Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 03.11.2023 14:45:30
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Н. Лукьянов/
«16» февраля 2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента

Направление подготовки/специальность
15.03.03 Прикладная механика

Профиль/специализация
Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

Доцент, к.т.н.  /И.Н. Одинцев/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент  /А.А. Скворцов/

1. Цели освоения дисциплины.

Основная цель освоения курса «Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента» состоит в подготовке студентов к научно-технической, организационно-методической и практической деятельности, связанной с проведением экспериментальных работ в области исследования реальных механических характеристик объектов машиностроения, а также свойств конструкционных материалов.

Основные задачи изучения дисциплины:

– получение общих представлений о методологии экспериментальных исследований применительно к проблемам механики деформируемого твердого тела;

– получение знаний по физическим основам и конкретному техническому воплощению современных средств и методов исследования параметров напряженно-деформированного состояния объектов машиностроения;

– ознакомление с целями, способами и методами математической обработки исходных данных эксперимента и приобретение устойчивых навыков их практического использования для получения результатов, выраженных в терминах изучаемых величин;

– получение навыков поэтапного выполнения экспериментальных исследований (на конкретных примерах) и информативному представлению их результатов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента» относится к числу дисциплин вариативной части блока (Б1) основной образовательной программы бакалавриата. Данная дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими учебными курсами и практиками ООП:

– физика;

– линейная алгебра и дифференциальное исчисление;

– сопротивление материалов;

– электрические измерения физических величин;

– теория упругости;

– основы физики прочности и механики разрушения;

– программные комплексы инженерного анализа в механике;

– учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе, первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности;

– научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-5	Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью	**знать:** основные принципы и подходы к индивидуальной организации работ в соответствии с общими поставленными задачами и установленными планами их производства (то есть, знать принципы организационно-научной дисциплины); **уметь:** • эффективно приобретать недостающие исходные знания по предмету изучения и способам достижения целей исследований в доступных источниках, в том числе, в интернет-ресурсах; • самостоятельно намечать возможные конкретные частные приемы решения поставленной задачи, исходя из собственных полученных конкретных знаний и общих усвоенных представлений; • обоснованно отстаивать самостоятельно предлагаемые пути осуществления исследований в ходе рабочих дискуссионных обсуждений; **владеть:** методико-организационным инструментарием в плане обеспечения

		достижения общей цели исследования.
ОПК-9	Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	**знать:** • возможности, области наиболее эффективного применения и выходные параметры современных средств экспериментальных исследований по проблемам механики деформируемого твердого тела; • основные подходы и математические методы начального и расширенного анализа экспериментальных данных; • методический базис, обеспечивающий эффективное применение ЭВМ в анализе получаемой информации; **уметь:** • осуществлять обоснованный выбор методов экспериментального исследования механического поведения объектов с учетом требуемого уровня достоверности и точности получаемых результатов; • практически выполнять качественный и количественный – априорный и апостериорный – анализ экспериментальной информации; **владеть:** • устойчивыми представлениями относительно целей и выбора средств экспериментального анализа прочности машиностроительных конструкций; • общими навыками использования направленной механо-математической обработки результатов, получаемых с помощью стандартных средств измерений, допущенных в экспериментальной механике.

4. Общая структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, т.е. 216 академических часов (из них 111 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента» преподаются на третьем курсе обучения. В частности:

в **пятом** семестре выделяется 3 зачетные единицы, т.е., 108 академических часов, из них 54 часа – самостоятельная работа студентов;

в **шестом** семестре выделяется 3 зачетные единицы, т.е., 108 академических часов, из них 57 часов – самостоятельная работа студентов.

Пятый семестр: лекции – (в среднем) 2 часа в неделю (19 часов), лабораторные работы – (в среднем) 4 часа в неделю (26 часов), форма итогового контроля – Экзамен.

Шестой семестр: лекции – (в среднем) 2 часа в неделю (16 часов), лабораторные работы – (в среднем) 4 часа в неделю (26 часов), форма итогового контроля – Экзамен.

Конкретное представление структурных позиций дисциплины «Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента» по срокам и видам работы приводятся в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

Введение – предмет, цели и основные задачи дисциплины; структура и содержание курса, его место в учебном процессе и связь с другими дисциплинами. Многообразие задач в экспериментальной механике деформируемого твердого тела. Общая классификация испытаний (по виду напряженного состояния, по температурному режиму испытаний, по временному воздействию внешней нагрузки, по природе воздействия).

Раздел 1.

Базовые положения метрологии. Общие вопросы теории измерений. Структурные элементы измерений. Шкалы измерений. Общие представления о методах измерений. Метрологическая классификация средств измерений. Типы и виды измерительных преобразователей.

Основные этапы развития технической базы для измерений механических величин. Обзор современных методов и средств измерений перемещений, деформаций и напряжений в объектах исследования.

Механические средства измерений. Тензометр Гугенбергера. Оптомеханические и оптические тензометры. Тензометр Мартенса.

Струнный тензометр. Пневматические тензометры. Дифференциальный пневматический тензометр.

Электрические датчики перемещений и деформаций. Датчики сопротивления. Реохордные и реостатные преобразователи. Механотронный преобразователь. Тензорезисторные преобразователи: физический принцип (тензоэффект), типы и виды тензодатчиков. Конструктивно оформленные цепочки и розетки датчиков. Варианты мостовых схем включения отдельных тензодатчиков в электрические измерительные цепи. Определение компонент

тензора деформаций на поверхности деформируемого тела по данным тензорозеток. Использование тензометрии при выполнении натурных экспериментов. Принцип создания датчиков перемещений, усилий, моментов и давлений на основе тензорезисторных преобразователей.

Емкостные, индуктивные и трансформаторные датчики: физические принципы и варианты реализации.

Активные датчики: индукционные датчики скорости вращения, датчики давления на основе пьезоэффекта.

Оптоволоконные датчики. Классификация датчиков: по принципу кодирования измеряемой информации, по принципу действия, по локализации измеряемого параметра механического состояния объекта. Интерференционные оптоволоконные датчики механических величин. Датчики деформации на основе внутриволоконных Брэгговских решеток.

