Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 20.06.2026 13:07:21
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.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026г.

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, 2026 г.

Разработчик(и):
Доцент, к.т.н. /И.Н. Одинцев/

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

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
   - 3.3. Содержание дисциплины 8
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 11
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы 11
   - 4.2. Основная литература 11
   - 4.3. Дополнительная литература 11
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы 11
5. Материально-техническое обеспечение 11
6. Методические рекомендации 11
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 11
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 12
7. Фонд оценочных средств 13
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 13
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
   - 7.3. Оценочные средства 15

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель дисциплины

– подготовка 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.

Задачи 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

Обучение по дисциплине «Методология анализа результатов инженерного и научного экспериментов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК – 9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ИОПК-9.1 Внедряем и осваивает новое технологическое оборудование

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Изучение дисциплины основано на знаниях и умениях, полученных при изучении следующих дисциплин:

- Физика
- Линейная алгебра
- Математический анализ
- Основы механики
- Сопротивление материалов

Знания и умения, полученные на дисциплине необходимы для изучения следующих дисциплин:

- Аналитическая динамика и теория колебаний
- Строительная механика машин
- Разработка инженерного программного обеспечения

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			6	7
1	**Аудиторные занятия**	**108**	54	54
	В том числе:			
	Лекции	18	18	-
	Семинарские/практические занятия	-	-	-
	Лабораторные занятия	90	36	54
2	**Самостоятельная работа**	**108**	54	126
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Экзамен**	Зачет	Экзамен
	Итого	**288**	108	188

3.2 Тематический план изучения дисциплины

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.** (шестой 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	6	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).	6	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:*	6	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.	6	4	2			1					+			
1.5	*Лабораторная работа*: Тензометрическое исследование деформированного состояния цилиндрической оболочки при различных видах внешней нагруженности.	6	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.	6	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).	6	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.	6	8			5	4					+			
1.9	*Семинарское занятие:* Ознакомление с физико-механическим принципом метода хрупких покрытий и	6	9			4	4					+			

	вывод основополагающих соотношений 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.	6	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.	6	11	2			3					+			
1.12	*Лекционное занятие:* Поляризационно-оптический метод определения параметров напряженного состояния в плоских образцах из фотоупругого материала. Физический	6	12	2			3					+			

	принцип. Работа с применением плоского (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.	6	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).	6	14	1			3					+			
1.15	*Лабораторная работа:* Голографическая интерферометрия –общие подходы и методы.	6	15			5	4					+			

1.16	Электронная *Лабораторная работа*: спекл-интерферометрия – общие подходы и методы.	6	16			5	4					+			
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.	6	17	1		5	4					+			
1.18	*Семинарское занятие:* Заслушивание и обсуждение презентаций по подготовленным рефератам.		18				5					+			
	Форма аттестации	6										Реферат		+	
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			18		36	54								
2	**Раздел 2.** (седьмой семестр)														
2.1	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	7	1			4	4			+					

	дисперсий (по критерию Кочрена). Сравнение математических ожиданий (по критерию Стьюдента). Сравнение двух математических ожиданий (по критерию Стьюдента).						
	распределения. Таблицы. Вычисление параметров эмпирических распределений случайной величины. Точечное оценивание. Состоятельность, несмещенность, эффективность оценок. Вычисление оценок математического ожидания и дисперсии случайной величины.						
	Проверка гипотезы о виде функции распределения случайной величины. ***Выдача заданий на курсовой проект.***			2			
2.4	Критерии согласия. Предварительная оценка путем построения гистограммы. Критерии Пирсона и Колмогорова – Смирнова. Способы преобразования эмпирических распределений к нормальному закону.	6	4			4	+
2.2	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: систематические погрешности. Экспериментальные данные.	6	2		4	3	+
2.5	Построение эмпирических зависимостей. Интерполирование экспериментальных (табличных функций). Полиномиальная интерполяция. Вычисление значений полинома по схеме Горнера. Полиномы Лагранжа. Сплайн-функции: алгоритмы построения. Идея метода наименьших квадратов.	6	5	4		4	+
	Линейная регрессия. Рабочая система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ. Понятие и основные подходы к нелинейной регрессии. Способы линеаризации.			4			
2.3	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).	6	3			3	+
2.6	Основные методы (например, Ньютона). Дифференцирование табличных функций. Проверка однородности нескольких	6	6		2	9	+

	Методы численного интегрирования. 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	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	9			+					
2.8	*Лабораторная работа:* Построение планов экспериментов при изучении поведения механических объектов в сложных условиях эксплуатации (на основе имитационного моделирования экспериментов).	6	8			2	9			+					
2.9	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение полного набора параметров упругости анизотропных конструкционных материалов (композитов). Часть 1: подготовка и проведение экспериментов.	6	9			2	9			+					
2.10	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение	6	10			2	9			+					

	полного набора параметров упругости 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	9			+					
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	9			+					
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	9			+					
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			4	9			+					

2.15	*Лабораторная работа:* Экспериментально-расчетное определение параметров напряженного состояния в окрестности трещиноподобного дефекта (в терминах механики разрушения). Часть 1: подготовка и проведение экспериментов.	6	15			4	9			+					
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	9			+					
2.17	*Лабораторная работа:* Испытание образцов с концентраторами напряжений с анализом деформированного состояния методом КЦИ (на разрывной испытательной машине).	6	17			4	9			+					
	Форма аттестации	6								КП				+	
	Всего часов по дисциплине в седьмом семестре					**54**	**126**								
	Всего часов по дисциплине в шестом и седьмом семестрах			**18**		**90**	**180**			**+**		**+**		++	

3.3 Содержание дисциплины

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.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия
Изложены в п.3.2

3.4.2. Лабораторные работы
Изложены в п.3.2

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 57837-2017 «Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок»
2. ГОСТ 25.503-97 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов»

4.2 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

4.3 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

4.4 Электронные образовательные ресурсы

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

5. Материально-техническое обеспечение

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.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Методика преподавания дисциплины 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 лабораторных работ в лабораториях вуза с последующим расчетом и защитой;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых расчетно-графических работ;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме тестирования;

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 исодержание 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.

