МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

УТВЕРЖДАЮ

Директор
(должность)
Гоцев Г.В
(ФИО)
3 сентября____2026 г.

Метрология, стандартизация и сертификация

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта**

Учебный план Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика
Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"

Квалификация **бакалавр**
Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**
Часов по учебному плану 108
в том числе:
аудиторные занятия 48
самостоятельная работа 59,9

Виды контроля в семестрах:
зачет с оценкой 8

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**8 (4.2)**		Итого	
Недель	12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Практические	32	32	32	32
Контактная работа в период теоретического обучения	0,1	0,1	0,1	0,1
В том числе инт.	2	2	2	2
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48,1	48,1	48,1	48,1
Сам. работа	59,9	59,9	59,9	59,9
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):
к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич

к.т.н, Джаманкулов Азамат Кенешбекович

Рецензент(ы):
к.ф.-м.н., Комарцов Никита Михайлович

д.т.н, Муслимов Аннас Поясович

Согласовано РОП:
к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич

Рабочая программа дисциплины
Метрология, стандартизация и сертификация

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 729)

составлена на основании учебного плана:

Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика
Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"
утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании **Высшей школы Природопользования, мехатроники и транспорта**

Протокол от 02.09.2026 г. № 1
Срок действия программы: 2026-2032 уч.г.
Руководитель подразделения: Алсеитов Мирлан Тилегенович

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Метрология, стандартизация и сертификация

№ п/п	Основание внесения изменения	Раздел/ пункт	Содержание изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Целью освоения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» является изучение средств измерений, методов прямых и относительных измерений, а также основ теории обработки измерений применительно к механическим системам, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю; изучение норм и требований стандартизации и сертификации. По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов: производить измерения различными методами; правильно обрабатывать, анализировать и обобщать информацию, полученную из экспериментальных данных; осознавать социальную значимость своей профессии; применять современные автоматизированные измерительные системы; обрабатывать и анализировать результаты исследований с помощью современных технологий; познакомить студентов с положениями «Государственной системой обеспечения единства измерений»; познакомить студентов с основными положениями метрологии; научить проводить измерения, обрабатывать их результаты и оценивать достигнутую точность; познакомить обучающихся с методами численного выявления основных характеристик генеральных совокупностей экспериментальных данных; научить применять модели и математические методы обработки массивов экспериментальных данных в прикладных задачах динамики технических объектов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.3
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Б1.О.3.01. Введение в профессиональную деятельность
2.1.2	Б1.О.3.05. Материаловедение
2.1.3	Б1.О.3.03. Сопротивление материалов
2.1.4	Б1.В.1.ДВ.07.01. Сопротивление материалов (продвинутый курс)
2.1.5	Б1.О.2.02. Математический анализ
2.1.6	Б1.О.2.06. Физика
2.1.7	Б1.О.2.03. Линейная алгебра и аналитическая геометрия
2.1.8	Б1.О.2.04. Дифференциальные уравнения
2.1.9	Б1.О.2.05. Теория вероятностей и математическая статистика
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Б2.О.02(Пд). Преддипломная практика
2.2.2	Б3.О.03. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Б3.О.02. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-5: Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью;	
Знать:	
Уровень 1	Знает актуальную нормативно-техническую документацию для решении задач профессиональной деятельности.
Уровень 2	
Уровень 3	
Уметь:	
Уровень 1	Умеет выбирать нормативно-техническую документацию при решении задач профессиональной деятельности.
Уровень 2	
Уровень 3	
Владеть:	
Уровень 1	Имеет навыки применения нормативно-технической документаций, при решении задач профессиональной деятельности.
Уровень 2	
Уровень 3	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**

3.1.1	основные физические величины и физические константы, их определение и единицы их измерения; основные методы обработки экспериментальных данных и возможность применения этих знаний в профессиональной деятельности; необходимый математический аппарат и современные методы компьютерного анализа результатов экспериментов
3.2	**Уметь:**
3.2.1	использовать современные нормативные программные средства для анализа распределений и основных
3.2.2	характеристик экспериментальных измерений; применять вероятностные и статистические методы к оценке точности измерений и испытаний.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	методами точного численного анализа результатов измерений; выполнения расчетно-экспериментальных работ в области метрологии, стандартизации и сертификации с использованием современных вычислительных методов на основе нормативных документов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Пр. подг.	Примечание
	Раздел 1. Измерения и метрологическое обеспечение инженерной деятельности							
1.1	Физические величины, методы измерений и единство измерений: Измеряемая величина и модель измерения: определение объекта, условий и результата при измерении размеров, силы, перемещения и деформации. Международная система единиц SI; единицы механических величин, размерностная согласованность расчётных и экспериментальных данных. Прямые и косвенные измерения; абсолютные и относительные измерения; методы непосредственной оценки и сравнения с мерой. Эталоны, передача единиц величин и метрологическая прослеживаемость результатов измерений. Обеспечение единства измерений в Кыргызской Республике и Российской Федерации: национальные системы, метрологические службы и разграничение применяемых требований. Выбор метода измерения по диапазону величины, требуемой точности и условиям исследования механической системы. /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.2	Определение измеряемых величин, перевод единиц SI и построение моделей прямых и косвенных измерений /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.3	Выбор метода измерения и построение цепи метрологической прослеживаемости для инженерной задачи /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			

1.4	Средства измерений и их метрологические характеристики: Меры, измерительные приборы, преобразователи и измерительные системы; структура измерительной цепи. Диапазон измерений, чувствительность, разрешение, порог чувствительности и пределы допускаемой погрешности; различие этих характеристик. Статические и динамические характеристики средств измерений; влияние инерционности прибора на регистрацию изменяющихся нагрузок. Средства измерения линейных размеров, перемещений, силы и деформации; выбор прибора для контроля детали и испытания конструкции. Влияние температуры, установки прибора, контактного усилия и оператора на результат измерения. Поверка, калибровка и юстировка: назначение, различия и использование полученных документов. /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.5	Выбор средств измерения размеров и перемещений по диапазону, разрешению и допускаемой погрешности /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.6	Анализ метрологических характеристик прибора и документов о его поверке или калибровке /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
	Раздел 2. Обработка результатов измерений и экспериментальных данных							

2.1	Погрешности и статистическая обработка многократных измерений: Систематические и случайные погрешности, промахи; причины возникновения и способы выявления. Абсолютная, относительная и приведённая погрешности; выбор формы представления для инженерной задачи. Подготовка массива измерений: проверка единиц, полноты записей, условий получения и сопоставимости данных. Среднее значение, выборочная дисперсия, стандартное отклонение и стандартное отклонение среднего; различие их смысла. Доверительный интервал среднего при ограниченном числе наблюдений; условия применения распределения Стьюдента. Проверка подозрительных результатов: статистические критерии, ограничения их применения и недопустимость необоснованного удаления данных. /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
2.2	Расчёт абсолютной, относительной и приведённой погрешностей; учёт систематической поправки /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
2.3	Статистическая обработка серии измерений, построение доверительного интервала и проверка подозрительных результатов /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			

2.4	Неопределённость прямых и косвенных измерений: - Погрешность и неопределённость измерения: различие понятий и назначение оценки неопределённости. - Оценивание стандартной неопределённости по типу A и типу B; использование повторных измерений, характеристик прибора и данных калибровки. - Модель косвенного измерения и коэффициенты чувствительности; распространение неопределённости входных величин. - Суммарная стандартная и расширенная неопределённости; коэффициент охвата и условия интерпретации интервала. - Составление бюджета неопределённости для определения напряжения или модуля упругости по экспериментальным данным. - Запись результата измерения: единицы, округление, значащие цифры и указание неопределённости. Методическая основа темы — руководства JCGM/GUM. BIPM /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
2.5	Оценивание неопределённости прямого измерения по типам A и B /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
2.6	Составление бюджета неопределённости косвенного определения механического напряжения /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
2.7	Компьютерная обработка серии повторных измерений с расчётом статистических характеристик и обоснованием обращения с подозрительными значениями. Разработка бюджета неопределённости определения модуля упругости по результатам механического испытания. /Ср/	8	16	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
	Раздел 3. Измерительные системы и расчётно-экспериментальные исследования							

3.1	Автоматизированные измерения в механических системах: Структура системы сбора данных: датчик, согласование сигнала, аналого-цифровой преобразователь, программная регистрация. Измерение деформаций тензорезисторами: мостовые схемы, чувствительность и температурная компенсация. Измерение силы, перемещения и ускорения; выбор датчиков для статических испытаний и исследования колебаний. Частота дискретизации, наложение спектров и фильтрация перед оцифровкой; выбор параметров регистрации. Разрядность преобразователя, квантование, шум и насыщение; влияние на качество экспериментальных данных. Синхронизация каналов, настройка измерительной цепи и сохранение сведений об условиях эксперимента. /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
3.2	Выбор тензометрической схемы и расчёт преобразования сигнала в деформацию /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1	1		
3.3	Выбор частоты дискретизации, диапазона и разрядности системы регистрации вибраций /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1	1		

3.4	Компьютерная обработка данных и сопоставление эксперимента с расчётом: Импорт и организация экспериментальных данных в электронной таблице или программной среде; сохранение исходных записей и воспроизводимость обработки. Построение градуировочной зависимости методом наименьших квадратов; определение коэффициентов и анализ остатков. Обработка временных сигналов: удаление смещения, фильтрация и ограничения сглаживания при исследовании динамики. Определение амплитуды, частоты и среднеквадратического значения вибрационного сигнала. Сопоставление расчётных и экспериментальных перемещений, деформаций и частот: согласование координат, нагрузок и граничных условий. Разграничение неопределённости измерений, ошибок численного решения и недостатков физической модели; пределы выводов о подтверждении расчётной модели. /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
3.5	Построение градуировочной характеристики датчика методом наименьших квадратов и анализ остатков /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
3.6	Обработка экспериментального сигнала и сопоставление его характеристик с результатами расчёта /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
3.7	Составление схемы автоматизированной регистрации деформаций и вибраций с обоснованием датчиков и параметров сбора данных . Подготовка воспроизводимого расчёта для обработки экспериментальных данных и их сопоставления с результатами численного моделирования. /Ср/	8	28	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
	Раздел 4. Стандартизация и подтверждение соответствия							

