

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ТРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра № 6

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

ДОН, А.Т.Н.

(подпись, уч. степень, звание)

Н.Ю. Ефремов

(подпись, фамилия)

«19» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы и средства измерений на цифровых производственных
объектах»

Код дисциплины подготовки/ специальности	27.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Стандартизация и метрология
Наименование направленности	Цифровая метрология и стандартизация
Формы обучения	заочная
Год приема	2023

Лист согласования рабочих программ дисциплины

Программу составил (а)

ДОН, А.Т.Н.

(подпись, дата)

19.02.2025

Н.Ю. Ефремов

(подпись, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 6
«19» февраля 2025 г., протокол № 10-02/2025

Заседующий кафедрой № 6

А.А.И.проф.

(подпись, дата)

19.02.2025

В.В. Орешинов

(подпись, фамилия)

Заместитель директора института ФТИИ по методической работе

ДОН, А.Т.Н.

(подпись, дата)

19.02.2025

Н.Ю. Ефремов

(подпись, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Методы и средства измерений на цифровых производствах» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 27.03.01 «Стандартизация и метрология» направленности «Цифровая метрология и стандартизация». Дисциплина реализуется кафедрой «№6».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен проводить анализ состояния метрологического обеспечения в подразделении метрологической службы организации»

ПК-3 «Способен осуществлять работы по выявлению и предотвращению несоответствий продукции предъявляемым требованиям»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с подготовкой студента к решению организационных, научных и технических задач для осуществления сбора и обработки научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач с учетом цифровизации организационно-технических элементов метрологического обеспечения. Рассматриваются общие положения об измерениях, в том числе в метрологической части технологий Индустрии 4.0 (интернет вещей, большие данные); правила обработки результатов измерения и оценивания погрешностей с использованием методов и инструментов BigData и искусственного интеллекта; классификация и основные характеристики методов и средств измерений различных физических величин, а также методов и средств измерений на производстве; основы контроля важнейших параметров продукции, виды и методы испытаний.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является изучение методических и технических основ прикладной метрологии – проведения измерений и контроля различных физических величин; порядка оценки погрешностей измерений, подготовки к измерениям и выполнение измерений. Кроме того, целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с основами, классификацией и назначением методов контроля и испытаний на цифровом производстве.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен проводить анализ состояния метрологического обеспечения в подразделении метрологической службы организации	ПК-1.3.3 знать область применения методов измерения ПК-1.3.4 знать конструктивные особенности и принципы работы средств измерения, технологические возможности в области применения средств измерения ПК-1.В.2 владеть навыками анализа информации об отказах средств измерения, контроле испытаний в процессе эксплуатации, состоянии и условиях их хранения, об эффективности их использования ПК-1.В.3 владеть навыками выявления и оценки погрешностей измерения и ошибок контроля
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен осуществлять работы по выявлению и предотвращению несоответствий продукции предъявляемым требованиям	ПК-3.3.3 знать физические принципы работы, возможности и области применения методов и средств измерений ПК-3.3.4 знать методики контроля испытания продукции ПК-3.У.3 уметь выбирать и разрабатывать методы и средства контроля технологического процесса, технологической операции, разрабатывать схемы измерений и контроля

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Электротехника»,
- «Математика. Теория вероятностей и математическая статистика»,
- «Метрология. Общая теория измерений»;
- «Методы и средства измерений».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Метрологическая экспертиза»,
- «Прикладная метрология»,
- «Метрологическое обеспечение жизненного цикла продукции».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	12	12
Аудиторные занятия, всего час.	16	16
в том числе:		
лекции (Л), (час)	4	4
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	4	4
лабораторные работы (ЛР), (час)	8	8
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	9	9
Самостоятельная работа, всего (час)	119	119
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Современные методы исследования микроструктуры физических объектов	1		2		20
Тема 1.1. Методы электронной микроскопии.					
Тема 1.2. Сканирующая зондовая микроскопия. Атомный силовой и туннельный микроскоп.					

