

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Арженовский Алексей Григорьевич
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Дата подписания: 03.03.2026 13:27:56
Уникальный программный ключ:
3097683b38557fe8a27027e8e64c5f15ba3ab904

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

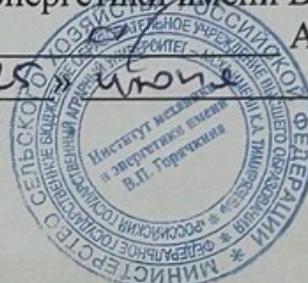
Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра «Тракторы и автомобили»

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина

А.Г. Арженовский

« 28 » июня 2025 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.06.02 «Динамика и прочность конструкций гибридных транспорт-
ных средств»

для подготовки специалистов

ФГОС ВО

Специальность: 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства

Специализация: Автомобили и тракторы

Курс 5

Семестр 9

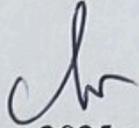
Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

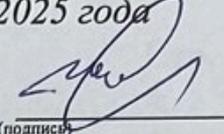
Разработчики: Митягин Григорий Евгеньевич, к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


«06» июня 2025 года

Рецензент: Майстренко Николай Александрович, к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«09» июня 2025 года

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», профессионального стандарта 33.005 – Специалист по техническому диагностированию и контролю технического состояния автотранспортных средств при периодическом осмотре, профессионального стандарта 13.001 – Специалист в области механизации сельского хозяйства и учебного плана.

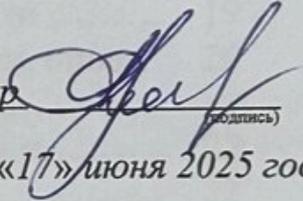
Программа обсуждена на заседании кафедры «Тракторы и автомобили», протокол № 13-24/25 от 17 июня 2025 года.

Заведующий кафедрой

«Тракторы и автомобили» Дидманидзе Отари Назирович,

академик РАН, д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

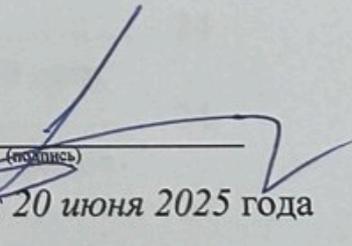
«17» июня 2025 года

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

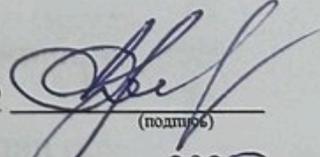
Протокол № 5 от 20 июня 2025 года

Заведующий выпускающей кафедрой

«Тракторы и автомобили» Дидманидзе Отари Назирович,

академик РАН, д.т.н., профессор

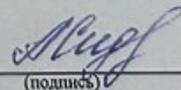
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«25» июня 2025 г.

Зав.отделом комплектования ЦНБ /

Сурзуба А.А.


(подпись)

Содержание

	Стр.
Аннотация.....	4
1. Цель освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в учебном процессе.....	6
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	6
4. Структура и содержание дисциплины.....	6
4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ и по семестрам	6
4.2. Содержание дисциплины.....	10
4.3. Лекции и практические занятия.....	12
5. Образовательные технологии.....	17
6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	19
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности	19
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	20
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	22
7.1. Основная литература.....	22
7.2. Дополнительная литература.....	22
7.3. Нормативно-правовые акты.....	23
7.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	24
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	24
9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	24
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	24
11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины.. Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	25 25
12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине.....	25

Аннотация

рабочей программы дисциплины

**Б1.В.ДВ.06.02 «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств»
ОПОП ВО по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»,
специализации «Автомобили и тракторы» (квалификация выпускника - специалист)**

Цель освоения дисциплины: формирование у будущих инженеров комплекса теоретических знаний и практических навыков, необходимых для проектирования, расчета и оценки работоспособности несущих систем, агрегатов и узлов гибридных транспортных средств в условиях сложного силового нагружения, обусловленного совместной работой двигателя внутреннего сгорания и электрического привода, с учетом динамических, вибрационных, тепловых и аварийных нагрузок, для обеспечения требуемых показателей прочности, долговечности, пассивной безопасности и массо-габаритных характеристик на всех этапах жизненного цикла конструкции.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в вариативную часть (по выбору) дисциплин учебного плана специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Требование к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3.

Краткое содержание дисциплины охватывает изучение особенностей конструкций гибридных транспортных средств (ГТС) и их влияния на прочность и динамику, методов расчета статических и динамических нагрузок в несущих системах и моделирования продольной динамики с анализом разгонных характеристик. Рассматриваются источники вибраций и расчет собственных частот колебаний, а также прочность и долговечность узлов трансмиссии при совместной работе ДВС и электродвигателей. Изучается пассивная безопасность и прочность конструкций при аварийных воздействиях с акцентом на защиту высоковольтных компонентов, анализируются тепловые режимы и термочувствительность элементов, включая системы охлаждения. Дисциплина также включает принципы оптимизации конструкций по критериям «масса-прочность» с выбором материалов и завершается комплексным анализом методов испытаний и диагностики для оценки ресурса конструкций в условиях реальной эксплуатации.

Общая трудоемкость дисциплины 2 зачетных единицы (72 часа, в том числе практическая подготовка 4 часа).

Промежуточный контроль: зачет – 9 семестр.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» является формирование у будущих инженеров комплекса теоретических знаний и практических навыков, необходимых для проектирования, расчета и оценки работоспособности несущих систем, агрегатов и узлов гибридных транспортных средств в условиях сложного силового нагружения, обусловленного совместной работой двигателя внутреннего сгорания и электрического привода, с учетом динамических, вибрационных, тепловых и аварийных нагрузок, для обеспечения требуемых показателей прочности, долговечности, пассивной безопасности и массо-габаритных характеристик на всех этапах жизненного цикла конструкции.

Дисциплина рассчитана на подготовку специалистов, способных работать в современных меняющихся условиях, в ситуации постоянно совершенствующихся конструкций наземных транспортно-технологических средств для перевозки грузов и выполнения технологических операций, а также технологий обеспечения их работоспособности.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» включена в блок дисциплин по выбору. Дисциплина «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта 33.005 – Специалист по техническому диагностированию и контро-

лю технического состояния автотранспортных средств при периодическом осмотре, профессионального стандарта 13.001 – Специалист в области механизации сельского хозяйства, ОПОП ВО и Учебного плана по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» являются:

- 1 курс, 1 семестр: материаловедение, химия;
- 1 курс, 2 семестр: технология конструкционных материалов, безопасность жизнедеятельности;
- 2 курс, 3 семестр: основы электротехники;
- 2 курс, 4 семестр: охрана труда;
- 3 курс, 5 семестр: электротехника и электропривод, эксплуатационные материалы;
- 3 курс, 6 семестр: эксплуатация наземных технологических средств, энергетические установки наземных транспортно-технологических средств, теория наземных транспортно-технологических средств, электрооборудование наземных транспортно-технологических средств;
- 4 курс, 7 семестр: эксплуатация наземных транспортных средств, энергетические установки наземных транспортно-технологических средств, надежность механических систем, электроника мехатронные системы наземных транспортно-технологических средств;
- 4 курс, 8 семестр: эксплуатация наземных транспортных средств, испытания наземных транспортно-технологических средств, нормативное обеспечение профессиональной деятельности, конструкция и техническая эксплуатация электромобилей и гибридных силовых установок.