4.1	Стандартизация и применение нормативно-технической документации: Объекты и уровни стандартизации: продукция, процессы, методы испытаний, терминология и техническая документация. Унификация, типизация и взаимозаменяемость; их значение при проектировании и изготовлении механических изделий. Международные, межгосударственные и национальные стандарты; стандарты организаций и технические условия. Технический регламент и стандарт: различие назначения, обязательных требований и условий применения. Поиск документа в официальном каталоге: обозначение, область применения, статус, изменения и замена; проверка применимости в КР и РФ. Использование стандартов на допуски, посадки, геометрические характеристики и методы испытаний при подготовке чертежей и расчётно -экспериментальных исследований. /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
4.2	Поиск нормативного документа и проверка его статуса, области применения и применимости в выбранной юрисдикции /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
4.3	Определение предельных размеров, допусков и характера посадки сопрягаемых деталей по выбранному стандарт /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			

4.4	Оценка соответствия машин и оборудования, испытания и аккредитация: Оценка и подтверждение соответствия; обязательное и добровольное подтверждение, сертификация и декларирование. Определение применимых требований на примере ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»: идентификация объекта и проверка области действия регламента. eec.eaeunion.org Участники подтверждения соответствия: заявитель, изготовитель, орган по сертификации и испытательная лаборатория. Доказательные материалы: техническая документация, протоколы испытаний и результаты расчётов; ограничения использования расчёта вместо испытаний. Компетентность, беспристрастность и стабильность работы испытательных и калибровочных лабораторий; назначение ISO/IEC 17025 и отличие аккредитации от сертификации продукции. iso.org Решение о соответствии по результатам измерений: учёт неопределённости вблизи допустимой границы, правило принятия решения и риск ошибочного заключения. /Лек/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
4.5	Определение применимого технического регламента и формы подтверждения соответствия для выбранного вида оборудования /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
4.6	Анализ протокола испытаний и принятие решения о соответствии с учётом неопределённости измерения /Пр/	8	2	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
4.7	Формирование перечня нормативно-технических документов для выбранной детали или испытания с проверкой статуса и применимости документов. Составление перечня доказательных материалов для подтверждения соответствия выбранного оборудования и анализ правила принятия решения по результатам испытаний. /Ср/	8	15,9	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
4.8	Консультации и подготовка к зачету /КрТО/	8	0,1	ОПК-5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Контрольные вопросы для текущего контроля

Тема 1. Физические величины, методы измерений и единство измерений

1. Что понимают под измеряемой величиной? Почему перед измерением необходимо определить объект и условия измерения?
2. Какие основные и производные единицы SI применяются в механике? Приведите примеры для силы, напряжения, перемещения и ускорения.
3. Чем различаются прямые и косвенные измерения? Какой вид измерения используется при определении напряжения по силе и площади сечения?
4. Чем абсолютные измерения отличаются от относительных?
5. В чём различие методов непосредственной оценки и сравнения с мерой?
6. Что такое единство измерений, эталон и метрологическая прослеживаемость? Как подтверждается связь результата измерения с эталоном?

Тема 2. Средства измерений и их метрологические характеристики

7. Какие элементы входят в измерительную цепь? Какие функции выполняет каждый из них?
8. Чем различаются диапазон измерений, чувствительность, разрешение и предел допускаемой погрешности?
9. Почему высокое разрешение цифрового прибора само по себе не гарантирует высокой точности?
10. Как динамические характеристики прибора влияют на измерение переменных нагрузок и вибраций?
11. Как температура, контактное усилие, установка прибора и действия оператора влияют на результат измерения?
12. Чем различаются поверка, калибровка и юстировка? Какие сведения из документов о поверке или калибровке необходимо учитывать при выборе прибора?

Тема 3. Погрешности и статистическая обработка измерений

13. Чем различаются систематические и случайные погрешности? Какие меры позволяют уменьшить их влияние?
14. Что такое поправка? Как определить знак поправки и применить её к показанию прибора?
15. Как рассчитываются абсолютная, относительная и приведённая погрешности?
16. Чем стандартное отклонение отдельных результатов отличается от стандартного отклонения среднего?
17. Как строится доверительный интервал среднего значения? От чего зависит его ширина?
18. Как следует поступать с подозрительным результатом измерения? Почему нельзя удалять его только потому, что он отличается от остальных?

Тема 4. Неопределённость прямых и косвенных измерений

19. Чем неопределённость измерения отличается от погрешности?
20. Чем различаются способы оценивания неопределённости по типу A и типу B?
21. Как оценить стандартную неопределённость по заданным границам при принятом равномерном распределении?
22. Что такое модель измерения и коэффициенты чувствительности? Как они используются при косвенных измерениях?
23. Как рассчитываются суммарная стандартная и расширенная неопределённости? Когда необходимо учитывать корреляцию входных величин?
24. Какие сведения должны сопровождать результат измерения с неопределённостью? Как согласовать округление результата и неопределённости?

Тема 5. Автоматизированные измерения в механических системах

25. Какие элементы входят в автоматизированную систему сбора измерительных данных?
26. Как работает тензорезистор? Для чего применяют мостовые схемы и температурную компенсацию?
27. По каким характеристикам выбирают датчики силы, перемещения и ускорения?
28. Что такое наложение спектров при дискретизации? Почему необходима фильтрация перед аналого-цифровым преобразованием?
29. Как разрядность, диапазон входного сигнала и шум влияют на качество регистрации?
30. Для чего необходима синхронизация измерительных каналов? Какие сведения об эксперименте следует сохранять вместе с данными?

Тема 6. Компьютерная обработка данных и сопоставление эксперимента с расчётом

31. Какие проверки необходимо выполнить перед обработкой массива экспериментальных данных?
32. Как строится линейная градуировочная зависимость методом наименьших квадратов?
33. Что показывает анализ остатков градуировочной зависимости?
34. В каких случаях фильтрация и сглаживание могут исказить физический смысл экспериментального сигнала?
35. Какие условия необходимо согласовать при сравнении экспериментальных данных с результатами конечно-элементного расчёта?
36. Как разграничить неопределённость измерений, ошибки численного решения и недостатки физической модели?

Тема 7. Стандартизация и нормативно-техническая документация

37. Что является объектом стандартизации? Чем различаются унификация, типизация и взаимозаменяемость?
38. Чем отличаются международные, межгосударственные и национальные стандарты?
39. Чем технический регламент отличается от стандарта? Как устанавливается обязательность конкретного требования?
40. Какие сведения необходимо проверить перед применением нормативного документа в Кыргызской Республике или Российской Федерации?
41. Как определить действующий статус документа, наличие изменений и документа, введённого взамен?
42. Как стандарты на допуски, посадки и методы испытаний используются при проектировании и контроле механических изделий?

Тема 8. Оценка соответствия, испытания и аккредитация
43. Как соотносятся понятия «оценка соответствия» и «подтверждение соответствия»?
44. Чем сертификация отличается от декларирования соответствия? Как распределяются функции участников этих процедур?
45. Как определить, распространяется ли технический регламент на конкретное оборудование?
46. Какие документы и результаты могут составлять доказательную базу подтверждения соответствия? Каковы ограничения использования расчётных результатов?
47. Чем аккредитация испытательной лаборатории отличается от сертификации продукции?
48. Как неопределённость измерения влияет на решение о соответствии вблизи допустимой границы? Для чего устанавливают правило принятия решения?
2. Задания для текущего контроля
Задания по нормативным документам выполняются с указанием юрисдикции, даты проверки, официального источника, статуса документа и конкретных положений, на которых основан вывод.
Задание 1. Определение видов измерений
При испытании стержня зарегистрированы сила растяжения, удлинение и исходный диаметр. По этим данным определяются нормальное напряжение и относительная деформация.
Укажите непосредственно измеряемые и вычисляемые величины, составьте модели косвенных измерений и приведите единицы SI.
Задание 2. Выбор средства измерений
Необходимо контролировать диаметр вала около 20 мм. По условию задачи допустимая абсолютная погрешность измерения составляет 0,01 мм.
Предлагаются приборы:
- штангенциркуль: разрешение 0,01 мм, предел допускаемой погрешности ±0,03 мм;
- микрометр: разрешение 0,001 мм, предел допускаемой погрешности ±0,004 мм.
Выберите прибор, обоснуйте решение и перечислите дополнительные условия, которые необходимо проверить перед его использованием.
Задание 3. Расчёт погрешности и поправки
При измерении эталонной меры длиной 50,000 мм прибор показал 50,018 мм.
Определите абсолютную и относительную погрешности показания, а также поправку. Рассчитайте исправленное значение для показания 32,426 мм, предполагая постоянство установленной погрешности в рассматриваемом диапазоне.
Задание 4. Статистическая обработка серии измерений
Получены значения длины, мм:
25,012; 25,015; 25,011; 25,014; 25,013.
Определите среднее, выборочное стандартное отклонение, стандартное отклонение среднего и доверительный интервал среднего при доверительной вероятности 0,95. Для расчёта используйте коэффициент Стьюдента $t=2{,}776$.
Систематические составляющие в данном задании не учитываются.
Задание 5. Анализ подозрительного результата
Получены значения перемещения, мм:
1,21; 1,20; 1,22; 1,19; 1,21; 1,47.
Выделите подозрительный результат и предложите порядок проверки. Рассчитайте среднее с его включением и без него.
Объясните, каких сведений недостаточно для обоснованного исключения результата.
Задание 6. Неопределённость прямого измерения
Стандартная неопределённость среднего по повторным измерениям составляет 0,003 мм. Независимая инструментальная составляющая находится в границах ±0,006 мм; принимается равномерное распределение.
Рассчитайте стандартную неопределённость инструментальной составляющей, суммарную стандартную и расширенную неопределённости при $k=2$. Оформите результат для среднего значения 18,245 мм.
Задание 7. Неопределённость косвенного измерения напряжения
Нормальное напряжение в круглом стержне определяется по модели:
$$
\sigma=\frac{4F}{\pi d^2}.
$$
Дано: $F=10\,000$ Н, $d=10{,}00$ мм; стандартные неопределённости $u(F)=50$ Н, $u(d)=0{,}02$ мм. Входные величины независимы.
Определите напряжение, коэффициенты чувствительности, суммарную стандартную и расширенную неопределённости при $k=2$. Установите, какая входная величина вносит больший вклад.
Задание 8. Обработка тензометрических данных
Для одиночного тензорезистора задана зависимость:
$$
\frac{\Delta R}{R}=K\varepsilon.
$$
Дано: $R=120$ Ом, $K=2{,}0$, $\Delta R=0{,}048$ Ом.
Определите деформацию и представьте её в безразмерном виде и в микродеформациях. Объясните, как изменение температуры может повлиять на результат.
Задание 9. Выбор параметров регистрации
Максимальная частота полезного вибрационного сигнала составляет 400 Гц. Доступны частоты дискретизации 500, 1000 и 5000 Гц.
Определите варианты, удовлетворяющие теоретическому условию дискретизации сигнала с ограниченным спектром. Обоснуйте практический выбор, учитывая переходную полосу фильтра и возможные высокочастотные помехи.