Раздел 2. Методы и средства измерений на традиционном и цифровом производстве Тема 2.1. Измерения углов, линейных размеров. Тема 2.2. Измерения отклонений формы и взаимного расположения поверхностей. Тема 2.3. Измерения шероховатости и волнистости поверхности. Тема 2.4. Измерения и контроль параметров резьбы и зубчатых колес (передач). Тема 2.5. Контроль качества покрытий. Тема 2.6. Многофункциональные и специализированные измерительные системы для контроля параметров сложнопровильных деталей и узлов.	1	2	4		40
Раздел 3. Методы контроля и испытаний на традиционном и цифровом производстве Тема 3.1. Контроль параметров технологических процессов. Классификация методов контроля. Тема 3.2. Методы и средства неразрушающего контроля. Тема 3.3. Назначение и классификация методов испытаний. Тема 3.4. Контроль и испытания на цифровом производстве	1	2	2		40
Раздел 4. Перспективные направления развития измерительной техники Тема 4.1. Тенденции развития измерительной техники. Тема 4.2. Современные и перспективные измерительные технологии, системы и сенсоры.	1				19
Итого в семестре:	4	4	8		119
Итого	4	4	8	0	119

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1. Современные методы исследования микроструктуры физических объектов	Тема 1.1. Методы электронной микроскопии. Просвечивающая и растровая электронная микроскопия. Принципы регистрации информации об объекте. Тема 1.2. Сканирующая зондовая микроскопия. Атомный силовой и туннельный микроскоп. Принципы работы СЗМ. Особенности томо-силовых и туннельных микроскопов, сфера применения и ограничения.
Раздел 2. Методы и средства измерений на традиционном и цифровом производстве	Тема 2.1. Метрологическое обеспечение цифрового производства Типовая структура цифрового производства. Промышленный интернет вещей. Современные производственные

	информационно-измерительные системы. Работа с измерительной информацией в формате BigData. Тема 2.2. Измерения углов, линейных размеров Методы и средства измерений угловых величин. Измерительный инструмент, рычажно-механические и оптико-механические средства измерений линейных и диаметральных размеров. Тема 2.3. Измерения отклонения формы и взаимного расположения поверхностей Классификация отклонений формы и взаимного расположения поверхностей. Средства измерений отклонений формы плоских и цилиндрических поверхностей. Тема 2.4. Измерения шероховатость поверхности Параметры шероховатости поверхностей и способы ее оценки. Методы и средства измерений шероховатости поверхности. Тема 2.5. Измерения и контроль параметров резьбы и зубчатых колес (передач) Основные параметры резьбы и зубчатых колес (передач). Комплексный и поэлементный контроль параметров резьбы. Контроль норм точности зубчатых колес и передач. Тема 2.6. Контроль качества покрытий Классификация показателей качества покрытий. Методы и средства измерения толщины, твердости и шероховатости покрытий (пленок). Тема 2.7. Многофункциональные измерительные системы для контроля параметров сложнопрофильных деталей и узлов Сложнопрофильные детали и узлы, используемые при производстве наукоемких изделий. Системы для измерения и контроля параметров сложных деталей: видеомикроскопы, контрольно-измерительные машины, профилографы, лазерные трекеры.
Раздел 3. Методы контроля и испытаний на традиционном и цифровом производстве	Тема 3.1. Контроль параметров технологических процессов. Классификация методов контроля. Использование контроля при технологической обработке деталей. Принципы классификации методов контроля. Тема 3.2. Методы и средства неразрушающего контроля на традиционном и цифровом производстве. Основы неразрушающего контроля. Методы неразрушающего контроля: радиационный, магнитный, вихретоковый, акустический, оптический. Неразрушающий контроль на цифровом производстве. Тема 3.3. Назначение и классификация методов испытаний. Принципы классификации методов испытаний. Основные виды испытаний: механические, на ударные воздействия, на воздействие вибраций, на воздействия линейных ускорений, испытания электрооборудования. Тема 3.4. Контроль и испытания на цифровом производстве
Раздел 4. Перспективные направления развития измерительной техники	Тема 4.1. Тенденции развития измерительной техники. Обзор основных направлений развития измерительной техники. Измерительная техника и Индустрия 4.0. Тема 4.2. Современные и перспективные измерительные технологии, системы и сенсоры. Структура типовой измерительной системы. Перспективные цифровые датчики и сенсоры.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8					
1	Измерения при комплексном контроле ответственных деталей и узлов	Разбор дополнительного материала, дискуссия	2	1	2
2	Контроль и испытания на цифровом производстве	Разбор дополнительного материала, дискуссия	2	2	3
Всего			4		