Рентгеновский метод измерения остаточных напряжений.

Метод хрупких покрытий: принцип и основные соотношения для расчета параметров напряженного состояния.

Методы квазиконтинуальных измерений полей перемещений и деформаций на поверхности деформируемых тел. Методы реперных точек и измерительных сеток. Методы муаровых полос. Интерференционно-оптические методы: фотоупругость, голографическая интерферометрия, спекл-интерферометрия. Метод корреляции цифровых изображений.

Раздел 2.

Задачи первичной и расширенной обработки результатов эксперимента.

Элементарная теория ошибок измерений. Абсолютная и относительная погрешность. Воспроизводимость результатов измерений. Приборные ошибки. Систематические ошибки. Грубые промахи. Случайные ошибки.

Базовые сведения из теории вероятностей и математической статистики. Случайные величины. Вероятность. Генеральная совокупность и выборка. Функция распределения случайной величины. Функция плотности распределения вероятностей. Параметры распределений и их свойства. Мода, медиана, математическое ожидание, дисперсия.

Нормальный закон распределения Гаусса и его параметры. Стандартное отклонение. Вариация. Квантили. Центрирование и нормирование случайных величин. Приведенная случайная величина. Функция Лапласа. Табулирование функции распределения вероятностей и функции плотности распределения. Работа со справочными таблицами. Правило «трех сигм».

Предварительная обработка экспериментальных данных. Вычисление оценок параметров эмпирических распределений случайной величины. Точечное выборочное оценивание. Состоятельность, несмещенность и

эффективность оценок. Вычисление оценок математического ожидания и дисперсии.

Интервальное оценивание параметров распределения случайной величины. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Оценивание математического ожидания при известной дисперсии. Построение доверительного интервала для математического ожидания при неизвестной дисперсии. Функция распределения Стьюдента. Интервальное оценивание дисперсии. Функция распределения Пирсона.

Понятие статистических гипотез. Общий подход к апостериорной проверке статистических гипотез. Нулевая и альтернативные гипотезы. Выбор критерия принятия гипотезы и расчет статистики для него. Уровень значимости. Возможные исходы при проверке гипотез: ошибки первого и второго рода.

Гипотезы о параметрах распределения случайной величины. Отсев грубых погрешностей (по критерию Смирнова). Сравнение рядов наблюдений. Сравнение двух дисперсий (по критерию Фишера). Проверка однородности нескольких дисперсий (по критерию Кочрена). Сравнение математического ожидания с заданной величиной (по критерию Стьюдента). Сравнение двух математических ожиданий (по критерию Стьюдента).

Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины. Критерий согласия. Предварительная оценка путем построения гистограмм распределений. Критерии Пирсона и Колмогорова – Смирнова. Способы преобразования эмпирических распределений к нормальному закону.

Расширенный анализ результатов экспериментов. Виды связей между рядами наблюдений.

Построение эмпирических зависимостей. Интерполирование экспериментальных точек (табличных функций). Полиномиальная интерполяция. Вычисление значений полинома (схема Горнера). Полиномы Лагранжа. Интерполирование периодических функций. Интерполирование кусочно-непрерывными функциями.

Регрессионный анализ. Идея метода наименьших квадратов. Линейная регрессия. Рабочая система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Регрессионная матрица. Преобразование к нормальному матричному уравнению. Методы решения СЛАУ (Гаусса, Холецкого и др.). Проверка адекватности модели. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Линейная множественная регрессия. Понятие и основные подходы к нелинейной регрессии. Способы линеаризации.

Методы численного дифференцирования табличных функций.

Методы численного интегрирования. Формулы прямоугольников и трапеций. Формула Симпсона.

Обработка данных эксперимента как обратная задача механики деформируемого твердого тела. Итерационный алгоритм оценки параметров механической модели объекта (явления) по исходным экспериментальным данным с применением методов численного моделирования (метода конечных элементов).

Методология планирования эксперимента. Цели, основные определения и понятия. Логические основы планирования. Требования к выходным факторам (откликам). Выбор основных факторов и их уровней. Факторное пространство. Кодирование факторов. Построение обобщенного выходного параметра.

Планирование первого порядка. Полный факторный эксперимент. Определение коэффициентов уравнения регрессии. Статистический анализ результатов. Дробный факторный эксперимент.

Планирование второго порядка. Оптимальные планы.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению и защита лабораторных работ в лабораториях университета;

– обсуждение и защита на семинарских занятиях рефератов по актуальным темам дисциплины и подготовленных по ним презентаций;

– обсуждение на периодически проводимых научных семинарах результатов курсового проекта по общей тематике дисциплины;

– проведение мастер-классов экспертов и ведущих специалистов по экспериментальным методам механики деформируемого твердого тела.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью и содержанием дисциплины «Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента», и в целом по дисциплине составляет 25 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций.

На пятом семестре:

– подготовка к выполнению лабораторных работ; представление и защита отчетов;

– реферат по общей тематике: «Методы и задачи экспериментального исследования характеристик механического состояния и поведения материалов и элементов конструкций» (индивидуально для каждого обучающегося);

– выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением по тематике подготовленных рефератов;

На шестом семестре:

– подготовка к выполнению лабораторных работ; представление и защита отчетов;

– выполнение и защита курсового проекта по общей тематике «Применение методов и средств экспериментальной механики для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций и свойств материалов»;

Образцы заданий для проведения текущего контроля, заданий курсовых проектов, контрольных вопросов и экзаменационных билетов приведены в Приложении 3.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-5	Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью

ОПК-9	Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе, их отдельные компоненты формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение студентами планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью				
знать: основные принципы и подходы к индивидуальной организации работ в соответствии с общими поставленными задачами и установленными планами их производства (то есть, знать принципы организационно-научной дисциплины)	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний по общим принципам самоорганизации при осуществлении научных и инженерных исследований применительно к экспериментальным работам.	Обучающийся демонстрирует ограниченный объем знаний по общим принципам самоорганизации при осуществлении научных и инженерных исследований применительно к экспериментальным работам. Допускаются значительные, но не критические ошибки; проявляется недостаточность знаний; по ряду показателей; обучающийся испытывает затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует вполне приемлемое соответствие знаний по общим принципам самоорганизации при осуществлении научных и инженерных исследований применительно к экспериментальным работам. Допускаются незначительные ошибки, неточности и затруднения в изложении материала.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний по общим принципам самоорганизации при осуществлении научных и инженерных исследований применительно к экспериментальным работам. Свободно оперирует приобретенными знаниями.