Дисциплина «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» является основополагающей для подготовки и выполнения выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) в рамках государственной итоговой аттестации

Особенностью дисциплины является направленность на решение как практических вопросов, связанных с получением и применением альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте и в сельскохозяйственном производстве, так и теоретических вопросов, связанных с влиянием аналогичных источников энергии на ресурс двигателя наземных транспортных средств.

Рабочая программа дисциплины «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-4	Способен разрабатывать и контролировать ведение и актуализацию нормативно-технической документации предприятия сервиса наземных транспортно-технологических машин	ПКос-4.1 Способен организовать и обеспечить разработку и актуализацию нормативно-технической документации предприятия сервиса наземных транспортно-технологических машин в отношении технологических процессов технического обслуживания, ремонта и эксплуатации наземных транспортно-технологических машин	особенности нагружения, типовые узлы деформации и критические зоны конструкций гибридных транспортных средств, возникающие в процессе их технического обслуживания, ремонта и эксплуатации, включая специфические нагрузки от электропривода, вибронагруженность силовых компонентов, термические режимы работы высоковольтной батареи и электродвигателей, а также требования к безопасному проведению работ, связанных с разборкой силовых узлов, демонтажем высоковольтного оборудования и диагностикой несущих систем, для последующего отражения этих знаний в нормативно-технической документации предприятия сервиса	анализировать характер и величину нагрузок, действующих на агрегаты и узлы гибридных транспортно-технологических машин в различных режимах их работы, идентифицировать потенциально опасные с точки зрения прочности и усталости элементы конструкции, разрабатывать на основе этого анализа технические требования и регламенты к технологическим процессам технического обслуживания, ремонта (включая замену силовых компонентов, кузовной ремонт) и эксплуатации, а также корректировать существующую документацию с учетом выявленных особенностей и новых данных о поведении материалов и конструкций	методиками оценки влияния технологических операций технического обслуживания и ремонта (таких как подъем транспортного средства, демонтаж тяжелых агрегатов, восстановление геометрии кузова, работы с высоковольтными системами) на прочностные характеристики и остаточный ресурс гибридных машин, а также навыками формализации этих требований в виде четких инструкций, технологических карт и иных документов, регламентирующих безопасные и корректные методы проведения сервисных работ, обеспечивающих сохранение заданных производителем эксплуатационных и прочностных показателей наземных транспортно-

			ПКос-4.2 Способен осуществлять взаимодействие инженерно-технического персонала с распределением между ними полномочий по разработке нормативно-технической документации предприятия сервиса наземных транспортно-технологических машин	специфику задач, решаемых различными специалистами инженерно-технического персонала (конструкторы, технологи, специалисты по диагностике, инженеры по безопасности) в процессе разработки и актуализации нормативно-технической документации, связанной с динамикой и прочностью гибридных транспортных средств, включая их функциональные обязанности, зоны ответственности и точки взаимодействия при создании комплексных документов, таких как регламенты технического обслуживания силовых агрегатов, инструкции по ремонту несущих конструкций кузова после ДТП с учетом высоковольтных компонентов и методики оценки остаточного ресурса узлов трансмиссии	декомпозировать комплексную задачу по разработке или актуализации раздела нормативно-технической документации, касающегося прочности и динамики гибридных машин, на отдельные технологические операции, распределять эти операции между специалистами инженерно-технического персонала в соответствии с их компетенцией, формулировать для них четкие технические задания, организовывать их согласованную работу и осуществлять контроль за соблюдением установленных сроков и требований, обеспечивая целостность и непротиворечивость итогового документа	технологических машин навыками эффективной профессиональной коммуникации и организационной работы для координации действий инженерно-технического персонала, включая проведение совещаний, ведение технической документации, разрешение спорных вопросов на стыке компетенций (например, между технологом и специалистом по прочности при разработке метода ремонта рамы) и формирование согласованных технических решений, направленных на создание качественной и безопасной нормативно-технической документации для сервисного предприятия
3.	ПКос-6	Способен выполнять технологическое проектирование и контроль процессов обеспечения работоспособности наземных транспортно-технологических машин	ПКос-6.3 Способен обеспечить внедрение методов и средств диагностирования, технического обслуживания и ремонта новых систем наземных транспортно-технологических машин	особенности конструкций, характерные дефекты и критические нагрузки новых систем гибридных транспортных машин, таких как гибридные силовые установки, высоковольтные аккумуляторные батареи, системы рекуперативного торможения и электродвигатели	анализировать последствия отказов и износа элементов новых систем гибридных машин для их прочности и динамики, разрабатывать на основе этого анализа алгоритмы диагностических операций и технологические процессы технического обслуживания	методиками оценки влияния новых систем гибридного привода на нагруженность и ресурс конструкции, навыками подбора современного диагностического оборудования (например, вибродиагностических комплексов)

				<p>тротомеханические трансмиссии, а также понимать влияние их технического состояния на общие динамические и прочностные показатели машины, включая последствия разбалансировки роторов электродвигателей, ослабления креплений тяговой батареи, деградации опор силового агрегата и нарушения геометрии несущих систем для разработки и внедрения адекватных методов диагностирования и обслуживания</p>	<p>обслуживания и ремонта, включая специфические процедуры контроля момента затяжки силовых соединений, диагностики виброакустических характеристик электроприводов, проверки целостности несущих конструкций после перегрузок и оценки состояния систем охлаждения силовых компонентов, а также оценивать эффективность предлагаемых методов и средств диагностики</p>	<p>сов, тепловизоров, сканеров для оценки рабочих параметров электроприводов) и технологиями организации работ по внедрению новых методов обслуживания, включая обучение персонала, составление регламентов и оценку экономической целесообразности применяемых решений для обеспечения эффективного и безопасного технического обслуживания и ремонта перспективных гибридных транспортно-технологических машин</p>
--	--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа, в том числе практическая подготовка 4 часа), её распределение по видам работ в семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость, час
	всего / в том числе практическая подготовка
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	72/4
1. Контактная работа	36,25/4
Аудиторная работа:	36,25/4
<i>в том числе:</i>	
лекции	18
практические занятия (ПЗ)	18/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25
2. Самостоятельная работа (СРС)	35,75
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, текущему контролю и т.д.)</i>	26,75
подготовка к зачету	9
Вид промежуточного контроля:	Зачет

