

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:
3097683b38557fe8e27027e8e64c5f15ba3ab904

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

«25» марта 2025 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.04.01 «Статистическая динамика колесных машин»

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: Казанцев Сергей Павлович, д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«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 /

Сидорова А.И.

Мещеряков
(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.04.01 «Статистическая динамика колесных машин»
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 и исследователей в области наземных транспортно-технологических средств комплекса теоретических знаний и практических навыков, необходимых для вероятностного анализа и прогнозирования динамического поведения колесных машин (автомобилей и тракторов) в условиях реальной эксплуатации, характеризующейся случайными внешними и внутренними воздействиями (неровности дороги, ветер, неравномерность работы двигателя и т.д.), что включает в себя освоение методов математического описания стохастических процессов, моделей случайных возмущений, методик расчета отклика линейных и нелинейных динамических систем на эти возмущения для решения прикладных задач оценки и оптимизации таких ключевых эксплуатационных свойств, как плавность хода, устойчивость, управляемость, долговечность узлов и агрегатов, а также для последующего проведения виртуальных испытаний и обоснования инженерных решений на этапах проектирования и модернизации техники.

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: УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1.

Краткое содержание дисциплины. Охватывает изучение методов анализа и прогнозирования поведения автомобилей и тракторов под воздействием случайных факторов, начиная с освоения фундаментальных понятий стохастических процессов и их характеристик и математического моделирования случайных воздействий, таких как микропрофиль дороги. Рассматривается аппарат статистической линеаризации для учета нелинейностей в системах автомобиля и общий спектральный метод расчета отклика линейных динамических систем на случайные возмущения. На этой основе подробно исследуются прикладные аспекты: статистический анализ плавности хода и виброкомфорта, оценка устойчивости и управляемости при случайных нарушениях траектории, а также статистическая оценка сопротивления качению и тягово-сцепных свойств. Надежность и долговечность, оценка усталостной долговечности узлов при случайном нагружении, современные программные комплексы и методы экспериментальной идентификации стохастических моделей.

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 «Статистическая динамика колесных машин» является формирование у будущих инженеров и исследователей в области наземных транспортно-технологических средств комплекса теоретических знаний и практических навыков, необходимых для вероятностного анализа и прогнозирования динамического поведения колесных машин (автомобилей и тракторов) в условиях реальной эксплуатации, характеризующейся случайными внешними и внутренними воздействиями (неровности дороги, ветер, неравномерность работы двигателя и т.д.), что включает в себя освоение методов математического описания стохастических процессов, моделей случайных возмущений, методик расчета отклика линейных и нелинейных динамических систем на эти возмущения для решения прикладных задач оценки и оптимизации таких ключевых эксплуатационных свойств, как плавность хода, устойчивость, управляемость, долговечность узлов и агрегатов, а также для последующего проведения виртуальных испытаний и обоснования инженерных решений на этапах проектирования и модернизации техники.

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 «Статистическая динамика колесных машин» включена в блок дисциплин по выбору. Дисциплина «Статистическая динамика колесных машин» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, 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, ОПОП ВО и Учебного плана по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Статистическая динамика колесных машин» являются:

- 1 курс, 1 семестр: химия;
- 1 курс, 2 семестр: цифровые технологии в инженерии, технология конструкционных материалов;
- 2 курс, 3 семестр: компьютерное проектирование, теория вероятности;
- 2 курс, 4 семестр: теория машин и механизмов, конструкция наземных транспортных средств, конструкции наземных технологических средств;
- 3 курс, 5 семестр: детали машин и основы конструирования, сопротивление материалов;
- 3 курс, 6 семестр: эксплуатация наземных технологических средств, энергетические установки наземных транспортно-технологических средств, теория наземных транспортно-технологических средств, электрооборудование наземных транспортно-технологических средств, гидравлические и пневматические системы машин;
- 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 колесных машин и гибридных силовых установок.

Дисциплина «Статистическая динамика колесных машин» 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 «Статистическая динамика колесных машин» 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.	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	постановку основных элементов проблемной ситуации, составные элементы проблемной ситуации и связи между ними	анализировать составные элементы проблемной ситуации, выделяя их связи; осуществлять анализ проблемной ситуации	навыками анализа проблемной ситуации с выделением ее составных элементов и выявлением связей между ними
			УК-1.2 Находит и критически анализирует, определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации и разработки стратегии действий	методологию поиска и систематизации информации, необходимой для анализа динамического поведения электромобиля как сложной технической системы, включая источники специализированных данных (научные базы данных, техническая документация производителей, стандарты и патенты), а также ключевые принципы критической оценки достоверности, актуальности и полноты полученных сведений, таких как характеристики случайных воздействий, параметры математических моделей и результаты статистического моделирования, для выявления недостающих данных, препятствующих решению задач в области проектирования и	применять методы критического анализа для выявления противоречий, неопределенностей и пробелов в исходной информации, связанной с динамическими процессами электромобиля, формулировать четкие критерии для определения недостающих данных (например, статистических характеристик конкретного дорожного покрытия или точных параметров рекуперативного торможения), осуществлять целенаправленный поиск и отбор необходимой информации из авторитетных источников, а также синтезировать полученные разрозненные дан-	навыками самостоятельного поиска и комплексного критического анализа информации с использованием современных информационно-аналитических технологий, методами сравнительной оценки альтернативных источников данных и их верификации, а также технологиями эффективного структурирования полученных знаний для выявления латентных проблем и информационных дефицитов, позволяющими разработать и аргументировать стратегию действий по восполнению выявленных пробелов