уметь: эффективно приобретать недостающие исходные знания по предмету изучения в доступных источниках; самостоятельно намечать возможные пути решения поставленной задачи; обоснованно отстаивать предлагаемые пути осуществления исследований в ходе рабочих дискуссионных обсуждений.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет самостоятельно приобретать требуемые знания по предмету, намечать и грамотно обосновывать пути решения задач.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умения самостоятельно приобретать требуемые знания по предмету, намечать и грамотно обосновывать пути решения поставленных задач. Допускаются значительные, но не критические ошибки; проявляется недостаточность умений по ряду показателей; обучающийся испытывает затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует вполне приемлемое умение самостоятельно приобретать требуемые знания по предмету, намечать и грамотно обосновывать пути решения задач. Умения освоены, но допускаются легко устранимые затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений самостоятельно приобретать требуемые знания по предмету, намечать и грамотно обосновывать пути решения задач. Свободно оперирует приобретенными умениями; применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методико-организационным инструментарием в плане обеспечения достижения общей цели исследования.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет представлениями о методах реализации стратегий научных исследований.	Обучающийся владеет методами реализации стратегий научных исследований в неполном объеме; испытывает затруднения в применении навыков в в новых ситуациях.	Обучающийся в приемлемом объеме владеет методами реализации стратегий научных исследований; навыки освоены, но допускаются затруднения при переходе к новым или нестандартным ситуациям.	Обучающийся в полном объеме владеет методами реализации стратегий научных исследований; свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование				
знать: возможности, области наиболее эффективного применения и выходные параметры современных средств опытных исследований по проблемам механики деформируемого твердого тела; основные подходы и математические методы начального и расширенного анализа	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие установленным требованиям знаний о входных и выходных параметрах методов экспериментальных исследований в области механики, методах первичной и расширенной обработки получаемых результатов, в частности, с применением ЭВМ.	Обучающийся демонстрирует лишь ограниченный объем знаний о входных и выходных параметрах методов экспериментальных исследований в области механики, методах первичной и расширенной обработки получаемых результатов, в частности, с применением ЭВМ. Допускаются существенные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей; обучающийся испытывает затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует приемлемое соответствие знаний о входных и выходных параметрах методов экспериментальных исследований в области механики, методах первичной и расширенной обработки получаемых результатов, в частности, с применением ЭВМ. Допускаются незначительные (легко устранимые) ошибки, неточности, затруднения при	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний о входных и выходных параметрах методов экспериментальных исследований в области механики, методах первичной и расширенной обработки получаемых результатов, в частности, с применением ЭВМ. Свободно и осознанно оперирует приобретенными знаниями.

получаемых данных; методический базис, обеспечивающий эффективное применение ЭВМ в анализе поступающей информации.			аналитических операциях.	
уметь: осуществлять обоснованный выбор методов исследования механического поведения объектов с учетом требуемого уровня достоверности и точности ожидаемых результатов; практически выполнять априорный и апостериорный анализ данных эксперимента.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет определять задачи и пути исследований, обоснованно производить выбор методов решения задач, выполнять математический анализ их результатов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений определять задачи и пути исследований, обоснованно производить выбор методов решения задач, выполнять математический анализ их результатов. Допускаются ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей; обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует вполне приемлемое умение определять задачи и пути исследований, обоснованно производить выбор методов решения задач, выполнять математический анализ результатов. Умения освоены, но допускаются незначительные – достаточно легко устранимые – ошибки, неточности, затруднения при вспомогательных (аналитических) операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений определять задачи и пути исследований, обоснованно производить выбор методов решения задач, выполнять математический анализ их результатов. Он свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: устойчивыми представлениями относительно целей и выбора средств опытного анализа механического поведения и прочности конструкций машиностроения; навыками использования целенаправленной механо-математической обработки результатов, получаемых с помощью стандартных и новых средств	Обучающийся не владеет или владеет в сугубо ограниченной мере представлениями о целях и выборе средств экспериментального анализа и математической обработки результатов, фактически не имеет навыков их практического применения.	Обучающийся в недостаточной мере владеет представлениями о целях и выборе средств экспериментального анализа и математической обработки результатов, имеет лишь ограниченные навыки их практического применения и испытывает немалые затруднения при применении полученных навыков в новых ситуациях.	Обучающийся приемлемо владеет представлениями о целях и выборе средств экспериментального анализа и математической обработки результатов, а также навыками их применения. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при вспомогательных операциях, переносе ситуаций в новые (не рассмотренные непосредственно в ходе обучения), нестандартные	Обучающийся в полном объеме владеет представлениями о целях и выборе средств экспериментального анализа и математической обработки результатов, имеет устойчивые навыки их практического применения. Свободно использует полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

измерений.			условия.	

6.1.3. Шкалы оценивания результатов аттестации и их описание. Форма итоговой аттестации: Экзамен

Аттестация обучающихся в форме экзамена проводится после шестого семестра по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных планом по данной дисциплине; при этом *учитываются* результаты текущего контроля успеваемости студента в течение семестра. Оценка степени достижения студентами планируемых результатов обучения проводится преподавателем, ведущим занятия, методом экспертной оценки. По результатам итоговой аттестации в форме экзамена выставляется оценки: «***отлично***», «***хорошо***», «***удовлетворительно***» или «***неудовлетворительно***».