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ (всего/*)	ПКР	
Тема 1 «Введение в динамику и прочность гибридных транспортных средств»	7/2	2	2/2	-	3
Тема 2 «Методы расчета нагрузок и напряжений в рамах и кузовах ГТС»	7	2	2	-	3
Тема 3 «Динамика продольного движения гибридных транспортных средств»	7	2	2	-	3
Тема 4 «Колебания и виброн нагруженность конструкций ГТС»	7	2	2	-	3
Тема 5 «Прочность и долговечность узлов трансмиссии ГТС»	7	2	2	-	3
Тема 6 «Прочность конструкций при действии аварийных нагрузок»	7	2	2	-	3
Тема 7 «Тепловые режимы и термпрочность элементов ГТС»	7/2	2	2/2	-	3
Тема 8 «Оптимизация конструкций ГТС по критериям прочности и массы»	7	2	2	-	3
Тема 9 «Комплексный анализ и испытания конструкций ГТС»	6,75	2	2	-	2,75
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25	-	-	0,25	-
Подготовка к зачёту	9	-	-	-	9
Всего за семестр	72/4	18	18/4	0,25	35,75

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ (всего/*)	ПКР	
Итого по дисциплине	72/4	18	18/4	0,25	35,75

* в том числе практическая подготовка

Тема 1. Введение в динамику и прочность гибридных транспортных средств.

Рассматриваются особенности конструкций гибридных транспортных средств (ГТС), их отличия от традиционных автомобилей, влияние дополнительных масс (тяговые батареи, электродвигатели, силовая электроника) на распределение нагрузок, общие принципы компоновки силовых агрегатов, основные виды нагружений (статические, динамические, циклические), вводятся понятия ресурса, долговечности и безопасности конструкций в условиях эксплуатации. Особое внимание уделяется системному подходу к анализу прочности и динамики ГТС с учетом взаимодействия механических, электрических и тепловых процессов.

Тема 2. Методы расчета нагрузок и напряжений в рамах и кузовах ГТС.

Изучаются методы определения статических и динамических нагрузок, действующих на несущие системы ГТС (рамы, кузова, подрамники) в различных режимах эксплуатации (разгон, торможение, движение по неровностям, рекуперативное торможение), рассматриваются методики расчета напряжений в типовых элементах конструкций с использованием методов сопротивления материалов и строительной механики, анализируются концентраторы напряжений в зонах крепления силовых установок и аккумуляторных батарей, даются основы оценки запасов прочности с учетом переменных режимов нагружения.

Тема 3. Динамика продольного движения гибридных транспортных средств.

Анализируются силовые и скоростные характеристики гибридных силовых установок (ДВС, электродвигатели, генераторы), их влияние на разгонную динамику, топливную экономичность и тягово-сцепные свойства, рассматриваются математические модели продольного движения ГТС, методы расчета сил сопротивления движению, ускорений и времени разгона, изучается влияние рекуперативного торможения на динамику и нагрузки в трансмиссии, оценивается эффективность совместной работы теплового и электрического приводов.

Тема 4. Колебания и виброн нагруженность конструкций ГТС.

Рассматриваются источники вибраций в ГТС (двигатели, трансмиссия, мотор-колеса, дорожные воздействия), методы моделирования колебательных систем с несколькими степенями свободы, анализируется влияние вибраций на долговечность элементов конструкции, комфорт и надежность электрооборудования, изучаются методы виброзащиты и демпфирования, в том числе для высоковольтных компонентов и аккумуляторных батарей, даются основы расчета резонансных частот и оценки вибропрочности.

Тема 5. Прочность и долговечность узлов трансмиссии ГТС.

Изучаются особенности нагружения элементов трансмиссии гибридных автомобилей (коробки передач, раздаточные коробки, главные передачи, полуоси, шарниры равных угловых скоростей) при совместной работе ДВС и электродвигателей, анализируются циклические и ударные нагрузки, методы расчета контактной прочности зубчатых передач, усталостной прочности валов и подшипников, рассматриваются вопросы оптимизации массо-габаритных показателей трансмиссии при обеспечении требуемого ресурса.

Тема 6. Прочность конструкций при действии аварийных нагрузок

Рассматриваются методы оценки прочности несущих систем и кузовов ГТС при действии аварийных нагрузок (удары, столкновения), анализируются требования нормативных документов по пассивной безопасности, изучаются особенности защиты высоковольтных компонентов (батареи, кабели) в условиях деформации кузова, даются основы моделирования динамики удара и оценки целостности силовых элементов и зон деформации

Тема 7. Тепловые режимы и термopочность элементов ГТС.

Исследуются тепловые процессы в гибридных силовых установках (нагрев электродвигателей, инверторов, аккумуляторных батарей, системы охлаждения), их влияние на прочность и долговечность конструкций, рассматриваются методы расчета термических напряжений в узлах, подверженных циклическому нагреву и охлаждению, анализируются вопросы обеспечения

теплового режима высоковольтной батареи и ее влияние на ресурс и безопасность, изучаются методы теплового моделирования и оценки термоусталости

Тема 8. Оптимизация конструкций ГТС по критериям прочности и массы

Рассматриваются методы оптимизации несущих систем и узлов ГТС с целью снижения массы при обеспечении требуемой прочности, жесткости и долговечности, изучаются подходы к выбору материалов (стали, алюминиевые сплавы, композиты) для различных элементов конструкции, анализируются численные методы оптимизации (метод конечных элементов, методы параметрической оптимизации), оценивается влияние облегчения конструкции на энергоэффективность и динамические качества ГТС

Тема 9. Комплексный анализ и испытания конструкций ГТС

Изучаются методы комплексной оценки прочности и динамики ГТС, включая математическое моделирование, стендовые и натурные испытания, рассматриваются подходы к созданию программ испытаний для узлов и систем гибридных автомобилей, анализируются методы обработки экспериментальных данных (тензометрия, вибродиагностика, термография), обсуждаются вопросы нормирования нагрузок и оценки ресурса в условиях реальной эксплуатации, рассматриваются перспективы развития методов диагностики и прогнозирования остаточного ресурса

4.3 Лекции и практические занятия

В рамках изучения дисциплины «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» предусмотрено проведение лекций и практических занятий в которых рассматриваются прикладные вопросы, связанные с оценкой ресурсов, методами обоснования характеристик гибридных транспортных средств.

