчёт двунаправленного DC/DC-конвертора для сопряжения аккумуляторного пакета и суперконденсатора в гибридной системе ПТСДО.
5	Тяговый расчёт гибридного НТС	Составление уравнений баланса мощности для параллельного гибридного колёсного крана. Расчёт коэффициента гибридизации. Оценка снижения расхода топлива по стандартному рабочему циклу PTSD. Сравнение с традиционным ДВС-приводом.
6	Расчёт рекуперации для ПТСДО	Расчёт энергии, рекуперированной при торможении и опускании стрелы экскаватора. Выбор накопителя (суперконденсатор / ЛИА) под рекуперированную мощность. Расчёт экономии топлива за смену.
7	Нормативная база. Безопасность.	Изучение требований ГОСТ Р 56453,

№	Наименование занятия	Содержание
	Диагностика	ГОСТ Р 58774, Правил ЕЭК ООН № 100, 134. Разбор алгоритма сертификации электрического ПТСДО. Составление программы диагностики аккумуляторного пакета (HPPC, SoH). Решение ситуационных задач по электробезопасности.

4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

4.1. Лекционные занятия

Лекции посвящены системному изложению теоретических основ КЭУ НТС с акцентом на ПТСДО. Рекомендуется вести структурированный конспект с фиксацией нормативных ссылок, принципиальных схем и расчётных зависимостей. Особое внимание следует уделять сравнительному анализу архитектур КЭУ и отечественной практике внедрения электро- и гибридной техники в строительстве и горнодобывающей отрасли.

4.2. Практические занятия

На практических занятиях обучающиеся решают инженерные расчётные задачи и составляют техническую документацию. Перед занятием необходимо проработать конспект лекции и ознакомиться с методическими указаниями. Результат каждого занятия оформляется в виде расчётно-пояснительной записки с указанием исходных данных, расчётных формул, ссылок на ГОСТ и выводов.

4.3. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает: проработку конспектов лекций и учебных пособий; изучение нормативных документов (ГОСТ Р 56453, ГОСТ Р 58774, Правила ЕЭК ООН № 100, 134); выполнение домашних расчётных заданий; подготовку к экзамену. Для заочной формы обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности. Рекомендуется использовать ресурсы ЭИОС и ЭБС.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

1. Хомяк, Ю.В. Транспортные средства с гибридными силовыми установками / Ю.В. Хомяк. – М.: ФОРУМ, 2012. – 176 с.
2. Скотников, В.А. Основы теории автомобиля и трактора: учеб. пособие / В.А. Скотников, А.А. Машенский, А.С. Солонский. – М.: Высшая школа, 2010. – 239 с.
3. Митяев, В.Е. Электрические машины в современных транспортных системах: учеб. пособие. – М.: МЭИ, 2018. – 208 с.
4. Кравченко, П.А. Конструкция и расчёт подъёмно-транспортных, строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 2012. – 432 с.

5.2. Дополнительная литература

5. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колёсных транспортных средств». – М., 2011.

6. ГОСТ Р 56453-2015. Электромобили и гибридные электромобили. Конструктивная безопасность. – М.: Стандартинформ, 2015.
7. ГОСТ Р 58774-2019. Аккумуляторные батареи тяговые для электромобилей. Общие технические требования. – М.: Стандартинформ, 2019.
8. Правила ЕЭК ООН № 100 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении особых требований к электрическим силовым установкам». – Женева: ЕЭК ООН.
9. Правила ЕЭК ООН № 134 «О безопасности транспортных средств, использующих водородный тяговый привод». – Женева: ЕЭК ООН.
10. Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Постановлением Правительства РФ от 23.08.2021 № 1290). – М., 2021.
11. МЭК 62660-1 (IEC 62660-1). Аккумуляторные ячейки для тяговых применений. Испытания на характеристики.
12. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.

5.3. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. – <https://www.consultant.ru/>.
2. Техэксперт / ФГИС КРИС [Электронный ресурс]. – <https://docs.cntd.ru/>.
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. – <https://biblioclub.ru/>.
4. ЭБС «Лань» [Электронный ресурс]. – <https://lanbook.com/>.
5. ЭБС Юрайт [Электронный ресурс]. – <https://urait.ru/>.
6. ФИПС (Роспатент) – база патентов в области КЭУ [Электронный ресурс]. – <https://fips.ru/>.
7. Электронная библиотека Рязанского института [Электронный ресурс]. – <http://bibl.rimsou.loc/>.

