

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 15.09.2026 10:06:20

Уникальный программный ключ:

c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Поволжский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

Высшая школа передовых производственных технологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Планирование экспериментов и автоматизированная обработка экспериментальных данных»

Направление подготовки:

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль):

«Инжиниринг технологических инноваций»

Квалификация выпускника: **магистр**

Тольятти 2025

Рабочая программа дисциплины «Планирование экспериментов и автоматизированная обработка экспериментальных данных» 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, СО- ОТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций в области использования технологических машин и оборудования на основе изучения глубоких теоретических положений математической теории планирования экспериментов, освоения современных алгоритмов автоматизированной обработки многомерных массивов данных и применения специализированных вычислительных комплексов для оптимизации рабочих процессов машиностроительных объектов.

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-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования;	ИОПК-1.1. Разрабатывает планы и методические программы проведения исследований и разработок ИОПК-1.2. Обосновывает приоритеты решения задач ИОПК-1.3. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений	Знает: - Теоретические основы идентификации объектов: принципы перевода вербально сформулированных целей инженерного исследования в строгие математические критерии оптимизации (целевые функционалы) работы технологических машин. - Математический аппарат теории шкал и критериев: классификацию, структуру и свойства локальных и интегральных критериев эффективности (техно-экономических, энергетических, прочностных), применяемых для оценки адекватности моделей оборудования. - Методы многокритериального анализа: математические основы ранжирования и выявления приоритетов при решении нестандартных исследовательских задач в условиях противоречивых требований к характеристикам машин. Умеет: - Конструировать целевые функции: формировать многомерные пространства отклика и математически корректно ставить задачи параметрической оптимизации конструктивных и режимных параметров оборудования. - Обосновывать систему ограничений: выделять и формализовать систему граничных условий, краевых значений и фазовых ограничений, определяющих область безопасного функционирования технологических систем. - Выполнять свертку критериев: применять аналитические методы нормирования и свертки век-	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		торных критериев эффективности для нахождения компромиссного инженерного решения на множестве Парето. Владеет: - Навыками математического формулирования исследовательских задач: опытом формализации реальных производственных проблем эксплуатации оборудования в виде замкнутых математических систем и постановок оптимизационных задач. - Навыками разработки кастомных критериев оценки: навыками конструирования оригинальных интегральных критериев для комплексной оценки качества функционирования сложных технических комплексов. - Навыками сравнительного анализа альтернативных решений: опытом верификации результатов численного моделирования и натурного эксперимента с использованием расчетных критериев сходимости, точности и робастности алгоритмов.	
ОПК-12 Способен разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы.	ИОПК-12.1. Проводит сбор научно-технической информации по теме исследований и разработок ИОПК-12.2. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений ИОПК-12.3. Определяет задачи исследований, видов исследований и методов их проведения и разрабатывает задания на проведение исследований ИОПК-12.4. Оформляет результаты исследований в виде отчёта о проведённых исследованиях	Знает: - Теорию математического планирования: математический базис и условия ортогональности, ротатабельности и d-оптимальности планов первого и второго порядков, используемых для аппроксимации поведения сложных нелинейных объектов. - Методы верификации вычислительных алгоритмов: статистические критерии оценки адекватности и достоверности результатов численного и физического моделирования, включая критерии Фишера, Стьюдента, Кохрена и Бартлетта. - Принципы построения суррогатных моделей: математические методы редукции размерности данных и построения макромоделей технологических процессов (включая методы поверхностей отклика и кригинг-аппроксимацию) для интеграции в CAE-комплексы. Умеет: - Синтезировать оригинальные методики эксперимента: проек-	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		тировать нестандартные многофакторные матрицы планирования, адаптированные под конструктивные ограничения конкретных технологических машин и приводов. - Программировать автоматизированные расчетные модули: самостоятельно разрабатывать скрипты и алгоритмы в специализированных средах для статистической фильтрации сигналов, сглаживания трендов и многомерного регрессионного анализа. - Интерпретировать многомерные поля данных: анализировать сложные конфигурации поверхностей отклика, выявлять латентные взаимосвязи между разнородными параметрами и графически представлять их в академическом формате. Владеет: - Навыками реализации полного цикла регрессионного анализа: практическим опытом применения метода наименьших квадратов для расчета многочленных уравнений связи и оценки их доверительных интервалов. - Навыками валидации сложных расчетных схем оборудования: методологией количественной оценки сходимости и точности компьютерных симуляций (CAE) путем их сопоставления со статистически очищенными массивами натурных измерений. - Навыками академического представления результатов исследований: опытом структурирования и презентации сложных математических и графических данных в форме научно-технических отчетов по ГОСТ 7.32 и рукописей статей для ведущих профильных изданий.	

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 **4 з.е. (144 час.)**, их распределение по видам работ и семестрам представлено в таблице.