			оптимизации динамических характеристик электромобиля	ные в целостную информационную модель, достаточную для разработки обоснованной стратегии действий по построению адекватных динамических моделей, планированию виртуальных испытаний или принятию проектных решений	и решению поставленных задач в области статистической динамики, таких как обоснование выбора типа математической модели, методов статистической обработки результатов или направлений доработки конструкции
		УК-1.3 Рассматривает возможные варианты стратегии действий, оценивая их достоинства и недостатки, критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников	теоретические основы и практические методы формирования альтернативных стратегий действий при решении задач статистической динамики колесных машин, включая варианты выбора типа математической модели (детерминированная, стохастическая, линейная, нелинейная), методов статистического анализа (частотный, временной, метод Монте-Карло) и критериев оптимизации, а также принципы критической оценки надежности и достоверности источников информации, таких как данные натуральных испытаний, результаты компьютерного моделирования, научные публикации и технические спецификации, и методологию работы с противоречивыми данными из разных источников для	разрабатывать и анализировать несколько альтернативных стратегий действий для решения прикладных задач дисциплины, таких как оценка плавности хода, управляемости или прогнозирования запаса хода, проводить сравнительный анализ их достоинств и недостатков по заданным критериям (точность, вычислительная эффективность, адекватность), критически оценивать надежность источников информации, выявлять и анализировать причины возникновения противоречий в данных (например, расхождение в спектральных плотностях дорожных покрытий из разных справоч-	навыками формирования множества альтернативных стратегий моделирования и анализа динамических процессов электромобиля, методиками сравнительной оценки их эффективности и применимости в конкретных условиях, техниками верификации и критического анализа источников информации на предмет их релевантности, авторитетности и объективности, а также методами работы с противоречивыми данными, включая их систематизацию, проверку и формирование обоснованных заключений для выбора оптимальной стратегии

				обоснованного выбора окончательной стратегии	ников или в параметрах моделей шин) и формировать синтезированное, взвешенное решение на основе всестороннего учета имеющейся, в том числе и противоречивой, информации	действий, позволяющей достигать поставленных целей в условиях неполной или неоднозначной информации
			УК-1.5 Определяет и оценивает последствия возможных вариантов стратегий действий	методику определения и оценки последствия реализации стратегий действий	выделять последствия возможных стратегий действий и определять влияние стратегий на последствия	навыком определения и опытом оценки последствий возможных вариантов стратегий действий
3.	ПКос-1	Способен разрабатывать перспективные планы и технологии эффективной эксплуатации наземных транспортно-технологических средств в агропромышленном комплексе с применением цифровых технологий	ПКос-1.3 Способен разрабатывать мероприятия по повышению производительности труда при эксплуатации наземных транспортно-технологических машин с учетом дорожных, производственных и социальных условий	теоретические основы и практические методики применения аппарата статистической динамики для анализа влияния динамических характеристик электромотоцикла на ключевые показатели его эксплуатации, такие как энергоэффективность, скорость выполнения операций, износ шин и элементов ходовой части, а также надежность в целом, и понимать, как дорожные условия (микрорельеф, рельеф), производственные факторы (график работы, загрузка) и социальные аспекты (комфорт водителя, экологические требования) определяют критерии для разработки конкретных мероприятий по повышению производительности труда при эксплуатации наземных	проводить анализ динамических процессов электромотоцикла для выявления факторов, лимитирующих его производительность (например, чрезмерные колебания кузова, снижающие среднюю скорость движения по неровной дороге, или неоптимальные режимы разгона/торможения, ведущие к перерасходу энергии), и разрабатывать конкретные мероприятия по их устранению, такие как оптимизация алгоритмов управления подвеской для увеличения плавности хода и безопасности, настройка стратегий рекуперативного торможения для сокращения времени цикла "разгон-	навыками использования методов статистического моделирования динамики электромотоцикла для количественного прогнозирования влияния предлагаемых мероприятий (например, изменения демпфирования подвески или корректировки режима работы силовой установки) на интегральные эксплуатационные показатели машины – производительность, энергоэффективность и долговечность, а также методикой оценки экономического и социального эффекта от их внедрения, позволяющей аргументированно обосновывать разрабо-

				транспортно-технологических машин на электрической тяге	торможение" и снижения энергопотребления, или выработка рекомендаций по выбору оптимальных скоростных режимов движения для конкретных дорожных условий с целью минимизации динамических нагрузок и увеличения межсервисных интервалов	тантные мероприятия по повышению производительности труда с учетом комплекса дорожных, производственных и социальных ограничений
4.	ПКос-3	Способен управлять производственной деятельностью в области технического обслуживания, ремонта и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств	ПКос-3.1 Способен определять алгоритм достижения плановых показателей с определением ресурсов, обоснованием набора заданий для подразделений организации, участвующих в техническом обслуживании, ремонте и эксплуатации наземных транспортно-технологических машин с применением цифровых технологий	методологию применения результатов статистико-динамического моделирования электромобиля для формирования обоснованных плановых показателей его эксплуатации, таких как прогнозируемый межремонтный пробег узлов ходовой части и тормозной системы, нормативы энергопотребления на различных маршрутах, а также регламенты технического обслуживания на основе прогноза усталостного износа, и понимать, как цифровые технологии, в частности, системы сбора телематической данных и программные комплексы для виртуальных испытаний, позволяют получать и актуализировать исходные статистические данные о нагрузках и условиях работы машин для последующего планирования	определять конкретный алгоритм достижения целевых плановых показателей, который включает в себя составление обоснованного перечня необходимых ресурсов (запасные части, человеческие ресурсы для проведения ТО, энергетические ресурсы), а также формулировку четких заданий для подразделений эксплуатации и технического сервиса, например, разработку дифференцированных графиков ТО для парка машин в зависимости от статистики их реальных нагрузок или заданий на мониторинг конкретных динамических параметров через телематические системы для предиктивного анализа состояния	навыками использования современных цифровых инструментов, таких как программные комплексы для статистического анализа данных (MATLAB, Python с библиотеками) и платформы для работы с телематикой, для сбора и обработки больших массивов эксплуатационной информации о динамических режимах работы машин, интерпретации полученных результатов для верификации и корректировки плановых показателей, а также методикой составления алгоритмизированных планов графиков работ и распределения ресурсов между подразделениями организации, обеспечивая тем самым до-

