

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

---

Кафедра №6

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

Т.П. Мишура

(подпись)

«20» мая 2020г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Прикладная метрология»

(Название дисциплины)

Код направления	27.03.01
Наименование направления	Стандартизация и метрология
Наименование направленности	Метрология, стандартизация, сертификация
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2020г.

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

Проф., д.т.н., с.н.с.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата 20.05.20г

А.Г.Чуновкина

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 6

«20»мая 2020 г, протокол № 11

/Заведующий кафедрой № 6

Проф., д.э.н., академик РАН

должность, уч. степень, звание



подпись, дата 20.05.20г

В.В. Окрепилов

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 27.03.01(01)

доцент, к.т.н.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

К.В.Епифанцев

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата 20.05.20г

В.А. Голубков

инициалы, фамилия

## Аннотация

Дисциплина «Прикладная метрология» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки студентов по направлению «27.03.01 «Стандартизация и метрология» направленность «Метрология, стандартизация, сертификация». Дисциплина реализуется кафедрой №6

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-14 «способность участвовать в работах по подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; в проведении аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий»,

ПК-18 «способность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области метрологии, технического регулирования и управления качеством»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с анализом и обработкой результатов измерений в методиках измерений и методиках калибровки/поверки средств измерений, с разработкой, аттестацией и применением методик измерений, с оцениванием неопределенности измерений и учетом неопределенности измерений при контроле параметров процессов, с подходами и методами обеспечения качества измерений, включая методы межлабораторных сличений и внутрилабораторного контроля.

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

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**

Прикладная метрология базируется на теоретической метрологии и, опираясь на законодательную метрологию, направлена на обеспечение достоверных количественных данных о процессах и объектах измерений различной природы. Направление 27.03.01 «Стандартизация и метрология» ориентирована на подготовку бакалавров и должна позволить молодому специалисту реализовать практически полученные им знания. Поэтому дисциплина "Прикладная метрология" придаёт законченность знаниям, которые получает студент по базовым дисциплинам, и предоставляет возможности студентам развить навыки в области изучения зарубежного опыта в области метрологии, в частности обработки результатов измерений и оценивания их точности в задачах аттестации и применения методик измерений, методик поверки/калибровки средств измерений, методик контроля на основе измерительной информации, а также применения методов межлабораторного и внутрилабораторного контроля качества измерений, как необходимого требования аккредитации измерительных и испытательных лабораторий.

### **1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

ПК-14 «способность участвовать в работах по подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; в проведении аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий»:

- знать принципы построения, структуру и содержание международной системы измерений, основные подходы к обеспечению качества и взаимного признания результатов измерений и калибровок средств измерений, основные методы межлабораторного и внутрилабораторного контроля качества измерений;
- уметь анализировать содержание методик измерения и методик калибровки/поверки средств измерений с целью их валидации, оценки пригодности для использования в конкретной измерительной задаче;
- владеть навыками оценивания данных межлабораторных сличений при аттестации методик измерений, аттестации стандартных образцов и проверки качества измерений в измерительных, калибровочных и испытательных лабораториях;
- иметь опыт деятельности в самостоятельном изучении и анализе нормативных документов, их корректном применении в конкретной измерительной задаче.

ПК-18 «способность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области метрологии, технического регулирования и управления качеством»:

- знать основные отечественные и международные документы в области обработки результатов измерений, оценивания неопределенности измерений и контроля точности измерений;

- уметь выполнять обработку результатов измерений при косвенных и совместных измерениях в соответствии с уравнением измерения в методике измерения, оценивать неопределенность измерения на основе уравнения измерения, составлять бюджет неопределенности измерений,
- владеть навыками представления результатов измерений;
- иметь опыт деятельности проведения измерительного эксперимента.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- метрология;
- сертификация;
- организация сертификационных испытаний
- управление качеством;
- основы технического регулирования

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение и используются при работе над выпускной квалифицированной работой.