Задание 10. Градуировка датчика
Получены результаты градуировки:
Сила, Н Выходное напряжение, В
0 0,02
100 1,01
200 2,03
300 3,00
400 4,02

Постройте зависимость \(U=aF+b\) методом наименьших квадратов. Определите чувствительность, начальное смещение и остатки. Оцените силу при выходном напряжении 2,50 В.
Задание 11. Сравнение расчёта с экспериментом
Расчётный прогиб балки составляет 2,40 мм. Экспериментальный результат — \((2{,}58\pm0{,}10)\) мм, где 0,10 мм — расширенная неопределённость при \(k=2\).
Определите расхождение относительно расчётного значения. Проверьте, находится ли расчётное значение внутри указанного экспериментального интервала. Объясните, почему этой проверки недостаточно для полного подтверждения расчётной модели.
Задание 12. Проверка нормативного документа
Для предложенного преподавателем стандарта установите:
- полное обозначение и название;
- статус и наличие изменений;
- область применения;
- применимость к выбранному объекту и юрисдикции;
- конкретное положение, необходимое для решения инженерной задачи.
Оформите вывод со ссылкой на официальный источник.
Задание 13. Допуски и посадки
Для соединения заданы размеры:
- отверстие: от 40,000 до 40,025 мм;
- вал: от 39,975 до 39,991 мм.
Определите допуски отверстия и вала, минимальный и максимальный зазоры, характер посадки. Объясните, какие характеристики средства измерений необходимо учитывать при контроле этих размеров.
Задание 14. Определение требований к оборудованию
Для выбранного механического оборудования установите его назначение, условия эксплуатации и признаки, необходимые для идентификации.
По официальным источникам определите применимые технические регламенты, наличие исключений из области действия и форму подтверждения соответствия. Приведите положения документов, обосновывающие вывод.
Задание 15. Анализ протокола испытаний
В учебном протоколе указаны объект, измеренное значение и заключение о соответствии. Отсутствуют сведения о методе испытания, применённых средствах измерений и условиях проведения.
Определите, какие сведения следует запросить для проверки обоснованности заключения. Объясните назначение каждого из них.
Задание 16. Решение о соответствии
Допустимое значение контролируемого параметра — не более 10,00 мм. Результат измерения — 9,96 мм; расширенная неопределённость \(U=0{,}08\) мм.
Примените два заданных учебных правила:
1. Соответствие устанавливается, если измеренное значение не превышает предела.
2. Соответствие устанавливается, если измеренное значение плюс \(U\) не превышает предела.
Сравните решения. Объясните, почему правило необходимо установить до выдачи заключения и почему невыполнение второго условия само по себе не доказывает несоответствие объекта.
3. Вопросы для промежуточной аттестации
1. Построение модели измерения механической величины: выбор метода, единиц, входных величин и условий измерения.
2. Единство измерений и метрологическая прослеживаемость результатов инженерных испытаний.
3. Выбор средства измерений по диапазону, разрешению, погрешности и динамическим характеристикам.
4. Поверка, калибровка и юстировка: назначение и использование результатов.
5. Источники погрешностей при измерении размеров, силы, перемещения и деформации.
6. Обработка многократных измерений: среднее, характеристики разброса и доверительный интервал.
7. Выявление подозрительных результатов и обоснование их включения или исключения.
8. Неопределённость измерения: оценивание по типам A и B, составление бюджета неопределённости.
9. Распространение неопределённости при косвенных измерениях; коэффициенты чувствительности и корреляция.
10. Представление результата измерения, выбор коэффициента охвата и округление.
11. Измерительная цепь автоматизированной системы и источники искажения сигнала.
12. Тензометрические измерения деформаций: преобразование сигнала и температурные влияния.
13. Выбор частоты дискретизации, входного диапазона и разрядности системы сбора данных.
14. Построение градуировочной зависимости и оценка её пригодности по остаткам.
15. Компьютерная обработка экспериментальных данных и обеспечение воспроизводимости расчётов.
16. Сопоставление эксперимента с численным расчётом: согласование условий и анализ расхождений.
17. Стандартизация, унификация, типизация и взаимозаменяемость в машиностроении.

18. Виды нормативно-технических документов и проверка их применимости в КР и РФ.
19. Применение допусков и посадок при проектировании и контроле соединений.
20. Технические регламенты и стандарты: назначение и установление применимых требований.
21. Сертификация и декларирование: участники, доказательные материалы и обоснование выбора процедуры.
22. Испытательные лаборатории: компетентность, аккредитация и достоверность результатов.
23. Использование расчётных и экспериментальных результатов в доказательной документации.
24. Принятие решения о соответствии с учётом неопределённости и установленного правила.
4. Комплексные задания для промежуточной аттестации
Задание 1. Контроль размера детали
Допустимый диаметр детали — от 30,000 до 30,040 мм. Получены измерения, мм:
30,018; 30,022; 30,020; 30,019; 30,021.
Дополнительная независимая составляющая неопределённости задана границами ±0,006 мм с равномерным распределением.
Определите средний диаметр, стандартную неопределённость среднего, суммарную стандартную и расширенную неопределённости при \(k=2\). Оформите результат. Примите решение по учебному правилу: соответствие подтверждается, если весь интервал «результат ± расширенная неопределённость» находится внутри допуска.
Задание 2. Определение напряжения при растяжении
Для круглого образца измерены сила \(F=15\,000\) Н и диаметр \(d=12{,}00\) мм. Стандартные неопределённости составляют \(u(F)=75\) Н и \(u(d)=0{,}03\) мм. Величины независимы.
Определите напряжение и его расширенную неопределённость при \(k=2\). Составьте бюджет неопределённости, выделите преобладающий вклад и предложите обоснованный способ его уменьшения.
Задание 3. Проектирование регистрации вибраций
Необходимо измерять ускорения в диапазоне ±20 м/с² при максимальной частоте полезного сигнала 300 Гц.
Предлагаются:
- датчик А: диапазон ±10 м/с², рабочая полоса до 1000 Гц;
- датчик Б: диапазон ±50 м/с², рабочая полоса до 500 Гц;
- частоты дискретизации: 400, 1000 и 5000 Гц.
Выберите датчик и частоту дискретизации, объясните необходимость фильтрации и ограничения выбранной системы. Укажите сведения о настройке и калибровке, необходимые для последующей обработки данных.
Задание 4. Проверка градуировочной модели
По данным градуировки из задания 10 текущего контроля постройте линейную модель преобразования сигнала. Определите коэффициенты и остатки, оцените силу для сигнала 2,50 В. Объясните, какие дополнительные данные нужны для оценки неопределённости этой силы и допустимо ли применять модель за пределами градуировочного диапазона.
Задание 5. Анализ расчётно-экспериментального расхождения
Первая собственная частота конструкции по конечно-элементному расчёту составляет 48 Гц. Экспериментальная оценка — \((52\pm1)\) Гц, где 1 Гц — расширенная неопределённость при \(k=2\).
Определите относительное расхождение. Предложите последовательность проверки граничных условий, массы, жёсткости, измерительной системы и численного решения. Объясните, почему изменение параметров модели только ради совпадения одной частоты не является достаточным подтверждением её достоверности.
Задание 6. Работа с нормативно-технической документацией
Для оборудования, заданного преподавателем, и указанной юрисдикции:
1. Определите применимые технические регламенты и стандарты.
2. Проверьте их статус и область применения по официальным источникам.
3. Установите применимую форму подтверждения соответствия.
4. Составьте перечень необходимых доказательных материалов.
5. Укажите требования к измерениям и испытаниям, существенные для обоснованного заключения.
Каждый вывод обоснуйте конкретным положением документа.
5. Принципы оценивания ответов и выполнения заданий
Оцениваются правильность терминологии и расчётов, обоснованность выбора метода, корректность единиц и представления результата, использование применимых нормативных документов и самостоятельность выводов.
- «Отлично» — полный и последовательный ответ; расчёты правильны; допущения и ограничения обозначены; выводы обоснованы.
- «Хорошо» — основные положения раскрыты правильно; имеются отдельные неточности, не меняющие итогового вывода.
- «Удовлетворительно» — продемонстрировано понимание основных понятий; задание выполнено частично, имеются существенные пробелы в обосновании.
- «Неудовлетворительно» — основные понятия не усвоены; выбран неверный метод либо допущены ошибки, делающие результат и вывод недостоверными.