К аттестации допускаются только студенты, осуществившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине, и прошедшие все установленные этапы промежуточного контроля, а именно: выполнившие все задания лабораторного практикума за полный курс и сдавшие соответствующие отчеты, отчитавшиеся по реферативным работам (выступившие с презентациями по рассмотренным темам), выполнившие курсовую работу и сдавшие итоговые отчеты по ней.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений и навыков, приведенным в таблицах показателей; уверенно оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками; применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Обучающийся демонстрирует приемлемое соответствие знаний о методах и средствах экспериментальной механики и методах математической обработки получаемых результатов, но допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе знаний и умений на новые, нестандартные

	ситуации, вполне устранимые при дальнейшем самостоятельном расширенном освоении дисциплины.
Удовлетворительно	Обучающийся демонстрирует неполное знание методов и средств экспериментальной механики и методов математической обработки получаемых результатов, проявляет недостаточность практических сведений по предмету, испытывает заметные затруднения при переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Неудовлетворительно	Студентом не выполнен один или более видов работ, предусмотренных учебным планом. Обучающийся демонстрирует сугубо ограниченное соответствие знаний, умений, навыков (или отсутствие таковых) в отношении приведенных в таблицах показателей; допускает критические ошибки; испытывает существенные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые, даже с незначительными изменениями, ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Третьяк, Л. Н. Основы теории и практики обработки экспериментальных данных: учебное пособие для вузов / Л. Н. Третьяк, А. Л. Воробьев ; под общей редакцией Л. Н. Третьяк. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 237 с.
URL: https://urait.ru/bcode/454093

б) дополнительная литература:

1. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 495 с. URL: https://urait.ru/bcode/446877

в) Электронные образовательные ресурсы:

Курс «Экспериментальные методы исследования прочности»
- https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=5611

Курс «Экспериментальные методы исследования прочности (модуль 2)»
- https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=9220

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах (интернет-адресах):

1. http://www.soprotmat.ru/Sopromatlaborat18.pdf – Сопротивление материалов. Экспериментальная механика.

2. http://rk5-lab.bmstu.ru/files/doc/lib/exp-mech-mgtu-normal.pdf – Экспериментальная механика / Под ред. Р.К. Вафина, О.С. Нарайкина.
3. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/100/u_lectures.pdf – Лямкин А. И., Михлин Ю. Л., Горев М. В., Флёров И. Н., Фокина В. Д. Экспериментальные методы исследований. Курс лекций.
4. http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/@eksperimental@mnaya_mehanika/teory/g1.htm – Основные направления экспериментальной механики машин.
5. http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/@eksperimental@mnaya_mehanika/teory/g2.htm – Методы и средства испытания материалов, деталей и конструкций.
6. http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/@eksperimental@mnaya_mehanika/teory/g3.htm – Методы исследования деформаций и напряжений.
7. http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/@Eksperimental@mnaya_mehanika/teory/g4.htm – Оптико-геометрические методы измерения деформаций и перемещений.
8. http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/@Eksperimental@mnaya_mehanika/teory/g5.htm – Поляризационно-оптические и интерферометрические методы исследования напряжений.
9. http://pstu.ru/files/file/adm/fakultety/metod_hrupkih_pokrytiy_metodicheskoe_posobie_.pdf – Сурков В.А. Исследование деформаций с помощью метода хрупких покрытий.
10. http://nanojournal.ifmo.ru/files/volume2/paper3.pdf – Методы цифровой голографической интерферометрии и их применение для измерения наноперемещений.
11. http://www.iftomm2015.tw/IFToMM2015CD/PDF/OS19-003.pdf – Chang C.Y., Chen L.C., Lee W.C., Ma C.C. Measuring Full-Field Deformation and Vibration Using Digital Image Correlation (Измерение полных полей перемещений и вибраций с помощью метода корреляции цифровых изображений.)
12. http://www.phys.nsu.ru/cherk/Metodizm_old.PDF – Князев Б.А., Черкасский В.С. Начала обработки экспериментальных данных. Электронный учебник и программа обработки данных для начинающих.
13. http://vega.phys.msu.ru/files/pract_11/error-mesur.pdf – Ефимова А.И., Зотеев А.В., Склянкин А.А. Общий физический практикум физического факультета МГУ. Погрешности эксперимента: Учебно-методическое пособие.
14. http://books.ifmo.ru/file/pdf/128.pdf – Походун А.И. Экспериментальные методы исследований. Погрешности и неопределенности измерений. Учебное пособие.

15. http://kvm.gubkin.ru/Stat2.pdf – Фастовец Н.О., Попов М.А. Математическая статистика. Учебное пособие.
16. http://www.resolventa.ru/data/metodstud/matstat.pdf – Самаров К. Л. Математика. Учебно-методическое пособие по разделу «Математическая статистика».
17. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/34780/1/978-5-7996-1456-0.pdf – Гребенникова И. В. Методы математической обработки экспериментальных данных Учебно-методическое пособие.
18. http://www.eltech.ru/assets/files/Faculty-FEL/Fisika/MethodExperiment.pdf – Морозов В. В., Соботковский Б. Е., Шейнман И. Л. Методы обработки результатов физического эксперимента.
19. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/39965/1/978-5-9904848-4-9_2015.pdf – Спирин Н.А., Лавров В.В., Зайнуллин Л.А., Бондин А.Р., Бурыкин А.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента.
20. http://window.edu.ru/resource/438/18438/files/Mtdukm8.pdf – Хамханов К.М. Основы планирования эксперимента. Методическое пособие.
21. http://www.matburo.ru/ms_spr.php – Свод формул, таблиц и подборка специальной литературы по математической статистике.
22. http://matmsuee.narod.ru/tables/ms.pdf – Таблицы основных функций математической статистики.
23. http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/10714/2013194.pdf ?sequence=1 – Ким И.Г., Латыпова Н.В., Моторина О.Л. Численные методы.
24. http://ikfia.ysn.ru/images/doc/chislovie_metody/BerezinZhidkov_t1_1962ru.pdf – Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т.1.
25. https://mipt.ru/education/chair/computational_mathematics/study/materials/compmath/other/Aristova_Zavyalova_Lobanov_2014.pdf – Аристова Е. Н., Завьялова Н. А., Лобанов А. И. Практические занятия по вычислительной математике. Часть 1.
26. http://lectoriy.mipt.ru/course/Maths-NumericalAnalysis-14L#lectures – Вычислительная математика. Курс видеолекций.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория для проведения лекционных и практических занятий: столы, стулья или столы учебные со скамьями; аудиторная доска; рабочее место преподавателя: стол, стул.