## 3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	4/ 144	4/ 144
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час.,	51	51
<i>В том числе</i>		
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)	93	93
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, экзамен, дифференцированный зачет (Зачет. Экз. Дифф. зач)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Содержание, цели и задачи прикладной метрологии, ее связь с теоретической и законодательной метрологией.	2				6
Раздел 2. Оценивание неопределенности измерений	6		19		30
Раздел 3. Калибровка эталонов и средств измерений.	4		11		24
Раздел 4. Методики выполнения измерений и испытаний.	3		4		20
Раздел 5. Метрология и управление качеством	2				13
Итого в семестре:	17		34		93
Итого:	17	0	34	0	93

### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
<b>1</b>	<p><b>Раздел 1. Содержание, цели и задачи прикладной метрологии, ее связь с теоретической и законодательной метрологией.</b></p> <p>Тема 1.1 Прикладная метрология: понятия, термины и определения. Основные виды метрологической деятельности: измерения, контроль, испытания, поверка, калибровка</p> <p>Тема 1.2 Система обеспечения единства измерений. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений». Соглашение о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов измерений и калибровок, выдаваемых национальными метрологическими институтами. Структура международной системы измерений, основные международные метрологические организации. Аккредитация в области обеспечения единства измерений.</p>
<b>2</b>	<p><b>Раздел 2. Оценивание неопределенности измерений</b></p> <p>Тема 2.1 Показатели точности измерений. Представление результата измерения.</p> <p>Тема 2.2 Неопределенность измерения: понятия и определения.</p> <p>Тема 2.3 Вычисление стандартной неопределенности измерения на основе доступной информации.</p> <p>Тест: проверка навыков вычисления неопределенности в типовых ситуациях.</p> <p>Тема 2.4 Вычисление расширенной неопределенности измерения, модель/уравнение измерения. Бюджет неопределенности. Закон трансформирования неопределенности.</p>

	Тест. Проверка навыков вычисления влияющих коэффициентов и расширенной неопределенности на примере конкретных уравнений измерения
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Калибровка эталонов и средств измерений</b> Тема 3.1 Требования к калибровочным и испытательным лабораториям. Понятие метрологической прослеживаемости результатов измерений. Содержание методики калибровки. Типовые уравнения измерений при калибровке. Основные источники неопределенности и способы их оценивания. Тема 3.2 Построение калибровочных характеристик эталонов и средств измерений, анализ и оценка неопределенности. Тест. Проверка получения оценок коэффициентов линейной зависимости при различном выборе весов в методе наименьших квадратов
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Методики выполнения измерений и испытаний.</b> Разработка, аттестация, применение. Тема 4.1 – Разработка и аттестация методик измерений. Планирование измерений, выбор средств измерений. Обобщенная структура МВИ. Точностной анализ методик выполнения измерений.. Методы аттестации МВИ. Тема 4.2 - Межлабораторные сличения: цели и задачи. Показатели повторяемости и воспроизводимости методик измерений и испытаний.. Вычисление пределов повторяемости и воспроизводимости измерений. Использование показателей повторяемости и воспроизводимости измерений. Совместимость результатов измерений.
<b>5</b>	<b>Раздел 5. Метрология и управление качеством</b> Тема 5.1 Место метрологии в деятельности по обеспечению качества изделий, услуг и производства. Цели и задачи метрологической экспертизы. Обеспечение качества принятие решений на основе результатов измерений Формирование правила принятия решения. Показатели достоверности контроля и испытаний, способы их расчета Учет неопределенности измерений при контроле параметров объектов и принятии решений на основе результатов измерений. Тема 5.2 Аттестация ПО, используемого в метрологии. Метрологическая аттестация алгоритмов и программ, используемых для обработки результатов измерений. Метрологически значимое ПО. Методы аттестации ПО. Уровни риска.