Таблица 4

Содержание лекций, практических занятий и контрольных мероприятий

№ п/п	№ раздела, темы	№ и название лекционных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Тема 1. Введение в динамику и прочность гибридных транспортных средств	Лекция № 1 «Особенности конструкций гибридных транспортных средств и их влияние на прочность и динамику»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	дискуссия	2
		Практическое занятие № 1 (практическая подготовка) «Анализ компоновочных схем ГТС и оценка распределения масс»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос, деловая игра	2/2
2.	Тема 2. Методы расчета нагрузок и напряжений в рамах и кузовах ГТС	Лекция № 2 «Расчет статических и динамических нагрузок в несущих системах ГТС»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 2 «Расчет напряжений в типовых узлах рамы гибридного автомобиля»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос	2
3.	Тема 3. Динамика продольного движения гибридных транспортных средств	Лекция № 3 «Моделирование продольной динамики ГТС с комбинированной силовой установкой»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 3 «Расчет и анализ разгонных характеристик гибридного автомобиля»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос	2

№ п/п	№ раздела, темы	№ и название лекционных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
4.	Тема 4. Колебания и виброн нагруженность конструкций ГТС	Лекция № 4 «Источники вибраций в ГТС и методы их анализа»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 4. «Расчет собственных частот колебаний подвески силового агрегата»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос	2
5.	Тема 5. Прочность и долговечность узлов трансмиссии ГТС	Лекция № 5 «Расчеты на прочность элементов трансмиссии гибридных автомобилей»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 5. «Анализ нагрузок в зубчатой передаче гибридной трансмиссии»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос	2
	Тема 6. Прочность конструкций при действии аварийных нагрузок	Лекция № 6 «Пассивная безопасность и прочность конструкций ГТС при аварийных воздействиях»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 6. «Анализ деформационных зон кузова гибридного автомобиля при ударе»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос	2
	Тема 7. Тепловые режимы и термочувствительность элементов ГТС	Лекция № 7 «Тепловые нагрузки и термочувствительность компонентов ГТС»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 7. (практическая подготовка) «Расчет тепловых потоков в системе охлаждения тягового электродвигателя»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос, деловая игра	2/2
	Тема 8. Оптимизация конструкций ГТС по критериям прочности и массы	Лекция № 8 «Принципы оптимизации конструкций ГТС по критериям «масса-прочность»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 8. «Сравнительный анализ материалов для элементов кузова ГТС»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос	2
	Тема 9. Комплексный анализ и испытания конструкций ГТС	Лекция № 9 «Методы испытаний и диагностики конструкций гибридных транспортных средств»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3		2
		Практическое занятие № 9. «Разработка программы виброиспытаний узла подвески электродвигателя»	ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3	устный опрос	2

* в том числе практическая подготовка

Описание вопросов, предлагаемых студентам для самостоятельного обучения, представлено в таблице 5.

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1.	Тема 1 «Введение в динамику и прочность гибридных транспортных средств»	Особенности конструкций гибридных транспортных средств (ГТС), их отличия от традиционных автомобилей, влияние дополнительных масс (тяговые батареи, электродвигатели, силовая электроника) на распределение нагрузок. Общие принципы компоновки силовых агрегатов, основные виды нагрузений (статические, динамические, циклические). Понятия ресурса, долговечности и безопасности конструкций в условиях эксплуатации. Системный подход к анализу прочности и динамики ГТС с учетом взаимодействия механических, электрических и тепловых процессов. (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
2.	Тема 2 «Методы расчета нагрузок и напряжений в рамах и кузовах ГТС»	Методы определения статических и динамических нагрузок, действующих на несущие системы ГТС (рамы, кузова, подрамники) в различных режимах эксплуатации (разгон, торможение, движение по неровностям, рекуперативное торможение), методики расчета напряжений в типовых элементах конструкций с использованием методов сопротивления материалов и строительной механики. Концентраторы напряжений в зонах крепления силовых установок и аккумуляторных батарей, основы оценки запасов прочности с учетом переменных режимов нагружения. (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
3.	Тема 3 «Динамика продольного движения гибридных транспортных средств»	Силовые и скоростные характеристики гибридных силовых установок (ДВС, электродвигатели, генераторы), их влияние на разгонную динамику, топливную экономичность и тягово-сцепные свойства. Математические модели продольного движения ГТС, методы расчета сил сопротивления движению, ускорений и времени разгона, влияние рекуперативного торможения на динамику и нагрузки в трансмиссии, оценивается эффективность совместной работы теплового и электрического приводов. (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
4.	Тема 4 «Колебания и вибронгруженность конструкций ГТС»	Источники вибраций в ГТС (двигатели, трансмиссия, мотор-колеса, дорожные воздействия), методы моделирования колебательных систем с несколькими степенями свободы. Влияние вибраций на долговечность элементов конструкции, комфорт и надежность электрооборудования, методы виброзащиты и демпфирования, в том числе для высоковольтных компонентов и аккумуляторных батарей, основы расчета резонансных частот и оценки вибропрочности. (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
5.	Тема 5 «Прочность и долговечность узлов трансмиссии ГТС»	Особенности нагружения элементов трансмиссии гибридных автомобилей (коробки передач, раздаточные коробки, главные передачи, полуоси, шарниры равных угловых скоростей) при совместной работе ДВС и электродвигателей. Циклические и ударные нагрузки, методы расчета контактной прочности зубчатых передач, усталостной прочности валов и подшипников, рассматриваются вопросы оптимизации массо-габаритных показателей трансмиссии при обеспечении требуемого ресурса. (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
	Тема 6 «Прочность конструкций при действии аварийных	Методы оценки прочности несущих систем и кузовов ГТС при действии аварийных нагрузок (удары, столкновения). Требования нормативных документов по пассивной безопасности,

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	нагрузок	особенности защиты высоковольтных компонентов (батареи, кабели) в условиях деформации кузова, основы моделирования динамики удара и оценки целостности силовых элементов и зон деформации (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
	Тема 7 «Тепловые режимы и термочность элементов ГТС»	Тепловые процессы в гибридных силовых установках (нагрев электродвигателей, инверторов, аккумуляторных батарей, системы охлаждения), их влияние на прочность и долговечность конструкций. Методы расчета термических напряжений в узлах, подверженных циклическому нагреву и охлаждению. Обеспечение теплового режима высоковольтной батареи и ее влияние на ресурс и безопасность, методы теплового моделирования и оценки термоусталости (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
	Тема 8 «Оптимизация конструкций ГТС по критериям прочности и массы»	Методы оптимизации несущих систем и узлов ГТС с целью снижения массы при обеспечении требуемой прочности, жесткости и долговечности, подходы к выбору материалов (стали, алюминиевые сплавы, композиты) для различных элементов конструкции. Численные методы оптимизации (метод конечных элементов, методы параметрической оптимизации), влияние облегчения конструкции на энергоэффективность и динамические качества ГТС (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)
	Тема 9 «Комплексный анализ и испытания конструкций ГТС»	Методы комплексной оценки прочности и динамики ГТС, включая математическое моделирование, стендовые и натурные испытания, рассматриваются подходы к созданию программ испытаний для узлов и систем гибридных автомобилей, анализируются методы обработки экспериментальных данных (тензометрия, вибродиагностика, термография). Нормирование нагрузок и оценки ресурса в условиях реальной эксплуатации, рассматриваются перспективы развития методов диагностики и прогнозирования остаточного ресурса (ПКос-4.1; ПКос-4.2; ПКос-6.3)

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы современных технологий.

Для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и современной (проблемного обучения) технологиям:

- основные формы теоретического обучения: лекции, индивидуальные и групповые консультации;
- основные формы практического обучения: практические занятия, включающие практическую подготовку;
- дополнительные формы организации обучения: самостоятельная работа студентов.

