

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о подписи:
ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.09.2025
Уникальный программный ключ:
c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тюменский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

Высшая школа передовых производственных технологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Современные методы исследования технологических машин и оборудования»

Направление подготовки:

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль):

«Инжиниринг технологических инноваций»

Квалификация выпускника: **магистр**

Рабочая программа дисциплины «Современные методы исследования технологических машин и оборудования» разработана в соответствии с
- федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - магистратура по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14 августа 2020 г. № 1026.

Составитель:

д.т.н., доцент
(ученая степень, ученое
звание)

В.И. Воловач
(ФИО)

РПД обсуждена на заседании Высшей школы передовых производственных технологий
26.09.2025 г., протокол № 1

Директор Высшей школы
передовых производственных технологий

д.т.н., доцент
(уч. степень, уч.
звание)

В.И. Воловач
(ФИО)

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций в области технологических машин и оборудования на основе изучения теоретических принципов, методологических подходов и практических инструментов проведения комплексных экспериментальных и теоретических исследований параметров, надежности и эффективности функционирования технических систем.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
ОПК-11 Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании	ИОПК-11.1 Демонстрирует навыки стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов	Знает: - Нормативно-техническую базу, государственные и международные стандарты (ГОСТ, ISO, ASTM), регламентирующие методы проведения стандартных испытаний металлических и композиционных материалов. - Физико-механические свойства и технологические показатели материалов, определяющие надежность, долговечность и работоспособность деталей технологических машин и оборудования. - Принципы работы, устройство и метрологические характеристики современного испытательного оборудования (универсальных разрывных машин, коперов, твердомеров) и средств автоматизации измерений. - Методологию планирования и построения программ стандартных испытаний материалов с учетом специфики режимов нагружения элементов технологических систем.	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		- Математические методы статистической обработки результатов механических испытаний, правила оценки погрешностей измерений и верификации экспериментальных данных. Умеет: - Разрабатывать новые и адаптировать существующие методики стандартных испытаний для определения прочностных, пластических, вязких и усталостных свойств конструкционных материалов. - Выбирать типы образцов, способы их вырезки, подготовки и базирования в зажимных устройствах испытательных стендов в соответствии с нормативными требованиями. - Проводить комплексные стандартные испытания материалов на растяжение, сжатие, изгиб, ударный изгиб, твердость и циклическую долговечность с фиксацией первичных диаграмм деформирования. - Рассчитывать технологические показатели материалов (штампуемость, свариваемость, обрабатываемость резанием, жидкотекучесть) на основе данных лабораторных и опытно-промышленных тестов. - Анализировать первичные протоколы испытаний, графические зависимости и диаграммы деформирования для выявления скрытых дефек-	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		тов и аномалий в поведении материалов под нагрузкой. Владеет: - Навыками самостоятельного проектирования комплекта технической документации (программ и методик испытаний, стандартов предприятия) для аттестации свойств материалов. - Опытom настройки, калибровки и эксплуатации автоматизированных измерительных систем и датчиков (тензорезисторов, видеоэкстензометров, бесконтактных оптических систем). - Методиками прецизионного расчета нормативных характеристик прочности (пределов текучести, прочности, длительной прочности) и пластичности по результатам натурных экспериментов. - Технологиями компьютерной обработки массивов экспериментальных данных в специализированных программных пакетах для аппроксимации кривых деформирования. - Способами нормативного оформления результатов испытаний в виде официальных протоколов, актов технического контроля и заключений о соответствии материалов заданным требованиям.	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
ОПК-12 Способен разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ИОПК-12.1 Проводит сбор научной технической информации по теме исследований и разработок ИОПК-12.3 Определяет задачи исследований, видов исследований и методов их проведения и разрабатывает задания на проведение исследований	Знает: - Методологические основы научного познания и современные тенденции развития экспериментально-исследовательской базы в области машиностроения. - Физико-математические принципы функционирования диагностических и измерительных комплексов, применяемых для анализа динамики, кинематики и напряженно-деформированного состояния машин. - Критерии оценки технического уровня, надежности, энергоэффективности и экологической безопасности технологического оборудования при проведении комплексных исследований. - Требования государственных и международных стандартов к структуре, содержанию и правилам оформления отчетов о научно-исследовательской работе (ГОСТ 7.32), патентных документов и научных публикаций. - Способы и каналы коммерциализации, защиты интеллектуальной собственности и представления результатов исследовательской деятельности на международном уровне. Умеет: - Разрабатывать инновационные методики экспериментальных исследова-	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		ований узлов и агрегатов технологических машин, включая нестандартные режимы нагружения и экстремальные условия эксплуатации. - Проектировать и модернизировать измерительные цепи, алгоритмы сбора данных и схемы размещения первичных преобразователей (датчиков) на исследуемых объектах. - Оценивать достоверность, сходимость и воспроизводимость результатов теоретических исследований (включая конечно-элементное моделирование) и натурных экспериментов. - Обобщать полученные массивы информации, выявлять причинно-следственные связи между конструктивными параметрами машин и их эксплуатационными характеристиками. - Подготавливать аналитические обзоры, научно-технические отчеты, заявки на изобретения и презентационные материалы для защиты результатов перед заказчиком или научно-техническим советом. Владеет: - Навыками синтеза современных методов физического эксперимента, математического моделирования и виртуального тестирования при исследовании сложных технических систем. - Опыт работы с программно-аппаратными	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		комплексами сбора и экспресс-анализа многоканальной измерительной информации в реальном времени. - Методологией многофакторного дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализа для оценки значимости исследуемых параметров технологических машин. - Технологиями визуализации сложных графических зависимостей, построения карт распределения физических полей (термических, вибрационных, напряженно-деформированных). - Практическими приемами публичного представления докладов, аргументированного ведения научной дискуссии и защиты разработанных технических решений.	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1. Дисциплины (модули) образовательной программы (Общепрофессиональный модуль).

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем и структура дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **6 з.е. (216 час.)**, их распределение по видам работ и семестрам представлено в таблице.