5.4. Программное обеспечение

№	Наименование ПО	Условия доступа
1	Microsoft Windows	Лицензионный договор, локальная сеть
2	Microsoft Office	Лицензионный договор, локальная сеть
3	КонсультантПлюс	Лицензионный договор, локальная сеть
4	MOODLE (ЭИОС)	Лицензионный договор, https://do.rimsou.ru
5	MATLAB/Simulink или Scilab/Xcos (моделирование КЭУ)	Лицензионный договор / свободно распространяемое
6	КОМПАС-3D или SolidWorks (студ. версия)	Лицензионный договор / свободно распространяемое

6. Описание материально-технической базы

Аудитория	Вид занятия	Материально-технические средства
Аудитория № 221 Лекционная аудитория	Лекции, консультации	Столы, стулья, меловая доска, проекционный экран, мультимедийный проектор, ноутбук. Демонстрационные стенды: разрезные модели ЛИА-ячейки, тягового двигателя СДПМ, модели гибридных трансмиссий.

Аудитория	Вид занятия	Материально-технические средства
Аудитория № 12 Лаборатория конструкции и диагностики НТТС/ПТСДО	Практические занятия, текущий контроль, экзамен	ПК с ПО MATLAB/Simulink; стенд-макет аккумуляторного пакета с BMS; осциллограф, мультиметр, нагрузочная вилка для диагностики ЛИА. Плакаты и стенды по КЭУ гибридных строительных машин.
Аудитория № 208 Компьютерный класс	Самостоятельная работа, расчётные задания	ПК с ПО MS Office, MATLAB/Scilab, MOODLE; доступ к ЭИОС, ЭБС, КонсультантПлюс, Техэксперт.

7. Оценочные материалы (ФОС) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Таблица 7 – Паспорт ФОС

№	Контролируемые разделы (темы)	Коды компетенций	Наименование оценочного средства
1	Введение. Классификация и принципы построения КЭУ	ОПК-1	Опрос
2	Электрохимические накопители энергии	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Расчётное задание
3	Электрические машины тягового привода	ОПК-1, ПК-1, ПК-2	Расчётное задание
4	Силовая электроника и система управления	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Расчётное задание
5	Гибридные КЭУ: схемотехника и расчёт	ОПК-1, ПК-1, ПК-2	Расчётное задание
6	Электрические НТС. Водородные системы	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-3	Расчётное задание
7	Рекуперация энергии	ОПК-1, ПК-2	Практическое задание
8	Безопасность, диагностика, нормативная база	ПК-1, ПК-3	Практическое задание
9	Промежуточная аттестация (экзамен)	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3	Экзаменационный билет

7.2. Критерии оценивания

Таблица 8 – Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Критерий
Отлично (5)	Полные, глубокие, системные знания по всем темам курса; правильное решение расчётных задач; знание нормативной базы (ГОСТ Р 56453, ГОСТ Р 58774, ТР ТС 018/2011); владение методами диагностики КЭУ. Все компетенции сформированы в полном объёме.
Хорошо (4)	Твёрдые знания по большинству тем; решение практических задач с незначительными ошибками. Все компетенции освоены.
Удовлетворительно (3)	Знания в объёме обязательного минимума; допускаются ошибки в расчётных задачах. Основные компетенции освоены.
Неудовлетворительно (2)	Незнание или значительные ошибки по ключевым темам; неверные решения задач. Компетенции не сформированы.

7.3. Типовые задания для текущего контроля

7.3.1. Вопросы для устного опроса

1. Что такое КЭУ? Дайте классификацию КЭУ для НТС и ПТСДО.
2. Чем отличается последовательный гибрид от параллельного?
3. Назовите основные параметры литий-ионного аккумулятора для тяговых применений.
4. Что такое SoC и SoH аккумуляторного пакета? Как их измерить?
5. Каков принцип работы синхронного двигателя с постоянными магнитами в режиме тяги и рекуперации?
6. Что такое тепловое разгорание (thermal runaway) ЛИА? Какие меры защиты применяются?
7. Назовите основные требования Правил ЕЭК ООН № 100 к электробезопасности НТС.
8. Как работает рекуперация кинетической энергии в экскаваторе-погрузчике?
9. Каков принцип работы топливного элемента типа ПЭМ?
10. Перечислите основные российские нормативные документы в области электрических и гибридных ТС.