В рамках учебного курса предусмотрена инновационная деятельность, имитирующая реальную работу специалистов по исследованию и внедрению транспортно-технологических средств на новых источниках энергии. Также предусмотрены встречи с представителями российских компаний, осуществляющих научную деятельность, проводящих инновационные исследования и разработки в рамках направлений, связанных с разработкой и эксплуатацией комбинированных энергоустановок наземных транспортно-технологических машин.

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Особенности конструкций гибридных транспортных средств и их влияние на прочность и динамику	Л	лекция-дискуссия (проблемное обучение)
2.	Анализ компоновочных схем ГТС и оценка распределения масс	ПЗ	деловая игра (проблемное обучение)
3.	Расчет тепловых потоков в системе охлаждения тягового электродвигателя	ПЗ	деловая игра (проблемное обучение)

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Текущий контроль успеваемости представляет собой проверку усвоения учебного материала, регулярно осуществляемую на протяжении семестра.

Текущий контроль знаний студентов в рамках дисциплины «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» может представлять собой: устный опрос (групповой или индивидуальный).

При текущем контроле успеваемости акцент делается на установлении подробной, реальной картины студенческих достижений и успешности усвоения ими учебной программы на данный момент времени. Промежуточная аттестация может проводиться по результатам текущего контроля. В рамках каждого из данных типов контроля (аттестации) могут быть задействованы разные виды контроля. Основным видом контроля является устный опрос.

Промежуточная аттестация, как правило, осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины. Подобный контроль помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, в некоторых случаях – даже формирование определенных профессиональных компетенций. Формой промежуточной аттестации являются зачет.

6.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы для устного опроса (текущий контроль):

1. Как расположение тяговой батареи влияет на положение центра масс транспортного средства и его статическую устойчивость?
2. Перечислите основные преимущества и недостатки последовательной, параллельной и последовательно-параллельной компоновок гибридных силовых установок с точки зрения распределения масс.
3. Какие дополнительные нагрузки возникают на несущую систему (раму/кузов) из-за установки электродвигателей и силовой электроники?
4. Как масса высоковольтной аккумуляторной батареи влияет на развесовку автомобиля по осям и как это учитывается при проектировании подвески?
5. Почему при компоновке гибридного автомобиля важно учитывать не только статические, но и динамические (инерционные) нагрузки от тяжелых компонентов?
6. Какие зоны рамы или кузова гибридного автомобиля являются наиболее нагруженными и почему?
7. Как наличие момента на колесе от электродвигателя (тягового или тормозного) влияет на величину нагрузок, передаваемых на элементы подвески и рамы?
8. В чем заключается особенность расчета напряжений в зонах крепления силового агрегата (ДВС+электродвигатель) по сравнению с креплением обычного ДВС?

9. Какие типы напряжений (растяжение-сжатие, изгиб, кручение) преобладают в лонжеронах рамы и почему?
10. Как рекуперативное торможение изменяет характер нагружения элементов рамы по сравнению с традиционным торможением?
11. Как совместная работа ДВС и электродвигателя (их моменты и мощности) влияет на результирующую тяговую характеристику автомобиля?
12. Почему использование электродвигателя позволяет улучшить разгонную динамику на низких скоростях?
13. Каким образом изменение полной массы автомобиля, вызванное установкой гибридной силовой установки, влияет на время разгона и энергопотребление?
14. Как режим работы гибридной установки (например, только на электротяге, только на ДВС, совместная работа) влияет на расчетные динамические показатели?
15. Какие силы сопротивления движению являются определяющими при расчете разгона гибридного автомобиля и почему?
16. Какие основные источники вибраций от гибридной силовой установки (со стороны ДВС и со стороны электропривода) вам известны?
17. Почему важно, чтобы собственные частоты колебаний подвески силового агрегата не совпадали с вынуждающими частотами от двигателей?
18. Как масса гибридного силового агрегата (обычно большая, чем у обычного ДВС) влияет на расчет собственных частот его подвески?
19. Какие параметры подвески (опор) силового агрегата можно изменять для настройки его колебательных характеристик?
20. Чем отличаются вибрационные характеристики электродвигателя от характеристик ДВС и как это учитывается при расчете?
21. Чем характер нагружения зубьев шестерен в гибридной трансмиссии отличается от нагружения в классической трансмиссии?
22. Как мгновенное приложение максимального крутящего момента от электродвигателя влияет на ударные нагрузки в зацеплении?
23. Какие дополнительные факторы (например, режимы рекуперативного торможения, быстрые переключения режимов работы) необходимо учитывать при расчете контактной прочности зубьев?
24. Почему при анализе нагрузок в трансмиссии гибрида важно рассматривать весь диапазон рабочих режимов, а не только номинальный?
25. Как работа трансмиссии в режиме рекуперации (когда она передает момент от колес к генератору) влияет на характер нагрузок в зубчатых передачах?
26. Какие новые задачи по защите элементов кузова возникают при проектировании зон деформации гибридного автомобиля?
27. Как наличие жесткой и тяжелой аккумуляторной батареи в основании кузова влияет на работу традиционных деформационных зон?
28. Какие специальные меры необходимо предусмотреть в конструкции кузова для обеспечения безопасности высоковольтной кабельной сети при ударе?
29. Почему при анализе деформаций необходимо отдельно рассматривать фронтальный, боковой и задний удары?
30. Как обеспечивается целостность силового каркаса салона (капсулы безопасности) при деформации зон, где расположены силовые компоненты гибридной установки?
31. Каковы основные источники тепловыделения в гибридной силовой установке, влияющие на температурные режимы конструкций?
32. Почему эффективный отвод тепла от тягового электродвигателя и инвертора критически важен для сохранения их механических и эксплуатационных характеристик?
33. Какие параметры определяют величину теплового потока, который необходимо отвести от электродвигателя?
34. Как циклический характер работы гибридной установки (разгоны, торможения) влияет на тепловой режим ее компонентов?

35. Какие последствия для прочности и долговечности материалов могут иметь постоянные термические циклы нагрева и охлаждения?
36. Какие основные критерии выбора материала для несущих элементов кузова гибридного автомобиля?
37. Сравните высокопрочные стали и алюминиевые сплавы по критериям «прочность/масса» и «технологичность/стоимость» для использования в ГТС.
38. Какие преимущества и недостатки композиционных материалов в контексте облегчения конструкции гибридного автомобиля?
39. Как выбор материала влияет на пассивную безопасность и поведение кузова при аварийных нагрузках?
40. Почему при облегчении кузова нельзя просто уменьшать толщину сечения существующих стальных элементов?
41. Какие основные цели проводятся при виброиспытаниях узлов гибридного транспортного средства?
42. Какие параметры вибрации (частота, амплитуда, ускорение) являются наиболее важными для контроля при испытаниях подвески силового агрегата?
43. Как формируется программа нагружения при испытаниях, чтобы она соответствовала реальным условиям эксплуатации?
44. Какие виды отказов или повреждений ожидаются в узле подвески электродвигателя после цикла виброиспытаний?
45. Как по результатам виброиспытаний можно оценить запас усталостной прочности испытываемого узла?