Виды учебных занятий и работы обучающихся	Трудоемкость, час
Общая трудоемкость дисциплины, час	216
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего), в т.ч.:	48/18
занятия лекционного типа (лекции)	16/8
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	32/10
лабораторные работы	-
Самостоятельная работа всего, в т.ч.:	141/189
Самоподготовка по темам (разделам) дисциплины	105/153
Выполнение курсового проекта /курсовой работы	36/36
Контроль (часы на экзамен)	27/9
Промежуточная аттестация	экзамен/защита КР

Примечание: -/- объем часов соответственно для очной, очно-заочной, заочной форм обучения

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

В процессе освоения дисциплины может применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

В процессе освоения дисциплины обучающиеся обеспечены доступом к электронной информационно-образовательной среде и электронно-библиотечным системам.

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Контактная работа			Самостоятельная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
ОПК-11 ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ТЕМА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА ИСПЫТАНИЙ. Содержание лекции: Структура и этапы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в области машиностроения. Порядок формирования программ и методик испытаний. Анализ нормативно-технической базы: национальные и международные стандарты (ГОСТ, ISO, ASTM), регламентирующие требования к испытательному оборудованию, средствам измерений и объектам тестирования. Метрологиче-	2/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Контактная работа			Самостоятельная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
	ское обеспечение эксперимента, классы точности и поверка измерительных систем.					
	Практическая работа № 1 «Разработка программы и методики стандартных механических испытаний конструкционных материалов»			2/1		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа.				12/19	Самостоятельное изучение учебных материалов; подготовка к практическим занятиям; доклад
ОПК-11 ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ТЕМА 2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СТАНДАРТНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ. Содержание лекции: Физико-математические основы деформирования и разрушения материалов при статических испытаниях на растяжение, сжатие, изгиб и кручение. Конструкции современных универсальных испытательных машин с сервогидравлическим и электромеханическим приводом. Автоматизированный съем первичных диаграмм деформирования. Методы определения нормативных характеристик прочности (физического и условного пределов текучести, предела прочности) и пластичности. Особенности испытаний при экстремальных (высоких и криогенных) температурах	2/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 2 «Обработка и аппроксимация первичных диаграмм статического деформирования металлов»			2/1		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа				14/19	Самостоятельное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям; Доклад
ОПК-11	ТЕМА 3. ДИНАМИЧЕСКИЕ, ЦИК-	2/0,5				Лекция-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы те- кущего кон- троля (наименова- ние оценоч- ного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ЛИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕ- СКИЕ ИСПЫТАНИЯ. Содержание лекции: Методология оценки склонности мате- риалов к хрупкому разрушению: дина- мические испытания на ударный изгиб (маятниковые копры, метод Шарпи). Определение ударной вязкости и доли вязкой составляющей в изломе. Физика усталостного разрушения эле- ментов машин под действием цикличе- ских нагрузок. Схемы испытаний на многоцикловую и малоцикловую уста- лость, построение кривых Велера. Оцен- ка технологических показателей матери- алов: методы определения штампуемо- сти, свариваемости и обрабатываемости резанием.					визуализа- ция (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 3 «Статистиче- ский анализ результатов динамических и циклических испытаний на надежность»			2/1		Отчет по практиче- ской работе
	Самостоятельная работа				12/19	Самостоя- тельное изу- чение учеб- ных материалов; Подготовка к практиче- ским заня- тиям
ОПК-11 ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ТЕМА 4. ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯ- ЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (НДС). Содержание лекции: Физические принципы тензометрии. Устройство, классификация и характе- ристики проволочных и фольговых рези- сторных тензодатчиков. Схемы включе- ния датчиков в измерительный мост Уитстона. Термокомпенсация. Методика наклейки, герметизации и коммутации тензорезисторов на элемен- тах конструкций технологических ма- шин. Определение линейных напряже- ний и главных напряжений с использо- ванием розеток тензорезисторов. Про- граммно-аппаратные комплексы для многоканальной статической и динами- ческой тензометрии.	2/0,5				Лекция- визуализа- ция (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 4 «Проектиро- вание и расчет параметров измеритель- ных цепей для многоканальной тензо-			2/2		Отчет по практиче- ской работе

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы те- кущего кон- троля (наименова- ние оценоч- ного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	метрии»					
	Практическая работа № 5 «Расчет глав- ных напряжений в узлах машин по экс- периментальным данным розеток тензо- резисторов»			2/2		Отчет по практиче- ской работе
	Самостоятельная работа				15/20	Самостоя- тельное изу- чение учеб- ных материалов; Подготовка к практиче- ским заня- тиям
ОПК-11 ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ТЕМА 5. БЕСКОНТАКТНЫЕ ОП- ТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ. Содержание лекции: Метод цифровой корреляции изображе- ний (Digital Image Correlation - DIC): фи- зико-математический алгоритм, подго- товка спекл-структуры на поверхности объекта, пространственное разрешение. Двумерные (2D) и трехмерные (3D) сте- реосистемы DIC. Оптические методы поляризационно- оптического анализа (метод фотоупруго- сти): физика двулучепреломления под нагрузкой, исследование моделей и фо- топокрытий. Использование лазерной интерферометрии и голографии для пре- цизионной фиксации микроперемеще- ний узлов оборудования.	2/0,5				Лекция- визуализа- ция (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 6 «Обработка пространственных полей деформаций методом цифровой корреляции изобра- жений»			2/1		Отчет по практиче- ской работе
	Самостоятельная работа				12/19	Самостоя- тельное изу- чение учеб- ных материалов; Подготовка к практиче- ским заня- тиям
ОПК-11 ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ТЕМА 6. ВИБРОДИАГНОСТИКА И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХ- НОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВА- НИЯ. Содержание лекции: Машины как источники вынужденных колебаний. Классификация методов и	2/0,5				Лекция- визуализа- ция (в т.ч. в ЭИОС)

