

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

Кафедра № 13

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

Н.А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«26» января 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровые двойники»  
(Наименование дисциплины)

|                                                       |                                                 |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Код направления подготовки/<br>специальности          | 24.05.06                                        |
| Наименование направления<br>подготовки/ специальности | Системы управления летательными аппаратами      |
| Наименование направленности/<br>специализации         | Приборы систем управления летательных аппаратов |
| Форма обучения                                        | очная                                           |
| Год приема                                            | 2026                                            |

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составили

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

Н. А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)

ассистент

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

М. Е. Иванов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«26» января 2026 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой № 13

К.Т.Н., доц.

(уч. степень, звание)



(подпись, дата)

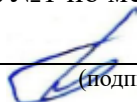
Н.А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №1 по методической работе

доц., К.Т.Н.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

В.Е. Таратун

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Цифровые двойники» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки / специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» направленности / специализации «Приборы систем управления летательных аппаратов». Дисциплина реализуется кафедрой «№13».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности»

ОПК-5 «Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач»

ПК-6 «Способен формировать новые направления научных исследований и опытно- конструкторских разработок»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с созданием, использованием и применением виртуальных моделей физических объектов, процессов и систем. Эта технология объединяет элементы материального и цифрового миров, позволяя анализировать и оптимизировать различные аспекты деятельности по результатам компьютерного моделирования как основы технологии цифровых двойников.

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 (5 семестр).

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

Язык обучения по дисциплине «русский»

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

## 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является освоение обучающимися теоретического материала и приобретение практических навыков, связанных с применением технологий цифровых двойников (ЦД) для решения различных инженерных задач профессиональной деятельности. Дисциплина формирует у обучающихся представление о цифровых информационных моделях, способах повышения их технологичности, а также повышения надежности и эффективности эксплуатации объектов профессиональной деятельности.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по специальности 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Общепрофессиональные компетенции | ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности | ОПК-1.3.1 знать разделы математических и естественных наук (в том числе общепрофессионального блока), необходимые для освоения профессиональных дисциплин и решения инженерных задач в профессиональной деятельности, а также методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>ОПК-1.У.1 уметь применять знания в области математических и естественных наук (в том числе общепрофессионального блока) для решения практических задач в профессиональной деятельности                   |
| Общепрофессиональные компетенции | ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач                                             | ОПК-5.3.1 знать принципы и методы создания физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов для решения инженерных задач в области авиационной и ракетно-космической техники<br>ОПК-5.У.1 уметь разрабатывать физические и математические модели процессов, явлений и объектов в области авиационной и ракетно-космической техники<br>ОПК-5.В.1 иметь навыки решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники на основе исследования моделей процессов, явлений и объектов |

|                              |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональные компетенции | ПК-6 Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок | ПК-6.3.1 знать современные тенденции развития приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации летательных аппаратов и техники в целом<br>ПК-6.У.1 уметь на основе новых знаний формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Математический анализ»,
- «Физика»,
- «Информатика»,
- «Алгоритмизация и программирование»,
- «Введение в информационные технологии».

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

- «Системы управления летательными аппаратами»,
- «Системы ориентации и управления космическими аппаратами»,
- «Основы автоматизированного проектирования»,
- «Проектирование приборов и систем»,
- «Системы навигации и управления с искусственным интеллектом»,
- «Проектный менеджмент».

## 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 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------|
|                                                                                           |       | №5                        |
| 1                                                                                         | 2     | 3                         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>                                           | 2/ 72 | 2/ 72                     |
| <b>Из них часов практической подготовки</b>                                               | 6     | 6                         |
| <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.) | Зачет | Зачет                     |

