

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 6

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

Р. Н. Целмс

(инициалы, фамилия)



(подпись)

« 18 » февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование средств измерений»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	27.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники
Наименование направленности/ специализации	Метрологическое обеспечение космических средств
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень,  
звание)



(подпись, дата)

16.02.2026 В.В.Максимов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 6

« 18 » февраля 2026 г., протокол № 08-02/2026

Заведующий кафедрой № 6

д.э.н., проф.

(уч. степень, звание)



(подпись, дата)

18.02.2026 В.В. Окрепилов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

18.02.2026 Н.Ю. Ефремов

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Математическое моделирование средств измерений» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 27.05.02 «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники» направленности/специализации «Метрологическое обеспечение космических средств». Дисциплина реализуется кафедрой № 6.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-1 «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач»;

ПК-6 «Способен применять технологии искусственного интеллекта в профессиональной деятельности».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с применением математического моделирования в задачах метрологии, использованием инженерной среды MATLAB для выполнения вычислений, визуализации данных, программирования, решения уравнений, численного интегрирования, моделирования физических процессов и средств измерений, обработки и аппроксимации результатов измерений.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине: русский.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины — сформировать у обучающихся знания о методиках системного подхода при решении задач математического моделирования средств измерений, знания методов имитационного моделирования, а также навыки применения MATLAB для моделирования физических и технологических процессов, обработки результатов измерений и анализа характеристик средств измерений.

### 1.2. Компетенции и индикаторы достижения

Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – 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
Универсальные компетенции	УК- Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3.3 знать цифровые ресурсы, инструменты и сервисы, включая интеллектуальные технологии, для решения задач/проблем профессиональной деятельности УК-1.У.3 уметь вырабатывать стратегию действий для решения проблемной ситуации УК-1.В.2 владеть навыками использования алгоритмов и цифровых средств, предназначенных для анализа информации и данных
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способен применять технологии искусственного интеллекта в профессиональной деятельности	ПК-6.3.2 знать методы имитационного моделирования ПК-6.У.1 уметь обрабатывать, визуализировать и анализировать данные ПК-6.В.2 владеть навыками применения имитационного моделирования физических и технологических процессов

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Математический анализ»;
- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»;
- «Информатика»;
- «Физика»;
- «Математика. Теория вероятностей и математическая статистика»;
- «Метрология»;
- «Физические основы измерений».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют самостоятельное значение и используются при изучении других дисциплин:

- «Метрологическое обеспечение жизненного цикла продукции»;
- «Автоматизированные производственные системы»;
- «Производственная преддипломная практика»;
- «ГИА».

### 3. Объём 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 – Объём и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		Семестр 6
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	2/ 72	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	9	9
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	38	38
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. Зач., Экз.)	Зачёт	Зачёт

### 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)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Принципы работы инженерной среды MATLAB. Основы вычислений Тема 1.1. Основы моделирования Тема 1.2. Простейшие функции Тема 1.3. Графика 2D и 3D	2		2		6
Раздел 2. Элементы программирования в среде MATLAB Тема 2.1. Создание пользовательских функций Тема 2.2. Управляющие конструкции и логические операции Тема 2.3. Обработка исключительных ситуаций и функции с переменным числом аргументов	4		4		4

Раздел 3. Решение уравнений в среде MATLAB Тема 3.1. Элементы матричной алгебры Тема 3.2. Решение нелинейных уравнений и задачи оптимизации Тема 3.3. Численное интегрирование и решение дифференциальных уравнений	4		4		14
Раздел 4. Моделирование средств измерений Тема 4.1. Моделирование физических процессов Тема 4.2. Моделирование средств измерений	7		7		14
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17		17		38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися заданий, связанных с будущей профессиональной деятельностью: построение моделей физических и технических процессов, выполнение расчётов в MATLAB, обработка результатов измерений, аппроксимация экспериментальных данных и построение регрессионных моделей.