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Не предусмотрено				

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость,	№ раздела дисциплины
---	---------------------------------	---------------	----------------------

п/п		(час)	
Семестр 7			
1	Оценивание характеристик случайных погрешности, систематических и суммарных погрешностей результатов измерений. Экспериментальные данные представляются преподавателем.	4	2
2	Оценивание стандартных неопределенностей измерений входных величин модели измерения. Исходная информация предоставляется преподавателем	4	2
3	Оценивание суммарной стандартной и расширенной неопределенности измерения. Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем.	4	2
4	«Мозговой штурм» по теме «Сопоставление концепций погрешности и неопределенности измерений»	3	2
5	Оценивание неопределенности измерений при калибровке эталона. Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем.	4	3
6	Построение линейных калибровочных зависимостей, проходящих через ноль и оценивание их неопределенности. Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем.	4	3-4
7	Построение линейных калибровочных зависимостей, не проходящих через ноль и оценивание их неопределенности. Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем	4	3-4
8	«Мозговой штурм» по теме «Поверка и калибровка как процедуры передачи единицы величины и установления метрологической прослеживаемости»	3	3-4
9	Расчет показателей прецизионности методик измерений . Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем	4	4
Всего:		34	

#### 4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	93	93
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	63	63
Подготовка к текущему контролю (ТК)	10	10
Подготовка отчетов к лр	20	20

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в п.п. 8-10.

#### 6. Перечень основной и дополнительной литературы

##### 6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
http://znanium.com	<a href="#">Метрология, стандартизация, сертификация: Учебник / В.И. Колчков.</a> - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 432 с.	
http://znanium.com	<a href="#">Метрология, стандартизация и сертификация: нормирование точности: Учебник / С.А. Любомудров, А.А. Смирнов, С.Б. Тарасов.</a> - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 206 с.	

##### 6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
http://znanium.com/	<a href="#">Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько и др.</a> - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 256 с.	

<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>	<a href="#"><u>Метрология, стандартизация и сертификация (в сфере туризма)</u></a> : Учебное пособие / В.П. Анисимов, А.В. Яцук. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 253 с	

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
<a href="http://www.gostinfo.ru/pages/Infizd/izmer_tehn">http://www.gostinfo.ru/pages/Infizd/izmer_tehn</a>	Метрология и измерительная техника. - Журнал
<a href="http://www.ria-stk.ru/">http://www.ria-stk.ru/</a>	Стандарты и качество. – Журнал
<a href="http://metrobr.ru/">http://metrobr.ru/</a>	Сайт по метрологии

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

### 8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

### 8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория «ФГУП ТЕСТ- С.ПБ»	13-13
3	Лаборатория	51-52

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ПК-14 «способность участвовать в работах по подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; в проведении аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий»:	
4	Метрология
5	Метрология
7	Прикладная метрология
7	Сертификация
8	Организация сертификационных испытаний
ПК-18 «способность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области метрологии, технического регулирования и управления качеством»	
2	Учебная практика
4	Учебная практика
4	Метрология
5	Метрология
5	Основы технического регулирования
6	Управление качеством
7	Прикладная метрология

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	

$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>- не допускает существенных неточностей;</li> <li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>- аргументирует научные положения;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>- слабо аргументирует научные положения;</li> <li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>- частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>- не может аргументировать научные положения;</li> <li>- не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

#### 10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

##### 1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Учебным планом не предусмотрено

##### 2. Вопросы для дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы дифференцированного зачета

№ п/п	Перечень вопросов для дифференцированного зачета
	Приложение А

##### 3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

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

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Приложение В

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	Приложение С

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области анализа измерительных задач, разработке и исследования методик измерений и калибровок, применения международных и отечественных нормативных документов в данной области. Дисциплина преподается на завершающем году обучения по программе подготовки бакалавра, поэтому ее задачей является систематизация и обобщение знаний, полученных студентами и их подготовка к самостоятельной работе по специальности.

### 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 обучающимся 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 сопровождается демонстрацией презентаций, наиболее важные, ключевые положения суммируются в конце лекции. Для закрепления материалы предлагаются краткие тесты, результаты которых обсуждаются с целью развития способности формировать и отстаивать свою самостоятельную позицию

Структура предоставления лекционного материала:

- лекции согласно разделам (табл.2) и темам (табл.3);
- презентации.