#### 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<br>(час) | ПЗ (СЗ)<br>(час) | ЛР<br>(час) | КП/КР<br>(час) | СР (час) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|-------------|----------------|----------|
| Семестр 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |                  |             |                |          |
| <p>Раздел 1. Основы применения технологий цифровых двойников в профессиональной деятельности</p> <p>Тема 1.1 Понятия цифрового двойника и информационного моделирования</p> <p>Тема 1.2 Нормативная документация в предметной области. ГОСТ Р 57700.37 -2021 «Цифровые двойники изделий».</p> <p>Тема 1.3 Описание принципов информационного моделирования. Понятие адекватности и верификации модели.</p> <p>Тема 1.4 Примеры цифровых двойников в авиационной и космической отраслях. Примеры цифровых двойников в производстве.</p> <p>Тема 1.5 Применение сквозных цифровых технологий при создании цифровых двойников: AI (искусственный интеллект), Blockchain (блокчейн), IoT (интернет вещей).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4               |                  | 4           |                | 10       |
| <p>Раздел 2. Платформы и программные средства для создания цифровых двойников. Разработка цифровых и информационных моделей летательных и космических аппаратов</p> <p>Тема 2.1 Цифровые среды разработки информационных и математических моделей летательных и космических аппаратов</p> <p>Тема 2.2 Использование математических моделей при работе с летательными и космическими аппаратами. Актуальность и проработка проблемных вопросов.</p> <p>Тема 2.3 Основы работы ПО SimInTech и свойства блоков среды имитационного моделирования.</p> <p>Тема 2.4 Основы работы ПО Engee и свойства блоков среды имитационного моделирования.</p> <p>Тема 2.5 Разработка схемы системы управления летательного аппарата. Параметры расчёта. Моделирование и проверка работоспособности. База данных сигналов системы.</p> <p>Тема 2.6 Системы автоматического управления летательного аппарата (САУ ЛА). Типовые схемы и принцип работы.</p> <p>Тема 2.7 Разработка модели САУ ЛА в рамках систем автоматизированного проектирования. Алгоритмы управления и модели ЛА. Графическое отображение выходных параметров.</p> <p>Тема 2.8 Цифровой гидравлический привод. Управление, структурные модели. Анализ устойчивости и качества.</p> | 5               |                  | 5           |                | 10       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |   |    |   |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|----|---|----|
| Тема 2.9 Цифровой электрический привод. Управление, структурные модели. Анализ устойчивости и качества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |   |    |   |    |
| Раздел 3. Способы организации производственных процессов на объектах авиационной и космической отрасли<br>Тема 3.1 Интерфейсы цифровых двойников.<br>Тема 3.2 Применение методов искусственного интеллекта для решения задач оптимизации производственных процессов.<br>Тема 3.3 Машинное обучение в технологиях цифровых двойников для объектов авиационной и космической отрасли. Автоматизированная система управления предприятием (АСУП). Основные проблемы машинного обучения при работе с цифровым двойниками.                                                          | 4  |   | 4  |   | 8  |
| Раздел 4. Анализ данных режимов работы и применение цифровых двойников на объектах аэрокосмической отрасли.<br>Тема 4.1 Требования к системам наблюдения, навигации, связи и автоматизации гражданской авиации РФ (ГОСТ Р 59971-2021).<br>Тема 4.2 Формирование баз данных в аэрокосмических системах.<br>Тема 4.3 Парсинг данных и настройка среды для обработки данных.<br>Тема 4.4 Постановка задачи создания цифрового двойника. Анализ работы системы машинного обучения цифрового двойника АСУП.<br>Тема 4.5 Анализ лётных характеристик и составление структуры модели. | 4  |   | 4  |   | 10 |
| Итого в семестре:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 17 |   | 17 |   | 38 |
| Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 17 | 0 | 17 | 0 | 38 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |   |    |   |    |