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8				
1	Определение метрологических характеристик измерительного инструмента	3	2	2
2	Анализ локальной схемы поверки СИ	3	2	2
3	Статистический контроль качества и стабильности производственного процесса	2	1	3
Всего		8		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	40	40

Курсовое проектирование (КП, КР)	-	-
Расчетно-графические задания (РГЗ)	-	-
Выполнение реферата (Р)	-	-
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	-	-
Домашнее задание (ДЗ)	25	25
Контрольные работы заочников (КРЗ)	35	35
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	19	19
Всего:	119	119

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
006 О-75	Основы метрологии: учебник / Окрепилов В.В. и др. – СПб: ГУАП, 2020. 479 стр.	5
https://znanium.com/catalog/document?id=373502	Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / Иванов А.А. и др. – М: ИНФРА-М, 2021. 301 стр. /	
004 Ц 75	Цифровая метрология : учебное пособие / Ю. А. Антохина [и др.] ; ред. В. В. Окрепилов ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2021. - 181 с.	3
https://znanium.com/catalog/product/1405813	Шеер, А. Индустрия 4.0 : от прорывной бизнес-модели к автоматизации бизнес-процессов : учебник / А. В. Шеер ; пер. с англ. О. А. Виниченко, Д. В. Стефановского ; под науч. ред. Д. В. Стефановского. -	

	Москва : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2020. - 72 с. - (Академический учебник). - ISBN 978-5-85006-194-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1405813 (дата обращения: 13.05.2022).	
https://znanium.com/catalog/product/1405779	Цифровая трансформация: IoT, AI, VR, Big Data / Digital Transformation: IoT, AI, VR, Big Data : сборник докладов XII международной студенческой научно-практической конференции / отв. за вып. М. А. Иванова. - Москва : Дело (РАНХиГС), 2019. - 256 с. - ISBN 978-5-85006-171-5. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1405779	
/https://znanium.com/catalog/document?id=357461	Метрология: учебник /. Бавыкин О.Б. и др. – М: Форум, 2020. - 522 стр.	
/https://znanium.com/catalog/document?id=370818	Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник / Боларев Б.П. – М: ИНФРА-М, 2021. - 365 стр.	
53 Т30	Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. М.: Изд. Мир, 1985. – 324с.	2 экз. ФО
681.2 М45	Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений. М.: Мир, 1990. – 535с.	2.экз.- ГС; 3 экз.- ФО; 3 экз.- СО
	Закон РФ «Об обеспечении единства измерений».	
	Закон РФ «О стандартизации в Российской Федерации».	
	Положение о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Фе-дерации (Постановление Правительства Российской Федерации от 31 октября 2009 г. № 879).	

**7. Перечень электронных образовательных ресурсов
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://fundmetrology.ru/	Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений
http://metrologe.ru/lektsii-po-normirovaniyu-tochnosti-i-tekhnicheskim-izmereniyam/99-metrologicheskie-osnovy-texnicheskix-izmerenij.html	Метрологические основы технических измерений
http://quality.eup.ru/METROL/mo.htm	Метрологическое обеспечение
http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/metr/01.php	Метрология, стандартизация и сертификация
http://studopedia.net/10_167295_printsipi-i-metodi-izmereniya.html	Принципы и методы измерения

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория «метрологии и технических измерений», «Цифровой метрологии»	52.51, 52.50