#### 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
<b>1</b>	<p><b>Принципы работы инженерной среды MATLAB. Основы вычислений</b></p> <p>Тема 1.1. Основы моделирования. Понятие моделирования. Назначение математического и имитационного моделирования. Основные инженерные пакеты, применяемые для моделирования средств измерений. Роль MATLAB в задачах метрологии.</p> <p>Тема 1.2. Простейшие вычисления.</p> <p>Простые вычисления. Арифметические операции. Логические операторы и операторы сравнения. Комплексные числа. Встроенные математические функции.</p> <p>Тема 1.3. 2D- и 3D-графика в MATLAB.</p> <p>Построение 2D-графика функции. Отображение нескольких кривых.</p> <p>Настройка параметров графика. Графики в полярной системе координат.</p> <p>Параметрические 2D- и 3-D графики. 3-D графики в декартовых координатах.</p>
<b>2</b>	<p><b>Элементы программирования в среде MATLAB</b></p> <p>Тема 2.1. Создание пользовательской функции. Назначение функций. Структура пользовательской функции. Входные и выходные аргументы.</p> <p>Тема 2.2. Управляющие конструкции. Логические значения и логические операции. Условные операторы. Циклы. Организация вычислительных алгоритмов.</p> <p>Тема 2.3. Обработка исключительных ситуаций. Функции с переменным числом аргументов. Принципы построения устойчивых вычислительных</p>

	процедур.
<b>3</b>	<b>Решение уравнений в среде MATLAB</b> Тема 3.1. Элементы матричной алгебры. Массивы, векторы, матрицы. Матричные операции. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Тема 3.2. Решение уравнений и задача оптимизации. Встроенные функции для решения уравнений. Нахождение корней уравнения. Встроенные функции для решения задачи оптимизации. Тема 3.3. Численное интегрирование и нахождение решений дифференциальных уравнений. Вычисление определённых интегралов. Дифференциальные уравнения. Начальные, краевые и смешанные задачи.
<b>4</b>	<b>Моделирование средств измерений</b> Тема 4.1. Моделирование физических процессов. Основные уравнения математической физики. Построение расчётных моделей. Обработка аналитических и численных результатов. Тема 4.2. Моделирование средств измерений. Интерполяция и аппроксимация результатов измерения. Метод наименьших квадратов. Построение линейной регрессии. Использование моделей для анализа характеристик средств измерений.

#### 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
<i>Учебным планом не предусмотрено</i>					

#### 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
<b>Семестр 6</b>				
1	Операции линейной алгебры. Нахождение обратной матрицы.	1	2	3
2	Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.	1	2	3
3	Аналитическое и численное нахождение определённых интегралов	2	2	3
4	Аналитическое и численное нахождение решения линейного дифференциального	3	2	3

	уравнения 2-го порядка с постоянными коэффициентами			
5	Графические функции в MATLAB	1	2	1
6	Нахождение корня нелинейного уравнения, минимума функции одного аргумента и локального минимума функции двух переменных	3	2	3
7	Аппроксимация результатов измерения методом наименьших квадратов	3	2	4
8	Построение уравнения линейной регрессии по результатам измерений	3	3	4
Всего		17	17	

#### 4.5. Выполнение курсового проекта/ 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 6, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	16	16
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	6	6
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	16	16
Всего:	38	38

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в разделах 6–11.



## 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)
<i>URL адрес</i>	<i>Наименование электронного учебного издания</i>	
<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=362376">https://znanium.com/catalog/document?id=362376</a> Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Колдаев, В. Д. Численные методы и программирование : учебное пособие / В. Д. Колдаев, Л. Г. Гагарина. — Москва : ФОРУМ, 2021. — 386 с.	
<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=384029">https://znanium.com/catalog/document?id=384029</a> Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Шевченко, А. С. Численные методы : учебное пособие / А. С. Шевченко. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 381 с.	
<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=374389">https://znanium.com/catalog/document?id=374389</a> Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Корнеев, В. И. Визуализация в научных исследованиях : учебное пособие / В. И. Корнеев, Л. Г. Гагарина. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 400 с.	
<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=351566">https://znanium.com/catalog/document?id=351566</a> Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Пантелеев, А. В. Численные методы. Практикум : учебное пособие / А. В. Пантелеев. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 512 с.	
<i>Шифр в библиотеке ГУАП</i>	<i>Наименование печатного учебного издания</i>	
004 М 17	Максимов, В. В. Основы MATLAB и его	15

	применение к задачам метрологии : учебно-методическое пособие / В. В. Максимов, Ю. А. Копыльцов. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 79 с.	
--	--	--