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены

5.3. Фонд оценочных средств

1 Матрица содержания и средств контроля
Темы Вопросы Тесты Практические задания Аттестация
1 Методы и единство измерений В1–В6 Т1–Т3 З1–З2 И1–И2; А1
2 Средства измерений В7–В12 Т4–Т6 З2–З3 И3–И4; А1, А3
3 Погрешности и статистика В13–В18 Т7–Т9 З3–З5 И5–И7; А1
4 Неопределённость В19–В24 Т10–Т12 З6–З7 И8–И10; А1–А2
5 Автоматизированные измерения В25–В30 Т13–Т15 З8–З9 И11–И13; А3

6 Компьютерная обработка В31–В36 Т16–Т18 З10–З11 И14–И16; А4–А5
7 Стандартизация В37–В42 Т19–Т21 З12–З13 И17–И20; А6; К1–К3
8 Подтверждение соответствия В43–В48 Т22–Т24 З14–З16 И21–И24; А6; К4–К6

2 Порядок проведения и шкалы оценивания
Ниже приведена предлагаемая схема для согласования при утверждении ФОС. Она не выдаётся за действующее положение КРСУ. Текущие результаты и промежуточная аттестация фиксируются отдельно; их объединение в итоговый балл допускается только по утверждённым локальным правилам.
2 1 Текущий контроль
Контроль проводится после освоения тем, без добавления часов к учебному плану. Рекомендуются три тестовых блока, защита практических работ, индивидуальное задание и опросы. Календарные даты определяет преподаватель по расписанию.
Компонент Расчёт Максимум
Тематические тесты Т1–Т9, Т10–Т18, Т19–Т24; один ответ, 1 балл за верный ответ 24
Практические работы 16 работ; каждая оценивается по рубрике из 10 баллов. Вклад = 40 × сумма / 160 40
Самостоятельная работа Индивидуальный проект из раздела 6 по рубрике из 20 баллов 20
Устные опросы 4 опроса по 2 вопроса из В1–В48; каждый вопрос 0–2 балла 16
Всего Текущий контроль 100

Тесты: 15 минут на каждый блок из 9 вопросов и 10 минут на блок из 6 вопросов. Практическая работа: выполнение в рамках занятия и защита 3–5 минут; исправление ошибок допускается с повторной проверкой. Для опроса: 3–5 минут на вопрос. Правила пересдачи и допуска определяются локальными актами университета; ФОС не вводит самостоятельных ограничений допуска.
2 2 Рубрики текущего контроля
Практическая работа Баллы Условие полного балла
Метод и модель 0–2 Корректный метод, указанные допущения
Расчёт или работа с источником 0–3 Верные действия; для документа — статус, юрисдикция и точное положение
Единицы и представление 0–2 Согласованные единицы, округление, воспроизводимая запись
Вывод и ограничения 0–2 Обоснованный вывод без преувеличения достоверности
Защита 0–1 Самостоятельное объяснение решения

В каждой строке промежуточный балл означает частичное выполнение. Нулевой балл означает отсутствие результата либо принципиально неверное решение по этому критерию. Ошибка в арифметике при правильном методе не обнуляет работу; последующие вычисления оцениваются с учётом перенесённой ошибки.
Устный вопрос: 2 балла — правильное объяснение с инженерным примером; 1 — основной смысл верен, но есть пробелы; 0 — ответа нет или перепутаны ключевые понятия.
2 3 Промежуточная аттестация
Билет содержит два теоретических вопроса И1–И24, комплексное задание А1–А6 и кейс К1–К6. Подготовка — 45 минут; ответ и обсуждение — до 15 минут. Разрешены калькулятор, электронная таблица или программная среда без автоматического получения готового ответа, таблица распределения Стьюдента и официальные тексты нормативных документов. При отсутствии Интернета выдаются сохранённые официальные документы с датой выгрузки и карточкой статуса.
Открытые источники для нормативного кейса необходимы: оценивается применение документа, а не запоминание номеров пунктов. Эталоны и ключи из раздела 8 студентам во время контроля не предоставляются.
Компонент билета Рубрика Максимум
Два теоретических вопроса Каждый: понятия 0–5; объяснение связей 0–5; применение и ограничения 0–5 30
Комплексное задание Модель 0–10; вычисления 0–15; единицы и представление 0–5; вывод и ограничения 0–10 40
Нормативный кейс Источник и статус 0–8; применимость 0–7; конкретное положение 0–8; обоснованный вывод 0–7 30
Всего Промежуточная аттестация 100

Предлагаемые уровни: 85–100 — «отлично»; 70–84 — «хорошо»; 55–69 — «удовлетворительно»; 0–54 — «неудовлетворительно». Дополнительно для положительной оценки необходимо получить не менее 15 из 30 баллов за нормативный кейс и 20 из 40 за комплексное задание. Так подтверждаются и ОПК-5, и способность обработать измерения. При невыполнении любого минимума результат отрицательный независимо от суммы.
Для зачёта: «зачтено» — от 55 баллов при выполнении обоих минимумов. Для зачёта с оценкой или экзамена применяется указанная четырёхбалльная шкала. Все пороги подлежат согласованию с локальными правилами до начала контроля.

3 Вопросы для текущего контроля
Физические величины и единство измерений
В1. Что такое измеряемая величина и почему необходимо определить условия измерения?
В2. Какие единицы SI используются для силы, напряжения, перемещения и ускорения?
В3. Чем различаются прямые и косвенные измерения? Приведите пример определения напряжения.
В4. Чем абсолютные измерения отличаются от относительных?
В5. Чем различаются непосредственная оценка и сравнение с мерой?
В6. Что такое единство измерений, эталон и метрологическая прослеживаемость?
Средства измерений
В7. Какие элементы входят в измерительную цепь и каковы их функции?

В8. Чем различаются диапазон, чувствительность, разрешение и допускаемая погрешность?
В9. Почему высокое разрешение прибора не гарантирует высокой точности?
В10. Как динамические характеристики прибора влияют на измерение переменных нагрузок?
В11. Как температура, контактное усилие и установка прибора влияют на результат?
В12. Чем различаются поверка, калибровка и юстировка?
Погрешности и статистика
В13. Чем различаются систематические и случайные погрешности?
В14. Что такое поправка и как определить её знак?
В15. Как рассчитываются абсолютная, относительная и приведённая погрешности?
В16. Чем стандартное отклонение наблюдений отличается от стандартного отклонения среднего?
В17. Как строится доверительный интервал среднего и от чего зависит его ширина?
В18. Как проверяют подозрительный результат и обосновывают его исключение?
Неопределённость
В19. Чем неопределённость отличается от погрешности?
В20. Чем различаются оценивания по типам А и В?
В21. Как получают стандартную неопределённость по границам равномерного распределения?
В22. Как используют модель измерения и коэффициенты чувствительности?
В23. Как определяют суммарную и расширенную неопределённости и учитывают корреляцию?
В24. Как записывают и округляют результат измерения с неопределённостью?
Автоматизированные измерения
В25. Как устроена автоматизированная система сбора измерительных данных?
В26. Как работает тензорезистор и зачем нужны мостовые схемы и температурная компенсация?
В27. По каким характеристикам выбирают датчик силы, перемещения или ускорения?
В28. Что такое наложение спектров и зачем нужен аналоговый фильтр перед АЦП?
В29. Как разрядность, диапазон и шум влияют на зарегистрированные данные?
В30. Зачем синхронизировать каналы и какие метаданные эксперимента сохранять?
Компьютерная обработка
В31. Какие проверки выполняют перед обработкой массива данных?
В32. Как строят линейную градуировочную зависимость методом наименьших квадратов?
В33. Что показывает анализ остатков градуировочной зависимости?
В34. Когда фильтрация и сглаживание искажают физический смысл сигнала?
В35. Какие условия согласуют при сопоставлении эксперимента с конечно-элементным расчётом?
В36. Как разграничить неопределённость измерений, численные ошибки и недостатки модели?
Стандартизация
В37. Что такое объект стандартизации, унификация, типизация и взаимозаменяемость?
В38. Чем различаются международные, межгосударственные и национальные стандарты?
В39. Чем технический регламент отличается от стандарта и как установить обязательность требования?
В40. Как проверить применимость документа в Кыргызской Республике или Российской Федерации?
В41. Как установить статус, изменения и замену нормативного документа?
В42. Как стандарты на допуски, посадки и методы испытаний применяют в проектировании и контроле?
Оценка соответствия
В43. Как соотносятся оценка и подтверждение соответствия?
В44. Чем сертификация отличается от декларирования и как распределяются функции участников?
В45. Как определить область действия технического регламента для оборудования?
В46. Какие материалы входят в доказательную базу и когда расчёт не заменяет испытание?
В47. Чем аккредитация лаборатории отличается от сертификации продукции?
В48. Как неопределённость и правило принятия решения влияют на вывод о соответствии?
4 Тестовые задания
В каждом задании выберите один правильный ответ. Все необходимые допущения заданы в условии. Ключ приведён в разделе 8.
Т1. Единица напряжения в SI.
А) Н Б) Па В) Дж Г) м
Т2. Напряжение, вычисленное по измеренным силе и площади, определяют измерением.
А) Прямым Б) Косвенным В) Только относительным Г) Без модели
Т3. Прослеживаемость результата предполагает.
А) Большое число повторов Б) Цепь калибровок до опоры с учётом неопределённостей В) Только цифровой прибор Г) Только запись даты
Т4. Разрешение прибора характеризует.
А) Наименьшее различимое изменение показания Б) Истинную погрешность В) Длительность поверки Г) Рабочую температуру
Т5. Калибровка устанавливает.
А) Автоматическое разрешение любого применения Б) Связь показаний с опорными значениями и соответствующими неопределённостями В) Только ремонт Г) Только знак соответствия
Т6. Юстировка предназначена для.
А) Изменения настройки для получения заданных показаний Б) Аккредитации лаборатории В) Вычисления доверительного интервала Г) Замены единиц SI
Т7. При погрешности показания +0,02 мм поправка равна.
А) +0,02 мм Б) −0,02 мм В) 0 мм Г) +0,04 мм