Специализированная лаборатория кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» (Н209а, Н211а) оснащенная:

1. Учебная испытательная машина МИ-40КУ
2. Лабораторный комплекс ЛКСМ-1К
3. Универсальный учебный комплекс по сопротивлению материалов СМ-1
4. Универсальный комплекс для проведения лабораторных работ СМ-2
5. Маятниковый копер МК-300
6. Машина для испытаний на усталость,
7. Комплекс для проведения лабораторных работ по курсу «устойчивость механических систем»
8. Комплекс для демонстрации механических и демпфирующих свойств пластичных материалов
9. Устройство для наглядной демонстрации ползучести материалов WP600

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
5. Использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины. Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

10.Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать,

только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме письменного экзамена с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель

принимающий зачет или экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента» по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» (бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
1	**Раздел 1.** (пятый семестр)														
1.1	*Лекционное занятие (вводное)*: Предмет, цели и основные задачи дисциплины. Многообразие и общая классификация задач экспериментальной механики деформируемого твердого тела. Общие вопросы теории измерений. Метрологическая классификация методов и средств измерений. Типы и виды измерительных преобразователей. Приборы, экспериментально-исследовательские установки и информационно-измерительные системы. Основные этапы развития технической базы для измерений механических величин: краткий обзор принципов, методов и	5	1	2								+			

	средств измерений перемещений, деформаций и напряжений в объектах исследования. **Выдача тем рефератов.**														
1.2	*Лекционное занятие:* Механические средства измерений механических величин. Тензометр Гугенбергера. Кернерный тензометр. Индикаторы часового типа. Оптомеханические и оптические тензометры. Тензометр Мартенса. Струнный тензометр. Пневматические тензометры. *Лабораторная работа:* Тензометры. Экспериментальная проверка базовых положений сопромата (с использованием механических датчиков перемещений).	5	2	2		4	3					+			
1.3	*Лекционное занятие:* Общая характеристика класса электрических датчиков для измерения механических величин. Подкласс датчиков сопротивления. Реохордные и реостатные преобразователи. Механотронный преобразователь. Тензорезисторные преобразователи: физический принцип (тензоэффект). Типы и виды тензодатчиков. Температурная компенсация. Варианты мостовых схем (мост Уитстона) включения тензодатчиков в измерительные электрические цепи. *Семинарское занятие:*	5	3	2			1					+			

	Вывод общих зависимостей для определения полного набора параметров деформированного состояния с помощью розеток тензорезисторов различного вида.														
1.4	*Семинарское занятие:* Приобретение практических навыков расчета коэффициентов чувствительности при разработке конструкций датчиков перемещений, усилий, моментов и давлений на основе тензорезисторов. *Лекционное занятие:* Емкостные, индуктивные, трансформаторные и индукционные датчики: физические принципы, входные (измеряемые) величины, варианты реализации. Пьезоэлектрические датчики давления.	5	4	2			1					+			
1.5	*Лабораторная работа*: Тензометрическое исследование деформированного состояния цилиндрической оболочки при различных видах внешней нагруженности.	5	5			4	4					+			
1.6	*Лекционное занятие:* Оптоволоконные датчики. Общий физический принцип (основные понятия об оптоволокне). Классификация датчиков: по способу кодирования измеряемой информации, по принципу действия, по локализации измеряемого параметра. Примеры технической реализации различных принципов измерений механических величин средствами волоконной оптики.	5	6	2			2					+			

	Датчики деформации на основе внутриволоконных Брэгговских решеток. *Семинарское занятие:* Расчет коэффициентов чувствительности типичных интерференционных оптоволоконных датчиков механических величин (на базе интерферометров Фабри-Перо и Майкельсона).														
1.7	*Лекционное занятие:* Общие представления о рентгеновском методе определения остаточных напряжений в объектах исследования: физический базис измерений, закон Вульфа – Брэгга. *Семинарское занятие:* Вывод базовых соотношений для обработки первичной информации, получаемой с помощью рентгеновского дифрактометра, в терминах механических напряжений (формула Глокера-Хесса-Шаабера и ее последующая интерпретация).	5	7	2			2					+			
1.8	*Лабораторная работа:* Ознакомление с современным оборудованием и методами рентгеновской дифрактометрии (на базе специальной лаборатории ИМАШ РАН); демонстрация практического решения специфических задач экспериментальной механики и материаловедения.	5	8			5	4					+			
1.9	*Семинарское занятие:* Ознакомление с физико-механическим принципом метода хрупких покрытий и вывод основополагающих соотношений	5	9			4	4					+			

	для оценки параметров напряженного состояния объекта. *Лабораторная работа:* Тарировка (градуировка) тензочувствительного покрытия.														
1.10	*Семинарское занятие:* Получение общих представлений (*на показательных практических примерах*) о возможностях, целесообразности и, в ряде случаев, безальтернотивности применения методов квазиконтинуальных измерений полей перемещений и деформаций. Приобретение навыков работы с применением методов реперных точек и измерительных сеток.	5	10				3					+			
1.11	*Лекционное занятие:* Методы муаровых полос: физический принцип и основные характеристики. Экспериментальные схемы и базовые соотношения. Измерение распределений тангенциальных и нормальных перемещений и деформаций. *Семинарское занятие:* Получение практических навыков интерпретации картин муаровых полос при исследовании деформированного состояния тел.	5	11	2			3					+			
1.12	*Лекционное занятие:* Поляризационно-оптический метод определения параметров напряженного состояния в плоских образцах из фотоупругого материала. Физический принцип. Работа с применением плоского	5	12	2			3					+			