## 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
<a href="https://www.mathworks.com/products/matlab.html">https://www.mathworks.com/products/matlab.html</a>	Официальный сайт MATLAB: справочные материалы по среде MATLAB, примеры применения функций и инструментов моделирования
<a href="https://www.coursera.org/learn/matlab">https://www.coursera.org/learn/matlab</a>	Введение в программирование MATLAB

## 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
<i>Программные средства общего назначения</i>	
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» ( <a href="https://pro.guap.ru/">https://pro.guap.ru/</a> ) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке <a href="https://guap.ru/it/system/iso">https://guap.ru/it/system/iso</a>
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» ( <a href="https://guap.ru/">https://guap.ru/</a> ), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	LibreOffice 5 (лицензия LGPLv3)
4	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке <a href="https://guap.ru/it/system/iso/po">https://guap.ru/it/system/iso/po</a> )
5	Mozilla Firefox (лицензии GPL/LGPL/MPL)
6	VLC media player (лицензия GNU Lesser General Public License v2.1+)
<i>Специальные программные средства</i>	

7	MathWorks MATLAB (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке <a href="https://guap.ru/it/system/iso/po">https://guap.ru/it/system/iso/po</a> )
---	--

## 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
<i>Электронные библиотечные ресурсы и системы</i>	
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий ( <a href="https://lib.guap.ru">https://lib.guap.ru</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ( <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP-адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» ( <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP-адресам ГУАП
4	ЭБС Консорциума аэрокосмических вузов России ( <a href="http://elsau.ru/suai">http://elsau.ru/suai</a> ), доступ по IP-адресам ГУАП
5	ЭБС Znanium ( <a href="https://znanium.ru/">https://znanium.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP-адресам ГУАП
6	Образовательная платформа «Юрайт» ( <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP-адресам ГУАП
7	Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» ( <a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a> ), свободный доступ
<i>Современные профессиональные базы данных</i>	
1	Федеральный портал «Российское образование» ( <a href="https://ro-edu.ru/">https://ro-edu.ru/</a> ), свободный доступ
2	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» ( <a href="https://www1.fips.ru/">https://www1.fips.ru/</a> ), свободный доступ
3	MathWorks Documentation ( <a href="https://www.mathworks.com/help/">https://www.mathworks.com/help/</a> ), свободный доступ к справочным материалам и примерам применения MATLAB

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лаборатория искусственного интеллекта и цифровых технологий в метрологии	13–13 (ул. Большая Морская, д. 68)

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 10.1. Состав оценочных средств

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов и задач к зачету; тесты

### 10.2. Критерии оценки уровня сформированности компетенций

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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	Обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; опираясь на знания основной и дополнительной литературы, связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; умеет обосновывать и аргументировать предлагаемые решения; делает выводы и обобщения; свободно владеет системой специализированных понятий; правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; не допускает существенных неточностей; связывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; аргументирует научные положения; делает выводы и обобщения; владеет системой специализированных понятий; правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий.
«удовлетворительно» «зачтено»	Обучающийся усвоил основной программный материал, по существу излагает его, опираясь преимущественно на знания основной литературы; допускает несущественные ошибки и неточности; испытывает затруднения в практическом применении знаний; слабо аргументирует научные положения; затрудняется в формулировании выводов и обобщений; частично владеет системой специализированных понятий; правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	Обучающийся не усвоил значительной части программного материала; допускает существенные ошибки и неточности; испытывает трудности в практическом применении знаний; не может аргументировать научные положения; не формулирует выводов и обобщений; правильно выполнил менее 51% тестовых заданий