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Раскройте принципы просвечивающей и растровой электронной микроскопии.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
2	Поясните принципы регистрации информации об объекте методом электронной микроскопии.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-1.В.2 ПК-1.В.3 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
3	Проанализируйте принципы работы СЗМ.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-1.В.2 ПК-1.В.3 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
4	Охарактеризуйте особенности атомно-силовых и туннельных микроскопов, сфера применения и ограничения.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
5	Что вы узнали о методах и средствах измерений угловых величин?	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
6	Проанализируйте методы и средства измерений линейных размеров. Поясните их классификацию, назначение, метрологические характеристики.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
7	В чем состоит классификация отклонений формы и взаимного расположения поверхностей?	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-1.В.2 ПК-1.В.3 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
8	Выделите средства измерений отклонений формы плоских и цилиндрических поверхностей.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
9	Что вы узнали о параметрах шероховатости и волнистости поверхностей?	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3

		ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
10	Проанализируйте методы и средства измерений шероховатости поверхности.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
11	Что вы знаете о комплексном и поэлементном контроле параметров резьбы?	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-1.В.2 ПК-1.В.3 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
12	Проанализируйте методы и средства контроля норм точности зубчатых колес и передач.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
13	Объясните классификацию показателей качества покрытий.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
14	В чем состоят методы и средства измерения толщины, твердости и шероховатости покрытий (пленок)?	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-1.В.2 ПК-1.В.3 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
15	Охарактеризуйте системы для измерения и контроля параметров сложных деталей: видеомикроскопы, контрольно-измерительные машины, профилографы, лазерные трекеры.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
16	Объясните классификацию методов контроля на производстве.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
17	Проанализируйте основные методы неразрушающего контроля.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
18	Что из себя представляет и какие элементы включает классификация методов испытаний?	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
19	В чем состоят механические испытания и испытания на ударные	ПК-1.3.3

	воздействия?	ПК-1.3.4 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
20	Раскройте структура типовой измерительной системы. Перспективные цифровые датчики и сенсоры	ПК-1.В.2 ПК-1.В.3 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
Задачи для экзамена		
1	Сравнить конструктивные особенности, принципы работы СИ и технологические возможности растрового и электронного микроскопов	ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
2	Сравнить конструктивные особенности, принципы работы СИ и технологические возможности КИМ и 3D-сканера	ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3
3	Описать методику контроля типовой детали с использованием КИМ	ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
Перечень вопросов для текущего/промежуточного контроля		
1	Методы и средства измерений на традиционном и цифровом производстве 1. Как правильно расшифровывается аббревиатура ИИС? а) Информационно-измерительные системы б) Инновационная измерительная среда; в) Измерительное информационное средство; г) Инновационно-информационная структура. 2. Как вы считаете, какой из элементов не входит в типовую ИИС? а) датчики б) Преобразователь интерфейса; в) дешифратор; г) АЦП.	ПК-1.3.3 ПК-1.3.4 ПК-1.В.2 ПК-1.В.3 ПК-3.3.3 ПК-3.3.4 ПК-3.У.3

	3. Как вы считаете, какой из элементов не входит в типовую ИИС? a) датчики b) Преобразователь интерфейса; c) дешифратор; d) АЦП. 4. Укажите правильную характеристику концевой меры длины a) аналоговый измерительный прибор; b) цифровой стандартный образец; c) аналоговое средство измерений; d) аналоговый измерительный инструмент. 5. Выделите, на каком этапе появилось цифровое производство? a) Индустрия 1.0; b) Индустрия 2.0; c) Индустрия 3.0; d) Индустрия 4.0. 6. Определите, какая система не входит в MDC? a) EAC; b) CAM; c) ERP; d) PDM. 7. Какая аббревиатура используется для обозначения Промышленного интернета вещей? a) PSK; b) IIOT; c) PDM; d) PLM. 8. Выберите основную технологию, которая используется для управления устройствами Промышленного интернета вещей a) облачная; b) нераспределенная; c) традиционная; d) машинная. 9. Какое из приведенных технических средств не входит в основные элементы решений Промышленного интернета вещей? e) Программное обеспечение; f) датчики; g) исполнительные механизмы; h) микроконтроллеры. 10. Какой из пунктов не входит в число основных задач метрологического обеспечения производства? a) анализ состояния измерений; b) проведение поверки и калибровки средств измерений; c) разработка общих нормативных документов; d) проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации.	
Задания для проверки остаточных знаний		
	Тип 1 Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. (Инструкция: прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа). Как вы считаете, что из перечисленного относится к условиям измерений, при которых влияющие величины находятся в пределах своих рабочих областей?	ПК-1

- a) нормальные условия измерений;
- b) предельные условия измерений;
- c) граничные условия измерений;
- d) рабочие условия измерений.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТВЕТА (ЭТАЛОННЫЙ ОТВЕТ):

Нормальные условия измерений. Это основной набор условий измерений, которые должны быть выдержаны в измерительных помещениях.