Т8. Стандартное отклонение среднего n независимых равноточных наблюдений равно.
А) s Б) s/n В) s/√n Г) n×s
Т9. Подозрительный результат следует.
А) Всегда удалить Б) Всегда заменить средним В) Проверить причины и условия применимости критерия Г) Скрыть в отчёте
Т10. Тип А означает оценивание неопределённости.
А) Только по паспорту Б) Статистическим анализом наблюдений В) Только для систематической погрешности Г) Только по классу точности
Т11. Для равномерного распределения на [−a; a] стандартная неопределённость равна.
А) a Б) a/2 В) a/√3 Г) a√3
Т12. Расширенная неопределённость вычисляется как.
А) U=k×uc Б) U=uc/k В) U=uc² Г) U=k/uc
Т13. При максимальной частоте строго ограниченного спектра 300 Гц теоретическое условие частоты дискретизации.
А) fc>600 Гц Б) fc>300 Гц В) fc=100 Гц Г) Любая частота
Т14. Перед АЦП антиалиасинговый фильтр нужен для.
А) Повышения разрядности Б) Подавления частот, вызывающих наложение спектров В) Устранения всех погрешностей Г) Изменения единиц
Т15. Насыщение измерительного канала вызывает.
А) Обрезание амплитуды сигнала Б) Рост диапазона В) Рост частоты дискретизации Г) Автоматическую компенсацию температуры
Т16. Метод наименьших квадратов минимизирует.
А) Сумму квадратов остатков Б) Сумму нагрузок В) Максимальную частоту Г) Число измерений
Т17. Остаток градуировки равен.
А) Измеренное значение минус значение модели Б) Сумме измерения и модели В) Только коэффициенту наклона Г) Разрядности АЦП
Т18. Для сопоставления расчёта и опыта необходимо согласовать.
А) Только цвет графиков Б) Нагрузки, граничные условия и места измерения В) Только формат файла Г) Только название программы
Т19. Статус стандарта проверяют.
А) По году в обозначении без поиска Б) По официальному каталогу и сведениям об изменениях В) По любому форуму Г) Только по наличию PDF
Т20. Обязательность требования устанавливают.
А) По слову «стандарт» Б) По применимому правовому основанию и условиям использования В) По длине документа Г) По языку документа
Т21. Зазор в соединении равен.
А) Диаметр отверстия минус диаметр вала Б) Сумме диаметров В) Допуску вала всегда Г) Допуску отверстия всегда
Т22. Аккредитация лаборатории относится прежде всего к.
А) Соответствию каждой детали Б) Компетентности в установленной области В) Праву заменить любой регламент Г) Названию оборудования
Т23. При выборе формы подтверждения соответствия прежде всего учитывают.
А) Предпочтение студента Б) Идентификацию объекта и применимые положения регламента В) Стоимость прибора Г) Количество страниц паспорта
Т24. Если правило y+U≤L не выполнено, это означает.
А) Всегда доказанное несоответствие Б) Соответствие не подтверждено по этому правилу В) Всегда подтверждённое соответствие Г) Неопределённость равна нулю
5 Практические задания текущего контроля
31–316 соотносятся с практическими работами 1–16. Все числовые данные являются учебными. Для нормативных заданий преподаватель задаёт объект, юрисдикцию и дату проверки; выводы подтверждаются конкретными положениями официального документа.
31 Виды измерений
При растяжении стержня измерены сила, удлинение, исходный диаметр и начальная длина. Укажите непосредственно измеряемые и вычисляемые величины. Запишите модели напряжения и относительной деформации, единицы и условия применимости.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.
32 Выбор прибора
Диаметр около 20 мм; допустимая абсолютная погрешность измерения 0,01 мм. Штангенциркуль: разрешение 0,01 мм, допускаемая погрешность ±0,03 мм; микрометр: 0,001 мм и ±0,004 мм. Выберите прибор и перечислите дополнительные проверки.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.
33 Погрешность и поправка
Мера 50,000 мм дала показание 50,018 мм. Определите абсолютную и относительную погрешности и поправку. Исправьте показание 32,426 мм, предполагая постоянство установленной погрешности.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.
34 Повторные измерения
Длина, мм: 25,012; 25,015; 25,011; 25,014; 25,013. Найдите среднее, выборочное стандартное отклонение, стандартное

отклонение среднего и доверительный интервал среднего при вероятности 0,95; t=2,776. Наблюдения независимы, нормальная модель приемлема; систематические составляющие не учитываются.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

35 Подозрительное наблюдение
Перемещение, мм: 1,21; 1,20; 1,22; 1,19; 1,21; 1,47. Выделите подозрительное наблюдение, найдите среднее с ним и без него. Предложите порядок проверки и укажите, каких данных недостаточно для исключения.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

36 Неопределённость прямого измерения
Среднее 18,245 мм; uA=0,003 мм. Независимая инструментальная составляющая задана границами ±0,006 мм с равномерным распределением. Рассчитайте uB, uc и U при k=2. Запишите результат.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

37 Неопределённость напряжения
$\sigma=4F/(\pi d^2)$; F=10 000 Н, d=10,00 мм; стандартные неопределённости uF=50 Н, ud=0,02 мм. Величины независимы. Найдите σ, коэффициенты чувствительности, uc и U при k=2, сравните вклады.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

38 Тензометрия
$\Delta R/R=K\varepsilon$; R=120 Ом; K=2,0; ΔR=0,048 Ом. Найдите ε в безразмерном виде и микродеформациях. Объясните температурное влияние и способы его уменьшения.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

39 Регистрация вибраций
Максимальная частота полезного сигнала 400 Гц. Выбор частоты дискретизации: 500, 1000 или 5000 Гц. Определите теоретически допустимые варианты для ограниченного спектра и обоснуйте практический выбор с учётом фильтра и помех.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

310 Градуировка
Пары F, Н / U, В: 0/0,02; 100/1,01; 200/2,03; 300/3,00; 400/4,02. Найдите МНК-модель U=aF+b, остатки и силу при U=2,50 В. Укажите ограничения обратного преобразования.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

311 Расчёт и эксперимент
Расчётный прогиб 2,40 мм; экспериментальный результат (2,58 ± 0,10) мм, где U=0,10 мм при k=2. Найдите относительное расхождение к расчёту, проверьте попадание в экспериментальный интервал и объясните ограничения вывода.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

312 Карточка нормативного документа
Для ISO/IEC 17025:2017 либо другого документа, заданного преподавателем, установите название, официальный источник, статус, изменения, область применения и применимость в выбранной юрисдикции. Укажите конкретное положение для решаемой задачи. Международный статус не приравнивайте к национальному введению.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

313 Допуски и посадка
Отверстие: 40,000–40,025 мм; вал: 39,975–39,991 мм. Найдите допуски, минимальный и максимальный зазоры и характер посадки. Объясните выбор измерительной системы.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

314 Технический регламент
Объект: стационарный ленточный конвейер общего промышленного назначения, электропривод 380 В, эксплуатация в обычной невзрывоопасной среде, поставка в КР. По официальным документам установите применимые регламенты, исключения и форму подтверждения соответствия. Укажите сведения, требующие уточнения. Не делайте вывод только по названию объекта.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

315 Протокол испытания
В протоколе приведены объект, измеренное значение и заключение; отсутствуют метод испытания, средства измерений и условия. Укажите сведения, необходимые для проверки обоснованности вывода, и объясните их назначение.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

316 Правило принятия решения
Предел L=10,00 мм; y=9,96 мм; U=0,08 мм. Сравните учебные правила $y \le L$ и $y+U \le L$. Объясните различие решений и почему отсутствие подтверждения по второму правилу не доказывает несоответствие.
Представить: решение с исходными данными, методом, результатом и выводом; для документа — источник, статус и конкретное положение.

6 Индивидуальное задание для самостоятельной работы
Тема: метрологическое и нормативное обеспечение исследования механического объекта. Студент выбирает один вариант: статический прогиб балки; растяжение стержня; контроль диаметра вала; определение собственной частоты конструкции. При использовании учебного массива его происхождение явно указывается.
Работа выполняется в пределах предусмотренных 59,9 часа самостоятельной работы вместе с подготовкой к занятиям.
Результат: записка 5–8 страниц и файл обработки с формулами или кодом; защита 5–7 минут.
1. Определить объект, измеряемые величины, диапазоны и условия исследования.
2. Выбрать методы и средства измерений; привести характеристики и документы, подтверждающие пригодность.
3. Составить модель измерения и выполнить обработку исходного массива; сохранить исходные данные отдельно.
4. Оценить неопределённость и представить бюджет с выделением основных вкладов.
5. Выбрать минимум два нормативных документа: один по измерениям или испытаниям, другой по объекту либо оценке соответствия. Проверить статус, изменения и юрисдикцию; привести точные положения.
6. Сформулировать инженерный вывод и ограничения; при наличии допуска установить правило решения и применить его.
Критерий индивидуальной работы Баллы
Постановка задачи и выбор измерительной системы 0–3
Модель и обработка данных 0–4
Бюджет неопределённости 0–4
Выбор и применение нормативных документов 0–5
Выводы и воспроизводимость 0–2
Самостоятельная защита 0–2
Всего 20

Эталон носит структурный характер: корректная модель, проверяемые источники, воспроизводимая обработка, непротиворечивый бюджет и вывод в пределах данных. Единственный заранее заданный числовой ответ для индивидуальной работы не устанавливается.