						стижение заданных показателей надежности, производительности и эффективности эксплуатации парка колесных машин на основе объективных данных статистической динамики
	ПКос-6	Способен выполнять технологическое проектирование и контроль процессов обеспечения работоспособности наземных транспортно-технологических машин	ПКос-6.1 Способен организовать взаимодействие и распределение полномочий между инженерно-техническим персоналом предприятия сервиса наземных транспортно-технологических машин по разработке или адаптации типовых технологических процессов технического обслуживания, ремонта наземных транспортно-технологических машин	теоретические основы и практические подходы к использованию данных статистической динамики колесных машин для формирования объективных требований к технологическим процессам технического обслуживания и ремонта, а именно как результаты анализа статистических нагрузок, прогноза усталостной долговечности узлов подвески, тормозной системы и кузова, а также оценки влияния рекуперативного торможения на износ элементов трансмиссии позволяют научно обосновать периодичность, номенклатуру работ и методики контроля технического состояния, создавая базу для разработки или адаптации типовых технологических процессов, и понимать принципы организации взаимодействия между различными подразделениями (отдел главного конструктора, производственный отдел,	интерпретировать результаты статистико-динамического моделирования и анализа, такие как спектры нагружения критических узлов, данные о дисперсиях ускорений и прогнозы ресурса, для разработки технически и экономически обоснованных предложений по модернизации типовых технологических процессов ТО и ремонта, а также формулировать на их основе четкие задания для инженерно-технического персонала различных специальностей	навыками организации эффективного межфункционального взаимодействия между инженерно-техническими специалистами предприятия сервиса, используя в качестве универсального инструмента согласования позиций объективные данные статистической динамики – результаты моделирования, графики спектральных плотностей нагружения, гистограммы распределения нагрузок, что позволяет перевести обсуждение технологических процессов из субъективной плоскости в технически аргументированную, а также методикой подготовки технических заданий и регламентов работ для разных подразделений, обеспечи-

				отдел технического контроля) для внедрения этих процессов на предприятии сервиса		вая их скоординированные действия по разработке, внедрению и совершенствованию типовых технологических процессов ТО и ремонта, направленных на поддержание требуемых динамических и прочностных характеристик колесных машин, а также их жизненного цикла
--	--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, текущему контролю и т.д.)	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 статистическую динамику колесных машин. Стохастические процессы и их характеристики»	7/2	2	2/2	-	3
Тема 2 «Математические модели случайных воздействий на колесную машину»	7	2	2	-	3
Тема 3 «Статистическая линеаризация нелинейных систем»	7	2	2	-	3
Тема 4 «Прохождение случайных воздействий через линейные динамические системы»	7	2	2	-	3
Тема 5 «Статистический анализ плавности хода колесной машины»	7	2	2	-	3
Тема 6 «Статистический анализ устойчивости и управляемости при случайных воздействиях»	7	2	2	-	3
Тема 7 «Статистические методы оценки сопротивления качению и тягово-сцепных свойств»	7/2	2	2/2	-	3
Тема 8 «Надежность и долговечность узлов колесной машины при случайных нагружениях»	7	2	2	-	3
Тема 9 «Современные программные комплексы и методы идентификации стохастических моделей»	6,75	2	2	-	2,75
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25	-	-	0,25	-

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ (всего/*)	ПКР	
Подготовка к зачёту	9	-	-	-	9
Всего за семестр	72/4	18	18/4	0,25	35,75
Итого по дисциплине	72/4	18	18/4	0,25	35,75

* в том числе практическая подготовка

Тема 1. Введение в статистическую динамику колесных машин. Стохастические процессы и их характеристики.

Данная тема формирует фундамент дисциплины, раскрывая основные понятия и задачи статистической динамики применительно к колесным машинам. Рассматриваются причины возникновения случайных колебаний в системах "дорога-шина-транспортное средство-водитель", такие как микропрофиль дорожного покрытия, порывы ветра, неравномерность сгорания топлива. Дается определение стохастического (случайного) процесса, вводятся его ключевые вероятностные и временные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция и спектральная плотность мощности. Объясняется физический смысл этих характеристик и их взаимосвязь через преобразование Фурье. Особое внимание уделяется классификации случайных процессов (стационарные, эргодические, гауссовы) и их роли в моделировании реальных воздействий на автомобиль, например, при описании неровностей дороги.

Тема 2. Математические модели случайных воздействий на колесную машину.

Тема посвящена изучению конкретных математических моделей, используемых для описания случайных воздействий на транспортное средство. Подробно рассматривается модель случайного микропрофиля дороги как стационарного эргодического процесса с заданной спектральной плотностью. Анализируются различные виды спектральных плотностей (белый шум, ограниченный белый шум, процессы, формируемые формирующими фильтрами) и их соответствие различным типам дорожных покрытий (гладкий асфальт, булыжник, грунтовая дорога). Изучаются модели случайных силовых воздействий, таких как аэродинамические возмущения. Рассматриваются методы аппроксимации реальных экспериментальных данных о неровностях дорог с помощью стандартных спектральных моделей для последующего использования в расчетах.