Методические указания по освоению:

Статистическая обработка результатов прямых измерений с многократными независимыми наблюдениями [Текст] : методические указания и контрольные задания / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: В. В. Румянцев, Т. П. Мишура, Н. Н. Скориантов. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2013. - 18 с. - Б. ц.

### **Методические указания для обучающихся по прохождению 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 расчетно-аналитических 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 у 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 по специальности.

### **Задание и требования к проведению лабораторных работ**

по обработке результатов измерений и оценивания точности в задачах разработки и исследования методик измерений, методик калибровок средств измерений, задачах обеспечения качества измерений методами внутрилабораторного и межлабораторного контроля в электронном виде имеются на кафедре

### **Структура и форма отчета о лабораторной работе, требования к оформлению отчета о лабораторной работе**

Отчет должен содержать: титульный лист, основную часть, список источников.

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП [http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml)

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2001 (издания 2008г.). Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП [http://guap.ru/guap/standart/prav\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/prav_main.shtml)

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.1-2003. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП.

### **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 по дисциплине «Прикладная метрология» являются:

- учебно-методический материал по дисциплине.

### **Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации**

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

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## 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
23.06.2021г Профессор , д.т.н., Чуновкина А.Г..	1) Таблица 1 заменена в соответствии с Приложением 1 2) Таблица 4 заменена в соответствии с Приложением 2 3) Таблица 5 заменена в соответствии с Приложением 3	23.06. 2021г №17	

## Приложение 1.

Таблица - 1

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b><i>Из них часов практической подготовки</i></b>	34	34
<b><i>Аудиторные занятия, всего час., в том числе</i></b>	20	20
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	10	10
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)		
<b><i>Самостоятельная работа, всего (час)</i></b>	124	124
<b>Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)</b>	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

## Приложение 2.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5					
1	Оценивание неопределенности измерения	Анализ источников неопределенности при выполнении калибровки	4	4	2
2	Мозговой штурм по темпе сопоставления погрешности-неопределенности	Сопоставление примеров расчета характеристик к погрешности и неопределенности	4	4	2
3	Понятие объекта измерения, измеряемой величины и дифинициальной неопределенности	Составление примеров	4	4	2
4	Оценивание параметров линейной зависимости, не проходящей через начало координат	Изучение МНК	4	4	3
5	Анализ методики измерений	Обоснование требований к точности методик измерений	4	4	4
6	Аттестация МВИ	Составление программы аттестации методики измерения	4	4	4
Всего:			24	24	

## Приложение 3.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8				
1	Оценивание суммарной стандартной и расширенной неопределенности измерения. Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем.	3	3	2
2	Построение линейных калибровочных зависимостей, не проходящих через ноль и оценивание их неопределенности. Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем	4	4	3
3	Расчет показателей прецизионности методик измерений. Исходная информация и экспериментальные данные предоставляются преподавателем.	3	3	4
Всего:		10	10	



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Перечень вопросов дифференцированного зачета

1. Цели и задачи прикладной, законодательной и теоретической метрологии. Основные виды метрологической деятельности: измерения, контроль, испытания, поверка, калибровка.
2. Измерение и цели выполнения измерений. . Схемы измерений, контроля и испытаний
3. Аккредитация в области обеспечения единства измерений. Требования к аккредитуемым организациям
4. Подготовка к аккредитации. Составление области аккредитации.
5. Результат измерения. Способы представления результата измерения. СКО, границы и доверительные границы погрешности.
6. Неопределенность измерения. Стандартная и расширенная неопределенность измерения. Оценивание по типу А и типу В.
7. Бюджет неопределенности измерения. Модель измерения (уравнение измерения).
8. Точностной анализ методики измерений. Показатели точности методик измерений.
9. Аттестация методик измерения. Способы аттестации методик выполнения измерений.
10. Внутрिलाбораторный контроль качества измерений.
11. Межлабораторные сличения. Цели и задачи. Содержание этапа планирования.
12. Показатели повторяемости и воспроизводимости измерений. Вычисление пределов повторяемости и воспроизводимости измерений. Использование показателей повторяемости и воспроизводимости измерений. ГОСТ Р ИСО 5725
13. Метрологические характеристики средств измерений.
14. Сличения и калибровка эталонов.
15. Поверочные схемы. Требования к содержанию и построению. Калибровочная иерархия.
16. Прослеживаемость результата измерения. Совместимость результатов измерений.
17. Калибровка и поверка средств измерений.
18. Требования к калибровочным и испытательным лабораториям. ГОСТ Р ИСО 17025
19. Линейные калибровочные характеристики. Метод наименьших квадратов для оценивания калибровочного коэффициента. Равноточный и неравноточный случай.
20. Метод наименьших квадратов для оценивания параметров линейной калибровочной характеристики.
21. Методики контроля и испытаний. Требования к точности измерений. Учет неопределенности измерений при принятии решения.
22. Достоверность методик контроля и испытаний.