7 Материалы промежуточной аттестации
7 1 Теоретические вопросы
И1. Построение модели измерения механической величины и выбор метода.
И2. Единство измерений и прослеживаемость результатов инженерных испытаний.
И3. Выбор прибора по диапазону, разрешению, погрешности и динамическим характеристикам.
И4. Поверка, калибровка и юстировка и использование их результатов.
И5. Источники погрешностей и способы уменьшения их влияния.
И6. Статистическая обработка повторных измерений и доверительный интервал среднего.
И7. Проверка подозрительных наблюдений и обоснование их исключения.
И8. Неопределённость по типам A и B и составление бюджета.
И9. Распространение неопределённости при косвенных измерениях и учёт корреляции.
И10. Запись результата, коэффициент охвата и округление.
И11. Измерительная цепь автоматизированной системы и источники искажений.
И12. Тензометрия деформаций и температурная компенсация.
И13. Дискретизация, входной диапазон, разрядность и фильтрация.
И14. Градуировочная зависимость и оценка остатков.
И15. Компьютерная обработка и воспроизводимость расчётов.
И16. Сопоставление эксперимента с расчётом и анализ расхождений.
И17. Стандартизация, унификация, типизация и взаимозаменяемость.
И18. Виды документов и проверка применимости в КР и РФ.
И19. Допуски и посадки в проектировании и контроле.
И20. Технические регламенты и стандарты и установление требований.
И21. Сертификация и декларирование и доказательная база.
И22. Аккредитация лабораторий и достоверность результатов.
И23. Расчётные и экспериментальные результаты в доказательной документации.
И24. Решение о соответствии с учётом неопределённости.
7 2 Комплексные задания
А1 Контроль диаметра
Допуск диаметра 30,000–30,040 мм; измерения: 30,018; 30,022; 30,020; 30,019; 30,021 мм. Независимая дополнительная составляющая: ±0,006 мм, равномерное распределение. Найдите среднее, uA, uc и U при k=2; оформите результат. Соответствие подтверждается, если весь интервал y±U находится внутри допуска.
А2 Напряжение и бюджет
$\sigma=4F/(\pi d^2)$; F=15 000 Н; d=12,00 мм; uF=75 Н; ud=0,03 мм; входы независимы. Найдите σ, uc и U при k=2; составьте бюджет, сравните вклады и предложите способ уменьшения неопределённости.
А3 Система регистрации
Измеряются ускорения ±20 м/с² при частоте полезного сигнала до 300 Гц. Датчик А: ±10 м/с², полоса до 1000 Гц; Б: ±50 м/с², полоса до 500 Гц. Частоты дискретизации: 400, 1000, 5000 Гц. Выберите датчик и частоту, обоснуйте фильтрацию и ограничения. Укажите недостающие характеристики для окончательного выбора.
А4 Градуировка и обратная модель
Используйте данные 310. Найдите коэффициенты U=aF+b, остатки и силу для U=2,50 В. Укажите данные, необходимые для оценки неопределённости силы, и условия допустимости экстраполяции.
А5 Проверка расчётной модели

Расчётная первая собственная частота 48 Гц; экспериментальная (52±1) Гц, U=1 Гц при k=2. Найдите относительное расхождение к расчёту; предложите порядок проверки измерительной системы, массы, жёсткости, закрепления и численного решения. Объясните ограничения подгонки одной частоты.
А6 Нормативное обеспечение контроля
Для соединения из 313 найдите зазоры и допуски. Составьте план измерения и перечень необходимых документов. По официальному источнику выберите одно конкретное требование к измерению или оформлению результата, проверьте применимость в КР и объясните влияние неопределённости на решение о годности.
7 3 Нормативные кейсы
К1 Статус документа
В работе указан ISO/IEC 17025:2005. По официальной карточке ISO установите его статус и документ-преемник. Затем определите, достаточно ли этого для вывода о применимой национальной редакции в КР. Приведите одно положение актуального доступного текста, связанное с достоверностью результатов.
К2 Правовое основание
В записке утверждается: «Любой ГОСТ обязателен в КР, потому что это межгосударственный стандарт». Проверьте утверждение. Для одного документа, выбранного преподавателем, установите национальное применение и конкретное основание обязательности либо условия добровольного использования.
К3 Метод испытания
Поставлена задача испытать металлический образец на растяжение при комнатной температуре. Найдите применимый документ на метод, проверьте его область и статус в заданной юрисдикции. Выберите одно требование к измерению и покажите, как оно влияет на выбор прибора или обработку.
К4 Машины и оборудование
Для объекта 314 установите применимость ТР ТС 010/2011, исключения, необходимые уточнения и форму подтверждения. Обоснуйте конкретными положениями. Другие применимые регламенты рассматривайте по характеристикам объекта, без автоматического переноса требований.
К5 Расчёт вместо испытаний
Изготовитель предлагает заменить испытания конвейера только конечно-элементным расчётом прочности. По применимым положениям регламента и документам метода определите, какие доказательства требуются и допускается ли такая замена. Если данных недостаточно, составьте точный запрос на уточнение.
К6 Решение лаборатории
Для данных 316 сравните заданные правила решения. По доступному официальному тексту документа по оценке соответствия или лабораторной деятельности найдите положение о правиле решения либо учёте неопределённости. Объясните, как его отразить в протоколе.
7 4 Комплект билетов
Каждая строка представляет полный билет; условия заданий приведены выше. Комплект охватывает все 24 теоретических вопроса. Перед использованием преподаватель готовит нормативные пакеты для кейсов и проверяет актуальность источников.
Билет Вопрос 1 Вопрос 2 Задание Кейс
1 И1 И13 А1 К3
2 И2 И14 А2 К4
3 И3 И15 А3 К5
4 И4 И16 А4 К6
5 И5 И17 А5 К1
6 И6 И18 А6 К2
7 И7 И19 А1 К3
8 И8 И20 А2 К4
9 И9 И21 А3 К5
10 И10 И22 А4 К6
11 И11 И23 А5 К1
12 И12 И24 А6 К2
8 Эталоны и материалы преподавателя
8 1 Ключ к тестам
Задания Правильные ответы
Т1–Т6 1 — Б; 2 — Б; 3 — Б; 4 — А; 5 — Б; 6 — А
Т7–Т12 7 — Б; 8 — В; 9 — В; 10 — Б; 11 — В; 12 — А
Т13–Т18 13 — А; 14 — Б; 15 — А; 16 — А; 17 — А; 18 — Б
Т19–Т24 19 — Б; 20 — Б; 21 — А; 22 — Б; 23 — Б; 24 — Б

8 2 Опорные элементы устных ответов
Ниже дан минимальный смысловой ориентир по каждой теме. Полный ответ должен включать объяснение и подходящий пример; воспроизведение одной формулы недостаточно.
В1–В6: операционное определение величины и условий; Н, Па, м, м/с²; косвенное измерение через модель; абсолютная величина и отношение; оценка по шкале и сравнение с мерой; документированная цепь калибровок до опоры с вкладом неопределённости.
В7–В12: датчик → согласование → преобразование → регистрация; диапазон, чувствительность и разрешение не тождественны точности; динамическое ослабление и фазовый сдвиг; температурные и контактные влияния; поверка оценивает соответствие установленным требованиям, калибровка устанавливает связь показаний с опорными значениями, юстировка изменяет настройку.
В13–В18: систематическое смещение и случайный разброс; поправка противоположна оценке погрешности; Δ=x−xоп,