Тема 3. Статистическая линеаризация нелинейных систем.

В реальных системах колесной машины присутствуют существенные нелинейности (сухое трение в подвеске, нелинейная характеристика упругого элемента, зона зазора, нелинейность шины). Данная тема знакомит с мощным методом статистической линеаризации, который позволяет заменить исходную нелинейную систему эквивалентной линеаризованной применительно к статистическим характеристикам. Рассматриваются принципы метода, вывод коэффициентов статистической линеаризации для типовых нелинейных характеристик (кусочно-линейные, степенные, гистерезисные). Обсуждаются допущения метода и границы его применимости. На практических примерах демонстрируется, как учет нелинейностей через статистическую линеаризацию позволяет более точно прогнозировать дисперсии перемещений, ускорений и других выходных параметров системы подвески или рулевого управления.

Тема 4. Прохождение случайных воздействий через линейные динамические системы.

Изучается центральная задача дисциплины – определение отклика линейной динамической системы на случайное входное воздействие. Выводятся фундаментальные соотношения, связывающие спектральные плотности и корреляционные функции на входе и выходе системы через ее частотную передаточную функцию. Рассматривается алгоритм расчета дисперсии выходного сигнала путем интегрирования его спектральной плотности. Метод демонстрируется на классических примерах: расчет дисперсии вертикальных ускорений кузова автомобиля при движении по неровной дороге (одномассовая модель подвески), дисперсии угла поворота управляемых колес при случайных воздействиях на рулевое колесо. Подчеркивается важность анализа собственных частот системы для оценки ее "отзывчивости" на случайные возмущения.

Тема 5. Статистический анализ плавности хода колесной машины.

Тема углубленно рассматривает приложение методов статистической динамики к оценке одного из ключевых потребительских свойств автомобиля – плавности хода (виброкомфорта). Анализируются многомассовые динамические модели подрессоренной и неподрессоренных масс, позволяющие оценить колебания не только кузова, но и колес. Изучаются критерии оценки плавности хода, основанные на статистических характеристиках (среднеквадратичные значения ускорений, вероятности превышения заданных уровней). Рассматривается влияние различных параметров подвески (жесткость, демпфирование) на уровень виброускорений. Вводится понятие "виброизоляции" и обсуждаются способы ее оптимизации на основе спектрального анализа. Анализируются международные стандарты (например, ISO 2631) по оценке вибрационного воздействия на человека-оператора.

Тема 6. Статистический анализ устойчивости и управляемости при случайных воздействиях

В данной теме методы статистической динамики применяются для анализа поведения колесной машины в плоскости дороги. Рассматривается линейная модель боковых колебаний автомобиля ("базовая модель") и случайные воздействия, нарушающие его траекторию (поперечный уклон, неровности, боковой ветер). Исследуется реакция системы по каналам "боковое ускорение – угол поворота – рыскание" на эти воздействия. Рассчитываются дисперсии ошибок слежения за заданной траекторией. Анализируется влияние конструктивных параметров (параметры устойчивости, характеристическая скорость) и скорости движения на статистические показатели устойчивости. Обсуждается связь между спектральными характеристиками случайных воздействий на рулевое управление и точностью управления автомобилем

Тема 7. Статистические методы оценки сопротивления качению и тягово-сцепных свойств.

Тема охватывает применение статистического подхода к анализу силового взаимодействия шины с опорной поверхностью. Рассматривается модель шины как источника случайных сил и моментов, возникающих из-за дискретной структуры дорожного покрытия и неоднородностей сцепных свойств. Изучаются статистические характеристики силы сопротивления качению и ее зависимость от скорости и типа покрытия. Анализируется процесс реализации тягового (тормозного) усилия как случайного процесса, определяемого распределением давления в контакте и переменным коэффициентом сцепления. Обсуждаются методы оценки вероятности буксования или блокировки колеса на основе статистических моделей.

Тема 8. Надежность и долговечность узлов колесной машины при случайных нагружениях

В рамках этой темы устанавливается связь между случайными динамическими нагрузками и прочностными характеристиками элементов конструкции. Вводится понятие усталостного повреждения при случайном нагружении. Изучаются методы подсчета циклов нагружения по реализациям случайного процесса (метод "считания полуволн", метод Рейнфа). Рассматриваются основные законы распределения экстремальных нагрузок (распределения максимумов), используемые для оценки статической прочности. На примерах таких узлов, как элементы подвески, рама, рулевые тяги, демонстрируется методика оценки их усталостной долговечности и надежности на основе расчетных или экспериментально полученных спектральных плотностей нагружающих сил

Тема 9. Современные программные комплексы и методы идентификации стохастических моделей

Современные инструментарии статистического анализа динамики колесных машин. Дается обзор возможностей программных комплексов (MATLAB/Simulink, Adams, CarSim) для моделирования стохастических процессов и проведения статистического анализа нелинейных динамических систем. Рассматриваются основы методов идентификации параметров моделей по экспериментальным данным: определение передаточных функций, спектральных плотностей входных воздействий и выходных сигналов. Обсуждаются проблемы планирования натурных экспериментов по сбору данных о вибрациях, кренах, траекторных параметрах. Подводятся итоги дисциплины, и определяются перспективные направления развития статистической динамики наземных транспортных средств.

4.3 Лекции и практические занятия

В рамках изучения дисциплины «Статистическая динамика колесных машин» предусмотрено проведение лекций и практических занятий в которых рассматриваются прикладные вопросы, связанные с оценкой ресурсов, методами обоснования характеристик колесных машин.