	(линейного) полярископа. Полосы и изоклины. Закон Вертгейма. Метод разделения переменных с использованием соотношений теории упругости. Объемная фотоупругость – метод «замораживания» (в рамках качественных представлений). *Семинарское занятие:* Получение базовой формулы для кругового полярископа.														
1.13	*Семинарское занятие:* Область применения метода оптически-чувствительных покрытий и вывод основных зависимостей для интерпретации первичных данных. *Лабораторная работа:* Тарировка оптически-чувствительного материала.	5	13			4	4					+			
1.14	*Лекционное занятие:* Методы когерентной оптики: голографическая и спекл-интерферометрия. Методы двух экспозиций, реального времени и усреднения по времени. Возможности применения компьютерно-цифровых технологий для автоматизации эксперимента (цифровые голография и спекл-интерферометрия).	5	14	2			3					+			
1.15	*Лабораторная работа:* Голографическая интерферометрия – общие подходы и методы.	5	15			5	4					+			
1.16	*Лабораторная работа*: Электронная корреляционная спекл-	5	16			5	4					+			

	интерферометрия – общие подходы и методы.														
1.17	*Лекционное занятие:* Метод корреляции цифровых изображений: принцип действия, реализация в измерительных системах VIC (2D и 3D). *Лабораторная работа:* Метод корреляции цифровых изображений – анализ зон концентрации деформаций.	5	17	1		4	4					+			
1.18	*Семинарское занятие:* Заслушивание и обсуждение презентаций по подготовленным рефератам.		18				5					+			
	Форма аттестации	5										Реферат		+	
	Всего часов по дисциплине в пятом семестре			19		35	54								
2	**Раздел 2.** (шестой семестр)														
2.1	*Лекционное занятие:* Элементарная теория и классификация ошибок измерений. Случайные ошибки. Базовые сведения из теории вероятностей и математической статистики. Функции распределения и плотности распределения случайной величины. Типичные виды функции распределений случайной величины. Их параметры и свойства. Нормальный закон распределения Гаусса. Табулирование функции Лапласа и функции плотности нормального распределения. Квантили функций распределения. Таблицы.	6	1	3			2			+					

	Вычисление параметров эмпирических распределений случайной величины. Точечное выборочное оценивание. Состоятельность, несмещенность и эффективность оценок. Вычисление оценок математического ожидания и дисперсии. ***<u>Выдача заданий на курсовой проект.</u>***														
2.2	*<u>Лекционное занятие:</u>* Интервальное оценивание параметров распределения случайной величины. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Оценивание математического ожидания при известной дисперсии. Построение доверительного интервала для математического ожидания при неизвестной дисперсии. Функция распределения Стьюдента. Интервальное оценивание дисперсии. Функция распределения Пирсона. *<u>Лабораторная работа:</u>* Прямые и косвенные измерения: апостериорная оценка погрешностей по экспериментальным выборкам данных.	6	2	3		2	3			+					
2.3	*<u>Лекционное занятие:</u>* Проверка статистических гипотез: общие понятия и подходы. Гипотезы о параметрах распределения случайной величины. Отсев грубых погрешностей (по критерию Смирнова). Сравнение рядов наблюдений. Сравнение двух дисперсий (по критерию Фишера). Проверка однородности нескольких дисперсий (по критерию Кочрена).	6	3	2			2			+					

	Сравнение математического ожидания с заданной величиной (по критерию Стьюдента). Сравнение двух математических ожиданий (по критерию Стьюдента).														
2.4	*Лекционное занятие:* Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины. Критерий согласия. Предварительная оценка путем построения гистограмм распределений. Критерии Пирсона и Колмогорова – Смирнова. Общие понятия о нелинейном методе наименьших квадратов. Способы преобразования эмпирических распределений к нормальному закону.	6	4	2			2			+					
2.5	*Лекционное занятие:* Построение эмпирических зависимостей. Интерполирование экспериментальных точек (табличных функций). Полиномиальная интерполяция. Вычисление значений полинома по схеме Горнера. Полиномы Лагранжа. Сплайн-функции: алгоритмы построения. Идея метода наименьших квадратов. Линейная регрессия. Рабочая система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ. Понятие и основные подходы к нелинейной регрессии. Способы линеаризации.	6	5	2			2			+					
2.6	*Лекционное занятие:* Основные методы и приемы численного дифференцирования табличных функций. Методы численного интегрирования.	6	6	2		2	3			+					

	Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. *Лабораторная работа:* Статистическая обработка данных при измерениях твердости в заготовительных прокатных изделиях (на основе имитационного моделирования экспериментов).														
2.7	*Лекционное занятие:* Методология планирования эксперимента: цели, основные определения и понятия. Логические основы планирования. Планирование первого порядка. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Планирование второго порядка. Оптимальные планы: алгоритмические подходы.	6	7	2			2			+					
2.8	*Лабораторная работа:* Построение планов экспериментов при изучении поведения механических объектов в сложных условиях эксплуатации (на основе имитационного моделирования экспериментов).	6	8			2	4			+					
2.9	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение полного набора параметров упругости анизотропных конструкционных материалов (композитов). Часть 1: подготовка и проведение экспериментов.	6	9			2	4			+					
2.10	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение полного набора параметров упругости	6	10			2	4			+					

	анизотропных конструкционных материалов (композитов). Часть 2: обработка результатов, составление и защита отчета.														
2.11	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение основных виброхарактеристик механических объектов (собственных частот и форм колебаний, декремента колебаний). Часть 1: подготовка и проведение экспериментов.	6	11			2	4			+					
2.12	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение основных виброхарактеристик механических объектов (собственных частот и форм колебаний, декремента колебаний). Часть 2: обработка результатов, составление и защита отчета.	6	12			4	4			+					
2.13	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение остаточных напряжений в исходных материалах и элементах конструкций методом сверления отверстий-индикаторов. Часть 1: подготовка и проведение экспериментов.	6	13			4	4			+					
2.14	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение остаточных напряжений в исходных материалах и элементах конструкций методом сверления отверстий-индикаторов. Часть 2: обработка результатов, составление и защита отчета.	6	14			3	4			+					
2.15	*Лабораторная работа:*	6	15			4	4			+					