В рамках освоения дисциплины «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» отдельно контролируемых форм самостоятельной работы не предусмотрено.

Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет), включает следующие

1. Особенности компоновки гибридных транспортных средств (ГТС) и их влияние на распределение масс и нагрузок.
2. Классификация нагрузок, действующих на конструкции ГТС в различных режимах эксплуатации.
3. Основные методы расчета статических нагрузок в рамах и кузовах ГТС.
4. Специфика учета динамических нагрузок от силовой установки гибридного типа.
5. Понятия и критерии оценки долговечности и ресурса конструкций ГТС.
6. Силовые и скоростные характеристики гибридных силовых установок (ДВС, электродвигатели, генераторы).
7. Математические модели продольного движения ГТС.
8. Расчет сил сопротивления движению и оценка тягово-сцепных свойств ГТС.
9. Влияние рекуперативного торможения на динамику и нагрузки в трансмиссии.
10. Основные источники вибраций в ГТС (двигатели, трансмиссия, дорожные воздействия).
11. Моделирование колебательных систем с несколькими степенями свободы.
12. Влияние вибраций на долговечность конструкций и электрооборудования ГТС.
13. Методы виброзащиты и демпфирования для силовых компонентов и аккумуляторных батарей.
14. Особенности нагружения элементов трансмиссии ГТС при совместной работе ДВС и электродвигателей.
15. Методы расчета контактной прочности зубчатых передач гибридной трансмиссии.
16. Расчет усталостной прочности валов и подшипников в условиях циклического нагружения.
17. Требования нормативных документов к пассивной безопасности ГТС.
18. Методы оценки прочности несущих систем при аварийных нагрузках (удары, столкновения).
19. Особенности защиты высоковольтных компонентов (батареи, кабели) в условиях деформации кузова.
20. Основы моделирования динамики удара и оценки целостности конструкций.

21. Тепловые процессы в гибридных силовых установках (электродвигатели, инверторы, АКБ).
22. Влияние тепловых режимов на прочность и долговечность конструкций ГТС.
23. Методы расчета термических напряжений в узлах, подверженных циклическому термонагрузению.
24. Системы охлаждения тягового электродвигателя и высоковольтной батареи: конструкция и расчет.
25. Понятие термоусталости и методы оценки ресурса при переменных тепловых режимах.
26. Цели и задачи оптимизации конструкций ГТС по критериям «масса-прочность».
27. Сравнительный анализ материалов (стали, алюминиевые сплавы, композиты) для элементов ГТС.
28. Численные методы оптимизации конструкций (на примере метода конечных элементов).
29. Влияние облегчения конструкции на энергоэффективность и динамические качества ГТС.
30. Классификация методов испытаний конструкций ГТС (моделирование, стендовые, натурные).
31. Подходы к созданию программ испытаний узлов и систем гибридных автомобилей.
32. Методы обработки экспериментальных данных: тензометрия, вибродиагностика, термография.
33. Нормирование нагрузок и оценка ресурса конструкций в условиях реальной эксплуатации.
34. Методы прогнозирования остаточного ресурса узлов и агрегатов ГТС.
35. Концентраторы напряжений в зонах крепления силовых установок и аккумуляторных батарей.
36. Оценка запасов прочности с учетом переменных режимов нагружения.
37. Анализ эффективности совместной работы теплового и электрического приводов с точки зрения нагрузок на конструкцию.
38. Расчет резонансных частот и оценка вибропрочности элементов ГТС.
39. Оптимизация массо-габаритных показателей трансмиссии при обеспечении требуемого ресурса.
40. Комплексный анализ прочности и динамики ГТС на этапах проектирования и испытаний.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника:

«**Зачет**» выставляется студенту, если он демонстрирует глубокие знания программного материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно излагает программный материал, не затрудняясь с ответом при видоизменении задания; грамотно обосновывает принятые решения; самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская ошибок; свободно оперирует основными теоретическими положениями по проблематике излагаемого материала, компетенции, закрепленные за дисциплиной, сформированы на достаточном уровне и выше.

«**Незачет**» ставится, если студент не знает значительной части программного материала; допускает грубые ошибки при изложении программного материала; с большими затруднениями решает ситуационные и практические задачи, компетенции, закрепленные за дисциплиной, сформированы на недостаточном уровне или не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Дидманидзе О.Н. и др. Использование суперконденсаторов в системах электрооборудования тягово-транспортных средств – М.: ООО «УМЦ «Триада», 2005. – 160 с. (50 экз.)
2. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: учебник / Г.М. Кутьков. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 506 с. (20 экз.)
3. Дидманидзе О.Н, Солнцев А.А., Митягин Г.Е. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 565 с. (120 экз.)
4. Богатырев, А.В. Автомобили: учебник / А. В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский – М.: ИНФРА-М, 2014. – 655 с. (25 экз.)

5. Бирюков, В. В. Гибридные транспортные средства : учебник / В. В. Бирюков. — Новосибирск : НГТУ, 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-7782-4491-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/216176> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

1. Рославцев А.В., Ноздрин А.В. Теория движения тягово-транспортных средств с комбинированной энергоустановкой. — М. : УМЦ «ТРИАДА», 2007. — 44 с. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s18012022-td.pdf/info>

2. Бирюков, В. В. Энергетические аспекты функционирования транспортных систем: монография / В. В. Бирюков. — Новосибирск : НГТУ, 2014. — 264 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118077> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ярославцев, М. В. Энергоэффективный тяговый привод городского безрельсового транспорта: учебное пособие / М.В. Ярославцев, Н.И. Щуров, В.Н. Аносов. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 136 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118066> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 4: Машины постоянного тока / Е.И. Забудский. — М. : ФГБОУ ВПО МГАУ, 2014. — 160 с. (40 экз.)

5. Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 2: Асинхронные машины / Е.И. Забудский. — М. : ООО "Мегаполис", 2017. — 304 с. (25 экз.)

6. Забудский Е.И. Электрические машины: учебное пособие для вузов. Ч. 3. Синхронные машины / Е.И. Забудский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Мегаполис, 2019. — 295 с. (7 экз.)

7. Карманов, И. В. Использование нечеткой логики в инженерной деятельности : учебно-методическое пособие / И. В. Карманов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2021. — 80 с. — ISBN 978-5-7579-2521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264866> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Бобронников, В. Т. Системный анализ и управление организационно-техническими системами : монография / В. Т. Бобронников, Д. А. Козорез. — Москва : МАИ, 2024. — 188 с. — ISBN 978-5-4316-1160-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/454388> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Колесников, В. В. Моделирование характеристик и дефектов трехфазных асинхронных машин : учебное пособие / В. В. Колесников. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-2673-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210077> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ Р 41.100-99 (Правила ЕЭК ООН № 100) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения аккумуляторных электромобилей в отношении конкретных требований к конструкции и функциональной безопасности

2. ГОСТ 15.011-96 Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения.