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 статистическую динамику колесных машин. Стохастические процессы и их характеристики	Лекция № 1 «Стохастические колебания колесных машин: основные понятия и характеристики»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	дискуссия	2
		Практическое занятие № 1 (практическая подготовка) «Расчет и анализ статистических характеристик модельных случайных процессов»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос, деловая игра	2/2
2.	Тема 2. Математические модели случайных воздействий на колесную машину	Лекция № 2 «Моделирование микропрофиля дороги и других случайных возмущений»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
		Практическое занятие № 2 «Анализ спектральных плотностей и подбор моделей для различных типов дорожных покрытий»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос	2
3.	Тема 3. Статистическая линеаризация нелинейных систем	Лекция № 3 «Метод статистической линеаризации для анализа нелинейных систем автомобиля»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
		Практическое занятие № 3 «Статистическая линеаризация типовых нелинейностей в системах подвески и рулевого управления»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос	2
4.	Тема 4. Прохождение случайных воздействий через линейные динамические системы	Лекция № 4 «Спектральный метод расчета отклика линейных систем на случайные воздействия»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
		Практическое занятие № 4. «Расчет дисперсии виброускорений кузова и динамического хода подвески для линейной модели»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос	2

№ п/п	№ раздела, темы	№ и название лекционных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
5.	Тема 5. Статистический анализ плавности хода колесной машины	Лекция № 5 «Критерии и методы статистической оценки плавности хода автомобиля»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
		Практическое занятие № 5. «Сравнительный анализ виброкомфорта для различных параметров подвески на основе расчетов СКО ускорений»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос	2
	Тема 6. Статистический анализ устойчивости и управляемости при случайных воздействиях	Лекция № 6 «Влияние случайных возмущений на точность сохранения траектории движения»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
		Практическое занятие № 6. «Оценка дисперсии ошибки управления для линейной модели управляемости автомобиля»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
	Тема 7. Статистические методы оценки сопротивления качению и тягово-сцепных свойств	Лекция № 7 «Статистический анализ сил и моментов в пятне контакта шины с дорогой»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
		Практическое занятие № 7. (практическая подготовка) «Расчет статистических характеристик силы сопротивления качению и коэффициента сцепления»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос, деловая игра	2/2
	Тема 8. Надежность и долговечность узлов колесной машины при случайных нагрузках	Лекция № 8 «Оценка усталостной долговечности элементов конструкции при случайных нагрузках»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2
		Практическое занятие № 8. «Приближенная оценка ресурса упругого элемента подвески по заданной спектральной плотности нагружения»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос	2
	Тема 9. Современные программные комплексы и методы идентификации стохастических моделей	Лекция № 9 «Цифровое моделирование и экспериментальная идентификация стохастических моделей динамики автомобиля»	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1		2

№ п/п	№ раздела, темы	№ и название лекционных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Практическое занятие № 9. «Разработка алгоритма статистической обработки вибросигналов для идентификации параметров модели подвески»	ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1	устный опрос	2

* в том числе практическая подготовка

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

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1.	Тема 1 «Введение в статистику колесных машин. Стохастические процессы и их характеристики»	Основные понятия и задачи статистической динамики применительно к колесным машинам. Причины возникновения случайных колебаний в системах "дорога-шина-транспортное средство-водитель", такие как микропрофиль дорожного покрытия, порывы ветра, неравномерность сгорания топлива. Определение стохастического (случайного) процесса, вводятся его ключевые вероятностные и временные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция и спектральная плотность мощности. Физический смысл этих характеристик и их взаимосвязь через преобразование Фурье. Классификация случайных процессов (стационарные, эргодические, гауссовы) и их роли в моделировании реальных воздействий на автомобиль, например, при описании неровностей дороги. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
2.	Тема 2 «Математические модели случайных воздействий на колесную машину»	Математические модели, используемые для описания случайных воздействий на транспортное средство. Модель случайного микропрофиля дороги как стационарного эргодического процесса с заданной спектральной плотностью. Виды спектральных плотностей (белый шум, ограниченный белый шум, процессы, формируемые формирующими фильтрами) и их соответствие различным типам дорожных покрытий (гладкий асфальт, булыжник, грунтовая дорога). Модели случайных силовых воздействий, таких как аэродинамические возмущения. Методы аппроксимации реальных экспериментальных данных о неровностях дорог с помощью стандартных спектральных моделей для последующего использования в расчетах. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
3.	Тема 3 «Статистическая линейаризация нелинейных систем»	Статистическая линейаризация исходной нелинейной системы эквивалентной линейаризованной применительно к статистическим характеристикам. Вывод коэффициентов статистической линейаризации для типовых нелинейных характеристик (кусочно-линейные, степенные, гистерезисные), допущения метода и границы его применимости. Учет нелинейностей через статистическую линейаризацию для прогнозирования дисперсии перемещений, ускорений и других выходных параметров системы подвески или рулевого управления. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
4.	Тема 4 «Прохождение	Отклик линейной динамической системы на случайное входное