Виды учебных занятий и работы обучающихся	Трудоёмкость, час
Общая трудоёмкость дисциплины, час	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего), в т.ч.:	44/14
занятия лекционного типа (лекции)	20/6
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	24/8
лабораторные работы	-
Самостоятельная работа всего, в т.ч.:	73/121
Самоподготовка по темам (разделам) дисциплины	73/121
Выполнение курсового проекта /курсовой работы	-
Контроль (часы на экзамен)	27/9
Промежуточная аттестация	экзамен

Примечание: -/- объем часов соответственно для очной, 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 сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные рабо- ты, час	Практиче- ские заня- тия, час		
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОС- НОВЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕХНОЛО- ГИЧЕСКИХ МАШИН КАК ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ Содержание лекции: Математическая постановка задачи исследо- вания сложного технологического оборудо- вания. Концепция «черного ящика» в теории идентификации систем. Классификация и структура переменных: управляющие воз- действия (факторы), измеряемые отклики, контролируемые параметры и случайные внешние возмущения. Метрологические ас- пекты формирования массивов данных. Вер- бальные цели и их перевод в строгие мате- матические критерии эффективности. Тео- рия измерительных шкал и принципы по- строения локальных технико- экономических, прочностных и энергетиче- ских функционалов.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическое занятие № 1 «Автоматизация импорта и первичной обработки сигналов с			2/0,5		Отчет по прак- тической рабо-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные рабо- ты, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	датчиков технологического оборудования»					те
	Самостоятельная работа.				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных мате- риалов; подготовка к практическим занятиям; доклад
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 2. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И КОМПРОМИССНАЯ ОП- ТИМИЗАЦИЯ НА МНОЖЕСТВЕ ПАРЕ- ТО Содержание лекции: Проблема многокритериальности в задачах проектирования и модернизации технологи- ческих машин. Математическая структура векторного критерия эффективности. Опре- деление области допустимых решений и по- нятие эффективного множества Парето. Ла- тентные взаимосвязи и противоречивость локальных критериев. Методы скаляризации и аналитической свертки векторного крите- рия: линейная свертка, максиминный под- ход, целевое программирование. Методы нормирования разнородных параметров и выявления приоритетов при решении не- стандартных исследовательских задач.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 2 «Многокритери- альный поиск компромиссных режимов ра- боты оборудования»			2/0,5		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 3. Статистический базис обработки данных: дисперсионный анализ. Содержание лекции: Теоретические основы статистической оцен- ки результатов эксперимента. Законы рас- пределения случайных величин, применяе- мые в инженерных исследованиях. Суще- ность и математический аппарат дисперси- онного анализа (ANOVA). Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ. Оценка влияния дискретных качественных и количественных факторов на выходные по- казатели работы оборудования. Проверка гипотез об однородности дисперсий воспро- изводимости по критериям Кохрена, Барт- летта и Хартли. Разложение общей диспер- сии на межгрупповую и внутригрупповую составляющие.	2/1				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 3 «Первичный ста- тистический аудит данных и экспресс-			2/1		Отчет по прак- тической рабо-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные рабо- ты, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	выявление аномальных измерений»					те
	Практическая работа № 4 «Проверка одно- родности дисперсий при испытаниях узлов машин»			2/1		Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа № 5 «Автоматизация однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA)»			2/0,5		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				8/14	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 4. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ МАССИВОВ ДАН- НЫХ Содержание лекции: Оценка тесноты и направления стохастиче- ских связей между эксплуатационными па- раметрами технологического оборудования. Теория парной корреляции: коэффициент линейной корреляции Пирсона, его свойства и границы применимости. Нелинейная кор- реляция и корреляционное отношение. По- нятие о мультиколлинеарности факторов и методы ее устранения. Множественный и частный корреляционный анализ для много- мерных систем. Проверка статистической значимости коэффициентов корреляции на основе t-распределения Стьюдента.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №6 «Парный и множе- ственный корреляционный анализ эксплуа- тационных параметров»			2/1		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 5. МНОГОМЕРНЫЙ РЕГРЕССИ- ОННЫЙ АНАЛИЗ И МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ Содержание лекции: Математическая природа регрессионного моделирования. Классический метод наименьших квадратов (МНК) в матричной форме: вывод основных уравнений для оценки векторов параметров. Построение линейных и полиномиальных моделей связи. Геометрические свойства оценок МНК, тео- рема Гаусса — Маркова. Проблема жестко- сти матриц нормальных уравнений при об- работке промышленных данных. Способы линеаризации существенно нелинейных за- висимостей (метод выравнивания). Расчет доверительных интервалов для прогнозиру-	2/1				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 сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные рабо- ты, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	емых значений отклика.					
	Практическая работа № 7 «Реализация мето- да наименьших квадратов в матричной фор- ме»			2/0,5		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 6. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ВЕРИ- ФИКАЦИЯ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕ- ЛЕЙ ПО КРИТЕРИЯМ ЗНАЧИМОСТИ И АДЕКВАТНОСТИ Содержание лекции: Методология статистической проверки до- стоверности построенных уравнений регрес- сии. Оценка индивидуальной значимости каждого коэффициента полинома по t- критерию Стьюдента. Определение числа степеней свободы. Процедура исключения незначимых эффектов и пересчета матрицы. Понятие остаточной дисперсии и дисперсии адекватности. Финальная проверка адекват- ности математической модели по F- критерию Фишера. Анализ остатков как ин- струмент проверки условий применимости МНК.	2/0,51				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 8 «Программная ве- рификация регрессионных моделей по крите- риям значимости и адекватности»			2/0,5		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				8/14	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 7. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА: ПЛАНЫ ПЕРВОГО ПОРЯДКА Содержание лекции: Переход от пассивного статистического наблюдения к активному планированию экс- перимента. Концепция оптимальности пла- нов. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) и его геометрическая интерпретация. Усло- вия ортогональности матриц планирования первого порядка, математические преимуще- ства ортогональности при расчете коэффи- циентов модели. Симметричное кодирование переменных. Дробный факторный экспери- мент (ДФЭ), разрешающая способность ре- плик. Понятие о d-оптимальных планах Пла- кетта — Бермана для отсеивающих экспери- ментов.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 9 «Конструирование			2/1		Отчет по прак-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные рабо- ты, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	и автоматизация ортогональных планов пер- вого порядка»					тической рабо- те
	Самостоятельная работа				8/14	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 8. КОМПОЗИЦИОННОЕ ПЛА- НИРОВАНИЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ Содержание лекции: Ограничения линейных моделей при описа- нии сложных физико-механических и реоло- гических процессов в узлах машин. Нели- нейные поверхности второго порядка. Орто- гональное центральное композиционное планирование (ОЦКП) и рототабельное цен- тральное композиционное планирование (РЦКП). Расчет величины звездного плеча ($\sqrt{\alpha}$) для обеспечения условий ортого- нальности и рототабельности. Квазиротота- бельные планы Бокса — Бенкена, их эконо- мическая эффективность по числу опытов при жестких технологических ограничениях.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 10 «Автоматизиро- ванное построение планов второго порядка (ОЦКП/РЦКП)»			2/0,5		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 9. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СУР- РОГАТНЫХ МОДЕЛЕЙ И АППРОКСИ- МАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТКЛИКА Содержание лекции: Проблема высокой вычислительной емкости прямых численных симуляций (CAE) в зада- чах оптимизации машин. Концепция сурро- гатного моделирования (Metamodeling). Ме- тодология аппроксимации поверхностей от- клика (Response Surface Methodology — RSM). Математические основы кригинг- аппроксимации (Kriging) и радиально- базисных функций (RBF). Принципы редук- ции размерности многомерных пространств данных. Построение быстрых макромоделей (субмоделей) для интеграции в замкнутые оптимизационные циклы САПР.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа № 11 «Визуализация многомерных полей данных и анализ поверх- ностей отклика»			2/0,5		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час		
		Лекции, час	Лаборатор- ные рабо- ты, час	Практиче- ские заня- тия, час			
						ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям	
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ОПК-12 ИОПК-12.1 ИОПК-12.2 ИОПК-12.3 ИОПК-12.4	ТЕМА 10. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ СЛОЖНЫХ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ Содержание лекции: Проблема сходимости и достоверности компьютерного симулярования механики сплошных сред (МКЭ/МКО). Методология количественного сопоставления результатов численного моделирования со статистически очищенными массивами натурных измерений. Критерии сходимости сеточных моделей по силам, перемещениям и энергетическим нормам. Оценка погрешностей численных алгоритмов. Подготовка итоговых структурированных научно-технических документов и графических материалов по результатам верификации для представления экспертному сообществу.	2/0,5					
	Практическая работа № 12 «Статистическая валидация конечно-элементных (CAE) расчетных схем»				2/0,5		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа					7/12	Самостоятельное изучение учебных
	ИТОГО	20/6		24/8	73/121		