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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Раздел 1. Основы применения технологий цифровых двойников в профессиональной деятельности<br>Тема 1.1 Понятия цифрового двойника и информационного моделирования<br>Тема 1.2 Нормативная документация в предметной области. ГОСТ Р 57700.37 -2021 «Цифровые двойники изделий».<br>Тема 1.3 Описание принципов информационного моделирования. Понятие адекватности и верификации модели.<br>Тема 1.4 Примеры цифровых двойников в авиационной и космической отраслях. Примеры цифровых двойников в производстве. |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Тема 1.5 Применение сквозных цифровых технологий при создании цифровых двойников: AI (искусственный интеллект), Blockchain (блокчейн), IoT (интернет вещей).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2 | <p>Раздел 2. Платформы и программные средства для создания цифровых двойников. Разработка цифровых и информационных моделей летательных и космических аппаратов</p> <p>Тема 2.1 Цифровые среды разработки информационных и математических моделей летательных и космических аппаратов</p> <p>Тема 2.2 Использование математических моделей при работе с летательными и космическими аппаратами. Актуальность и проработка проблемных вопросов.</p> <p>Тема 2.3 Основы работы ПО SimInTech и свойства блоков среды имитационного моделирования.</p> <p>Тема 2.4 Основы работы ПО Engee и свойства блоков среды имитационного моделирования.</p> <p>Тема 2.5 Разработка схемы системы управления летательного аппарата. Параметры расчёта. Моделирование и проверка работоспособности. База данных сигналов системы.</p> <p>Тема 2.6 Системы автоматического управления летательного аппарата (САУ ЛА). Типовые схемы и принцип работы.</p> <p>Тема 2.7 Разработка модели САУ ЛА в рамках систем автоматизированного проектирования. Алгоритмы управления и модели ЛА. Графическое отображение выходных параметров.</p> <p>Тема 2.8 Цифровой гидравлический привод. Управление, структурные модели. Анализ устойчивости и качества.</p> <p>Тема 2.9 Цифровой электрический привод. Управление, структурные модели. Анализ устойчивости и качества.</p> |
| 3 | <p>Раздел 3. Способы организации производственных процессов на объектах авиационной и космической отрасли</p> <p>Тема 3.1 Интерфейсы цифровых двойников.</p> <p>Тема 3.2 Применение методов искусственного интеллекта для решения задач оптимизации производственных процессов.</p> <p>Тема 3.3 Машинное обучение в технологиях цифровых двойников для объектов авиационной и космической отрасли.</p> <p>Автоматизированная система управления предприятием (АСУП). Основные проблемы машинного обучения при работе с цифровым двойниками.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4 | <p>Раздел 4. Анализ данных режимов работы и применение цифровых двойников на объектах аэрокосмической отрасли.</p> <p>Тема 4.1 Требования к системам наблюдения, навигации, связи и автоматизации гражданской авиации РФ (ГОСТ Р 59971-2021).</p> <p>Тема 4.2 Формирование баз данных в аэрокосмических системах.</p> <p>Тема 4.3 Парсинг данных и настройка среды для обработки данных.</p> <p>Тема 4.4 Постановка задачи создания цифрового двойника. Анализ работы системы машинного обучения цифрового двойника АСУП.</p> <p>Тема 4.5 Анализ лётных характеристик и составление структуры модели.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

#### 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 |
|-------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
|-------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|

|                                 |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|
| Учебным планом не предусмотрено |  |  |  |  |  |
|                                 |  |  |  |  |  |
| Всего                           |  |  |  |  |  |

#### 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 5 |                                                                                                                       |                     |                                       |                      |
| 1         | Применение методов искусственного интеллекта в технических системах. Разработка нечёткого и нейросетевого регулятора. | 4                   | 2                                     | 1                    |
| 2         | Моделирование системы управления автопилота самолета                                                                  | 4                   | 2                                     | 2                    |
| 3         | Разработка цифрового двойника наземной радионавигационной системы                                                     | 4                   | 2                                     | 3                    |
| 4         | Основы разработки сложной модели летательного аппарата как многоуровневой системы                                     | 5                   | 4                                     | 4                    |
| Всего     |                                                                                                                       | 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 5, час |
|---------------------------------------------------|------------|----------------|
| 1                                                 | 2          | 3              |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 19         | 19             |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  |            |                |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                | 8          | 8              |
| Выполнение реферата (Р)                           | 7          | 7              |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) |            |                |
| Домашнее задание (ДЗ)                             |            |                |
| Контрольные работы заочников (КРЗ)                |            |                |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)        | 4          | 4              |
| Всего:                                            | 38         | 38             |