	Экспериментально-расчетное определение параметров напряженного состояния в окрестности трещиноподобного дефекта (в терминах механики разрушения). Часть 1: подготовка и проведение экспериментов.														
2.16	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение параметров напряженного состояния в окрестности трещиноподобного дефекта (в терминах механики разрушения). Часть 2: обработка результатов, составление и защита отчета.		16			4	4			+					
2.17	*Лабораторная работа:* Испытание образцов с концентраторами напряжений с анализом деформированного состояния методом КЦИ (на разрывной испытательной машине).	6	17			4	5			+					
	Форма аттестации	6								КП				+	
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			**16**		**35**	**57**								
	Всего часов по дисциплине в пятом и шестом семестрах			**35**	**18**	**52**	**111**			**+**		**+**		++	

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки:

15.03.03 «Прикладная механика»

Профиль: Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности

Форма обучения: **очная**

Кафедра: **Динамика, прочность машин и сопротивление материалов**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента»

Составитель:

доцент, к.т.н. И.Н. Одинцев

Москва, 2023 год

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

«Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента»

15.03.03 «Прикладная механика»

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **компетенции**:

КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-5	Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью	**знать:** основные принципы и подходы к индивидуальной организации работ в соответствии с общими поставленными задачами и установленными планами их производства (то есть, знать принципы организационно-научной дисциплины); **уметь:** • эффективно приобретать недостающие исходные знания по предмету изучения и способам достижения целей исследований в доступных источниках, в том числе, в интернет-ресурсах; • самостоятельно намечать возможные конкретные частные приемы решения поставленной задачи, исходя из собственных полученных	самостоятельная работа, семинарские занятия, лабораторные работы	П, Р, ДС Э	**Базовый уровень** Обучающийся способен самостоятельно приобретать недостающие знания и намечать возможные частные пути решения конкретно поставленной задачи в рамках установленного плана. **Повышенный уровень** Обучающийся способен самостоятельно не только приобретать недостающие знания и намечать возможные частные пути решения конкретно поставленной задачи в рамках установленного плана, но и на основе углубленного анализа доступной информации выдвигать и отстаивать собственные предложения по достижению общей цели экспериментальных исследований.

		конкретных знаний и общих усвоенных представлений; • обоснованно отстаивать самостоятельно предлагаемые пути осуществления исследований в ходе рабочих дискуссионных обсуждений; **владеть:** методико-организационным инструментарием в плане обеспечения достижения общей цели исследования.			
ОПК-9	Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	**знать:** • возможности, области наиболее эффективного применения и выходные параметры современных средств экспериментальных исследований по проблемам механики деформируемого твердого тела; • основные подходы и математические методы начального и расширенного анализа экспериментальных данных; • методический базис, обеспечивающий эффективное применение ЭВМ в анализе получаемой информации; **уметь:**	лекции, самостоятельная работа, семинарские занятия, лабораторные работы.	П, Р, ДС Э	**Базовый уровень** Обучающийся способен обоснованно выбрать экспериментальный метод исследования механических характеристик материалов и элементов конструкций машин, а также способы обработки данных из перечня рассмотренных непосредственно в ходе освоения дисциплины. **Повышенный уровень** Обучающийся способен обоснованно выбрать экспериментальный метод или, при необходимости, комплекс методов исследования механических характеристик материалов и элементов конструкций машин, а также способы расширенной обработки данных как из перечня рассмотренных непосредственно в ходе освоения дисциплины, так и на основании более широких представлений, в том числе, получаемых в результате самостоятельной работы. .

		• осуществлять обоснованный выбор методов экспериментального исследования механического поведения объектов с учетом требуемого уровня достоверности и точности получаемых результатов; • практически выполнять качественный и количественный – априорный и апостериорный – анализ экспериментальной информации; **владеть:** • устойчивыми представлениями относительно целей и выбора средств экспериментального анализа прочности машиностроительных конструкций; • общими навыками использования направленной механо-математической обработки результатов, получаемых с помощью стандартных средств измерений, допущенных в экспериментальной механике.			

Перечень оценочных средств по дисциплине

«Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Реферат (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные подходы и даёт им собственную оценку.	Темы рефератов
2	Доклад, сообщение (ДС)	Результат самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по изученной им научной теме	Темы докладов
3	Проект (П)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Темы индивидуальных (курсовых) проектов
4	Экзамен (Экз)	Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно»	Примеры экзаменационных билетов

Приложение 3

Пример экзаменационных билетов (ОК-7, ОПК-5, ПК-2)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента
Направление 15.03.03 Прикладная механика
Курс 3, семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4.

1. Механические датчики перемещений и деформаций?
2. Метод оптически-чувствительных покрытий.

Утверждено на заседании кафедры «___» сентября 202__ г., протокол № ___

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

Перечень вопросов к экзамену (5 семестр)

Вопросы к экзамену
Метрологическая классификация методов измерений. Типы и виды средств измерений.
Механические датчики перемещений и деформаций
Оптические и оптомеханические датчики перемещений и деформаций
Струнный тензометр: принцип действия и применение
Пневматический тензометр: принцип действия и варианты реализации
Реохордные и реостатные датчики перемещений: принцип действия и варианты реализации
Резистивная тензометрия: тензоэффект, виды и типы тензодатчиков
Резистивная тензометрия: способы подключения датчиков в измерительную цепь моста Уитстона
Резистивная тензометрия: получение и обработка результатов для общего случая напряженно-деформированного состояния
Емкостные датчики: физический принцип и реализация
Индуктивные датчики: физический принцип и реализация
Трансформаторные датчики: физический принцип и реализация
Индукционные датчики скорости вращения: физический принцип и реализация

Волоконно-оптические датчики: принцип и общая классификация. Датчики на основе Брэгговских решеток
Метод хрупких покрытий
Рентгеновский метод измерения остаточных напряжений
Методы муаровых полос: получение и обработка результатов для случая плоской деформации
Методы муаровых полос: получение и обработка результатов для случая деформации изгиба
Методы фотоупругости: плоский полярископ, получение и обработка результатов
Разделение переменных в методе фотоупругости (использование теоретических соотношений).
Объемная фотоупругость – метод «замораживания»
Метод оптически-чувствительных покрытий
Основные методы голографической интерферометрии
Основные методы спекл-интерферометрии.
Метод корреляции цифровых изображений: принцип получения и обработки результатов

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Методология анализа результатов инженерного и научного эксперимента
Направление 15.03.03 Прикладная механика
Курс 3, семестр 6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5.