## Примерный перечень вопросов для тестов

### I. Аккредитация в области обеспечения единства измерений

Вопрос	Варианты ответов
Аккредитация юридических лиц или индивидуальных предпринимателей в сфере выполнения ими работ и (или) оказания услуг по обеспечению единства измерений в соответствии с ФЗ «Об обеспечении единства измерений» осуществляется в целях подтверждения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. компетентности</li> <li>2. независимости</li> <li>3. обеспечения прибыли</li> <li>4. безопасности продукции</li> </ol>
Аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей есть подтверждение национальным органом по аккредитации соответствия...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. критериям аккредитации</li> <li>2. требованиям международных организаций</li> <li>3. требованиям стандартов</li> </ol>
Документом, удостоверяющим аккредитацию юридического лица либо индивидуального предпринимателя на выполнение работ и (или) оказание услуг в области обеспечения единства измерений в определенной области аккредитации, является...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. свидетельство</li> <li>2. сертификат</li> <li>3. аттестат</li> <li>4. паспорт</li> </ol>
Срок действия аттестата аккредитации составляет ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 год</li> <li>2. 3 года</li> <li>3. 5 лет</li> <li>4. бессрочный</li> </ol>
Национальный орган Российской Федерации, осуществляющий аккредитацию в области обеспечения единства измерений - это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ростехрегулирование</li> <li>2. Минэкономразвития</li> <li>3. Росаккредитация</li> <li>4. Минпромторг</li> </ol>
Какие работы и (или) услуги в области обеспечения единства измерений <b>не</b> подлежат аккредитации ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. аттестация методик (методов) измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;</li> <li>2. испытания стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа;</li> <li>3. поверка средств измерений;</li> <li>4. обязательная метрологическая экспертиза стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов, проводимая в</li> </ol>

	случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации. 5. калибровка средств измерений; 6. высокоточные измерения
Признание компетентности физического лица, претендующего на получение статуса эксперта по аккредитации, проводить экспертизы соответствия заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации в определенной области аккредитации осуществляется в форме его ...	1. обучения 2. аттестации 3. сдачи экзамена 4. участия в семинаре
Аттестацию экспертов по аккредитации проводит...	1. Общественный совет по аккредитации 2. Росаккредитация 3. Ростехрегулирование
Процедура подтверждения компетентности (соответствия критериям аккредитации) аккредитованного лица в форме выездной оценки проводится...	1. каждый год 2. в течение первого года со дня аккредитации и не реже чем один раз в два года начиная со дня прохождения предыдущей процедуры 3. один раз в три года
Совокупность требований, которым должны удовлетворять юридические лица, индивидуальные предприниматели, выполняющие работы и (или) оказывающие услуги по обеспечению единства измерений	1. показатели аккредитации 2. критерии аккредитации 3. параметры аккредитации
Обязательно ли наличие внедренной системы менеджмента качества и соблюдение в деятельности заявителей и аккредитованных лиц, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги по обеспечению единства измерений, требований системы менеджмента качества?	1. да 2. нет 3. желательно
Обязательно ли наличие нормативных правовых актов, документов в области стандартизации, методик (методов) измерений и иных документов, устанавливающих требования к работам (услугам) по обеспечению единства измерений, в соответствии с областью аккредитации, а также соблюдение в процессе деятельности требований данных документов?	1. да 2. нет 3. желательно