Примечание: -/- объем часов соответственно для очной, 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.

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. Карабутов, Н. Н. Введение в теорию эксперимента в исследовании систем : учеб. пособие / Н. Н. Карабутов. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2023. - 167 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/276650> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-44900-2. - Текст : электронный.

2. 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.

3. 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.

4. Мыльник, В. В. Исследование систем управления : учеб. пособие для вузов по специальности "Менеджмент орг." / В. В. Мыльник, Б. П. Титаренко. - 2-е изд. - Документ read. - Москва : РИОР [и др.], 2020. - 238 с. : табл. - (Высшее образование - Бакалавриат). - Глоссарий. - Тест по курсу. - URL: <https://znanium.ru/read?id=398314> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-369-01330-4. - 978-5-16-100780-7. - Текст : электронный.

5. Соснин, Э. А. Методология эксперимента : учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. магистратуры 12.04.02 "Оптотехника", 12.04.03 "Фотоника и оптоинформатика" / Э. А. Соснин, Б. Н. Пойзнер. - 2-е изд., испр. - Документ read. - Москва : Инфра-М, 2026. - 162 с. - (Высшее образование -

Магистратура). - Прил. - URL: <https://znanium.ru/read?id=476890> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-107890-7. - Текст : электронный.

Дополнительная литература

6. 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.