7.3.2. Типовые расчётные задачи

1. Рассчитайте требуемую ёмкость аккумуляторного пакета ($\text{кВт}\cdot\text{ч}$) для гибридного колёсного экскаватора мощностью 130 кВт при заданном цикле работы и допустимой глубине разряда 80%.
2. Определите номинальную мощность и момент тягового СДПМ для строительного погрузчика при заданных скоростях движения и тяговом усилии. Постройте механическую характеристику.
3. Рассчитайте коэффициент гибридизации параллельного гибридного дорожного катка, если требуется снизить расход дизельного топлива на 25% при сохранении тягово-скоростных свойств.
4. Определите объём энергии, рекуперированной при опускании стрелы экскаватора массой 8 т с высоты 4 м. Рассчитайте минимальную ёмкость суперконденсатора для аккумуляции этой энергии.
5. Рассчитайте запас хода полностью электрического карьерного самосвала грузоподъёмностью 30 т с тяговым аккумуляторным пакетом ёмкостью 350 $\text{кВт}\cdot\text{ч}$ при среднем удельном расходе энергии 1,8 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{км}$.

7.4. Вопросы к экзамену

1. Классификация КЭУ НТС. Критерии выбора архитектуры для ПТСДО.
2. Государственные программы развития электро- и гибридного транспорта в РФ.
3. Принцип работы и конструкция литий-ионного аккумулятора. Сравнение химий (NMC, LFP, NCA).
4. Система управления батарейным пакетом (BMS): функции, алгоритмы, SoC, SoH.
5. Суперконденсаторы: принцип накопления энергии, сравнение с ЛИА, применение в ПТСДО.

6. Тяговый асинхронный двигатель: принцип, механическая характеристика, регулирование.
7. Синхронный двигатель с постоянными магнитами: принцип, преимущества для тяги.
8. Мотор-колесо для ПТСДО: конструкция, преимущества и ограничения.
9. Тяговый инвертор: принцип PWM, схема на IGBT/SiC, КПД.
10. Двухнаправленный DC/DC-конвертор: назначение, принцип работы.
11. Режимы зарядки электрических НТС: AC/DC, быстрая зарядка, стандарты CCS, CHAdeMO, GB/T.
12. Алгоритмы управления потоками мощности в гибридной КЭУ.
13. Последовательный гибрид: схема, баланс мощности, расчёт ДВС-генератора.
14. Параллельный гибрид: схема, коэффициент гибридизации, тяговый расчёт.
15. Гидростатический гибрид для строительных машин: принцип, применение.
16. Полностью электрические НТС (BEV): архитектура, расчёт запаса хода.
17. Топливные элементы типа ПЭМ: принцип, конструкция, управление системой.
18. Водородное хранение для НТС: сравнение вариантов (сжатый, жидкий, металлогидридный).
19. Рекуперация кинетической и потенциальной энергии в ПТСДО: методы, расчёт.
20. Электробезопасность НТС с КЭУ: Правила ЕЭК ООН № 100, ГОСТ Р 56453.
21. Пожарная безопасность тяговых ЛИА: тепловое разгорание, методы защиты.
22. Порядок сертификации электрических и гибридных НТС в ЕАЭС.
23. Диагностика КЭУ: методы HPPC, EIS, оценка деградации аккумулятора.
24. Техническое обслуживание и ремонт НТС с КЭУ: особенности, требования безопасности.
25. Перспективы твердотельных аккумуляторов и силовой электроники на основе SiC/GaN для ПТСДО.

7.5. Процедура проведения экзамена

Форма: Письменный экзамен по билетам. Каждый билет включает 2 теоретических вопроса и 1 расчётную задачу. Продолжительность – 90 минут. Допускается использование нормативных документов и справочных материалов, согласованных с кафедрой.

Допуск к экзамену: К экзамену допускаются студенты, выполнившие все практические задания и не имеющие задолженности по данной дисциплине.

Порядок: Студент выбирает билет и самостоятельно готовится 20 минут. Ответ представляется в письменной форме. Преподаватель вправе задавать уточняющие вопросы.

8. Особенности организации обучения для лиц с ОВЗ и инвалидов

При необходимости рабочая программа дисциплины адаптируется для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья на основании их заявления и заключения ПМПК (в соответствии с п. 2.11 ФГОС ВО, приказ № 935 от 11.08.2020).

- **для лиц с нарушениями зрения:** материалы предоставляются увеличенным шрифтом (не менее 18 пт) или в аудиоформате; при необходимости обеспечивается сопровождение тифлопедагога.
- **для лиц с нарушениями слуха:** материалы предоставляются в печатной и электронной форме; видеоматериалы сопровождаются субтитрами; при необходимости привлекается сурдопереводчик.
- **для лиц с нарушениями ОДА:** материалы предоставляются в электронной форме; обеспечивается адаптированное рабочее место; промежуточная аттестация может проводиться в дистанционном формате.