### 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
	<i>Учебным планом не предусмотрено</i>	

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

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифференциального зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференциального зачета	Код индикатора
1	Сформулируйте понятие математического моделирования. Охарактеризуйте этапы построения модели средства измерений. Поясните значение системного подхода при решении задач моделирования	УК-1.3.2
2	Перечислите основные возможности MATLAB. Охарактеризуйте область применения MATLAB при решении задач метрологии.	ПК-6.3.2
3	Охарактеризуйте основные типы данных MATLAB. Поясните особенности работы с массивами, векторами и матрицами.	ПК-6.3.2
4	Сформулируйте правила выполнения арифметических операций в MATLAB. Приведите примеры использования встроенных математических функций.	ПК-6.3.2
5	Опишите способы построения 2D-графиков в MATLAB. Поясните назначение функций настройки параметров графика.	ПК-6.3.2
6	Опишите способы построения 3D-графиков в MATLAB. Поясните назначение функции meshgrid при визуализации поверхностей.	ПК-6.3.2
7	Охарактеризуйте структуру пользовательской функции MATLAB. Поясните порядок задания входных и выходных аргументов.	ПК-6.3.2
8	Охарактеризуйте управляющие конструкции MATLAB. Приведите примеры использования условных операторов и циклов в вычислительных алгоритмах.	ПК-6.3.2
9	Опишите процедуру решения систем линейных алгебраических уравнений в MATLAB. Поясните, как оценить корректность полученного решения.	УК-1.3.2
10	Охарактеризуйте методы решения нелинейных уравнений в MATLAB. Поясните порядок выбора начального приближения.	ПК-6.3.2
11	Охарактеризуйте постановку задачи оптимизации. Поясните применение MATLAB для поиска минимума функции одного и нескольких аргументов.	ПК-6.3.2
12	Опишите методы численного интегрирования в MATLAB. Поясните условия выбора численного метода.	ПК-6.3.2
13	Охарактеризуйте методы решения дифференциальных уравнений в MATLAB. Поясните различия начальных и краевых задач.	ПК-6.3.2
14	Опишите принципы моделирования физических процессов в MATLAB. Приведите пример физического процесса, который может быть описан математической моделью.	ПК-6.3.2
15	Охарактеризуйте назначение аппроксимации результатов измерений.	ПК-6.3.2

	Поясните применение метода наименьших квадратов.	
16	Охарактеризуйте назначение линейной регрессии при обработке результатов измерений. Поясните, какие параметры модели определяются по экспериментальным данным.	ПК-6.3.2
17	Проанализируйте задачу моделирования средства измерений как систему взаимосвязанных элементов: входной величины, преобразовательной функции, погрешностей и выходного сигнала.	УК-1.3.2
18	Выполните анализ фрагмента MATLAB-кода, содержащего вычисление значений функции и построение графика. Определите назначение основных операторов и ожидаемый результат выполнения программы.	ПК-6.B.2
19	Составьте алгоритм моделирования результата измерения при наличии аддитивной погрешности. Обоснуйте выбор этапов алгоритма.	ПК-6.B.2
20	Составьте алгоритм аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов в MATLAB. Обоснуйте порядок вычисления параметров модели.	ПК-6.B.2
21	Решите задачу: задан набор экспериментальных точек. Предложите способ построения линейной регрессионной модели в MATLAB и поясните, как оценить качество аппроксимации.	ПК-6.B.2
22	Решите задачу: необходимо найти корень нелинейного уравнения в заданном интервале. Выберите функцию MATLAB, опишите входные данные и поясните порядок проверки результата.	ПК-6.B.2
23	Решите задачу: необходимо численно вычислить определенный интеграл функции, описывающей характеристику средства измерений. Опишите алгоритм решения в MATLAB и обоснуйте выбор функции.	ПК-6.B.2
24	Решите задачу: необходимо смоделировать переходный процесс, описываемый линейным дифференциальным уравнением 2-го порядка. Опишите порядок представления модели и получения численного решения в MATLAB.	ПК-6.B.2

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

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

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

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

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

Код индикатора компетенции	Наименование дисциплины	Перечень тестовых заданий для КЭЯ
УК-1.3.2	Математическое моделирование средств измерений	Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. Какой этап математического моделирования выполняется первым при решении