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	случайных воздействий через линейные динамические системы»	воздействие. Соотношения, связывающие спектральные плотности и корреляционные функции на входе и выходе системы через ее частотную передаточную функцию. Алгоритм расчета дисперсии выходного сигнала путем интегрирования его спектральной плотности. Расчет дисперсии вертикальных ускорений кузова автомобиля при движении по неровной дороге (одномассовая модель подвески), дисперсии угла поворота управляемых колес при случайных воздействиях на рулевое колесо. Анализ собственных частот системы для оценки ее "отзывчивости" на случайные возмущения. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
5.	Тема 5 «Статистический анализ плавности хода колесной машины»	Приложение методов статистической динамики к оценке одного из ключевых потребительских свойств автомобиля – плавности хода (виброкомфорта). Многомассовые динамические модели подрессоренной и непрорессоренных масс, позволяющие оценить колебания не только кузова, но и колес. Критерии оценки плавности хода, основанные на статистических характеристиках (среднеквадратичные значения ускорений, вероятности превышения заданных уровней). Влияние различных параметров подвески (жесткость, демпфирование) на уровень виброускорений. Вводится понятие "виброизоляции" и обсуждаются способы ее оптимизации на основе спектрального анализа. Международные стандарты (например, ISO 2631) по оценке вибрационного воздействия на человека-оператора. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
	Тема 6 «Статистический анализ устойчивости и управляемости при случайных воздействиях»	Анализ поведения колесной машины в плоскости дороги. Линейная модель боковых колебаний автомобиля ("базовая модель") и случайные воздействия, нарушающие его траекторию (поперечный уклон, неровности, боковой ветер). Реакция системы по каналам "боковое ускорение – угол поворота – рыскание" на эти воздействия. Дисперсии ошибок слежения за заданной траекторией. Анализируется влияние конструктивных параметров (параметры устойчивости, характеристическая скорость) и скорости движения на статистические показатели устойчивости. Связь между спектральными характеристиками случайных воздействий на рулевое управление и точностью управления автомобилем (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
	Тема 7 «Статистические методы оценки сопротивления качению и тягово-сцепных свойств»	Применение статистического подхода к анализу силового взаимодействия шины с опорной поверхностью. Модель шины как источника случайных сил и моментов, возникающих из-за дискретной структуры дорожного покрытия и неоднородностей сцепных свойств. Статистические характеристики силы сопротивления качению и ее зависимость от скорости и типа покрытия. Процесс реализации тягового (тормозного) усилия как случайного процесса, определяемого распределением давления в контакте и переменным коэффициентом сцепления. Методы оценки вероятности буксования или блокировки колеса на основе статистических моделей (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
	Тема 8 «Надежность и долговечность узлов колесной машины при	Связь между случайными динамическими нагрузками и прочностными характеристиками элементов конструкции. Усталостные повреждения при случайном нагружении. Методы подсчета

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	случайных нагрузениях»	циклов нагружения по реализациям случайного процесса (метод "считания полуволн", метод Рейнфа). Основные законы распределения экстремальных нагрузок (распределения максимумов), используемые для оценки статической прочности. Методика оценки их усталостной долговечности и надежности на основе расчетных или экспериментально полученных спектральных плотностей нагружающих сил на примерах таких узлов, как элементы подвески, рама, рулевые тяги, демонстрируется (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)
	Тема 9 «Современные программные комплексы и методы идентификации стохастических моделей»	Современный инструментарий статистического анализа динамики колесных машин. Возможности программных комплексов (MATLAB/Simulink, Adams, CarSim) для моделирования стохастических процессов и проведения статистического анализа нелинейных динамических систем. Основы методов идентификации параметров моделей по экспериментальным данным: определение передаточных функций, спектральных плотностей входных воздействий и выходных сигналов. Проблемы планирования натурных экспериментов по сбору данных о вибрациях, кренах, траекторных параметрах. Перспективные направления развития статистической динамики наземных транспортных средств (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; УК-1.5; ПКос-1.3; ПКос-3.1; ПКос-6.1)

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Статистическая динамика колесных машин» 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.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Стохастические колебания колесных машин: основные понятия и характеристики	Л	лекция-дискуссия (проблемное обучение)
2.	Расчет и анализ статистических характеристик модельных случайных про-	ПЗ	деловая игра (проблемное обучение)

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	цессов		
3.	Расчет статистических характеристик силы сопротивления качению и коэффициента сцепления	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 «Статистическая динамика колесных машин» 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 физически интерпретировать математическое ожидание и дисперсию для реализации ускорения кузова?
2. В чем заключается практический смысл свойства эргодичности стационарного случайного процесса при экспериментальных измерениях?
3. Как по виду корреляционной функции сделать вывод о влиянии прошлых значений процесса на текущие?
4. Что означает быстрое убывание корреляционной функции до нуля с точки зрения «памяти» случайного процесса?
5. Как связаны ширина пика спектральной плотности и интервал корреляции процесса?
6. Почему спектральную плотность микропрофиля дороги часто задают в виде степенной функции?
7. Какой тип дорожного покрытия (гладкий асфальт vs. булыжник) будет иметь более высокие значения спектральной плотности на низких частотах и почему?
8. Каков физический смысл модели «белого шума» и в каких задачах анализа динамики автомобиля ее использование оправдано?
9. Что характеризует параметр «коэффициент нерегулярности» в стандартных моделях микропрофиля дороги?
10. Как изменение скорости движения автомобиля влияет на спектральную плотность возмущения, воспринимаемого колесом?
11. В чем состоит принципиальное отличие статистической линеаризации от обычной, линеаризации в окрестности точки?
12. Почему коэффициенты статистической линеаризации нелинейности зависят не от ее аргумента, а от дисперсии этого аргумента?
13. Как наличие нелинейности типа «сухое трение» в подвеске повлияет на эквивалентный коэффициент демпфирования при различных уровнях интенсивности дорожных возмущений?