3. ГОСТ 15.101-98 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ

4. ГОСТ 15.201-2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство

5. ГОСТ 15.311-90 Система разработки и постановки продукции на производство. Постановка на производство продукции по технической документации иностранных фирм

6. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транс-

портных средств». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. 7. Федеральный закон Российской Федерации от 08.08.2001 г. № 128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Для самостоятельной работы в рамках практических занятий по дисциплине «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» используются методические рекомендации и типовые инструкции по эксплуатации и ремонту электромобилей и гибридных транспортных средств, пособия по работе в прикладных программах.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Для проведения аудиторных занятий, а также самостоятельной работы в рамках дисциплины «Динамика и прочность конструкций гибридных транспортных средств» можно использовать учебные и справочные ресурсы, размещенные в сети Интернет:

<http://elib.timacad.ru> (открытый доступ)

<http://www.academia-moscow.ru/catalogue> (открытый доступ)

<http://rucont.ru/efd/> (открытый доступ)

<http://znanium.com/bookread> (открытый доступ)

<https://e.lanbook.com/book> (открытый доступ)

<https://dokipedia.ru> (открытый доступ)

<http://docs.cntd.ru> (открытый доступ)

<http://www.minenergo.gov.ru/activity/vie/> (открытый доступ)

http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=210 (открытый доступ)

http://www.gigavat.com/netradicionnaya_energetika_v_rossii.php (открытый доступ)

<http://www.twirpx.com> (открытый доступ)

<http://www.energy-fresh.ru/> (открытый доступ)

<http://government.ru/news/10228/> (открытый доступ)

http://agropraktik.ru/blog/Renewable_Energy/ (открытый доступ)

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Специальных требований к программному обеспечению учебного процесса не предусмотрено. При проведении лекций, практических занятий и самостоятельной работы достаточно возможностей типовых программ, поставляемых вместе с компьютерной техникой (Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel и другие), а также стандартных Internet-браузеров).

Таблица 7

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Наименование программы	Тип программы
1	Тема 1 «Введение в динамику и прочность гибридных транспортных средств»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
2	Тема 2 «Методы расчета нагрузок и напряжений в рамах и кузовах ГТС»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
3	Тема 3 «Динамика продольного движения гибридных транспортных средств»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные

4	Тема 4 «Колебания и виброн нагруженность конструкций ГТС»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
5	Тема 5 «Прочность и долговечность узлов трансмиссии ГТС»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
6	Тема 6 «Прочность конструкций при действии аварийных нагрузок»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
7	Тема 7 «Тепловые режимы и термпрочность элементов ГТС»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
8	Тема 8 «Оптимизация конструкций ГТС по критериям прочности и массы»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
9	Тема 9 «Комплексный анализ и испытания конструкций ГТС»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Mes-Dea Elithion Lithiumate PRO Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Диагностическая Диагностическая Контрольные Коммуникационные

Для повышения наглядности практических занятий возможно использование видеоматериалов по организации сборочного производства комбинированных энергоустановок и электромобилей, их испытаний и примеров практического применения.

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Сведения о необходимом технологическом оборудовании и специализированных аудиториях приведены в таблице 8.

Таблица 8

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Лекционная аудитория с мультимедийным оборудованием (26/232)	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, занятий практического типа Доска аудиторная 3-х элем. - 1 шт., Комплект стен-

	<p>дов по устройству легкового автомобиля - 1 шт., Проектор - 1 шт., Световое оборудование базовый комплект «Дорожные знаки», -1 шт., Стенд системы управления - 1 шт., Стенд схема газобалон. устан. автомоб. - 1 шт., Стол компьютерный -1 шт., Экран - 1 шт., Экран на штативе - 1 шт., Стулья - 75 шт., Стол ученический 2-х местный - 38 шт., Стол, стул преподавателя-1 шт.</p>
Компьютерный класс (26/228а)	<p>Аудитория для проведения занятий семинарского типа, проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы Видеомагнитофон - 1 шт., Видеопроектор ВЕ - 1 шт.; Доска аудиторная ДН-38 - 1 шт.; Журнальный стол - 1 шт.; Доска настенная 3-элементная - 1 шт.; Компьютер в комплекте - 1 шт.; Компьютер - 10 шт.*; Кресло офисное. - 1 шт., Монитор-1 шт., Монитор ЖК LG - 12 шт.; Монитор УАМА - 1 шт.; Стол эргономичный - 1 шт., Телевизор 5695 - 1 шт.; Стулья - 22 шт., Стол-12 шт., Стол, стул преподавателя -1 шт. Антивирусная защита Касперского, Windows, Microsoft Office</p>
Лаборатория диагностики и технической эксплуатации электромобилей* (26/144)	<p>Комплект оборудования «Лаборатория электромобиль» (410124000603294)*: многофункциональное зарядное «Кулон -912», станция электрорядная «Фора ЭЭС-АС», лабораторный блок питания «Instek SPS-1820», токовые клещи «Fluke i410», токовые клещи «APPA-A18P», измеритель внутреннего сопротивления ХИТ «Мегарон МЕГА-303», осциллограф-мультиметр «АКИП-4125/1А», мультиметр цифровой «АКИП-2203», нагрузочная вилка для АКБ «НВ-04», блок ускоренного разряда батарей «Ballu ВНР-М-15», трехфазная электрическая нагрузка, зарядное устройство для литий ионных батарей «Thunder Sky», переносной компьютер HP Laptop Model 14-dk0004ur, комплект источников питания и потребителей (двигатели, контроллеры, модули бортового питания), комплект инструментов «JTC К6172», телевизор LG 55UK6200PLA, телевизор LG 28TK410V-PZ, инструментальная тележка JTC</p>
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова	<p>Помещения для самостоятельной работы – аудитории для проведения планируемой учебной, учебно-исследовательской, научно-исследовательской работы студентов, выполняемой во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: 9 читальных залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi и Интернет-доступом, в том числе 5 компьютеризированных читальных залов.</p>
Общежитие №4.	Комната для самоподготовки

* оборудование используется для практической подготовки

11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторная и внеаудиторная) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

- практические занятия, включая практическую подготовку (занятия семинарского типа);
- индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;
- самостоятельная работа обучающихся.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Попуски аудиторных занятий не рекомендуются. Студент, пропустивший занятия обязан пояснить причину своего отсутствия и в зависимости от вида пропущенного занятия должен самостоятельно подготовить и представить на проверку материал, выбывший из-за пропуска, дополнительно представив его в виде краткого устного сообщения в рамках темы пропущенной лекции или ответив на контрольные вопросы в отдельно отведенное время при пропуске практического занятия.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Основу теоретического обучения студентов составляют лекции. Они дают систематизированные знания студентам о наиболее сложных и актуальных проблемах обеспечения технической эксплуатации транспортных средств с комбинированной энергоустановкой и электромобилей. На лекциях особое внимание уделяется не только усвоению студентами изучаемых проблем, но и стимулированию их активной познавательной деятельности, творческого мышления, развитию научного мировоззрения, профессионально-значимых свойств и качеств.