δ=Δ/хоп, приведённая погрешность использует заданное нормирующее значение; s и s/√n; интервал среднего при заданной модели; исключение наблюдения требует основания и документирования.
B19–B24: погрешность — разность относительно опорного значения, неопределённость характеризует разброс приписываемых значений; A и B — способы оценивания, не синонимы случайного и систематического; a/√3; производные модели; ковариационные члены при зависимых входах; U=k×uc, условия охвата и согласованное округление.
B25–B30: состав измерительного канала; ΔR/R=Kε; мост, температурная компенсация; диапазон, полоса и шум датчика; частота дискретизации выше удвоенной верхней частоты строго ограниченного спектра, практический запас и аналоговая фильтрация; квантование и насыщение; общий временной отсчёт и метаданные.
B31–B36: исходные данные, единицы, пропуски и условия; МНК минимизирует сумму квадратов остатков; структура остатков выявляет недостатки модели; фильтр может менять амплитуду и фазу; согласование нагрузки, геометрии, точек и закрепления; ошибки сетки не тождественны неопределённости эксперимента.
B37–B42: объекты и уровни стандартизации; унификация сокращает разнообразие, типизация использует типовые решения, взаимозаменяемость обеспечивает замену; межгосударственный статус не доказывает национальное введение; обязательность определяется применимым правовым основанием; проверяются изменения и замена; допуски определяют разрешённые размеры и условия контроля.
B43–B48: подтверждение соответствия входит в более широкую оценку; сертификация и декларирование различаются процедурами и ответственностью; сначала идентификация объекта и область регламента; доказательства должны соответствовать конкретным требованиям; аккредитация относится к компетентности в области, сертификация — к объекту; правило решения устанавливается заранее и учитывает риск ошибочного вывода.
8 3 Эталоны практических заданий
31. Прямые входы: F, Δl, d, l0. σ=4F/(πd²), ε=Δl/l0; Н, м и Па либо Н, мм и МПа при согласованной записи. Для напряжения — осевое растяжение и исходное круглое сечение; отношение ε безразмерно. Прослеживаемость и условия проверяются для каждого входа.
32. Микрометр удовлетворяет заданному пределу ±0,01 мм по паспортной погрешности; штангенциркуль нет. Проверить диапазон, действительность метрологических документов, состояние, температуру, установку, усилие и полный бюджет; паспортный предел ещё не равен неопределённости реального измерения.
33. Δ=+0,018 мм; δ=0,018/50×100%=0,036%; поправка −0,018 мм; исправленное значение 32,408 мм. Перенос поправки оправдан только при заданном постоянстве смещения.
34. Среднее 25,013 мм; s=0,001581 мм; uA=0,0007071 мм; полуширина интервала 0,001963 мм. Интервал приблизительно [25,01104; 25,01496] мм. Это статистический интервал среднего в принятой модели, а не полный интервал неопределённости.
35. Подозрительно 1,47 мм; среднее всех 1,25 мм; без последнего 1,206 мм. Проверить запись, сбой, смену условий и применимость выбранного критерия. Сам факт отличия не является основанием удаления.
36. uB=0,006/√3=0,003464 мм; uc=√(0,003²+0,003464²)=0,004583 мм; U=0,009165 мм. Допустимая запись: (18,2450±0,0092) мм при k=2 либо (18,245±0,009) мм с корректным округлением.
37. σ=127,324 МПа; cF=0,0127324 МПа/Н; cd=−25,4648 МПа/мм. Стандартные вклады: 0,63662 и 0,50930 МПа; uc=0,81527 МПа; U=1,63054 МПа. Запись (127,3±1,6) МПа при k=2. Вклад силы в дисперсию около 61%, диаметра около 39%.
38. ε=0,048/(120×2)=0,0002=200 мкм/м. Температура влияет на сопротивление и термические деформации; допустимы компенсирующие схемы, подходящие датчики и измерение температуры.
39. Теоретически fc>800 Гц: 1000 и 5000 Гц. 500 Гц непригодна. Практический выбор зависит от фильтра, спектра помех, ресурса и требуемой полосы; 5000 Гц даёт больший запас, но не устраняет необходимость фильтра и проверки характеристик.
310. a=0,00999 В/Н; b=0,018 В; остатки 0,002; −0,007; 0,014; −0,015; 0,006 В. F=(2,50−0,018)/0,00999=248,448 Н. Обратная модель применяется в проверенном диапазоне при достаточной линейности; необходима оценка её неопределённости.
311. Расхождение 0,18 мм или 7,5% к расчёту. Экспериментальный интервал [2,48; 2,68] мм; 2,40 мм вне него. Полная проверка требует неопределённости входов и модели, исследования сетки и согласования условий.
312. Обязательные элементы: точное обозначение, официальный источник, статус, изменения, область, юрисдикция и положение документа. Для ISO/IEC 17025 международная карточка подтверждает статус международного документа; национальное введение проверяется отдельно.
313. Допуск отверстия 0,025 мм; вала 0,016 мм. Smin=40,000−39,991=0,009 мм; Smax=40,025−39,975=0,050 мм; посадка с зазором. При выборе прибора учитываются неопределённость и правило годности, а не только цена деления.
314. Эталон процедурный: идентификация конвейера, проверка области ТР ТС 010/2011 и исключений, формы и схемы по применимым положениям; анализ электрических и иных характеристик для других регламентов. Недостающие признаки запрашиваются. Форма не назначается автоматически по одному названию; актуальный вывод фиксируется преподавателем по выданной редакции.
315. Нужны идентификация образца, метод и редакция, условия, приборы и их метрологические документы, результаты и единицы, применимое требование, правило решения, сведения об исполнителе и утверждении. Необходимость указания неопределённости определяется методом, целью и правилом решения; её отсутствие не объявляется автоматически нарушением любого протокола.
316. y≤L выполняется; y+U=10,04 мм>L — второе условие не выполняется. Соответствие по второму правилу не подтверждено, но интервал пересекает границу, поэтому без отдельного правила нельзя утверждать доказанное несоответствие.
8 4 Эталоны комплексных заданий
A1. Среднее 30,020 мм; s=0,001581 мм; uA=0,0007071 мм; uB=0,003464 мм; uc=0,0035355 мм; U=0,0070711 мм. Интервал [30,01293; 30,02707] мм внутри допуска; соответствие подтверждено по заданному правилу. Запись (30,0200±0,0071) мм при k=2.
A2. σ=132,629 МПа; cF=0,00884194 МПа/Н; cd=−22,1049 МПа/мм. Оба стандартных вклада равны 0,663146 МПа; дисперсионные доли по 50%; uc=0,937829 МПа; U=1,87566 МПа. Запись (132,6±1,9) МПа при k=2. Уменьшение только

одного входа ограничивает эффект; сравниваются стоимость и достижимая точность обоих.
А3. Датчик А не покрывает амплитудный диапазон; Б покрывает заданные диапазон и частоту номинально. 400 Гц недостаточно; 1000 и 5000 Гц теоретически допустимы. Требуется проверка полосы по допустимому ослаблению, погрешности, динамических характеристик, шумов, чувствительности, АЦП и фильтра. Несколько обоснованных практических выборов частоты принимаются.
А4. Числа соответствуют З10. Для неопределённости требуются неопределённости опорных сил, выходных сигналов, повторяемость, ковариация параметров a и b, дрейф и оценка адекватности. Экстраполяция без подтверждения модели за диапазоном не обоснована.
А5. Расхождение 4 Гц или 8,333% к расчёту; 48 Гц вне интервала [51; 53] Гц. Проверяются идентификация моды и измерение, геометрия, распределение массы, материал, закрепление, сходимость численного решения. Подгонка одной частоты не подтверждает форму моды и поведение на других режимах.
А6. Числа соответствуют З13. План содержит измерение отверстия и вала в обоснованных сечениях, контроль температуры, выбор средств, метрологическую проверку и правило решения. Нормативное положение должно быть связано с реальным действием. При недостатке данных об экземпляре годность конкретного соединения не устанавливается.
8 5 Эталоны нормативных кейсов
Для К1–К6 фиксированными являются логика проверки и критерии, а не универсальный номер пункта. Перед аттестацией преподаватель формирует эталонную карточку по выданным актуальным документам: обозначение и редакция; дата проверки; точное положение; признаки применимости; допустимый вывод и ограничения. Отсутствие такой карточки означает, что кейс не подготовлен к проведению.
К1. Международная редакция 2005 заменена редакцией 2017; карточка ISO подтверждает актуальность ISO/IEC 17025:2017. Национальный документ и введение проверяются отдельно. Зачётный ответ связывает выбранное доступное положение с обеспечением достоверности конкретного результата.
К2. Утверждение об обязательности любого ГОСТ необоснованно. Нужны национальный статус и правовое основание либо договорное условие. Международное или межгосударственное происхождение не заменяет проверку применимости.
К3. Подтверждены материал, вид испытания и температура; область метода соответствует задаче. Конкретное требование переводится в характеристику измерительной системы или действие при обработке; статус и национальное применение подтверждены источником.
К4. Вывод основан на идентификации, области, исключениях и перечнях регламента с учётом изменений. Названы недостающие признаки. Указаны применимые положения о форме подтверждения, а не предположение по коду или названию.
К5. Расчёт оценивается как часть доказательств в пределах применимых требований. Допустимость замены устанавливается по конкретной процедуре и методу; без основания полная замена не принимается. Корректный мотивированный запрос при недостатке данных является допустимым ответом.
К6. Решения соответствуют З16. Найдено релевантное положение о правиле решения или неопределённости; в протоколе предложено явно указать требование, результат, правило и заключение. Нельзя смешивать «не подтверждено» и «доказано несоответствие».
9 Методические и организационные условия
Для числовых задач оценивание проводится по неокруглённым промежуточным значениям. При корректном округлении допускается отличие последней значащей цифры. Коэффициент k=2 в задании не означает автоматически точную вероятность охвата 0,95 при любых распределениях; студент должен учитывать условия интерпретации.
Для теоретических вопросов И1–И24 используются опорные элементы соответствующих тем из раздела 8.2. Для билетов не требуется дословное совпадение с эталоном; принимается иной корректный метод с обоснованными допущениями. При нормативном задании оценка снижается за применение документа вне области или юрисдикции даже при правильном пересказе его текста.
Самостоятельность проверяется краткой защитой: объяснение одного ключевого шага, изменения входного параметра или выбранного положения документа. Источники и используемые программные средства указываются. Условия доступности, дополнительные форматы и время для обучающихся с особыми потребностями устанавливаются индивидуально по локальным правилам.
Результаты фиксируются в ведомости с кодом задания, баллом по критериям и кратким замечанием. Для текущего контроля указываются первичная и повторная оценки. Порядок хранения работ, пересдачи и апелляции определяется действующими локальными актами университета.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Перечень теоретических вопросов по всем разделам дисциплины.
Комплект расчётных задач по обработке измерений и оценке неопределённости.
Комплект заданий по выбору и применению нормативно-технических документов.
Билеты, включающие теоретический вопрос, расчётную задачу и документально ориентированный кейс.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Сергеев А.Г., Латышев М. В., Терегеря В. В.	Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие	М.: Логос 2003
Л1.2	Димов Ю.В.	Метрология, стандартизация и сертификация: учебник	СПб.: Питер 2010

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Муслина Г.Р., Правиков Ю.М., Худобин Л.В.	Метрология, стандартизация и сертификация: учебник	М.: Кнорус 2023

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Скрипников А.А.	Метрология и измерительная техника: учебно-методическое пособие	Бишкек: Изд-во КРСУ 2005

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	LibreOffice (Calc, Writer) — обработка результатов измерений, расчёт погрешностей и неопределённости, построение графиков, оформление отчётов. LibreOffice
6.3.1.2	Python с библиотеками NumPy, SciPy, Matplotlib — статистическая обработка экспериментальных данных, аппроксимация зависимостей и визуализация результатов. scipy.org
6.3.1.3	GNU Octave — численные расчёты, работа с массивами измерительных данных, построение графиков и сопоставление расчётных и экспериментальных результатов. octave.org
6.3.1.4	NI LabVIEW — создание виртуальных приборов, автоматизация сбора и обработки измерительных сигналов; при наличии лицензии и совместимого лабораторного оборудования.