7. Денисенко, В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2009. - 606 с. : ил., схем. - Предм. указ. - ISBN 978-5-9912-0060-8 : 536-40. - Текст : непосредственный.

8. Карманов, Ф. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad : учеб. пособие для вузов по направлению 09.03.01 (230100) "Информатика и вычисл. техника", направлениям и специальностям группы "Техника и технологии" / Ф. И. Карманов, В. А. Острейковский. - Документ read. - Москва : Курс [и др.], 2019. - 208 с. : ил. - URL: <https://znanium.com/read?id=355561> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-905554-96-4. - 978-5-16-010989-3. - 978-5-16-103020-2. - Текст : электронный.

9. 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: 29.03.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9729-0720-5. - Текст : электронный.

10. Кожухар, В. М. Основы научных исследований : учеб. пособие / В. М. Кожухар. - Документ read. - Москва : Дашков и К, 2013. - 216 с. - Прил. - URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=415587> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-394-01711-7. - Текст : электронный.

11. Сидняев, Н. И. Введение в теорию планирования эксперимента : учеб. пособие для вузов по направлению "Машиностроит. технологии и оборудование", специальность "Реновация средств и объектов материального пр-ва в машиностроении" / Н. И. Сидняев, Н. Т. Вилисова. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 463 с. : ил., табл. - Прил. - ISBN 978-5-7038-3365-0 : 330-00. - Текст : непосредственный.

12. Соловьев, В. П. Организация эксперимента : учеб. пособие для вузов по направлению "Металлургия" / В. П. Соловьев, Е. М. Богатов. - Старый Оскол : ТНТ, 2012. - 253 с. : ил., табл. - Прил. - ISBN 978-5-94178-302-1 : 339-00. - Текст : непосредственный.

13. Фаддеев, М. А. Элементарная обработка результатов эксперимента : учеб. пособие / М. А. Фаддеев. - Санкт-Петербург : Лань, 2008. - 117 с. : ил., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Прил. - ISBN 978-5-8114-0817-7 : 107-30. - Текст : непосредственный.

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	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 за 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 решению 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
Доклад	1	2	2
Отчет по практической работе	12	4	48
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. Автоматизация импорта и первичной обработки сигналов с датчиков технологического оборудования

Цель работы: формирование практических навыков автоматизированного импорта многомерных массивов данных из измерительных систем в расчетную среду и освоение экспресс-методов очистки сигналов.

Задание:

- Работа в специализированном ПО (MATLAB, Python или OriginLab).
- Импорт текстовых и бинарных файлов данных, полученных со стендовых датчиков (давления, вибрации, температуры).
- Программирование алгоритмов сглаживания трендов и фильтрации высокочастотных шумов с использованием скользящего среднего.

Форма отчетности: Расчетный скрипт (код) с графиками исходных и отфильтрованных сигналов.

Практическая работа № 2. Многокритериальный поиск компромиссных режимов работы оборудования

Цель работы: освоение прикладных методов нахождения оптимальных рабочих параметров машин при наличии противоречивых критериев эффективности.

Задание:

- Поставить оптимизационную задачу (например: максимизация производительности при одновременной минимизации удельного энергопотребления насоса).
- Реализовать метод аддитивной или мультипликативной свертки критериев. Поиск компромиссной точки в зоне Парето-эффективных решений с помощью численных оптимизаторов софта.

Форма отчетности: Карта оптимальных настроек оборудования с расчетным обоснованием компромисса.

Практическая работа № 3. Первичный статистический аудит данных и экспресс-выявление аномальных измерений.

Цель работы: освоение автоматизированных способов статистической оценки выборок параллельных опытов и отбраковки грубых ошибок измерений.

Задание:

- Произвести расчет точечных статистических характеристик выборки (выборочное среднее, дисперсия, среднеквадратическое отклонение) для рабочих параметров машин.
- Программировать автоматическую проверку массива на наличие промахов по критериям Граббса и Романовского.

Форма отчетности: Сводная таблица параметров и протокол автоматической отбраковки промахов.

Практическая работа № 4. Проверка однородности дисперсий при испытаниях узлов машин.

Цель работы: изучение прикладных алгоритмов проверки статистических гипотез для подтверждения стабильности условий проведения эксперимента.

Задание:

- Провести анализ массивов данных параллельных испытаний нескольких однотипных агрегатов.
- Реализовать в программной среде процедур проверки однородности дисперсий воспроизводимости опытов по критериям Кохрена и Бартлетта.
- Оценить влияние случайных цеховых факторов на погрешность измерений.

Форма отчетности: Расчетный лист с вычисленными значениями критериев и выводом о стабильности эксперимента.

Практическая работа № 5. Автоматизация однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA)

Цель работы: формирование навыков оценки степени влияния конструктивных изменений или режимов работы оборудования на интегральные критерии эффективности.

Задание:

- Использование встроенных модулей ANOVA в инженерном софте.
- Анализ влияния дискретных факторов (например, марки используемого смазочного материала или типа термообработки вала) на выходной параметр (интенсивность износа, КПД).
- Разложение общей дисперсии отклика на составляющие.