1. Пневматический тензометр: принцип действия и варианты реализации.
2. Метод хрупких покрытий.

Утверждено на заседании кафедры «___» сентября 202__ г., протокол № ___

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

Перечень вопросов к экзамену (6 семестр)

Вопросы к экзамену
1. Основные понятия и характеристики в элементарной теории ошибок измерений.
Функции распределения случайной величины и плотности распределения, их параметры и основные свойства. Нормальный закон распределения Гаусса
Точечное выборочное оценивание математического ожидания и дисперсии.
Интервальное оценивание параметров распределения случайной величины. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Оценивание математического ожидания.
Интервальное оценивание параметров распределения случайной величины. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Оценивание дисперсии.
Проверка статистических гипотез. Отсев грубых погрешностей (по критерию Смирнова)
Проверка статистических гипотез. Сравнение двух дисперсий (по критерию Фишера)
Проверка статистических гипотез. Проверка однородности нескольких дисперсий (по критерию Кочрена)
Проверка статистических гипотез. Сравнение математического ожидания с заданной величиной (по критерию Стьюдента).
Проверка статистических гипотез. Сравнение двух математических ожиданий (по критерию Стьюдента).
Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины. Построение гистограммы распределения случайной величины
Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины по критерию Пирсона
Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины по критерию Колмогорова – Смирнова
Полиномиальная интерполяция. Вычисление значений полинома по схеме Горнера

Полиномиальная интерполяция. Полиномы Лагранжа
Понятия о сплайн-интерполяции. Алгоритмы
Методы численного дифференцирования табличных функций
Методы численного интегрирования: формулы прямоугольников и трапеций
Методы численного интегрирования: формула Симпсона.
Регрессионный анализ. Линейный метод наименьших квадратов
Нелинейный метод наименьших квадратов. Способы линеаризации
Решение СЛАУ в методе наименьших квадратов с помощью алгоритма Гаусса
Обработка данных эксперимента как обратная задача механики деформируемого твердого тела: основные понятия и примеры
Методология планирования эксперимента. Планирование первого порядка: понятия о полном и дробном факторном эксперименте
Методология планирования эксперимента. Планирование второго порядка.

Примерные темы рефератов с последующим докладом (сообщением)
по общей тематике «Методы и задачи экспериментального исследования характеристик механического состояния и поведения материалов и элементов конструкций»
(пятый семестр)

1. Методы испытаний материалов в расширенном диапазоне температур.
2. Методы экспериментального определения коэффициентов интенсивности напряжений.
3. Акустические методы исследования остаточных напряжений.
4. Мониторинг механического состояния композитных конструкций с использованием интегрированных волоконно-оптических датчиков деформации.
5. Принципы интегральной фотоупругости.
6. Рентгеновский метод исследования остаточных напряжений
7. Решение контактных задач с использованием метода голографической интерферометрии.
8. Датчики перемещений.
9. Датчики ускорения, применяемые при виброиспытаниях.

10. Датчики скорости, применяемые при виброиспытаниях.

11. Практическое применение экспериментальных методов анализа напряженно-деформированного состояния в элементах машиностроительных конструкций: по материалам текущих публикаций в научно-технических изданиях.

12. Емкостные, индуктивные и трансформаторные датчики: физические принципы и варианты реализации.

13. Методы квазиконтинуальных измерений полей перемещений и деформаций на поверхности деформируемых тел.

14. Структурные элементы физического эксперимента.

15. Принципы создания и современные реализации эталонов физических величин

Примерные темы курсовых проектов

по общей тематике «Применение методов и средств экспериментальной механики для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций и свойств материалов»

(**шестой семестр**)

1. Расчет характеристик механической податливости элемента конструкции (указывается конкретный объект) по данным тензометрических измерений.
2. Практическая тарировка партии тензорезисторов (определение тензочувствительности).
3. Экспериментальное определение коэффициента концентрации деформаций в зоне локальной геометрической особенности (указывается конкретный объект изучения).
4. Экспериментальное определение эффективной изгибной жесткости перфорированных пластин.
5. Определение декремента колебаний механической системы (указывается конкретный объект изучения).
6. Определение резонансных частот и форм колебаний элементов конструкций (указывается конкретный объект изучения) с применением методов когерентно-оптической виброметрии.
7. Обнаружение и идентификация скрытых конструктивных дефектов в объектах класса пластин и оболочек (указывается конкретный объект).

8. Определение упругих свойств материалов при изгибе (модуля Юнга и коэффициента Пуассона) по данным оптических измерений.
9. Построение диаграмм микропластического деформирования конструкционных материалов по данным испытаний образцов с применением бесконтактных методов визуализации полей перемещений.
10. Построение диаграмм микроползучести конструкционных материалов (при комнатной температуре) по данным испытаний образцов с применением бесконтактных методов визуализации полей перемещений.
11. Исследование больших пластических формоизменений объектов (указывается конкретный объект изучения) методами когерентно-оптической топографии.
12. Исследование реологических свойств полимерных материалов.

Примерные темы докладов (сообщений)

1. Типичные законы распределения случайных величин и их числовые характеристики.
2. Применение сплайн-функций в задачах интерполирования дискретных (табличных) данных.
3. Взвешенный метод наименьших квадратов: основные соотношения и область применения.
4. Основные положения факторного анализа.
5. Обработка данных эксперимента в аспекте номинальной формы отклика объекта.
6. Обработка данных эксперимента как обратная задача механики деформируемого твердого тела
7. Номография и ее возможности.
8. Методы повышения точности измерений.
9. Метод регуляризации Тихонова – постановка задачи и общие положения.
10. Методы обработки результатов исследования процессов (анализ временных рядов).
11. Численно-экспериментальные методы анализа напряженно-деформированного состояния в элементах машиностроительных конструкций (новые подходы): *по материалам текущих публикаций в научно-технических изданиях*.
12. Методы численного дифференцирования табличных функций
13. Регрессионный анализ

14. Методология планирования эксперимента
15. Понятие и основные подходы к нелинейной регрессии