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 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/<br>URL адрес                                                                                                                                                      | Библиографическая ссылка                                                                                                                                                    | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке<br>(кроме<br>электронных<br>экземпляров) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 004.8<br>А 22<br>/<br><a href="https://lib.guap.ru/jirbis2/components/com_irbis/pdf_view/?148438">https://lib.guap.ru/jirbis2/components/com_irbis/pdf_view/?148438</a> | Булатов В.В., Солёный С.В., Сериков С.А., Кульчицкий А.А., Рысин А.В. Автоматизация проектирования и производства: учебно-методическое пособие. – СПб: ГУАП, 2020. – 95 с.  | 5<br>(БМ)                                                                          |
| <a href="https://edu.study.tsur.ru/publications/11055/download">https://edu.study.tsur.ru/publications/11055/download</a>                                               | Цифровые двойники: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2024. – 88с.                                                  | –                                                                                  |
| –                                                                                                                                                                       | А. Прохоров, М. Лысачев (под редакцией А. Боровкова). Цифровой двойник: анализ, тренды, мировой опыт. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 с.                               | –                                                                                  |
| 658<br>Ч-12<br>/<br><a href="https://lib.guap.ru/jirbis2/components/com_irbis/pdf_view/?293061">https://lib.guap.ru/jirbis2/components/com_irbis/pdf_view/?293061</a>   | Чабаненко А. В. Технологии цифровых процессов в управлении организацией : учебное пособие. – СПб: Изд-во ГУАП, 2023. – 66 с.                                                | 5<br>(БМ)                                                                          |
| <a href="https://www.elibrary.ru/LLGRLT">https://www.elibrary.ru/LLGRLT</a>                                                                                             | Моделирование системы управления автопилота самолета в средах Scilab и SimInTech                                                                                            |                                                                                    |
| <a href="https://www.elibrary.ru/VMEJBE">https://www.elibrary.ru/VMEJBE</a>                                                                                             | Разработка цифрового двойника наземной радионавигационной системы по принципам модельно-ориентированного проектирования с помощью математической среды моделирования Engage |                                                                                    |

#### 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://lib.guap.ru/jirbis2/index.php">https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php</a> | Электронная библиотека ГУАП    |
| <a href="https://www.elibrary.ru">https://www.elibrary.ru</a>                             | Научная электронная библиотека |

## 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                    |
|-------|---------------------------------|
| 1     | ENGEE (ООО «ЦИТМ „Экспонента“») |
| 2     | SIMINTECH (ООО «ЗВ Сервис»)     |

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                                                                                                                               |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Алиса AI – справочная система для поиска ответов                                                                                           |
| 2     | Документация Engee. URL: <a href="https://engee.com/helpcenter/stable/ru/index.html">https://engee.com/helpcenter/stable/ru/index.html</a> |
| 3     | Справочная система SimInTech. URL: <a href="https://help.simintech.ru/">https://help.simintech.ru/</a>                                     |

## 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     | Лекционная аудитория                                      | 13-03 (БМ)                          |
| 2     | Мультимедийная лекционная аудитория                       | 13-04а (БМ)                         |
| 3     | Учебно-лабораторный комплекс (УЛК-1)                      | 11-02 (БМ)                          |

## 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            |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Зачет                        | Список вопросов;<br>Тесты;<br>Задачи. |

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<br>5-балльная шкала | Характеристика сформированных компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «отлично»<br>«зачтено»                 | Обучающийся:<br>– глубоко и всесторонне усвоил программный материал;<br>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;<br>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;<br>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;<br>– делает выводы и обобщения;<br>– свободно владеет системой специализированных понятий.<br>– правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**. |
| «хорошо»<br>«зачтено»                  | Обучающийся:<br>– твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;<br>– не допускает существенных неточностей;<br>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;<br>– аргументирует научные положения;<br>– делает выводы и обобщения;<br>– владеет системой специализированных понятий.<br>– правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.                                                                   |
| «удовлетворительно»<br>«зачтено»       | – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;<br>– допускает несущественные ошибки и неточности;<br>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;<br>– слабо аргументирует научные положения;<br>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;<br>– частично владеет системой специализированных понятий.<br>– правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.                    |
| «неудовлетворительно»<br>«не зачтено»  | – обучающийся не усвоил значительной части программного материала;<br>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;<br>– испытывает трудности в практическом применении знаний;<br>– не может аргументировать научные положения;<br>– не формулирует выводов и обобщений.<br>– 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 |
|-------|----------------------------------------|----------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено        |                |