Форма отчетности: Сгенерированная программами таблица ANOVA с графиками интервалов доверия.

Практическая работа № 6. Парный и множественный корреляционный анализ эксплуатационных параметров

Цель работы: освоение программных инструментов выявления скрытых стохастических взаимосвязей между технологическими параметрами машин.

Задание:

- Построение матриц парных коэффициентов линейной корреляции Пирсона для системы взаимосвязанных параметров (например: частота вращения, температура подшипника, вибрация станины).
- Проверка значимости коэффициентов.
- Оценка рисков возникновения мультиколлинеарности факторов.

Форма отчетности: Корреляционная матрица проекта с графической картой распределения связей.

Практическая работа № 7. Реализация метода наименьших квадратов в матричной форме

Цель занятия: Отработка практических навыков программирования классического алгоритма метода наименьших квадратов для построения эмпирических уравнений связи.

Задание:

- Составление матрицы планирования ПФЭ и вектора результатов.
- Написание макроса или функции, реализующей матричное уравнение МНК для вычисления вектора коэффициентов регрессии.
- Линеаризация нелинейных зависимостей (например, степенной зависимости износа от скорости).

Форма отчетности: Листинг оригинального программного кода МНК с полученными коэффициентами модели.

Практическая работа № 8. Программная верификация регрессионных моделей

Цель занятия: Изучение автоматизированных методов оценки статистической значимости и адекватности построенных полиномиальных моделей.

Задание:

- Автоматический расчет доверительных интервалов для коэффициентов уравнения по t-критерию Стьюдента.
- Написание алгоритма автоматического исключения незначимых членов. Финальный расчет критерия Фишера (F-критерий) для подтверждения адекватности модели.

Форма отчетности: Расчетный скрипт с выводом итогового верифицированного уравнения регрессии.

Практическая работа № 9. Конструирование и автоматизация ортогональных планов первого порядка

Цель занятия: Освоение методологии планирования экспериментов первого порядка и преимуществ симметричного кодирования факторов.

Задание:

- Расчет кодированных координат факторов для конкретного процесса (например, шнековой экструзии).
- Построение матрицы полного факторного эксперимента типа 2^3 .
- Программирование рандомизации опытов.
- Расчет линейных коэффициентов и эффектов взаимодействия без использования тяжелых матричных инверсий (за счет свойства ортогональности).

Форма отчетности: Оптимизированная рабочая карта-матрица проведения экспериментов.

Практическая работа № 10. Автоматизированное построение планов второго порядка (ОЦКП/РЦКП)

Цель занятия: формирование прикладных навыков генерации матриц планирования второго порядка для описания существенно нелинейных инженерных систем.

Задание:

- Использование специализированных модулей планирования (Design of Experiments — DoE).
- Расчет величины звездного плеча и генерация расширенных матриц ОЦКП или РЦКП для оптимизации работы узлов машин.
- Сравнительный анализ планов Бокса — Бенкена по критерию экономии машинного времени.

Форма отчетности: Компьютерный макет расширенного DoE-плана со спецификацией всех опытных точек.

Практическая работа № 11. Визуализация многомерных полей данных и анализ поверхностей отклика

Цель занятия: формирование навыков графической интерпретации и презентации результатов математического моделирования в виде поверхностей отклика.

Задание:

Построение трехмерных 3D-поверхностей и двухмерных 2D-изолиний (контурных карт) по полученным полиномиальным уравнениям регрессии.

- Визуальный анализ геометрии поверхностей для локализации зон оптимума.
- Наложение на графики технологических и прочностных ограничений.

Форма отчетности: Набор графических карт поверхностей отклика, оформленных по академическим стандартам.

Практическая работа № 12. Статистическая валидация конечно-элементных (САЕ) расчетных схем

Цель занятия: Изучение государственных стандартов оформления сборочных чертежей и спецификаций для элементов нестандартной оснастки.

Задание:

- Работа со сборочным чертежом спроектированного приспособления.
- Простановка посадок, допусков формы и расположения поверхностей базирующих элементов.
- Составление текстовой спецификации по правилам ЕСКД с выделением стандартных компонентов.

Форма отчетности: Скомплектованный пакет конструкторской документации (чертеж формата А1 и спецификация).

Темы докладов

1. Математические методы перевода качественных и вербальных целей исследования технологического оборудования в строгие интегральные функционалы оптимизации.
2. Применение теории шкал и методов нормирования разнородных эксплуатационных параметров при формировании комплексных критериев эффективности машин.
3. Алгоритмы автоматизированного импорта, фильтрации и сглаживания многомерных измерительных сигналов со стендовых датчиков в расчетных средах.
4. Сравнительный анализ эффективности статистических критериев Граббса, Романовского и Шовене при идентификации и исключении аномальных погрешностей измерений.
5. Методология проверки гипотез об однородности дисперсий воспроизводимости параллельных опытов по критериям Бартлетта и Хартли в условиях нестационарных цеховых шумов.
6. Проблема мультиколлинеарности входных факторов при исследовании сложных машиностроительных объектов и математические методы ее устранения.
7. Математический аппарат множественного и частного корреляционного анализа в задачах оценки взаимного влияния эксплуатационных параметров технологических систем.
8. Матричная формулировка метода наименьших квадратов и вычислительные проблемы инверсии плохо обусловленных матриц нормальных уравнений.
9. Геометрическая интерпретация оценок метода наименьших квадратов и применение теоремы Гаусса - Маркова для подтверждения несмещенности эмпирических моделей.
10. Аналитические и численные методы линеаризации существенно нелинейных зависимостей при математическом описании реологических свойств сред.
11. Методология поэтапной статистической верификации полиномиальных моделей на основе t-критерия Стьюдента и алгоритмы автоматического отсека незначимых эффектов.
12. Физический и математический смысл дисперсии адекватности при проверке уравнений связи по F-критерию Фишера.
13. Анализ структуры остатков регрессии как инструмент верификации условий применимости классического метода наименьших квадратов в инженерных расчетах.
14. Расчет и графическая визуализация доверительных интервалов и полос неопределенности для прогнозируемых значений отклика регрессионных моделей.
15. Концепция оптимальности планов в теории DoE: сравнительный анализ d-оптимальных, g-оптимальных и ортогональных матриц планирования.
16. Математические преимущества ортогональных планов первого порядка при расчете некоррелированных коэффициентов линейных моделей машин.
17. Разрешающая способность дробных реплик и анализ определяющих контрастов при смешивании главных эффектов с многофакторными взаимодействиями.
18. Математическое обоснование композиционных планов второго порядка (ОЦКП и РЦКП) при аппроксимации существенно нелинейных пространств отклика.
19. Геометрическая структура и экономическая эффективность квазирототабельных планов Бокса - Бенкена в условиях жестких технологических ограничений.
20. Концепция суррогатного моделирования (Metamodeling) как инструмент снижения вычислительной емкости многовариантных прочностных и гидродинамических расчетов.
21. Математический аппарат кригинг-аппроксимации и радиально-базисных функций при редукции размерности многомерных массивов данных.
22. Методология автоматизированного построения и анализа контурных карт изолиний и трехмерных поверхностей отклика в задачах оптимизации конструкций.
23. Математическая постановка и численные методы решения задач многокритериальной компромиссной оптимизации машин на Парето-эффективных множествах.
24. Методология верификации и валидации расчетных моделей инструментальных систем на основе сопоставления результатов САЕ-анализа с данными натурных испытаний.

Комплексное сквозное самостоятельное практическое задание

Тема: «Автоматизированная обработка многомерных массивов данных и статистическая верификация математических моделей технологического оборудования»

Цель задания: Освоение практических навыков программирования расчетных алгоритмов, проведения многомерного корреляционно-регрессионного анализа, нелинейного планирования DoE и статистической валидации расчетных моделей в специализированном ПО.

Структура и этапы выполнения задания

Каждый магистрант выполняет работу индивидуально на основе выданного расчетного сценария (варианта). Работа состоит из 5 последовательных этапов, реализуемых в любой расчетной среде (MATLAB, Python/SciPy или Mathcad).

Этап 1. Импорт, фильтрация данных и первичный статистический аудит

1. Импортируйте числовой массив параллельных измерений вашего варианта в расчетную среду.
2. Напишите алгоритм сглаживания сигналов методом скользящего среднего для очистки данных от высокочастотных измерительных шумов.
3. Проведите автоматизированную проверку выборки на наличие грубых промахов по критерию Граббса для уровня значимости $\alpha = 0,05$. Исключите аномальные точки.
4. Проверьте однородность дисперсий воспроизводимости строк матрицы по критерию Кохрена.
5. **Результат этапа:** Графики исходного и сглаженного сигналов, очищенный массив данных и расчетные значения критериев.

Этап 2. Многомерный корреляционный анализ

1. Постройте матрицу парных коэффициентов линейной корреляции Пирсона между всеми исследуемыми факторами (X_1, X_2, X_3) и выходным откликом (Y).
2. Выполните проверку статистической значимости полученных коэффициентов корреляции с использованием t-критерия Стьюдента.
3. Оцените наличие или отсутствие эффекта мультиколлинеарности (взаимной связи между входными факторами $X\{i\}$).
4. **Результат этапа:** Корреляционная матрица проекта с цветовой картой (Heatmap) распределения тесноты связей.

Этап 3. Матричная реализация МНК и построение модели

1. Переведите натуральные значения факторов вашего варианта в кодированные координаты (-1; 0; +1).
2. Напишите программный код (скрипт), реализующий классический метод наименьших квадратов в матричной форме для получения вектора коэффициентов полинома второго порядка.
3. Рассчитайте доверительные интервалы для коэффициентов по критерию Стьюдента и автоматически удалите из уравнения статистически незначимые члены регрессии.
4. **Результат этапа:** Исходный код расчетного модуля и верифицированное нелинейное уравнение регрессии.

Этап 4. Проверка адекватности и визуализация поверхностей отклика

1. Рассчитайте дисперсию адекватности и проверьте полученную полиномиальную модель на адекватность по критерию Фишера (F-критерий).
2. На основе финального уравнения регрессии постройте трехмерную 3D-поверхность отклика и двухмерную 2D-контурную карту изолинейных зависимостей.
3. **Результат этапа:** Вывод об адекватности модели, трехмерные и двухмерные графические карты пространств данных.

Этап 5. Многокритериальная оптимизация и САЕ-валидация

1. Выполните компромиссную оптимизацию режима работы оборудования методами скаляризации (свертки критериев) для достижения экстремального значения отклика при заданных в варианте физических ограничениях.
2. Проведите сопоставление полученной эмпирической модели с эталонной конечно-элементной моделью (CAE), импортированной из базы данных варианта. Рассчитайте среднеквадратическую погрешность (RMSE) численной симуляции.
3. **Результат этапа:** Координаты оптимального режима работы машины, верификационный паспорт с оценкой погрешности САЕ-модели, оформленный пояснительный отчет.

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).

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

№	Содержание вопроса
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования	
1.	Математическая формализация инженерного исследования: принципы перевода вербальных целей в строгие критерии оптимизации.
2.	Концепция «черного ящика» в теории идентификации систем применительно к технологическому оборудованию.
3.	Классификация переменных исследуемого объекта: входные управляющие факторы, измеряемые отклики и неконтролируемые возмущения.
4.	Теория измерительных шкал: особенности применения номинальных, порядковых, интервальных шкал и шкал отношений в машиностроении.
5.	Понятие локального критерия эффективности: структура и свойства частных технико-экономических и энергетических критериев.
6.	Понятие интегрального критерия эффективности: методология объединения разнородных параметров машин в единую целевую функцию.
7.	Проблема многокритериальности в задачах проектирования и модернизации технологических машин и оборудования.
8.	Математическая структура векторного критерия эффективности и физический смысл противоречивости его локальных составляющих.
9.	Определение области допустимых решений и геометрическая интерпретация эффективного множества Парето.
10.	Аналитические методы нормирования разнородных критериев эффективности для приведения их к безразмерному виду.
11.	Метод линейной (аддитивной) свертки векторного критерия: математическое обоснование и область применимости.
12.	Метод мультипликативной свертки критериев эффективности: преимущества и ограничения при оптимизации систем.
13.	Максиминный (минимаксный) подход к свертке критериев в условиях жестких требований к надежности оборудования.
14.	Методы целевого программирования и уступок при нахождении компромиссного инженерного решения на множестве Парето.
15.	Математические методы экспертных оценок и ранжирования для выявления приоритетов при решении нестандартных задач.
16.	Метод анализа иерархий Т. Саати: процедура построения матриц парных сравнений и проверка их согласованности.
17.	Понятие о матрице чувствительности объекта управления: математический смысл и порядок ее формирования.
18.	Способы формализации системы ограничений, краевых значений и фазовых траекторий, определяющих область безопасной работы машин.
19.	Методы штрафных и барьерных функций для учета технологических ограничений при автоматизированном поиске оптимума.
20.	Критерии выбора между проведением натурного физического эксперимента и многовариантным компьютерным моделированием.
21.	Понятие об устойчивости (робастности) критериев оценки результатов исследования к погрешностям исходных данных.
22.	Математические методы ранжирования научно-технических задач по степени их влияния на интегральную эффективность производства.
23.	Принципы конструирования кастомных критериев для оценки качества сопряженных мультифизических процессов в машинах.
24.	Методология построения функционалов эффективности для оценки динамической устойчивости роторных систем.
25.	Критерии оценки прочностной надежности элементов конструкций при стохастическом характере эксплуатационных нагрузок.
26.	Энергетические критерии оценки эффективности рабочих органов машин при переработке дисперсных сред.