		<p>прикладной задачи? 1) построение графика результата; 2) формулирование цели моделирования и постановка задачи; 3) оформление отчета; 4) экспорт данных.</p> <p><i>Ключ с правильным ответом: 2.</i></p>
УК-1.3.2	Математическое моделирование средств измерений	<p>Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов. Инструкция: прочитайте текст, выберите правильные ответы. Какие действия относятся к системному подходу при моделировании средства измерений? 1) выделение входных и выходных величин; 2) анализ связей между элементами модели; 3) игнорирование источников погрешности; 4) проверка адекватности модели.</p> <p><i>Ключ с правильным ответом: 1, 2, 4.</i></p>
ПК-6.3.2	Математическое моделирование средств измерений	<p>Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. Основным элементом данных в среде MATLAB является: 1) класс; 2) факт; 3) массив; 4) оператор.</p> <p><i>Ключ с правильным ответом: 3.</i></p>
ПК-6.3.2	Математическое моделирование средств измерений	<p>Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. Какая запись корректно задает матрицу в MATLAB? 1) <math>A = [9 \ 8 \ 5; \ 0 \ 1 \ 3]</math>; 2) <math>A = \text{array}[1..20]\text{of}</math>; 3) <math>A: \text{massiv}</math>; 4) <math>\text{int } A = \text{arr}[20]</math>.</p> <p><i>Ключ с правильным ответом: 1.</i></p>
ПК-6.3.2	Математическое моделирование средств измерений	<p>Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. Какая функция MATLAB используется для построения 2D-графика? 1) xlabel; 2) legend; 3) plot; 4) lineto.</p> <p><i>Ключ с правильным ответом: 3.</i></p>
ПК-6.3.2	Математическое моделирование средств измерений	<p>Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. Что необходимо выполнить перед построением поверхности в MATLAB для задания координатной сетки? 1) использовать функцию meshgrid; 2) определить размер экрана; 3) удалить все переменные; 4) создать текстовый файл.</p> <p><i>Ключ с правильным ответом: 1.</i></p>
ПК-6.3.2	1. Математическое моделирование средств измерений	<p>Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. Какой метод интерполяции соответствует кубическому сплайну? 1) linear; 2) nearest; 3)</p>

		spline; 4) previous. <i>Ключ с правильным ответом: 3.</i>
ПК-6.3.2	Математическое моделирование средств измерений	Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. С какого символа начинается комментарий в MATLAB? 1) ; 2) *; 3) //; 4) %. <i>Ключ с правильным ответом: 4.</i>
ПК-6.3.2	Математическое моделирование средств измерений	Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. Инструкция: прочитайте текст, выберите один правильный ответ. В какую переменную по умолчанию помещается результат вычисления, если переменная явно не задана? 1) ans; 2) result; 3) x; 4) y. <i>Ключ с правильным ответом: 1.</i>
ПК-6.B.2	Математическое моделирование средств измерений	Задание закрытого типа на установление соответствия. Инструкция: установите соответствие между задачей моделирования и функцией MATLAB. А) построение 2D-графика; Б) численное решение ОДУ; В) построение сетки для 3D-графика; Г) поиск минимума функции. 1) meshgrid; 2) plot; 3) ode45; 4) fminsearch. <i>Ключ с правильным ответом: А2, Б3, 1, Г4.</i>
ПК-6.B.2	Математическое моделирование средств измерений	Задание закрытого типа на установление правильной последовательности. Инструкция: расположите этапы аппроксимации результатов измерений методом наименьших квадратов в правильной последовательности: 1) оценка качества аппроксимации; 2) ввод экспериментальных данных; 3) выбор вида аппроксимирующей функции; 4) вычисление коэффициентов модели; 5) построение графика исходных данных и модели. <i>Ключ с правильным ответом: 2, 3, 4, 5, 1.</i>
ПК-6.B.2	Математическое моделирование средств измерений	Задание открытого типа А. Инструкция: прочитайте текст и запишите ответ. Напишите наименование функции MATLAB, применяемой для численного поиска корня нелинейного уравнения одной переменной. <i>Ключ с правильным ответом: fzero.</i>
ПК-6.B.2	Математическое моделирование средств измерений	Задание открытого типа Б. Инструкция: прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Даны экспериментальные значения входной величины $x$ и выходной величины $y$ средства измерений. Обоснуйте порядок построения линейной регрессионной модели $y = ax + b$ в MATLAB и укажите, как можно оценить качество полученной модели. <i>Ключ с правильным ответом: необходимо ввести массивы <math>x</math> и <math>y</math>, выбрать линейную</i>



		модель, вычислить коэффициенты с помощью $\text{polyfit}(x,y,l)$ , получить расчетные значения с помощью $\text{polyval}$ , построить график исходных и расчетных данных, оценить невязки и показатель качества аппроксимации, например сумму квадратов отклонений или коэффициент детерминации.
--	--	--

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	<i>Не предусмотрено</i>

#### 10.4. Методические материалы

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. Лекция направлена на освоение обучающимися фундаментальных понятий математического моделирования, методов численных расчетов, принципов применения MATLAB для моделирования физических процессов и средств измерений.

##### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний о математическом и имитационном моделировании;
- освоение понятийного аппарата дисциплины;
- понимание возможностей MATLAB при решении задач метрологии;
- формирование представлений о методах численного решения уравнений, оптимизации, интегрирования и обработки экспериментальных данных;
- развитие навыков анализа моделей и интерпретации результатов моделирования;
- получение основы для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов, примеров MATLAB-кода, графиков, расчетных моделей, а также разбором типовых задач моделирования средств измерений.

##### Структура предоставления лекционного материала:

- постановка цели и задач темы;
- изложение основных понятий и методов;

- демонстрация примеров применения MATLAB;
- разбор типовых ошибок при моделировании;
- формулирование выводов и рекомендаций для самостоятельной работы.

Учебно-методическое пособие в изданном виде:

Максимов, В. В. Основы MATLAB и его применение к задачам метрологии : учебно-методическое пособие / В. В. Максимов, Ю. А. Копыльцов. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 79 с.

#### **11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах**

*Учебным планом не предусмотрено.*

#### **11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий**

*Учебным планом не предусмотрено.*

#### **11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ**

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, полученные на лекциях, приобрести практические навыки применения MATLAB для выполнения вычислений, построения графиков, решения уравнений, моделирования физических процессов и обработки результатов измерений.

Выполнение лабораторных работ направлено на решение следующих задач:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках дисциплины;
- закрепление и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- освоение инструментов MATLAB для математического и имитационного моделирования;
- приобретение навыков самостоятельной работы с вычислительными моделями;
- формирование навыков анализа результатов моделирования и оценки корректности полученных данных.

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 таблице 6 настоящей программы;
- перед выполнением лабораторной работы обучающийся должен изучить теоретический материал по теме, подготовить исходные данные и ознакомиться с требованиями к отчету;
- лабораторная работа выполняется индивидуально или в малой группе по указанию преподавателя;
- результаты выполнения лабораторной работы должны быть представлены в виде отчета и защищены обучающимся.

Выполнение лабораторной работы включает следующие этапы:

- аналитический этап — изучение постановки задачи, исходных данных, используемых методов и функций MATLAB;
- расчетно-графический этап — выполнение вычислений, построение графиков, получение численных результатов;
- контрольный этап — анализ результатов, формулирование выводов и защита отчета.

Структура и форма отчета о лабораторной работе:

- титульный лист;
- цель лабораторной работы;
- исходные данные и постановка задачи;
- краткие теоретические сведения;
- описание алгоритма решения;
- текст программы или основные фрагменты MATLAB-кода;
- результаты расчетов и графические материалы;
- анализ полученных результатов;
- выводы;
- список использованных источников при необходимости.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе:

- титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП: <https://guap.ru/c/regdocs/docs/uch>;
- основная часть отчета должна быть оформлена в соответствии с ГОСТ 7.32-2017;
- при оформлении списка источников необходимо руководствоваться ГОСТ 7.0.100-2018;
- графики должны иметь названия, подписи осей, единицы измерения при наличии;
- MATLAB-код должен быть читаемым, снабженным комментариями и соответствовать заданию;
- выводы должны отражать полученные результаты, их интерпретацию, возможные источники погрешностей и оценку применимости выбранного метода.

Учебно-методическое пособие в изданном виде:

Максимов, В. В. Основы MATLAB и его применение к задачам метрологии : учебно-методическое пособие / В. В. Максимов, Ю. А. Копыльцов. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 79 с.

#### **11.5. Методические указания для обучающегося по прохождению курсового проектирования / выполнению курсовой работы**

*Учебным планом не предусмотрено.*

### **11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы**

В ходе самостоятельной работы обучающийся выполняет задания преподавателя без его непосредственного участия, но при методическом руководстве. Самостоятельная работа направлена на закрепление теоретического материала, подготовку к лабораторным работам, текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации.

В процессе самостоятельной работы обучающийся формирует навыки планирования рабочего времени, самостоятельного поиска и анализа информации, систематизации полученных знаний, подготовки MATLAB-кода и интерпретации результатов моделирования.