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 |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1     | <p>1) Дайте определение понятию «цифровой двойник изделия» согласно ГОСТ Р 57700.37-2021. Назовите два ключевых отличия цифрового двойника от традиционной трёхмерной САД-модели;</p> <p>2) Что понимается под «информационным моделированием» применительно к созданию инфраструктурных объектов аэрокосмической отрасли?</p> <p>3) Перечислите не менее трёх терминов, которые были впервые стандартизированы в ГОСТ Р 57700.37-2021. Напишите их определения.</p>                                                      | ОПК-1.З.1      |
| 2     | <p>1) Как концепция цифрового двойника применяется в управлении современным аэропортом?</p> <p>2) Приведите примеры применения цифровых двойников в производственных процессах авиастроительного предприятия;</p> <p>3) В чём заключается синергетический эффект от совместного применения AI, IoT и цифровых двойников при организации предиктивного технического обслуживания?</p>                                                                                                                                      | ОПК-1.У.1      |
| 3     | <p>1) Какие подходы к построению компьютерных моделей рассматриваются для создания детализированных моделей ЛА?</p> <p>2) С какими основными проблемами сталкиваются разработчики при проведении массовых расчетов с применением имитационных компьютерных моделей в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах в аэрокосмической сфере? Назовите не менее двух проблем и пути их решения.</p> <p>3) Что такое «физическое моделирование» в Engее и какие разделы включает соответствующая библиотека.</p> | ОПК-5.З.1      |
| 4     | <p>1) Какое важнейшее требование предъявляется к компьютерным моделям при разработке цифровых двойников беспилотных летательных аппаратов?</p> <p>2) Что представляет собой база данных сигналов системы при моделировании САУ ЛА и для каких целей она формируется?</p> <p>3) Опишите структурную модель цифрового гидравлического привода и его характерные особенности (например, интегрированную компоновку, наличие нелинейностей).</p>                                                                              | ОПК-5.У.1      |
| 5     | <p>1) Вам необходимо создать цифровой двойник гидравлической системы управления рулевыми поверхностями летательного аппарата. В среде моделирования Engее вы построили физическую модель, однако при запуске моделирования в ответ на управляющий сигнал возникают высокочастотные колебания. Какие шаги вы предпримете для диагностики и устранения проблемы? Какие параметры модели следует проверить в первую очередь?</p>                                                                                             | ОПК-5.В.1      |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |          |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|   | <p>2) Разрабатывается цифровой двойник электрического привода системы наведения антенны бортового радиолокатора. Критическим требованием является высокая точность позиционирования и отсутствие перерегулирования. Предложите архитектуру системы управления (тип регулятора, необходимость дополнительных обратных связей) и обоснуйте выбор метода анализа устойчивости для дискретной системы.</p> <p>3) Вы разрабатываете комплексную имитационную модель системы автоматического управления полётом гражданского самолёта в среде SimInTech. Модель включает подсистемы: автопилот, траекторное управление, управление двигателями и систему регистрации параметров. На этапе интеграции вы обнаружили, что при отработке бокового ветра модель автопилота не справляется с удержанием курса. Предложите методику локализации проблемы и опишите порядок модификации алгоритмов управления.</p> |          |
| 6 | <p>1) Какие типы данных и информации должны в обязательном порядке накапливаться в базе данных для обеспечения функционирования полноценного цифрового двойника современного космического аппарата?</p> <p>2) Дайте определение понятию «парсинг данных» в контексте подготовки сырых первичных данных для построения цифрового двойника. Чем отличается автоматизированный сбор данных от ручного ввода?</p> <p>3) Какую роль играет пакетирование (токенизация) пространственно-временной информации при передаче парсинговых данных между элементами многоуровневой системы цифровых двойников?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ПК-6.3.1 |
| 7 | <p>1) Предложите методику парсинга и очистки эксплуатационных записей по ТО и ремонту для последующего использования в прогностической модели цифрового двойника планера самолёта.</p> <p>2) Почему геометрическая составляющая (геометрические параметры) является критически важной при создании цифрового двойника для анализа лётных характеристик?</p> <p>3) Приведите пример постановки задачи для создания цифрового двойника предиктивного обслуживания гидравлической системы шасси самолёта. Какие входные данные, целевая переменная и метрика качества модели должны быть определены?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ПК-6.У.1 |