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы те- кущего кон- троля (наименова- ние оценоч- ного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	средств измерения параметров вибрации (виброперемещения, виброскорости, виброускорения). Пьезоэлектрические, вихретоковые и лазерные датчики (виброметры). Принципы спектрального анализа виб- рационных сигналов: быстрое преобра- зование Фурье (БПФ). Идентификация дефектов роторного оборудования (дис- баланс, расцентровка валов, дефекты подшипников качения и зубчатых пере- дач) по амплитудно-частотным спек- трам. Определение собственных частот и форм колебаний методом модального анализа.					
	Практическая работа № 7 «Спектраль- ный анализ вибрационных сигналов для диагностики дефектов роторного обору- дования»			2/1		Отчет по практиче- ской работе
	Самостоятельная работа				14/19	Самостоя- тельное изу- чение учеб- ных материалов; Подготовка к практиче- ским заня- тиям
ОПК-11 ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ТЕМА 7. ВИРТУАЛЬНОЕ ТЕСТИ- РОВАНИЕ И КОНЕЧНО- ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КОН- СТРУКЦИЙ. Содержание лекции: Методология интеграции натурного экс- перимента и численного моделирования (CAD/CAE-системы). Физические и гео- метрические допущения при построении расчетных схем узлов технологических машин. Метод конечных элементов (МКЭ). Статический, динамический и тепловой анализ конструкций в специализирован- ных программных пакетах. Критерии оценки адекватности конечно- элементных моделей. Верификация ре- зультатов численного моделирования по данным натурных тензометрических и оптических измерений.	2/0,5				Лекция- визуализа- ция (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 8 «Верификация конечно-элементных моделей техноло- гических машин по данным натурного эксперимента»			2/1		Отчет по практиче- ской работе
	Самостоятельная работа				12/19	Самостоя-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы те- кущего кон- троля (наименова- ние оценоч- ного сред- ства)	
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час		
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час			
						тельное изу- чение учеб- ных материалов; Подготовка к практиче- ским заня- тиям	
ОПК-11 ИОПК-11.1 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.3	ТЕМА 8. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБ- РАБОТКА ДАННЫХ, ОЦЕНКА ДО- СТОВЕРНОСТИ И ПРЕДСТАВЛЕ- НИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. Содержание лекции: Методы математической статистики при обработке экспериментальных массивов данных. Оценка и исключение грубых погрешностей (промахов), проверка ги- потез о законе распределения. Довери- тельный интервал и доверительная веро- ятность. Многофакторный дисперсионный, кор- реляционный и регрессионный анализ: построение эмпирических уравнений состояния технологических систем. Пра- вила нормативного оформления резуль- татов исследовательской работы по ГОСТ 7.32. Структура научного отчета, патентного описания и презентации тех- нических решений.	2/0,5				Лекция- визуализа- ция (в т.ч. в ЭИОС)	
	Самостоятельная работа					14/19	Самостоя- тельное изу- чение учеб- ных материалов; Подготовка к практиче- ским заня- тиям
	Выполнение курсового проекта						
	ИТОГО	16/8		28	105/189		

Примечание: -/- объем часов соответственно для очной, очно-заочной, заочной форм
обучения

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общие методические рекомендации по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплины в форме курса, составленного на основе результатов научных исследований, проводимых университетом, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов **образовательных технологий**:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- электронное обучение;
- проблемное обучение;
- разбор конкретных ситуаций;
- информационные технологии: Google-документы

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре - 100.

4.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала.

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации или в ЭИОС университета.

В ходе лекционных занятий рекомендуется конспектирование учебного материала. Возможно ведение конспекта лекций в виде интеллект-карт.

Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения (конспектируются).

Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

4.3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа / на практических занятиях

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- обсуждение вопросов по учебному материалу дисциплины;

- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

Самостоятельная работа студентов включает:

- изучение учебной литературы по курсу;
- работу с ресурсами Интернет;
- подготовка докладов;
- подготовку к практическим (семинарским) занятиям;
- выполнение практических заданий;
- подготовку к промежуточной аттестации по курсу.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный учебный курс, созданный в ЭИОС университета <http://sdo.tolgas.ru/>

Самостоятельная работа обучающихся направлена на закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиска и приобретения новых знаний, а также выполнения учебных заданий, подготовки к предстоящим занятиям, текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации.

4.6. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы

Выполнение курсового проекта/ работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

Примерная тематика курсовых работ

1. Разработка программы испытаний и исследование механических свойств конструкционных сталей при статических режимах нагружения.
2. Экспериментально-теоретическое исследование влияния температурно-скоростных режимов деформирования на технологические показатели листовых материалов.
3. Оценка циклической долговечности и построение кривых усталости элементов металлоконструкций технологических машин при многоцикловом нагружении.
4. Исследование склонности к хрупкому разрушению и определение температурного порога хрупкости сталей методами динамических испытаний.
5. Разработка методики тензометрирования и экспериментальный анализ напряженно-деформированного состояния рамы прессового оборудования.
6. Исследование распределения главных напряжений в зонах концентрации геометрических неоднородностей валов методами многоканальной тензометрии.
7. Экспериментальное исследование полей деформаций в элементах сварных соединений металлоконструкций методом цифровой корреляции изображений (DIC).

8. Бесконтактный оптический анализ локализации пластической деформации материалов в условиях плоского напряженного состояния.
9. Исследование вибрационных характеристик и диагностика дефектов подшипниковых узлов роторного оборудования технологических машин.
10. Разработка алгоритма вибродиагностики и идентификации дисбаланса и расцентровки валов насосных агрегатов.
11. Модальный анализ и определение собственных частот и форм колебаний несущих систем металлообрабатывающего оборудования.
12. Конечно-элементное моделирование и верификация напряженно-деформированного состояния тяжело нагруженных узлов карьерных экскаваторов.
13. Разработка виртуального стенда тестирования и конечно-элементный анализ прочности элементов гидравлического привода машин.
14. Верификация численных моделей напряженно-деформированного состояния корпусных деталей технологического оборудования по данным натурного эксперимента.
15. Исследование термонапряженного состояния элементов металлургического оборудования методами совмещенного теплового и прочностного конечно-элементного анализа.
16. Разработка методики неразрушающего контроля и оценки остаточного ресурса элементов технологических трубопроводов.
17. Статистический анализ и математическое моделирование влияния дефектов структуры материалов на показатели надежности деталей машин.
18. Разработка программы комплексных испытаний по оценке износостойкости и триботехнических характеристик пар трения скольжения.
19. Исследование эффективности виброизоляции и динамических параметров фундаментов под высокоточное технологическое оборудование.
20. Обоснование выбора комплекса экспериментально-теоретических методов исследования для оценки технического состояния машин при модернизации.