14. Для какой цели вводится эквивалентный случайный сигнал (шум) при статистической линеаризации?
15. Как нелинейность «люфт» в рулевом управлении скажется на точности управления при малых и больших случайных воздействиях на рулевое колесо?
16. Объясните физический смысл частотной передаточной функции по каналу «неровность дороги → ускорение кузова».
17. Почему дисперсия отклика системы рассчитывается путем интегрирования его спектральной плотности по всем частотам?
18. Как резонансный пик на АЧХ системы влияет на вклад в дисперсию выходного сигнала?
19. Почему при увеличении демпфирования в подвеске дисперсия ускорения кузова может сначала уменьшаться, а затем снова возрастать?
20. Что является ограничивающим фактором при уменьшении жесткости подвески с точки зрения дисперсии динамического хода?
21. Почему среднеквадратическое значение (СКО) ускорения является более объективной оценкой плавности хода, чем, например, максимальная амплитуда?
22. Как связаны СКО ускорения кузова и субъективная оценка комфорта водителя по международным стандартам?
23. Каким образом учет неподрессоренной массы усложняет задачу оптимизации плавности хода?
24. При каком соотношении частот поддрессоренной и неподрессоренной масс возникает «эффект закругления» хода и как это отражается на спектре ускорений?
25. Можно ли одновременно минимизировать СКО ускорения кузова и СКО динамического хода подвески? Обоснуйте ответ.
26. Какие случайные факторы в модели управляемости мы рассматриваем как стационарные воздействия?
27. Как передаточная функция по каналу «возмущение → отклонение от траектории» связана с запасом устойчивости автомобиля?
28. Почему с ростом скорости движения, как правило, увеличивается дисперсия ошибки управления?
29. Какую информацию дает инженеру знание дисперсии угла рыскания или бокового ускорения?
30. Каким образом в данной модели можно учесть запаздывающую реакцию водителя на отклонение?
31. Объясните, почему силу сопротивления качению можно рассматривать как случайный процесс.
32. От каких параметров (помимо типа покрытия) зависит дисперсия силы сопротивления качению?
33. В чем состоит принципиальная разница между математическими моделями сопротивления качению и моделями для реализации сцепления?
34. Как неравномерность распределения давления в контакте шины с дорогой влияет на статистику коэффициента сцепления?
35. Почему при анализе тяговых качеств важна оценка вероятности возникновения буксования, а не только среднего значения сцепления?
36. В чем заключается основная трудность оценки усталостной долговечности при случайном нагружении по сравнению с регулярным?
37. Какую роль в расчете ресурса играет кривая усталости (кривая Велера) материала?
38. Объясните суть метода «считания полувольт» для приведения случайного процесса нагружения к набору циклов.
39. Почему для оценки статической прочности необходимо знать не дисперсию, а закон распределения экстремальных (максимальных) нагрузок?
40. Какие допущения мы принимаем, используя гипотезу линейного суммирования повреждений (Майнера), и насколько они корректны для элементов подвески?
41. Как по экспериментально записанным одновременным реализациям ускорения кузова и неподрессоренной массы можно оценить частотную передаточную функцию подвески?

42. Какие этапы предобработки сигнала (фильтрация, устранение тренда) необходимы перед спектральным анализом и почему?
43. Как по виду совмещенных спектральных плотностей входного и выходного сигналов можно сделать вывод о наличии нелинейностей в системе?
44. Что такое когерентность между двумя сигналами и о чем говорит ее низкое значение на некоторых частотах?
45. Предложите последовательность шагов для идентификации коэффициента демпфирования подвески по экспериментальным данным.

В рамках освоения дисциплины «Статистическая динамика колесных машин» отдельно контролируемых форм самостоятельной работы не предусмотрено.

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

1. Предмет и задачи статистической динамики колесных машин. Источники случайных воздействий в системе "дорога-шина-транспортное средство-водитель".
2. Определение и классификация стохастических процессов (стационарные, нестационарные, эргодические). Примеры в динамике колесной машины.
3. Вероятностные характеристики случайных процессов: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение. Их физический смысл.
4. Корреляционная функция случайного процесса: определение, свойства, физический смысл.
5. Спектральная плотность мощности стационарного процесса: определение и физический смысл. Связь с корреляционной функцией (преобразование Винера-Хинчина).
6. Математические модели микропрофиля дороги. Представление в виде стационарного случайного процесса с заданной спектральной плотностью.
7. Типовые виды спектральных плотностей (белый шум, ограниченный белый шум) и их использование для моделирования внешних воздействий.
8. Понятие формирующего фильтра. Его роль в генерации случайных процессов с заданными статистическими характеристиками.
9. Сущность метода статистической линеаризации. Область его применения для анализа нелинейных систем автомобиля.
10. Коэффициенты статистической линеаризации для типовых нелинейных характеристик (например, "люфт", "сухое трение").
11. Прохождение стационарного случайного процесса через линейную динамическую систему. Связь спектральных плотностей входного и выходного сигналов.
12. Расчет корреляционной функции выходного сигнала линейной системы по известной корреляционной функции входа и импульсной переходной функции.
13. Алгоритм расчета дисперсии выходного сигнала линейной системы через интегрирование его спектральной плотности.
14. Постановка задачи статистического анализа плавности хода. Критерии оценки виброкомфорта, основанные на статистических характеристиках.
15. Линейная одномассовая модель подвески для анализа плавности хода. Расчет дисперсии ускорения подрессоренной массы.
16. Влияние параметров подвески (жесткость, демпфирование) на уровень вибраций кузова при движении по неровной дороге.
17. Многомассовые модели подвески для статистического анализа. Учет неподрессоренных масс.
18. Понятие виброизоляции. Частотные диапазоны эффективной работы подвески с позиций статистической динамики.
19. Постановка задачи статистического анализа управляемости. Модель боковых движений автомобиля ("базовая модель").
20. Случайные воздействия, влияющие на траекторию движения автомобиля (боковой ветер, поперечный уклон, неровности).