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения

6.3.2.1	Перечень профессиональных баз данных
6.3.2.2	1. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений — ФГИС «Аршин» — сведения об утверждённых типах средств измерений, методиках измерений, эталонах и результатах поверки: https://fgis.gost.ru/fundmetrology/. consultant.ru
6.3.2.3	2. База документов по стандартизации Кыргызстандарта — поиск национальных и межгосударственных стандартов, применяемых в Кыргызской Республике; доступ через официальный сайт Кыргызстандарта. nism.gov.kg
6.3.2.4	3. База технических регламентов ЕАЭС на сайте Евразийской экономической комиссии — технические регламенты и связанные с ними перечни стандартов для изучения требований к продукции и подтверждения соответствия. eec.eaeunion.org
6.3.2.5	Перечень информационных справочных систем
6.3.2.6	1. Централизованный банк данных правовой информации Кыргызской Республики — поиск нормативных правовых актов по вопросам метрологии, стандартизации и технического регулирования: cbd.minjust.gov.kg. cbd.minjust.gov.kg
6.3.2.7	2. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» — изучение российского законодательства об обеспечении единства измерений и нормативной базы ЕАЭС. consultant.ru
6.3.2.8	3. Информационный ресурс BIPM/JCGM — международный метрологический словарь VIM и руководства GUM по оцениванию неопределённости измерений.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины **«Метрология, стандартизация и сертификация»** предусматривает посещение лекций, выполнение практических работ, самостоятельное изучение учебных материалов и нормативно-технических документов, подготовку к текущему контролю и промежуточной аттестации.

При изучении дисциплины необходимо уделять внимание обоснованному выбору методов и средств измерений, обработке экспериментальных данных, оценке неопределённости результатов и применению нормативно-технической документации при решении задач прикладной механики.

1. Подготовка к лекциям и работа с лекционным материалом

Перед лекцией рекомендуется ознакомиться с её темой и содержательными вопросами, просмотреть соответствующий

раздел учебного пособия и повторить необходимые сведения из физики, теории вероятностей, математической статистики и сопротивления материалов.

В ходе лекции следует фиксировать:

- определения и различия основных понятий;
- классификации методов и средств измерений;
- расчётные зависимости с пояснением обозначений и единиц величин;
- условия применимости методов обработки данных;
- последовательность решения инженерных задач;
- назначение рассматриваемых нормативных документов.

Конспект рекомендуется составлять в форме кратких записей, схем и примеров. Формулы необходимо записывать вместе с допущениями и условиями применения. Особое внимание следует уделять различиям между погрешностью и неопределённостью, разрешением и точностью прибора, поверкой и калибровкой, стандартом и техническим регламентом.

После лекции необходимо дополнить конспект, проверить понимание терминов и ответить на контрольные вопросы по теме. Непонятные положения следует сформулировать в виде вопросов для обсуждения на практическом занятии или консультации.

2. Подготовка к практическим занятиям

До начала практического занятия обучающийся должен изучить условие работы, повторить соответствующий теоретический материал и подготовить необходимые расчётные инструменты.

При выполнении практической работы рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

1. Определить, какую величину требуется измерить или рассчитать и какое решение необходимо принять.
2. Выписать исходные данные, единицы величин, допустимые значения и заданные условия.
3. Выбрать метод решения и составить модель измерения.
4. Проверить согласованность единиц и достаточность исходных данных.
5. Выполнить расчёты или анализ нормативного документа.
6. Оценить достоверность результата и, если это предусмотрено заданием, его неопределённость.
7. Сформулировать вывод, указав основания и ограничения.

При выборе средства измерений следует учитывать диапазон, разрешение, предел допускаемой погрешности, динамические характеристики, условия эксплуатации и сведения о его метрологическом состоянии. Выбор прибора только по цене деления или числу разрядов показания недостаточен.

При обработке повторных измерений необходимо различать разброс отдельных наблюдений и неопределённость среднего значения. Исключение подозрительного результата допускается только при наличии обоснования; исходные данные при этом сохраняются.

При расчёте косвенно определяемой величины необходимо установить, какие входные величины влияют на результат, оценить их неопределённости и учесть зависимость между ними, если она имеется.

3. Оформление и защита практических работ

Отчёт по практической работе должен содержать:

- название и номер работы;
- исходные данные и условия;
- выбранный метод и используемые зависимости;
- расчёты, таблицы или графики;
- результат с единицами и необходимыми характеристиками точности;
- вывод;
- источники нормативных требований, если они использовались.

Объём отчёта определяется содержанием работы. Избыточное переписывание теории не требуется: необходимо показать ход решения и основания полученного вывода.

Промежуточные вычисления следует выполнять с достаточным числом значащих цифр. Округление окончательного результата согласуется с округлением его неопределённости. Если приводится расширенная неопределённость, необходимо указать коэффициент охвата и условия её интерпретации.

При защите обучающийся должен уметь объяснить выбор метода, раскрыть смысл используемых величин, обосновать расчёты и назвать ограничения результата. Обнаруженные ошибки необходимо исправить и представить работу на повторную проверку в установленном преподавателем порядке.

4. Работа с нормативно-технической документацией

Изучение нормативных документов является обязательной частью освоения дисциплины и формирования компетенции ОПК-5.

Работу с документом рекомендуется выполнять в следующем порядке:

1. Определить объект и задачу, для которых требуется документ.
2. Установить юрисдикцию и условия применения.
3. Найти официальный источник документа или сведения о нём.
4. Проверить обозначение, название, статус, изменения и наличие заменяющего документа.
5. Изучить область применения и исключения.
6. Выбрать конкретные положения, относящиеся к решаемой задаче.
7. Объяснить, как выбранное требование влияет на измерение, испытание или решение о соответствии.

Для каждого использованного документа следует фиксировать его обозначение, источник, дату проверки и номера применённых положений.

Необходимо разграничивать национальные требования Кыргызской Республики и Российской Федерации, документы ЕАЭС и международные стандарты. Международный или межгосударственный статус документа сам по себе не подтверждает его применимость к конкретной задаче.

Если статус документа или основание применения установить не удалось, это следует прямо указать. Не допускается заменять проверку применимости ссылкой на случайную копию документа или пересказ из неофициального источника.

5. Компьютерная обработка экспериментальных данных

Расчёты могут выполняться в электронной таблице или другой доступной программной среде. Выбранное средство должно позволять проверить исходные данные, формулы и последовательность обработки.

При компьютерной обработке необходимо:

- сохранять исходный массив отдельно от обработанных данных;
- указывать единицы величин и условия получения результатов;
- проверять пропуски, ошибки ввода и согласованность форматов;
- сохранять расчётные формулы или программный код;
- подписывать оси графиков и указывать единицы;
- проверять результат оценкой порядка величины или независимым расчётом.

Фильтрацию и сглаживание следует применять обоснованно. Необходимо оценивать, не изменяет ли обработка амплитуды, частоты и другие характеристики, существенные для исследования.

При сравнении эксперимента с численным расчётом требуется согласовать геометрию, нагрузки, граничные условия, места измерения и сравниваемые величины. Совпадение одного показателя не является достаточным основанием для вывода о достоверности всей расчётной модели.

6. Организация самостоятельной работы

Самостоятельную работу следует выполнять регулярно, по мере изучения тем. Она включает повторение лекций, подготовку к практическим занятиям, обработку данных, изучение нормативных документов и подготовку к контролю.

Рекомендуемое распределение соответствует ранее предложенным темам:

Направление самостоятельной работы	Объём, академических часов
Величины, единицы и методы измерений	6
Средства измерений и их характеристики	6
Погрешности и статистическая обработка	8
Неопределённость прямых и косвенных измерений	8
Автоматизированные измерительные системы	8
Компьютерная обработка и сопоставление с расчётом	8
Стандартизация и нормативная документация	8
Подтверждение соответствия и анализ результатов испытаний	7,9
Всего	**59,9**

Результаты самостоятельных работ могут использоваться как части индивидуального расчётно-аналитического задания. Такое объединение позволяет последовательно исследовать один механический объект без повторения одинаковых

расчётов. Выполнение индивидуального задания входит в установленный объём самостоятельной работы.

При использовании учебного массива данных необходимо обозначить его происхождение. Учебные данные нельзя представлять как результаты самостоятельно проведённого эксперимента.

7. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации

Подготовка к текущему контролю включает повторение понятий, решение расчётных задач и проверку умения применять нормативные документы. Для самопроверки следует использовать контрольные вопросы и задания ФОС.

При подготовке к промежуточной аттестации рекомендуется:

- систематизировать материал по восьми темам дисциплины;
- повторить модели измерений и методы обработки данных;
- самостоятельно решить типовые задачи;
- проверить умение выбирать и применять нормативные положения;
- подготовиться к объяснению результатов практических работ;
- устранить ошибки, отмеченные преподавателем.

При ответе на теоретический вопрос необходимо раскрыть понятие, объяснить его связи с другими положениями дисциплины и привести инженерный пример. При решении задачи следует показать метод, расчёты, единицы и обоснованный вывод. В нормативном задании требуется подтвердить применимость документа и указать конкретное положение, использованное в решении.

Форма промежуточной аттестации, разрешённые материалы и порядок оценивания сообщаются преподавателем в соответствии с учебным планом и утверждённым ФОС.

8. Самоконтроль и консультации

После изучения каждой темы обучающийся должен проверить, способен ли он объяснить основные понятия, выбрать метод решения, выполнить расчёт и обосновать вывод.

Для консультации рекомендуется подготовить конкретный вопрос, условие задачи и собственную попытку решения. Это позволяет определить причину затруднения: недостаточное понимание понятия, ошибку модели, вычисления или выбора документа.

При пропуске занятия необходимо самостоятельно изучить его содержание, получить условие практической работы и согласовать порядок выполнения и защиты. Освоение темы подтверждается способностью самостоятельно объяснить и применить изученный материал.