На занятиях излагается теоретический материал: даются термины и определения, обосновывается необходимость внедрения современных гибридных технологий во все сферы транспорта и сельского хозяйства. Рассматривается методика оптимизации конструкции и компоновочного решения транспортного средства с комбинированной энергетической установкой или полностью электрического в зависимости от назначения и сферы использования.

На *практических занятиях* излагается теоретический материал: даются термины и определения, обосновывается необходимость исследования и обоснования определенных параметров и характеристик электромобилей и КЭУ. Рассматривается методика оптимизации конструкции и компоновочного решения транспортного средства на альтернативных источниках энергии в зависимости от назначения и сферы использования.

Излагаемый материал может показаться студентам сложным, поскольку включает знания, почерпнутые преподавателем из различных естественно-научных дисциплин, науки и техники. Осуществляя учебные действия на лекционных занятиях, студенты должны внимательно воспринимать действия преподавателя, запоминать складывающиеся образы, мыслить, добиваться понимания изучаемого предмета, применения знаний на практике. Студенты должны аккуратно вести конспект если преподавателем не предлагается специально подготовленный раздаточный или презентационный материал. В случае недопонимания какой-либо части предмета следует задать вопрос в установленном порядке преподавателю. В процессе работы на лекции необходимо так же выполнять в конспектах модели изучаемого предмета (рисунки, схемы, формулы и т.д.), которые использует преподаватель. Лекционное занятие должно быть содержательным, проблемным, диалоговым, интересным, эффективным, отличаться новизной рассмотрения учебных вопросов.

На *практических занятиях* проводится практическая подготовка. Их главной задачей является углубление и закрепление теоретических знаний у студентов, формирование и развитие у них умений и навыков применения знаний для успешного решения задач. Практическое занятие проводится в соответствии с планом. В плане указываются тема, время, место, цели и задачи занятия, обсуждаемые вопросы.

Практические занятия целесообразно проводить в интерактивной форме. Эффективно при этом использовать имеющееся на кафедре оборудование и рабочие места. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов.

Использование компьютерной техники подразумевает применение программного обеспечения и специальных программ для аудиторного обучения и самостоятельного изучения отдельных тем дисциплины. Для этого кафедре следует обеспечить преимущественно сертифицированное программное обеспечение и проверенное и испытанное оборудование для всех форм занятий по дисциплине.

Для подготовки к аудиторным занятиям можно рекомендовать современные программные продукты: для подготовки презентационного материала – Canva.com, Microsoft Office PowerPoint и их аналоги; для подготовки контрольных заданий различных видов – Quizlet, Learnis, Kahoot.com и другие; для работы в онлайн формате – Яндекс.Телемост, Zoom и их аналоги.

Непосредственно на практических занятиях рекомендуется использовать цифровые средства диагностики автомобилей Autel Diagnostics, Launch Tech, Torque и другие, установленные на мобильные устройства студентов; для обработки и визуализации экспериментальных данных или сведений из специализированных баз – Jupyter Notebook, Google Colab, Tableau, Microsoft Office Excel, Statistika, Power BI, MathLab и другие онлайн и офлайн программные продукты (в зависимости от их доступности).

Для этого кафедре следует обеспечить преимущественно сертифицированное программное обеспечение и проверенное и испытанное оборудование для всех форм занятий по дисциплине.

Одной из форм применения программного обеспечения является размещение электронных учебных пособий, контрольных заданий и примерных вопросов на информационном портале «Тимирязевка» с созданием соответствующего раздела по дисциплине на виртуальном диске.

Для эффективного проведения практических занятий по дисциплине кафедре целесообразно разработать рабочую тетрадь с изложением всех элементов учебного процесса (тематического плана дисциплины, описания лабораторных занятий, индивидуальных контрольных заданий и др.).

Подготовка студентов к практическому занятию включает:

- заблаговременное ознакомление с планом занятия;
- изучение рекомендованной литературы, в том числе представленной в электронной форме;
- освоение своей роли как участника деловой игры.

При проведении практических занятий уделяется особое внимание заданиям, предполагающим не только воспроизведение студентами знаний, но и направленных на развитие у них практических умений и навыков, а так же творческого мышления, научного мировоззрения, профессиональных представлений и способностей.

Студент должен быть готов к устным опросам на учебных занятиях. Одобряется и поощряется инициативные выступления с докладами по темам лабораторных занятий как на самих занятиях, так и на научно-практических конференциях. Попуски аудиторных занятий не рекомендуются.

Самостоятельная работа студентов предполагает проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых тем предмета, подготовку докладов и сообщений на секции научной конференции, выполнение домашнего задания. При организации самостоятельной работы, следует обратить особое внимание на регулярность изучения основной и дополнительной литературы, конспекта лекций, а также выполнения домашних заданий. В период изучения литературных источников необходимо так же вести конспект. В случае затруднений необходимо обратиться к преподавателю за разъяснениями.

Для успешного аудиторного и самостоятельного изучения дисциплины на занятиях целесообразно информировать студентов о наличии и возможности использования различных отраслевых баз данных, информационно-справочных и поисковых ресурсов по средствам управления техническим состоянием наземных транспортных машин, техническому сервису в агропромышленном комплексе и на автомобильном транспорте.

Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов. Для этого используются методические реко-

мендации, позволяющие студентам под руководством преподавателей (путём консультаций) самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям. Рекомендуется посещение автомобильных, промышленных, экологических и агропромышленных выставок с последующей групповой дискуссией по результатам посещения.

Формой проверки знаний в конце курса является зачет, который должен оценить работу студента, выявить уровень полученных им теоретических знаний и развития творческого мышления, наличие навыков самостоятельной работы и умение применять полученные знания на практике.

Зачет сдается в период зачетной недели. Форму проведения зачета (устно, письменно) определяет преподаватель по согласованию с заведующим кафедрой.

Устный зачет проводится по предварительно запланированным вопросам. Перечень вопросов, выносимых на зачет, доводится преподавателем до студентов не позднее, чем за десять дней до начала зачетной недели.

На зачет студент должен явиться с зачетной книжкой, которую предъявляет в начале зачета преподавателю, а также с ручкой и листом бумаги для письменного ответа.

Подготовка к ответу составляет не более 25 минут.

Во время зачета преподаватель может задавать дополнительные вопросы с целью выяснения качественного уровня освоения учебного курса. При проведении зачета могут быть использованы технические средства, программы данного курса, справочная литература. Основой для определения итогов зачета служит уровень усвоения студентом материала, предусмотренного учебной программой данной дисциплины.

Преподаватель не имеет права принимать зачет без зачетной ведомости и зачетной книжки.

Программу разработал:

Митягин Григорий Евгеньевич, к.т.н., доцент

(подпись)