<p>Какие требования предъявляются к образованию работников, непосредственно участвующих в выполнении работ (оказании услуг) по обеспечению единства измерений?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. высшее образование;</li> <li>2. дополнительное профессиональное образование,</li> <li>3. ученая степень по специальности и (или) направлению подготовки, соответствующему области аккредитации;</li> <li>4. среднее профессиональное образование;</li> <li>5. любое из вышеперечисленного</li> </ol>
<p>Какие требования предъявляются к опыту работников, непосредственно участвующих в выполнении работ (оказании услуг) по обеспечению единства измерений?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. их нет;</li> <li>2. не менее 1 года;</li> <li>3. не менее 3 лет;</li> <li>4. 5 лет</li> </ol>
<p>Какой документ содержит требования к системе менеджмента качества юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги по обеспечению единства измерений</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. заключение экспертов Росаккредитации</li> <li>2. руководство по качеству</li> <li>3. положение о структурном подразделении юридического лица, индивидуального предпринимателя</li> </ol>
<p>Обязательно ли наличие системы обеспечения независимости и беспристрастности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги по обеспечению единства измерений ?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. да</li> <li>2. нет</li> <li>3. желательно</li> </ol>
<p>Какие меры должна включать система обеспечения независимости и беспристрастности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги по обеспечению единства измерений ?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. предотвращение и разрешение конфликта интересов;</li> <li>2. обеспечение гарантий независимости работников от коммерческого, административного или иного давления, способного оказать влияние на качество выполняемых работ;</li> <li>3. обеспечение обязанности работников не участвовать в осуществлении видов деятельности, которые ставят под сомнение их беспристрастность</li> <li>4. все вместе</li> </ol>
<p>Требованиям каких нормативных документов должны соответствовать помещения для проведения поверки, калибровки средств измерений, испытаний средств измерений и</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. действующим строительным и санитарным нормам</li> <li>2. нормативным документам по поверке, калибровке и испытаниям.</li> </ol>

стандартных образцов в целях утверждения типа?	3. все вместе
Обязательным ли является внутренний контроль соблюдения требований системы менеджмента качества?	1. да 2. нет 3. на усмотрение руководителя
Каким документом определяется периодичность проведения внутреннего аудита?	1. ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» 2. приказом руководителя организации 3. правилами контроля соблюдения требований системы менеджмента качества
Должны ли правила управлением оборудованием содержать сведения о серийных номерах оборудования и программного обеспечения	1. да 2. нет 3. иное
Должны ли правила управлением оборудованием содержать сведения о месте нахождения оборудования	1. да 2. нет 3. при необходимости