Краткие методические указания по выполнению курсовой работы

1. Цели и задачи курсового проектирования

Цель: Систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний по современным методам исследований, а также формирование практических навыков самостоятельного решения инженерно-исследовательских задач в области технологических машин и оборудования.

Задачи:

- Освоение методологии планирования и проведения экспериментов.
- Развитие навыков работы с нормативно-технической базой (ГОСТ, ISO).
- Формирование умений применения программных комплексов (CAD/CAE) для моделирования физических процессов.
- Обучение методам статистического анализа результатов и оценки их достоверности.

2. Выбор темы курсового проектирования

Темы курсовых проектов разрабатываются выпускающей кафедрой, координируются с научно-исследовательской работой магистранта и направленностью его выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

Магистрант выбирает тему из утвержденного реестра кафедры или предлагает индивидуальную тему, связанную с реальными задачами модернизации конкретного промышленного предприятия.

Тема проекта, индивидуальное техническое задание и кандидатура научного руководителя утверждаются распоряжением заведующего кафедрой в течение первых двух недель теоретического обучения.

3. Организация, выполнение и руководство курсовым проектированием

Каждому студенту выдается бланк индивидуального задания с указанием исходных технических параметров оборудования, ограничений по бюджету проекта и жесткого календарного графика сдачи этапов.

Руководитель курсового проекта: Проводит плановые еженедельные консультации, осуществляет поэтапный мониторинг выполнения графика, указывает на методические ошибки и выдает аргументированный письменный отзыв на законченный проект.

Студент обязан: Работать над проектом систематически, своевременно предоставлять промежуточные результаты на контроль, оперативно устранять выявленные замечания и защищать проект в установленные сроки.

4. Структура и содержание курсового проекта / работы. Методические указания по выполнению основных разделов

Пояснительная записка (30–40 страниц) должна содержать следующие разделы:

Введение: Формулируются актуальность, цель, задачи, объект и предмет исследования.

Аналитический обзор: Проводится критический анализ научно-технической литературы, существующих методов испытаний (или диагностики) и используемого оборудования по теме работы.

Методика и средства исследований: Описывается разработанная программа эксперимента, обосновывается выбор датчиков, измерительных систем или параметров расчетной сетки МКЭ при конечно-элементном моделировании.

Результаты исследований: Приводятся полученные расчетные, графические и табличные данные (диаграммы деформирования, спектрограммы, карты напряжений) и их качественный анализ.

Верификация результатов: Выполняется сопоставление теоретических данных с экспериментальными, рассчитываются относительные погрешности, оценивается достоверность модели.

Заключение: Формулируются краткие, емкие выводы по каждому пункту поставленных во введении задач.

5. Требования к оформлению курсового проекта/работы

Текст пояснительной записки оформляется на листах А4 по ГОСТ 2.105 и ГОСТ 7.32. Параметры набора: шрифт Times New Roman, размер 14 пт, интервал 1,5, выравнивание по ширине страницы.

Все математические формулы и зависимости создаются в редакторе формул и нумеруются арабскими цифрами в круглых скобках у правого поля листа. Под формулой приводится расшифровка всех символов.

Графический материал должен содержать сборочный чертеж нового оборудования со спецификацией (формат А1), схему сетевого графика проекта или планировку участка (формат А1), карты распределения полей напряжений МКЭ. Чертежи выполняются в САД-системах по правилам ЕСКД.

Список источников составляется по ГОСТ Р 7.0.100 и должен включать нормативные стандарты, патентные материалы и профильную литературу.

6. Порядок сдачи и защиты курсового проекта / работы

Полностью оформленный проект (записка и графический материал), проверенный и подписанный автором, сдается руководителю на окончательную проверку за 10 дней до защиты. Руководитель подписывает титульный лист и оформляет отзыв.

Защита проекта проходит публично перед комиссией, назначенной распоряжением заведующего кафедрой.

Регламент защиты: доклад магистранта с компьютерной презентацией (8–10 минут), ответы на вопросы членов комиссии по конструкторским, управленческим и экономическим аспектам проекта, оглашение отзыва и выставление оценки в ведомость.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Вся литература, включенная в данный перечень, представлена в виде электронных ресурсов в электронной библиотеке университета (ЭБС). Литература, используемая в печатном виде, представлена в научной библиотеке университета в объеме не менее 0,25 экземпляров на одного обучающегося.

Основная литература

1. Баранов, А. В. Надежность и диагностика технологических систем : учеб. пособие / А. В. Баранов. - Документ read. - Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2024. - 148 с. - URL: <https://znanium.ru/read?id=452047> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9729-1660-3. - Текст : электронный.

2. Зубарев, Ю. М. Математические основы управления качеством и надежностью изделий : учеб. пособие / Ю. М. Зубарев. - Изд. 2-е, стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. - 127 с. - URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/151654/#1> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-6674-0. - Текст : электронный.

3. Игнатьев, А. А. Надежность и диагностика автоматизированных технических и технологических систем : учеб. пособие / А. А. Игнатьев, В. А. Добряков, Е. А. Сигитов. - Документ read. - Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2024. - 156 с. - URL: <https://znanium.ru/read?id=452445> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9729-1676-4. - Текст : электронный.

4. Логунова, О. С. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ : учеб. для подготовки кадров высшей квалификации / О. С. Логунова, П. Ю. Романов, Е. А. Ильина. - 2-е изд., испр. и доп. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 377 с. - (Высшее образование - Аспирантура). - Прил. - URL: <https://znanium.ru/read?id=426848> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-015870-9. - 978-5-16-108244-7. - Текст : электронный.