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 |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
|       | 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 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1     | <p>1) Какая из перечисленных характеристик является обязательной для цифрового двойника, но необязательной для «цифровой модели изделия»?</p> <p>А) Трёхмерное геометрическое представление объекта;<br/> Б) Возможность двустороннего обмена данными с физическим объектом в режиме, близком к реальному времени;<br/> В) Содержание конструкторской и технологической документации;<br/> Г) Использование параметрического моделирования.</p> <p>2) Соотнесите термин (1–3) с его определением (А–В).</p> <p>1. Цифровая модель изделия;<br/> 2. Цифровой двойник изделия;<br/> 3. Цифровая тень.</p> <p>А) Виртуальное представление, синхронизированное с объектом только в одном направлении (от объекта к модели);<br/> Б) Статическая или динамическая модель, не предполагающая автоматического двустороннего обмена данными с физическим объектом в реальном времени;<br/> В) Система, включающая физический объект, его виртуальное отображение и двустороннюю информационную связь между ними.</p> <p>3) Какова основная область распространения ГОСТ Р 57700.37-2021?</p> <p>А) Только авиационная техника;<br/> Б) Только ракетно-космическая техника;<br/> В) Изделия машиностроения;<br/> Г) Все без исключения промышленные изделия.</p> | ОПК-1.3.1      |
| 2     | <p>1) Чем принципиально отличается верификация программного обеспечения компьютерного моделирования от его валидации?</p> <p>А) Верификация подтверждает соответствие математической модели, валидация — соответствие реальному объекту;<br/> Б) Верификация проводится только для САД-моделей, валидация — для САЕ-моделей;<br/> В) Верификация выполняется на этапе проектирования, валидация — на этапе эксплуатации;<br/> Г) Это полностью идентичные понятия.</p> <p>2) Какие факторы, согласно ГОСТ Р 57700.37-2021, влияют на разработку цифровых моделей высокого уровня адекватности? (Выберите несколько вариантов ответа)</p> <p>А) Квалифицированные кадры (инженеры);<br/> Б) Технологии;<br/> В) Высокопроизводительные вычислительные системы;<br/> Г) Сроки и финансирование;<br/> Д) Цветовая гамма интерфейса.</p> <p>3) Что такое адекватность модели согласно ГОСТ Р 57700.37-2021?</p> <p>А) Способность модели работать на любых компьютерах;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ОПК-1.У.1      |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|   | <p>Б) Способность модели с заданной точностью воспроизводить поведение реального объекта в рассматриваемых условиях;</p> <p>В) Наличие лицензии на программное обеспечение;</p> <p>Г) Количество параметров модели.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |
| 3 | <p>1) SimInTech — это среда для:</p> <p>А) Только трёхмерного моделирования;</p> <p>Б) Визуального динамического моделирования технических систем с возможностью генерации кода;</p> <p>В) Создания и редактирования растровой графики;</p> <p>Г) Исключительно математических расчётов в табличном виде.</p> <p>2) Что представляет собой платформа Engее?</p> <p>А) Система только для трёхмерного CAD-моделирования</p> <p>Б) Российская среда математического моделирования динамики систем любой сложности, работающая в браузере;</p> <p>В) Графический редактор для создания презентаций;</p> <p>Г) Система управления базами данных.</p> <p>3) На каком языке программирования базируется среда Engее, что обеспечивает высокую производительность и компактность кода?</p> <p>А) Python;</p> <p>Б) MATLAB;</p> <p>В) Julia;</p> <p>Г) C++.</p> | ОПК-5.3.1 |