Основными видами самостоятельной работы являются:

- изучение теоретического материала по разделам дисциплины;
- подготовка к лабораторным работам;
- доработка MATLAB-кода и расчетных материалов по результатам лабораторных работ;
- подготовка отчетов по лабораторным работам;
- подготовка к текущему контролю успеваемости;
- подготовка к зачету.

Основными методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются источники из перечня печатных и электронных учебных изданий, указанных в таблице 8. Кроме этого, обучающийся может пользоваться электронными ресурсами, указанными в таблицах 9 и 11.

Для обучающихся очной формы обучения строка о контрольных работах заочников не используется.

### **11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости**

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

- контроль посещаемости занятий;
- устный опрос по материалам лекций;
- проверку готовности к лабораторным работам;
- проверку выполнения лабораторных работ;
- защиту отчетов по лабораторным работам;
- тестирование по материалам лекций и лабораторных работ в системе LMS ГУАП;
- проверку самостоятельной работы обучающихся.

В течение семестра обучающиеся загружают в ЭИОС ГУАП отчетные материалы по лабораторным работам и иные материалы, предусмотренные преподавателем. Научно-педагогический работник оценивает загруженные материалы в ЭИОС ГУАП. Оценка, сделанная научно-педагогическим работником, зарегистрированным под своим логином и паролем, является оценкой результатов текущего контроля успеваемости.

Правила представления письменных работ по пропущенным темам:

- при пропуске лабораторной работы обучающийся обязан самостоятельно изучить теоретический материал, получить у преподавателя задание, выполнить

лабораторную работу и представить отчет в установленный преподавателем срок;

- при пропуске лекционного занятия обучающийся обязан изучить соответствующий раздел дисциплины по рекомендованным источникам и быть готовым к устному опросу или тестированию по пропущенной теме;
- отчетные материалы по пропущенным темам загружаются в ЭИОС ГУАП или представляются преподавателю в иной форме, установленной преподавателем.

Правила учета текущего контроля успеваемости при проведении промежуточной аттестации:

- результаты текущего контроля учитываются при выставлении зачета;
- обучающийся, успешно выполнивший и защитивший все лабораторные работы, а также выполнивший тестовые задания текущего контроля на установленном уровне, допускается к прохождению промежуточной аттестации;
- если обучающийся не отчитался по отдельным темам дисциплины, преподаватель имеет право задать дополнительные вопросы по соответствующим разделам при проведении зачета и учесть ответы при выставлении итоговой оценки;
- при наличии невыполненных или незащищенных лабораторных работ обучающийся не допускается к зачету до устранения задолженности.

Минимальные требования для получения допуска к прохождению промежуточной аттестации по дисциплине:

- обучающийся выполнил все лабораторные работы, предусмотренные таблицей 6;
- обучающийся представил и защитил отчеты по всем лабораторным работам;
- обучающийся выполнил задания текущего тестирования в LMS ГУАП;
- обучающийся загрузил в ЭИОС ГУАП отчетные материалы в соответствии с требованиями преподавателя;
- обучающийся продемонстрировал знание основных понятий дисциплины и готовность применять MATLAB для решения типовых задач моделирования.

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

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Зачет — форма оценки знаний, умений и навыков, полученных обучающимся в ходе изучения дисциплины. Зачет завершается аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Зачет может проводиться в устной, письменной форме или в форме компьютерного тестирования в системе дистанционного обучения ГУАП. Конкретная форма проведения зачета определяется преподавателем и доводится до обучающихся до начала промежуточной аттестации.

При прохождении зачета обучающийся должен:

- продемонстрировать знание основных понятий математического и имитационного моделирования;
- пояснить методы решения вычислительных задач в MATLAB;
- показать понимание принципов моделирования физических процессов и средств измерений;

- уметь интерпретировать результаты моделирования и обработки экспериментальных данных;
- подтвердить выполнение и защиту лабораторных работ;
- при необходимости выполнить тестовые задания или ответить на дополнительные вопросы по разделам дисциплины.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, который выполнил минимальные требования допуска, освоил основной материал дисциплины, способен применять полученные знания при решении типовых задач моделирования и корректно интерпретировать результаты расчетов.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не выполнил минимальные требования допуска, не защитил лабораторные работы, не освоил значительную часть программного материала или не способен применить основные методы дисциплины при решении типовых задач.

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