Тип 2 Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора.

(Инструкция: прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов).

Укажите модели, входящие в цепочку моделей структурной схемы измерений

- a) Модель процесса измерений;
- b) Модель физической величины;
- c) Модель средства измерений;
- d) Модель обработки результатов измерений;
- e) Модель входного сигнала;
- f) Модель результата наблюдения.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТВЕТА (ЭТАЛОННЫЙ ОТВЕТ):

Модели физической величины, средства измерений и результата наблюдения – основные элементы нижней цепочки структурной схемы измерений

Тип 3 Задание закрытого типа на установление соответствия.

(Инструкция: прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце).

Укажите пару «наименование погрешности» - «обозначение погрешности»

- a) относительная погрешность
- b) приведенная погрешность
- c) абсолютная погрешность
- d) постоянная погрешность

- 1) Δ
- 2) δ
- 3) γ
- 4) C

Ключ с ответами

a	b	c	d
2	3	1	4

	Тип 4 Задание закрытого типа на установление последовательности. (Инструкция: прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо). Расположите приведенные операции в порядке их использования при обработке результатов многократных измерений a) оценка границы случайной погрешности b) оценка среднего арифметического результата измерений c) оценка границы систематической погрешности d) оценка границы суммарной погрешности Ключ с ответами <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>b</td><td>c</td><td>a</td><td>d</td></tr></table> Тип 5 Задание открытого типа с развернутым ответом. (Инструкция: прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ) Обоснуйте, какой метод используется при измерениях диаметра вала гладким микрометром? ОФОРМЛЕНИЕ ОТВЕТА (ЭТАЛОННЫЙ ОТВЕТ): Метод непосредственной оценки. Данное измерение – типичный пример получения результата наблюдения непосредственно из показаний используемого средства измерения (микрометра).	1	2	3	4	b	c	a	d	
1	2	3	4							
b	c	a	d							
	Тип 1 Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. (Инструкция: прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа). Укажите, как называются датчики, в которых к одному преобразователю подключается ряд сенсоров, воспринимающих различные или однотипные величины? a) Средства измерений; b) многофункциональные; c) комплексные; d) мультисенсорные. ОФОРМЛЕНИЕ ОТВЕТА (ЭТАЛОННЫЙ ОТВЕТ): Мультисенсорные датчики. Только такие датчики имеют в своем составе сенсоры различных величин. Тип 2 Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора. (Инструкция: прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов). Определите, какие из приведенных методов относятся к группе методов сравнения с мерой? a) Непосредственной оценки b) нулевой c) косвенный d) дифференциальный	ПК-3								

- Термопара – тип средств измерений, имеющих общий принцип действия и схожую конструкцию.

1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно

указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
1	Выбор измерительного инструмента для контроля размеров детали
2	Разработка методики калибровки СИ

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;

- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- презентация;
- видеоролики;
- видеоуроки;
- стенды.

1. Вводная часть лекции (вступление) предусматривает время на проверку готовности студентов к занятию (их наличие и осмотр внешнего вида, текущий контроль пройденного ранее учебного материала), а также объявление темы лекции, её целей, рекомендаций по использованию учебной литературы в часы самостоятельной работы, с указанием параграфов (страниц) и полных наименований изданий.

Вступление:

- тема лекции;
- учебные цели, которые должны быть достигнуты на лекции;
- учебные вопросы;
- учебная литература.

Контрольные вопросы (пример):

1. Назовите метрологические характеристики средств измерений.
2. Дайте характеристику основной погрешности измерения.
3. Назовите источники дополнительных погрешностей измерений.