5. Технологическое обеспечение качества поверхности и эксплуатационных свойств деталей машин : учеб. пособие / В. А. Лебедев, Г. А. Прокопец, Ю. В. Корольков, А. П. Шишкина. - Москва : ИФРА-М, 2026. - 221 с. - (Высшее образование). - Прил. - URL: <https://znanium.ru/read?id=474561> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-110969-4. - Текст : электронный.

6. Щурин, К. В. Планирование и организация эксперимента : учеб. пособие / К. В. Щурин, Е. К. Волкова. - 2-е изд., стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2025. - 333 с. - Прил. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/454484> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-50674-3. - Текст : электронный.

Дополнительная литература

7. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : учеб. пособие для высш. учеб. заведений по направлению подгот. "Информатика и вычисл. техника" / Н. Ю. Афанасьева. - Москва : КноРус, 2017. - 336 с. : ил. - Предм. указ. - ISBN 978-5-406-00176-9. - 490573 : 607-75. - Текст : непосредственный.

8. Гончаров, С. С. Физические методы контроля качества и исследования материалов : учеб. пособие / С. С. Гончаров ; Тул. гос. ун-т. - Тула : ТулГУ, 2023. - 117 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/391268#1> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

9. Грунтович, Н. В. Техническая диагностика электрооборудования : учебник / Н. В. Грунтович, Н. В. Грунтович. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2025. - 254 с. - (Высшее

образование). - URL: <https://znanium.ru/read?id=454790> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-110839-0. - Текст : электронный.

10. Ковалевский, В. И. Основы научного исследования в технике : монография / В. И. Ковалевский. - 3-е изд., перераб. и доп. - Документ read. - Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2021. - 272 с. - Прил. - URL: <https://znanium.com/read?id=385191> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9729-0720-5. - Текст : электронный.

11. Кулаичев, А. П. Методы и средства комплексного статистического анализа данных : учеб. пособие для вузов по дисциплинам "Мат. статистика" и "Информатика" / А. П. Кулаичев. - 5-е изд., перераб. и доп. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2025. - 484 с. : ил. - Прил. - Предм. указ. - URL: <https://znanium.ru/read?id=447891> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-012834-4. - 978-5-16-103357-9. - Текст : электронный.

12. Сибикин, Ю. Д. Диагностика и техническое обслуживание электроустановок потребителей : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - 2-е изд., стер. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2025. - 391 с. - (Высшее образование). - URL: <https://znanium.ru/read?id=453214> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-110166-7. - Текст : электронный.

5.2. Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, интернет-ресурсы

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт.- Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 24.09.2025).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.- Текст: электронный.

2. КонсультантПлюс : справочная правовая система: сайт / ЗАО «КонсультантПлюс».- Москва, 1992. - URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 24.09.2025). - Текст : электронный.

3. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса: сайт / ФГБОУ ВО «ПВГУС».- Тольятти, 2010. - URL. : <http://elib.tolgas.ru> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

4. Электронно-библиотечная система Znanium.com : сайт / ООО "ЗНАНИУМ".- Москва, 2011. - URL: <https://znanium.com/> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

5. Электронно-библиотечная система Лань : сайт / ООО "ЭБС ЛАНЬ". - Москва, 2011. - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

5.3. Программное обеспечение

Информационное обеспечение учебного процесса по дисциплине осуществляется с использованием следующего программного обеспечения (лицензионного и свободно распространяемого), в том числе отечественного производства:

№п/п	Наименование	Условия доступа
1	Microsoft Windows	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
2	Microsoft Office	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
3	Консультант Плюс	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
4	СДО MOODLE	из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет (лицензионный договор)

6. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Занятия лекционного типа. Учебные аудитории для занятий лекционного типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия (презентации по темам лекций), обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие данной программе дисциплины.

Занятия семинарского типа. Учебные аудитории для занятий семинарского типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Промежуточная аттестация. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

Самостоятельная работа. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде университета. Для организации самостоятельной работы обучающихся используются:

- компьютерные классы университета;
- библиотека (медиазал), имеющая места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет.

Электронная информационно-образовательная среда университета (ЭИОС). Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) <http://sdo.tolgas.ru/> из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории университета, так и вне ее.

ЭИОС университета обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

В случае реализации образовательной программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:

- фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения образовательной программы;
- проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети "Интернет".

7. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре - 100.

Шкала оценки результатов освоения дисциплины, сформированности результатов обучения

Форма проведения промежуточной аттестации	Шкалы оценки уровня сформированности результатов обучения		Шкала оценки уровня освоения дисциплины		
	Уровневая шкала оценки компетенций	100 балльная шкала, %	100 балльная шкала, %	5-балльная шкала, дифференцированная оценка/балл	недифференцированная оценка
Экзамен КР	допороговый	ниже 61	ниже 61	«неудовлетворительно» / 2	не зачтено
	пороговый	61-85,9	61-69,9	«удовлетворительно» / 3	зачтено
			70-85,9	«хорошо» / 4	зачтено
	повышенный	86-100	86-100	«отлично» / 5	зачтено

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами (по накопительному рейтингу). Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по ре-

шению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным (повышенный уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний, использует в ответе дополнительный материал; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 86 до 100, что соответствует повышенному уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается сформированным (пороговый уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 61 до 85,9, что соответствует пороговому уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже 61, что соответствует допороговому уровню.

Формы текущего контроля успеваемости

Формы текущего контроля	Количество контрольных точек	Количество баллов за 1 контр. точку	Макс. возм. кол-во баллов
Отчет по темам лекционных занятий	10	4	40
Отчет по практической работе	8	5	40
Защита курсового проекта/работы	1	10	10
Творческий рейтинг (участие в конференциях, олимпиадах и т.п.) Дополнительные баллы за активное изучение дисциплины и др.	1	10	10
Итого по дисциплине			100 баллов

Система оценивания представлена в электронном учебном курсе по дисциплине <http://sdo.tolgas.ru/>.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

8.2.1. Типовые задания к практическим занятиям

Практическая работа № 1. Разработка программы и методики стандартных механических испытаний конструкционных материалов

Цель работы: формирование навыков самостоятельного проектирования нормативно-технической документации на проведение механических испытаний в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Задание:

Анализ структуры нормативного документа ГОСТ 1497 (или зарубежных аналогов ISO 6892, ASTM E8). Обоснование выбора геометрии и размеров образцов. Расчет требуемых диа-

пазонов нагружения и скоростей деформирования испытательной системы. Определение перечня регистрируемых параметров и классов точности измерительных датчиков. Составление проекта официального протокола испытаний.

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 2. Обработка и аппроксимация первичных диаграмм статического деформирования металлов

Цель работы: Освоение методов математического анализа массивов данных, полученных с автоматизированных систем сбора информации испытательных машин.

Задание:

Импорт массивов «нагрузка — перемещение» из управляющих программ универсальных испытательных машин. Пересчет первичных данных в истинные и условные напряжения и деформации. Определение упругих (модуль Юнга, предел пропорциональности) и пластических (условный и физический пределы текучести, предел прочности, равномерное и полное удлинение) характеристик. Экспоненциальная аппроксимация кривой упрочнения по уравнениям Холломоны и Людвика.

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 3. Статистический анализ результатов динамических и циклических испытаний на надежность

Цель работы: Развитие умений проводить метрологическую и статистическую обработку результатов многофакторных испытаний материалов на ударную вязкость и выносливость.

Задание:

Определение температурного порога хрупкости сталей по результатам серийных испытаний на ударный изгиб (ГОСТ 9454). Расчет погрешностей измерений маятникового копра. Построение кривых усталости Велера по ограниченному объему экспериментальных данных (ГОСТ 25.502). Математическая обработка результатов методом наименьших квадратов, определение предела выносливости и оценка доверительных интервалов циклической долговечности.

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 4. Проектирование и расчет параметров измерительных цепей для многоканальной тензометрии

Цель работы: Получение практических навыков расчета электрических параметров мостовых схем, выбора типов тензорезисторов и способов их размещения на деталях машин.

Задание:

Расчет чувствительности мостовой схемы Уитстона при четвертьмостовом, полумостовом и полномостовом включении тензодатчиков. Выбор коэффициента тензочувствительности и номинального сопротивления датчиков. Расчет схем температурной компенсации при измерении деформаций в условиях изменяющихся температур окружающей среды. Калибровка измерительного тракта «датчик - усилитель - АЦП».

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 5. Расчет главных напряжений в узлах машин по экспериментальным данным розеток тензорезисторов

Цель работы: Освоение аналитических методов механики деформируемого твердого тела для определения компонент тензора напряжений в зонах сложного нагружения.

Задание:

Анализ деформаций, зафиксированных трехкомпонентными (прямоугольными и дельта-розетками) тензорезисторами, наклеенными на корпуса или валы технологического оборудования. Расчет величины и направления главных деформаций (ϵ_1 , ϵ_2) и главных напряжений (σ_1 , σ_2) с использованием закона Гука для двусосного напряженного состояния. Оценка запаса прочности по энергетической теории прочности (Мизеса).

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 6. Обработка пространственных полей деформаций методом цифровой корреляции изображений

Цель работы: Изучение алгоритмов бесконтактной регистрации перемещений и деформаций на основе анализа цифровых спекл-структур.

Задание:

Принципы цифровой фильтрации и нормировки изображений. Задание размеров расчетных подзон (subset) и шага сканирования (step) в алгоритмах DIC. Оценка влияния шумов матрицы камеры и геометрических искажений на точность бесконтактных измерений. Построение двумерных карт распределения компонент тензора деформаций и выявление зон локализации пластической деформации в элементах конструкций.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Практическая работа № 7. Спектральный анализ вибрационных сигналов для диагностики дефектов роторного оборудования

Цель занятия: Формирование навыков идентификации кинематических и динамических неисправностей технологических машин по амплитудно-частотным спектрам вибрации.

Задание: Параметризация сигналов виброускорения и виброскорости (расчет СКЗ, пик-фактора, эксцесса). Настройка параметров быстрого преобразования Фурье (БПФ): выбор частоты дискретизации, количества точек и типа оконной функции (Хэннинга, Хэмминга). Расчет характерных частот дефектов подшипников качения (частоты прохождения тел качения по наружному и внутреннему кольцам). Локализация дефектов (дисбаланс, расцентровка, зазоры) по гармоникам оборотной частоты.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Практическая работа № 8. Верификация конечно-элементных моделей технологических машин по данным натурного эксперимента

Цель занятия: Освоение методологии сопоставления результатов численного моделирования с экспериментальными данными для оценки адекватности расчетных схем.

Задание:

Импорт экспериментальных точек (данных тензометрии или DIC) в среду CAE-пакета. Выделение контрольных узлов на конечно-элементной сетке, соответствующих точкам наклейки датчиков на реальном объекте. Расчет относительных и среднеквадратичных отклонений расчетных значений напряжений и перемещений от натурных. Оценка влияния граничных условий, жесткости закреплений и плотности сетки на сходимость результатов моделирования с экспериментом.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Темы докладов

1. Международный опыт стандартизации механических испытаний: сравнительный анализ стандартов ГОСТ, ISO и ASTM.
2. Современное состояние и тенденции развития автоматизированных сервогидравлических измерительных комплексов для прочностных испытаний.
3. Особенности проведения стандартных испытаний на ползучесть и длительную прочность конструкционных сталей.
4. Физические критерии и нормативные методы оценки склонности материалов деталей машин к хрупкому разрушению.
5. Методология построения кривых усталости материалов при асимметричных циклах нагружения в соответствии с требованиями ГОСТ.
6. Оценка износостойкости и триботехнических характеристик материалов технологических машин при трении без смазочного материала.
7. Современные технологические пробы для оценки штампуемости и пластичности листовых металлов высокого и сверхвысокого класса прочности.

8. Перспективы применения высокотемпературных механических испытаний при оценке ресурса элементов энергетического оборудования.

9. Развитие методов многоканальной тензометрии при исследовании динамических нагрузок в тяжело нагруженных узлах машин.

10. Анализ методов высокотемпературного тензометрирования и способов термокомпенсации мостовых схем в экстремальных условиях.