Зачет по дисциплине проводится в форме письменного зачета с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных 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 лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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, 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 итоговому зачету.

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.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, плохо оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками применяет их в простых ситуациях. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.2 Оценочные средства

Пример экзаменационных билетов (ОПК – 9)

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

ЗАЧЕТНЫЙ 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 (6 семестр)

Вопросы к экзамену	**Код компетенции**
Метрологическая классификация методов измерений. Типы и виды средств измерений.	ОПК – 9
Механические датчики перемещений и деформаций	ОПК – 9
Оптические и оптомеханические датчики перемещений и деформаций	ОПК – 9
Струнный тензометр: принцип действия и применение	ОПК – 9
Пневматический тензометр: принцип действия и варианты реализации	ОПК – 9
Реохордные и реостатные датчики перемещений: принцип действия и варианты реализации	ОПК – 9
Резистивная тензометрия: тензоэффект, виды и типы тензодатчиков	ОПК – 9
Резистивная тензометрия: способы подключения датчиков в измерительную цепь моста Уитстона	ОПК – 9

Резистивная тензометрия: получение и обработка результатов для общего случая напряженно-деформированного состояния	ОПК – 9
Емкостные датчики: физический принцип и реализация	ОПК – 9
Индуктивные датчики: физический принцип и реализация	ОПК – 9
Трансформаторные датчики: физический принцип и реализация	ОПК – 9
Индукционные датчики скорости вращения: физический принцип и реализация	ОПК – 9
Волоконно-оптические датчики: принцип и общая классификация. Датчики на основе Брэгговских решеток	ОПК – 9
Метод хрупких покрытий	ОПК – 9
Рентгеновский метод измерения остаточных напряжений	ОПК – 9
Методы муаровых полос: получение и обработка результатов для случая плоской деформации	ОПК – 9
Методы муаровых полос: получение и обработка результатов для случая деформации изгиба	ОПК – 9
Методы фотоупругости: плоский полярископ, получение и обработка результатов	ОПК – 9
Разделение переменных в методе фотоупругости (использование теоретических соотношений).	ОПК – 9
Объемная фотоупругость – метод «замораживания»	ОПК – 9
Метод оптически-чувствительных покрытий	ОПК – 9
Основные методы голографической интерферометрии	ОПК – 9
Основные методы спекл-интерферометрии.	ОПК – 9
Метод корреляции цифровых изображений: принцип получения и обработки результатов	ОПК – 9

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 7

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 (7 семестр)

Вопросы к экзамену	**Код компетенции**
1. Основные понятия и характеристики в элементарной теории ошибок измерений.	ОПК – 9
Функции распределения случайной величины и плотности распределения, их параметры и основные свойства. Нормальный закон распределения Гаусса	ОПК – 9
Точечное выборочное оценивание математического ожидания и дисперсии.	ОПК – 9
Интервальное оценивание параметров распределения случайной величины. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Оценивание математического ожидания.	ОПК – 9
Интервальное оценивание параметров распределения случайной величины. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Оценивание дисперсии.	ОПК – 9
Проверка статистических гипотез. Отсев грубых погрешностей (по критерию Смирнова)	ОПК – 9
Проверка статистических гипотез. Сравнение двух дисперсий (по критерию Фишера)	ОПК – 9
Проверка статистических гипотез. Проверка однородности нескольких дисперсий (по критерию Кочрена)	ОПК – 9

Проверка статистических гипотез. Сравнение математического ожидания с заданной величиной (по критерию Стьюдента).	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Проверка статистических гипотез. Сравнение двух математических ожиданий (по критерию Стьюдента).	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины. Построение гистограммы распределения случайной величины	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины по критерию Пирсона	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Проверка гипотез о виде функции распределения случайной величины по критерию Колмогорова – Смирнова	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Полиномиальная интерполяция. Вычисление значений полинома по схеме Горнера	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Полиномиальная интерполяция. Полиномы Лагранжа	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Понятия о сплайн-интерполяции. Алгоритмы	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Методы численного дифференцирования табличных функций	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Методы численного интегрирования: формулы прямоугольников и трапеций	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Методы численного интегрирования: формула Симпсона.	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Регрессионный анализ. Линейный метод наименьших квадратов	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Нелинейный метод наименьших квадратов. Способы линеаризации	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Решение СЛАУ в методе наименьших квадратов с помощью алгоритма Гаусса	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Обработка данных эксперимента как обратная задача механики деформируемого твердого тела: основные понятия и примеры	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Методология планирования эксперимента. Планирование первого порядка: понятия о полном и дробном факторном эксперименте	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**
Методология планирования эксперимента. Планирование второго порядка.	**ПК-5, ОПК-5, ПК-6**

Примерные темы рефератов с последующим докладом (сообщением)

(ОПК – 9)

по общей тематике «Методы и задачи экспериментального исследования

характеристик механического состояния и поведения материалов и элементов конструкций»

(шестой 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 (ОПК – 9)
по общей тематике «Применение методов и средств экспериментальной механики для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций и свойств материалов»

(седьмой 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) (ОПК – 9)

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