2. Основная часть лекции раскрывает учебные вопросы занятия. При необходимости конкретизировать учебный материал, главные (узловые) вопросы могут содержать подвопросы.

Понятие о единстве измерений и его основы:

- условия единства измерений;
- нормативные основы единства измерений;
- организационные основы единства измерений;
- технические основы единства измерений.

3. В заключительной части лекции следует планировать время на выводы, выдачу задания студентам на самостоятельную работу, ответы на вопросы по пройденной теме, подведение итогов, а также на общие выводы, помогающие осмыслить всю лекцию, отчётливо высветить её основную идею.

Заключительная часть

1. Выводы по лекции.
2. Объявление оценок студентам по инициативному контролю.
3. Задание студентам на самостоятельную работу.
4. Ответы на вопросы студентов.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

На практических занятиях должны быть последовательно выполнены следующие этапы:

- разбор нового материала с формулами или повторение ранее рассмотренного на лекции;
- рассмотрение решения типовых заданий;
- разбор и обсуждение условий заданий по вариантам;
- консультации по выполнению заданий;
- прием заданий.

11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Задание к выполнению лабораторной работы выдается преподавателем в начале занятия в соответствии с планом занятий. Темы лабораторных работ приведены в табл. 5 данной программы.

Выполнение лабораторной работы состоит из трех этапов:

- экспериментально-практического;
- расчетно-аналитического;
- контрольного в виде защиты отчета.

Во вводной части проведения лабораторной работы предусматриваются: вступление, введение, доведение до обучающихся основных мер безопасности при работе с приборами и оборудованием лаборатории.

Вводная часть плана так же должна включать проверку подготовленности студентов к занятию (проверка выполнения задания, знаний по теме занятия, знанию руководящих документов и др.). Контрольные вопросы должны формулироваться так, чтобы ответы на них позволяли убедиться в подготовленности студентов к занятию.

Основная часть занятия должна включать последовательность работы обучающихся и преподавателя на занятии: подготовка лабораторного оборудования к работе; порядок проведения эксперимента (опыта) – отрабатываемые вопросы (задачи, действия) и их краткое содержание; приведение лабораторного оборудования в исходное состояние; анализ полученных результатов и оформление отчета.

В задании на лабораторную работу указываются:

- наименование темы;
- учебные цели;
- время и место проведения;
- перечень отрабатываемых учебных вопросов;
- организационно-методические указания студентам по подготовке и проведению занятия;
- перечень литературы (документов), подлежащих изучению перед занятием;
- отчетные документы (материалы) по лабораторной работе и сроки их представления.

В задании на лабораторную работу преподаватель может указать перечень контрольных вопросов, необходимых для проверки готовности обучающихся к занятию.

В перечень литературы и материалов для подготовки и проведения лабораторной работы могут включаться учебники и учебные пособия, технические описания и эксплуатационные инструкции лабораторного оборудования, инструкции по мерам безопасности, различные справочные и другие материалы, необходимые для работы.

В отчетных материалах в задании, как правило, указываются: форма отчета; как должен быть оформлен цифровой и графический материал; порядок сравнения полученных результатов с расчетными, оценка погрешностей; порядок формулировки выводов и заключений; порядок защиты выполненной работы.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать: титульный лист, основную часть, выводы по результатам исследований .

На титульном листе должны быть указаны: название дисциплины, название лабораторной работы, фамилия и инициалы преподавателя, фамилия и инициалы студента, номер его учебной группы и дата защиты работы.

Основная часть должна содержать задание, результаты экспериментально-практической работы, расчетно-аналитические материалы.

Выводы по проделанной работе должны содержать рекомендации по улучшению условий труда на рабочем месте.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.0.100-2018. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП. <https://guap.ru/standart/doc>.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

В течение семестры студенты

- изучают лекционный материал по дисциплине;
- выполняют тестирования по материалам лекции в среде LMS;
- выполняют контрольные работы и домашние задания.

Для текущего контроля успеваемости используются тесты, приведенные в таблице 18.

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в ГУАП» https://docs.guap.ru/guap/2020/sto_smk-3-76.pdf.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой