

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.09.2025 10:05:04
Уникальный программный ключ:
c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образова-
ния «Поволжский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого совета

Высшей школы передовых производ-
ственных технологий

Протокол от 26.09.2025 г. № 1

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(фонд оценочных средств) для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине

«Планирование экспериментов и автоматизированная обработка экспериментальных дан-
ных»

наименование дисциплины

по образовательной программе высшего образования – программе

магистратуры

бакалавриата, специалитета,
магистратуры

«Инжиниринг технологических инноваций»

наименование образовательной программы

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

шифр, наименование направления подготовки / специальности

Составитель

Воловач В.И.,
директор, Высшая школа передовых производ-
ственных технологий, д.т.н., доцент

ФИО, должность, структурное подразделение,
ученая степень, ученое звание

Тольятти
2025

1. Паспорт фонда оценочных средств (далее – ФОС)

1.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикаторов достижения компетенции
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
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

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- 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 (технико-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.

- 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, Стюдента, 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.

уметь:

- 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 векторных критериев эффективности для нахождения компромиссного инженерного решения на множестве Парето.

- Синтезировать оригинальные методики эксперимента: проектировать 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.

владеть:

- 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.

- 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.

1.2. Содержание дисциплины

№	Тема (раздел дисциплины) (в соответствии с РПД)	Код компетенции
1	ТЕМА 1. Методологические основы идентификации технологических машин как объектов исследований.	ОПК-1; ОПК-12
2	ТЕМА 2. Многокритериальный анализ и компромиссная оптимизация на множестве Парето.	
3	ТЕМА 3. Статистический базис обработки данных: дисперсионный анализ.	
4	ТЕМА 4. Корреляционный анализ многомерных массивов данных.	
5	ТЕМА 5. Многомерный регрессионный анализ и метод наименьших квадратов.	
6	ТЕМА 6. Математическая верификация регрессионных моделей по критериям значимости и адекватности.	
7	ТЕМА 7. Математическая теория планирования эксперимента: планы первого порядка.	
8	ТЕМА 8. Композиционное планирование второго порядка для нелинейных систем.	
9	ТЕМА 9. Методы построения суррогатных моделей и аппроксимации поверхностей отклика.	
10	ТЕМА 10. Статистическая валидация и верификация сложных конечно-элементных расчетных схем	

1.3. Система оценивания по дисциплине

Дисциплина изучается в течение одного семестра.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Шкала оценки уровня сформированности компетенций		Шкала оценки уровня освоения дисциплины	
Уровневая шкала оценки компетенций	100 балльная шкала, %	100 балльная шкала, %	недифференцированная оценка
Допороговый	ниже 61	ниже 61	неудовлетворительно
Пороговый	61-85,9	61-69,9	удовлетворительно
		70-85,9	хорошо
Повышенный	86-100	86-100	отлично

2. Перечень оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в ходе текущего контроля успеваемости (в процессе проведения практических занятий, тестирования, опросов).

В ходе проведения экзамена осуществляется итоговый контроль и оценка результатов освоения компетенций.

Вопросы 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 симулирования механики сплошных сред (МКЭ/МКО) в CAE-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.