## II. Обработка данных измерений и оценивание точности/неопределенности

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1.	<p>Имеется пять результатов измерений одной величины Требуется определить наилучшую оценку измеряемой величины Выберите вариант ответа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вычислить среднее значение</li> <li>• Выбрать медиану</li> <li>• Выбрать наиболее часто встречающийся результат</li> </ul> <p>Если Вам требуется дополнительная информация для принятия решения, то укажите, какая это информация</p>
2.	<p>Какое распределение Вы выбрали бы для описания возможных значения измеряемой величины, если известен предел погрешности СИ. Выберете один вариант:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• прямоугольное распределение</li> <li>• нормальное распределение</li> <li>• треугольное распределение</li> </ul>
3.	<p>Вычеркните словосочетания, которые, на Ваш взгляд, не имеют смысла, кратко поясните почему:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Погрешность СКО</li> <li>• Доверительные границы СКО</li> <li>• Стандартная неопределенность погрешности СИ</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Неопределенность стандартной неопределенности</li> </ul>
4.	<p>Вычеркните соотношения, которые, на Ваш взгляд, неправильно отражают соотношение понятий или являются ложными утверждениями, кратко поясните почему:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Погрешность – неопределенность</li> <li>• Погрешность является источником неопределенности измерения</li> <li>• СКО результата измерения – стандартная неопределенность, вычисленная по типу А</li> <li>• Доверительные границы погрешности – расширенная неопределенность</li> </ul>
5.	<p>С увеличением числа повторных измерений .....</p> <p>Выберите правильный вариант продолжения фразы, кратко поясните почему:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• уменьшается СКО среднего значения</li> <li>• уменьшается погрешность измерения</li> </ul>
6.	<p>Какой коэффициент охвата для уровня доверия 68% для нормально распределенной величины?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k = 1</math></li> <li>• <math>k = 2.58</math></li> <li>• <math>k = 2</math></li> <li>• <math>k = 3</math></li> </ul>
7.	<p>Расширенная неопределенность для <math>P=0,95</math> равна 0,1 мм.</p> <p>Чему равна стандартная неопределенность при условии нормального закона распределения.</p>
8.	<p>Погрешность калибровочных растворов не превосходит 2%.</p> <p>Вычислите абсолютные стандартные неопределенности калибровочных растворов в точках 0,5 мг/см<sup>3</sup> и 7 мг/см<sup>3</sup></p>
9.	<p>Относительная стандартная неопределенность коэффициента линейной калибровочной зависимости <math>y = kx</math> равна 0,1%, его значение <math>k=0,98</math>.</p> <p>Вычислите:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ стандартную неопределенность калибровочной зависимости в точке 1 мг/см<sup>3</sup>.</li> <li>✓ Стандартную и расширенную неопределенность (при вероятности 0,95) результата измерения концентрации, если значение оптической плотности равно 0,3, а соответствующая относительная стандартная неопределенность 2%.</li> </ul>

## Приложение С

## Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1.	<p>Требуется составить бюджет неопределенности. Конкретные данные по точности измерения входных величин модели измерения и измерительные данные представляются преподавателем</p> <p><u>Калибровка концевой меры</u></p> $L = \frac{L_{ref}(1 + \alpha_{ref} \times \Delta t) + D}{1 + \alpha \times \Delta t}$ <p><math>L</math> – длина калибруемой меры  <math>L_{ref}</math> – длина эталонной меры  <math>D</math> – разность длин калибруемой и эталонной мер  <math>\alpha_{ref}, \alpha</math> – коэффициенты расширения эталонной и калибруемой мер соответственно  <math>\Delta t</math> – отклонение температуры от 20°C</p>
2	<p>Требуется составить бюджет неопределенности</p> <p><u>Приготовление градуировочного раствора кадмия</u></p> $c_{Cd} = \frac{1000 \times m \times P}{V} \quad [\text{мг} \cdot \text{л}^{-1}]$ <p><math>c_{Cd}</math> – массовая концентрация кадмия в растворе, <math>\text{мг} \cdot \text{л}^{-1}</math>;  1000 – коэффициент пересчета из мл в л;  <math>m</math> – масса металла, мг  <math>P</math> – степень чистоты металла,  <math>V</math> – объем раствора, мл</p>
3	<p>Требуется составить бюджет неопределенности</p> <p><u>Измерение давления</u></p> $P = \frac{m \times g}{A(1 + \alpha(t - 20))}$ <p><math>m</math> – масса  <math>A</math> – эффективная площадь поршня  <math>\alpha</math> – коэффициент линейного расширения  <math>t</math> – температура</p>
5	<p>Стандартная неопределенность калибруемого средства измерений, обусловленная случайным разбросом его показаний, равна 2%, (<math>u_{\text{отн}}(y_i) = 2\%</math>). Неопределенностями приготовления калибруемых смесей можно пренебречь (<math>u(x_i) \approx 0</math>). Коэффициент линейной калибровочной зависимости <math>y = kx</math> рассчитан по формуле:</p> $k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{x_i} \quad (\{x_i, y_i\} - \text{калибровочные точки})$ <p>Вычислите относительную стандартную неопределенность коэффициента <math>k</math> в общем виде. Чему она равна при 4-х калибровочных точках (<math>n=4</math>)?</p>