11. Применение трехмерных (3D) систем цифровой корреляции изображений (DIC) для анализа пространственных полей деформаций металлоконструкций.

12. Бесконтактные волоконно-оптические датчики на решетках Брэгга (FBG) в системах непрерывного мониторинга состояния (SHM) машин.

13. Методы лазерной доплеровской виброметрии при исследовании высокочастотных колебаний прецизионного технологического оборудования.

14. Сравнительный анализ эффективности оконных функций (Хэннинга, Хэмминга, Блэкмана) при быстром преобразовании Фурье вибрационных сигналов.

15. Современные алгоритмы автоматизированного выделения дефектов подшипников качения методами анализа спектра огибающей.

16. Методология проведения экспериментального модального анализа для идентификации динамических параметров несущих систем станков.

17. Критерии оценки адекватности конечно-элементных моделей при статическом и динамическом анализе корпусных деталей машин в САЕ-системах.

18. Использование методов многофакторного регрессионного анализа для построения эмпирических моделей износа элементов технологических систем.

19. Нормативные правила и юридические аспекты оформления заявок на изобретения и полезные модели в области машиностроения.

20. Экспертиза причин эксплуатационных разрушений элементов машин с использованием комплекса расчетных и экспериментальных методов..

8.3. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен (по результатам накопительного рейтинга или в устно-письменной форме по экзаменационным билетам).

Защита курсового проекта/работы. Результаты защиты курсового проекта/работы выставляются по пятибалльной системе оценивания ("отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно") с обязательным проставлением количества баллов, набранных в соответствии с балльно-рейтинговой системой (по столбальной шкале).

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

№	Содержание вопроса
ОПК-11 Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании	
1.	Структура национального стандарта ГОСТ 1497: требования к геометрии, размерам и методам изготовления образцов для статических испытаний на растяжение.
2.	Международные стандарты ISO 6892 и ASTM E8: сравнительный анализ требований к фиксации скоростей деформирования при комнатной температуре.
3.	Метрологическое обеспечение механических испытаний: классы точности испытательных машин и требования к поверке силоизмерительных систем.
4.	Конструктивные особенности и кинематические схемы современных универсальных испытательных машин с электромеханическим приводом.
5.	Сервогидравлические испытательные системы: принципы регулирования по нагрузке, перемещению траверсы и сигналу деформации с датчика.
6.	Определение модуля упругости (модуля Юнга) при статических испытаниях: норматив-

	ные требования к точности тензометрических датчиков (экстензометров).
7.	Физический и условный ($\sigma_{0,2}$) пределы текучести: методики графического и аналитического определения по первичной диаграмме деформирования.
8.	Определение временного сопротивления (предела прочности) металлов. Различие между условным напряжением и истинным напряжением в момент разрушения.
9.	Нормативные характеристики пластичности: расчет относительного удлинения после разрыва (δ) и относительного сужения (ψ) по ГОСТ 1497.
10.	Методика аппроксимации упругопластического участка диаграммы деформирования по уравнению Холломоны: физический смысл коэффициента деформационного упрочнения.
11.	Статические испытания металлов на сжатие (ГОСТ 25.503): геометрия образцов, эффекты контактного трения на торцах и способы их минимизации.
12.	Статические испытания на изгиб (ГОСТ 14019): схемы трехточечного и четырехточечного изгиба, расчет максимальных напряжений в крайних волокнах.
13.	Испытания на кручение (ГОСТ 3565): определение предела текучести при сдвиге и модуля сдвига, специфика распределения деформаций по сечению образца.
14.	Динамические испытания на ударный изгиб (ГОСТ 9454): типы надрезов (U, V, T), принцип работы маятникового копра и расчет затраченной энергии.
15.	Физический смысл ударной вязкости (KCU, KCV). Порядок определения критической температуры хрупкости (серийные испытания).
16.	Методика оценки доли вязкой и хрупкой составляющих в изломах ударных образцов в соответствии с нормативной документацией.
17.	Стандарты на проведение испытаний на многоцикловую усталость (ГОСТ 25.502): типы образцов, базовое число циклов, построение кривых выносливости Велера.
18.	Особенности проведения испытаний на малоцикловую усталость в условиях жесткого и мягкого режимов нагружения.
19.	Нормативные методы определения характеристик циклической трещиностойкости (вязкости разрушения при статическом нагружении (ГОСТ 25.506)).
20.	Метод измерения твердости по Бринеллю (ГОСТ 9012): выбор диаметра шарика, нагрузки и времени выдержки в зависимости от группы материала.
21.	Метод измерения твердости по Роквеллу (ГОСТ 9013): шкалы А, В, С, типы инденторов, процедура предварительного и основного нагружения.
22.	Метод измерения твердости по Виккерсу (ГОСТ 2999): геометрия алмазной пирамиды, оптическое измерение диагоналей отпечатка, область применимости.
23.	Метод микротвердости по Виккерсу и Кнупу (ГОСТ 9450): исследование твердости отдельных фаз и тонких поверхностных слоев.
24.	Особенности проведения стандартных механических испытаний при высоких температурах (ГОСТ 9651): требования к температурной стабильности и защитным средам.
25.	Кратковременные и длительные (испытания на ползучесть и длительную прочность по ГОСТ 10145) термические испытания сплавов: определяемые характеристики.
26.	Методы механических испытаний материалов при криогенных температурах: способы охлаждения и фиксации деформации образца.
27.	Технологическая проба на штампуемость листового материала (метод Эриксона по ГОСТ 10510): параметры оценки способности к глубокой вытяжке.
28.	Методы оценки технологических показателей свариваемости сталей: испытания на склонность к образованию горячих и холодных трещин в сварном шве.
29.	Технологические испытания труб (ГОСТ 8693, ГОСТ 8694, ГОСТ 8695): испытания на бортование, раздачу, сплющивание и загиб.
30.	Оценка обрабатываемости материалов резанием: стандартные критерии (стойкость инструмента, сила резания, шероховатость поверхности).
31.	Стандартные методы испытаний материалов на абразивное изнашивание (ГОСТ 23.208) и трение скольжения.
32.	Особенности стандартных испытаний композиционных материалов: специфика вырезки образцов, анизотропия свойств и схемы нагружения.