21. Расчет дисперсии ошибки управления (отклонения от заданной траектории) при случайных воздействиях на рулевое управление.
22. Влияние скорости движения и параметров устойчивости на статистические показатели управляемости.
23. Статистический анализ сопротивления качению. Модели случайных сил, обусловленных микропрофилем дороги.
24. Реализация тягового (тормозного) усилия в пятне контакта как случайного процесса. Понятие о вероятности буксования.
25. Связь случайных динамических нагрузок с надежностью и долговечностью узлов колесной машины.
26. Понятие усталостного повреждения при случайном нагружении. Гипотеза линейного суммирования повреждений.
27. Методы подсчета циклов нагружения при случайном процессе ("считание полувольт", метод Рейнфа).
28. Законы распределения экстремальных нагрузок (максимумов) и их использование для оценки статической прочности.
29. Обзор и возможности современных программных комплексов (MATLAB/Simulink, Adams) для статистического анализа динамики колесных машин.
30. Основные задачи экспериментальной идентификации стохастических моделей.
31. Определение передаточной функции динамической системы по экспериментальным данным.
32. Оценка спектральной плотности мощности по реализации случайного процесса.
33. Понятие эргодичности случайного процесса и его практическое значение для обработки экспериментальных данных.
34. Гауссовский (нормальный) случайный процесс и его роль в моделировании. Свойства.
35. Понятие ковариационной функции. Отличие от корреляционной функции.
36. Физический смысл ширины полосы частот спектральной плотности и ее влияние на отклик системы.
37. Статистический анализ крутильных колебаний в трансмиссии под воздействием случайного момента от двигателя.
38. Особенности статистической динамики гусеничных и колесных машин: сравнительный анализ.
39. Понятие "риска" в статистической динамике при оценке предельных состояний системы (опрокидывание, занос).
40. Перспективные направления развития статистической динамики наземных транспортных средств.

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

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Статистическая динамика колесных машин» 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. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: учебник / Г.М. Кутьков. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 506 с. (20 экз.)
2. Богатырев, А.В. Автомобили: учебник / А. В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский – М.: ИНФРА-М, 2014. – 655 с. (25 экз.)
3. Динамика движения. Регулируемые подвески : учебное пособие / К. В. Чернышов, И. М. Рябов, В. В. Новиков [и др.]. — Волгоград : ВолгГТУ, 2020. — 160 с. — ISBN 978-5-9948-3886-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/288521> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей
4. Новиков, В. В. Динамика движения. Линейная теория поддресоривания : учебное пособие / В. В. Новиков. — Волгоград : ВолгГТУ, 2020. — 160 с. — ISBN 978-5-9948-3741-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157188> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей

7.2 Дополнительная литература

1. Агейкин, Я. С. Проходимость автомобиля : учебник / Я. С. Агейкин, Н. С. Вольская, И. В. Чичекин. — Москва : Московский Политех, 2010. — 275 с. — ISBN 978-5-2760-1741-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/51757> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Елисеев, С. В. Прикладной системный анализ и структурное математическое моделирование (динамика транспортных и технологических машин: связность движений, вибрационные взаимодействия, рычажные связи) : монография / С. В. Елисеев ; ответственный редактор А. И. Артюнин. — Иркутск : ИрГУПС, 2018. — 692 с. — ISBN 978-5-98710-356-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157899> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Селиванов, Н. И. Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов : учебное пособие / Н. И. Селиванов. — Красноярск : КрасГАУ, 2010. — 347 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90803> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Мехатроника. Инженерный подход : учебное пособие для вузов / А. Н. Веригин, Н. А. Незамаев, А. Г. Ишутин [и др.] ; под редакцией А. Н. Веригин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 644 с. — ISBN 978-5-507-52181-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439847> (дата обращения: 06.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ Р 41.100-99 (Правила ЕЭК ООН № 100) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения аккумуляторных колесных машин 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 транспортных 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 «Статистическая динамика колесных машин» используются методические рекомендации и типовые инструкции по эксплуатации и ремонту колесных машин 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 «Статистическая динамика колесных машин» 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).

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Наименование программы	Тип программы
1	Тема 1 «Введение в статистическую динамику колесных машин. Стохастические процессы и их характеристики»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
2	Тема 2 «Математические модели случайных воздействий на колесную машину»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
3	Тема 3 «Статистическая линеаризация нелинейных систем»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
4	Тема 4 «Прохождение случайных воздействий через линейные динамические системы»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
5	Тема 5 «Статистический анализ плавности хода колесной машины»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
6	Тема 6 «Статистический анализ устойчивости и управляемости при случайных воздействиях»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
7	Тема 7 «Статистические методы оценки сопротивления качению и тягово-сцепных свойств»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
8	Тема 8 «Надежность и долговечность узлов колесной машины при случайных нагружениях»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Контрольные Коммуникационные
9	Тема 9 «Современные программные комплексы и методы идентификации стохастических моделей»	Microsoft Office Word Microsoft Office PowerPoint Microsoft Office Excel MATLAB/Simulink, Amesim, CarSim или др. (в зависимости от возможности использования) Quizlet, Learnis, Kahoot.com Яндекс.Телемост, Zoom	Оформительская Презентация Расчетная Моделирование Контрольные Коммуникационные

Для повышения наглядности практических занятий возможно использование видеоматериалов по организации проектирования и испытаний колесных машин, а также 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 стендов 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.
Компьютерный класс (26/228а)	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
Лаборатория диагностики и технической эксплуатации колесных машин* (26/144)	Комплект оборудования «Лаборатория электромобиль» (410124000603294)*: многофункциональное зарядное «Кулон -912», станция электрорядная «Фора ЭЗС-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», трех-

	фазная 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 K6172», телевизор LG 55UK6200PLA, телевизор LG 28TK410V-PZ, инструментальная тележка JTC
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова	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.
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 колесных машин. 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 колесных машин 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 колесных машин. 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, предоставленные 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 рекомендации, 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)