27.	Технико-экономические критерии оптимизации межремонтных интервалов и оценки остаточного ресурса оборудования.
28.	Понятие о весовых коэффициентах локальных критериев, методы их объективного и субъективного определения.
29.	Влияние мультиколлинеарности выходных параметров на достоверность формирования комплексного критерия оценки.
30.	Понятие о поверхности отклика как геометрическом отображении критерия эффективности в многомерном пространстве факторов.
31.	Особенности локализации экстремумов на поверхностях отклика сложной топологии (наличие ложных оптимумов, седловых точек).
32.	Анализ чувствительности целевой функции к изменению отдельных управляющих параметров технологической машины.
33.	Критерии оценки сходимости и точности итерационных вычислительных алгоритмов в задачах оптимизации конструкций.
34.	Применение методов теории графов для структурирования и выявления приоритетов в многокомпонентных системах машин.
35.	Математическое описание граничных условий и фазовых ограничений в задачах оптимального управления механизмами.
36.	Оценка адекватности критериев эффективности на основе анализа их коррелированности с реальными производственными показателями.
37.	Способы свертки критериев в условиях нечеткой исходной информации (применение элементов нечеткой логики).
38.	Методология верификации целевых функций перед их интеграцией в замкнутые автоматизированные циклы САПР.
39.	Критерии оценки патентной чистоты и мировой новизны технических решений как ограничительные факторы при оптимизации.
40.	Порядок представления и защиты разработанной системы критериев оценки результатов исследования на научно-технических советах.
ОПК-12 Способен разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	
41.	Сущность и математический аппарат однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) в инженерных исследованиях.
42.	Многофакторный дисперсионный анализ: процедура разложения общей дисперсии отклика на составляющие.
43.	Оценка степени влияния дискретных качественных и количественных факторов на выходные параметры машин по методу ANOVA.
44.	Проверка статистических гипотез об однородности дисперсий воспроизводимости по критериям Кохрена и Бартлетта.
45.	Теория парной корреляции: коэффициент линейной корреляции Пирсона, его свойства, статистическая значимость и доверительные интервалы.
46.	Методы оценки нелинейной стохастической связи: расчет и интерпретация корреляционного отношения.
47.	Множественный и частный корреляционный анализ для многомерных систем эксплуатационных параметров оборудования.
48.	Сущность мультиколлинеарности входных факторов, ее влияние на точность регрессионных моделей и методы устранения.
49.	Математическая природа регрессионного моделирования. Классический метод наименьших квадратов (МНК) в матричной форме.
50.	Теорема Гаусса - Маркова и геометрические свойства оценок МНК (свойства несмещенности и минимальной дисперсии).
51.	Порядок расчета коэффициентов линейных и полиномиальных уравнений регрессии на основе инверсии матриц нормальных уравнений.
52.	Проблема плохой обусловленности и жесткости матриц при обработке промышленных массивов данных и методы ее решения.
53.	Аналитические и программные методы линеаризации нелинейных зависимостей методом выравнивания данных.
54.	Оценка индивидуальной статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии по t-критерию Стьюдента.

55.	Понятие остаточной дисперсии и дисперсии адекватности, порядок определения числа степеней свободы для них.
56.	Проверка общей адекватности построенной математической модели по F-критерию Фишера.
57.	Анализ остатков регрессии (проверка условий независимости, гомоскедастичности и нормальности распределения погрешностей).
58.	Переход от пассивного статистического наблюдения к активному планированию эксперимента (DoE): основные принципы и преимущества.
59.	Полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 2^k : геометрическая интерпретация, выбор центра плана и интервалов варьирования.
60.	Математический смысл свойства ортогональности матриц планирования первого порядка и его влияние на независимость оценок коэффициентов.
61.	Дробный факторный эксперимент (ДФЭ): определение генерирующих соотношений, смешивание эффектов и разрешающая способность реплик.
62.	Планы Плакетта - Бермана и d-оптимальные планы для отсеивающих экспериментов при поиске доминирующих факторов.
63.	Ограничения линейных моделей при описании нелинейных процессов в машиностроении. Ортогональное центральное композиционное планирование (ОЦКП) второго порядка.
64.	Рототабельное центральное композиционное планирование (РЦКП) второго порядка: расчет величины звездного плеча (α).
65.	Квазирототабельные планы Бокса - Бенкена, их экономическая эффективность по числу опытов при жестких технологических ограничениях.
66.	Концепция суррогатного моделирования (Metamodeling) как инструмент снижения вычислительной емкости многовариантных расчетов.
67.	Математические основы кригинг-аппроксимации (Kriging) для редукции размерности многомерных пространств данных.
68.	Применение радиально-базисных функций (RBF) и нейросетевых структур для аппроксимации поверхностей отклика.
69.	Методология построения, анализа и графической визуализации контурных карт изолиний по уравнениям нелинейной регрессии.
70.	Численные методы поиска условного и безусловного экстремума на построенных эмпирических поверхностях отклика.
71.	Проблема сходимости и достоверности компьютерного моделирования механики сплошных сред (МКЭ/МКО) в САЕ-системах.
72.	Методология количественного сопоставления результатов численного моделирования со статистически очищенными массивами натурных измерений.
73.	Критерии сходимости сеточных моделей по силам, перемещениям и энергетическим нормам. Оценка среднеквадратической погрешности (RMSE).
74.	Автоматизация импорта, фильтрации и сглаживания сигналов с датчиков оборудования в специализированных расчетных средах (MATLAB, Python).
75.	Алгоритмы программирования МНК в матричной форме для автоматизации построения кастомных эмпирических моделей.
76.	Программные модули автоматического отсеечения статистически незначимых членов полинома и пересчета регрессионной матрицы.
77.	Архитектура сопряжения параметрических CAD-моделей с DoE-модулями инженерных расчетных комплексов.
78.	Структурирование и правила оформления результатов автоматизированной обработки данных в научно-технических отчетах по ГОСТ 7.32.
79.	Правила графического и табличного представления многомерных полей данных в рукописях статей для рецензируемых научных изданий.
80.	Порядок подготовки, рецензирования и публичной защиты верификационных паспортов расчетных схем перед инженерным сообществом.