33.	Нормативные требования к калибровке тензодатчиков и систем автоматического сбора данных в испытательных комплексах.
34.	Правила математического округления результатов механических испытаний и оформления итоговых протоколов по требованиям ГОСТ.
35.	Расчет случайных погрешностей измерений при серийных механических испытаниях: среднее квадратичное отклонение, доверительный интервал.
36.	Систематические погрешности при определении прочностных свойств, вызванные перекосами образца в захватах машины, и способы их контроля.
37.	Испытания материалов на релаксацию напряжений (ГОСТ 26007): физика процесса, схемы нагружения и регистрируемые параметры.
38.	Методы определения технологического показателя жидкотекучести литейных сплавов (спиральная проба).
39.	Стандартные методы оценки склонности сталей к коррозионному растрескиванию под напряжением.
40.	Нормативный порядок аттестации нестандартных методик испытаний и их метрологической экспертизы на предприятии.
ОПК-12 Способен разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	
41.	Классификация современных методов экспериментального исследования динамики и напряженно-деформированного состояния технологических машин.
42.	Физические основы резистивного эффекта в проводниках. Устройство, геометрические параметры и базы фольговых тензорезисторов.
43.	Коэффициент тензочувствительности тензорезистора: физический смысл, температурная зависимость и методы калибровки.
44.	Схемы включения тензодатчиков в измерительный мост Уитстона: полумостовая и полномостовая схемы, расчет выходного напряжения.
45.	Четверть мостовая схема включения тензорезистора: обоснование необходимости и схемы подключения активного и компенсационного датчиков.
46.	Методология подготовки поверхности, выбора клеевых составов и наклейки тензорезисторов на элементы конструкций машин.
47.	Способы защиты тензометрических цепей от воздействия влаги, электромагнитных наводок и высоких температур в промышленных условиях.
48.	Скользкие и бесконтактные (телеметрические) системы передачи сигналов с вращающихся валов технологического оборудования.
49.	Использование трехкомпонентных розеток тензорезисторов для исследования плоского напряженного состояния деталей машин.
50.	Аналитический расчет главных напряжений и ориентации их осей по экспериментальным данным прямоугольной розетки тензорезисторов.
51.	Оценка статической и динамической прочности элементов рамных конструкций прессов по критериям Мизеса на основе данных тензометрии.
52.	Метод цифровой корреляции изображений (DIC): физико-математические принципы сопоставления цифровых спекл-структур.
53.	Проектирование эксперимента для систем 3D-DIC: калибровка стереосистем камер, выбор шага сетки и размеров подзон сканирования.
54.	Применение оптического метода фотоупругости (поляризационно-оптического метода) для визуализации зон концентрации напряжений.
55.	Волоконно-оптические датчики деформации (на основе решеток Брэгга): физический принцип работы и преимущества применения в диагностике машин.
56.	Параметры вибрационных сигналов (виброперемещение, виброскорость, виброускорение) и критерии выбора измеряемой величины при диагностике.
57.	Физические основы работы и частотные диапазоны пьезоэлектрических акселерометров и вихретоковых (проксиметров) датчиков перемещения.
58.	Математические основы спектрального анализа: быстрое преобразование Фурье (БПФ) и

	его применение для обработки дискретных сигналов вибрации.
59.	Влияние частоты дискретизации (теорема Котельникова-Найквиста) и длительности выборки на разрешающую способность вибрационного спектра.
60.	Назначение весовых оконных функций (Хэннинга, Хэмминга, Блэкмана) при БПФ-анализе для минимизации эффекта растекания спектра.
61.	Вибродиагностические признаки дисбаланса роторов и расцентровки валов технологических машин в частотной области.
62.	Идентификация дефектов подшипников качения по характерным частотам перекачивания тел качения и спектру огибающей высокочастотной вибрации.
63.	Анализ дефектов зубчатых передач (износ, скол зуба) по частотам зацепления и боковым полосам модуляции в вибрационном спектре.
64.	Методология экспериментального модального анализа: способы возбуждения колебаний (ударный молоток, вибростенд) и построение частотных характеристик (ЧХ).
65.	Применение лазерной доплеровской виброметрии для прецизионного бесконтактного исследования колебаний труднодоступных узлов машин.
66.	Методология интеграции натурного эксперимента и конечно-элементного (КЭ) моделирования в рамках единого цикла исследования машин.
67.	Принципы идеализации геометрии и построения расчетных КЭ-схем корпусных деталей машин: выбор типов конечных элементов (солиды, оболочки).
68.	Влияние способов задания граничных условий, жесткости закреплений и контактных взаимодействий на адекватность КЭ-модели.
69.	Критерии оценки сходимости конечно-элементного решения по плотности и топологии сетки.
70.	Алгоритм верификации результатов конечно-элементного анализа напряжений по локальным экспериментальным точкам тензометрирования.
71.	Оценка и отбраковка грубых погрешностей (промахов) в экспериментальных массивах данных по критериям Граббса или Романовского.
72.	Проверка гипотезы о соответствии опытных данных закону нормального распределения (критерии Пирсона, Шапиро-Уилка).
73.	Построение эмпирических уравнений состояния машин методами двухфакторного линейного регрессионного анализа.
74.	Оценка значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента и проверка адекватности модели по критерию Фишера.
75.	Нормативные требования стандарта ГОСТ 7.32 к структуре, содержанию и оформлению отчетов о научно-исследовательской работе.
76.	Правила построения и оформления графического материала (графиков, диаграмм, карт распределения полей) в научных публикациях и отчетах.
77.	Структура описания изобретения к заявке на выдачу патента РФ: правила формулирования формулы изобретения.
78.	Требования к подготовке презентационных материалов и ведению научной дискуссии при публичной защите результатов НИОКР.
79.	Методы экспертной оценки технического уровня и конкурентоспособности разработанных методов исследования технологических машин.
80.	Правовые основы защиты интеллектуальной собственности и обеспечения режима конфиденциальности при выполнении хоздоговорных НИР.