| 4 | <p>1) В SimInTech глобальные переменные модели создаются с помощью:</p> <p>А) Блока «Константа»;</p> <p>Б) Блока «В память»;</p> <p>В) Блока «Порт входа»;</p> <p>Г) Текстового редактора схемы.</p> <p>2) Какими типами связей могут соединяться блоки в среде Engее?</p> <p>А) Только тепловыми;</p> <p>Б) Только механическими;</p> <p>В) Сигнальными (передача значений) и физическими (через переменные);</p> <p>Г) Только цифровыми.</p> <p>3) Инструмент Block Masks в Engее предназначен для:</p> <p>А) Создания анимации;</p> <p>Б) Создания пользовательских блоков с настраиваемыми параметрами и диалоговым окном;</p> <p>В) Шифрования модели;</p> <p>Г) Экспорта в PDF.</p>                                                                                                                                                               | ОПК-5.У.1 |
| 5 | <p>1) На каком этапе жизненного цикла ЛА применение математического моделирования в составе цифрового двойника даёт наибольший экономический эффект?</p> <p>А) Эскизное проектирование;</p> <p>Б) Производство;</p> <p>В) Эксплуатация и техническое обслуживание (MRO)</p> <p>Г) Утилизация.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК-5.В.1 |
| 6 | 1) Какие методы анализа выходных параметров САУ ЛА                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ПК-6.3.1  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|   | <p>используются для оценки качества переходных процессов?</p> <p>А) Корреляционный анализ;</p> <p>Б) Анализ временных характеристик (время регулирования, перерегулирование) и частотных характеристик;</p> <p>В) Статистический контроль качества;</p> <p>Г) SWOT-анализ.</p> <p>2) Для проверки работоспособности модели САУ ЛА в SimInTech используются:</p> <p>А) Только числовые дисплеи;</p> <p>Б) Осциллографы, графики, логические анализаторы и запись в память;</p> <p>В) Звуковые сигналы;</p> <p>Г) Выход на 3D-принтер.</p> <p>3) Какой метод математического преобразования применяется для анализа устойчивости цифрового электропривода при переходе к дискретным передаточным функциям?</p> <p>А) Преобразование Лапласа;</p> <p>Б) Z-преобразование;</p> <p>В) Преобразование Фурье;</p> <p>Г) Вейвлет-преобразование.</p>                                                                                                                  |          |
| 7 | <p>1) Что понимается под «многоуровневой системой цифровых двойников»?</p> <p>А) Наличие двух и более физических копий;</p> <p>Б) Иерархия моделей: от подсистемы до агрегата, от агрегата до всего ЛА, с единым хранилищем данных;</p> <p>В) Использование нескольких языков программирования;</p> <p>Г) Дублирование баз данных для отказоустойчивости.</p> <p>2) Какой метод машинного обучения чаще всего применяется для прогнозирования остаточного ресурса бортовых систем на основе временных рядов телеметрии?</p> <p>А) Линейная регрессия;</p> <p>Б) Рекуррентные нейронные сети;</p> <p>В) Наивный байесовский классификатор;</p> <p>Г) К-ближайших соседей.</p> <p>3) Какая проблема чаще всего возникает при парсинге эксплуатационных журналов ТО и ремонта?</p> <p>А) Отсутствие языковой разметки и единого формата записей;</p> <p>Б) Слишком большой объём;</p> <p>В) Невозможность цифровой обработки;</p> <p>Г) Отсутствие датчиков.</p> | ПК-6.У.1 |

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ |
|-------|----------------------------|
|       | Не предусмотрено           |

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:

– *Введение*: устанавливается связь темы с пройденным материалом, определяются цели, задачи лекции, формулируется план лекции. Формулируются проблемы. Предлагается список информационных источников по различным взглядам на проблематику лекции. Лектор должен быть краток и выразителен. На введение отводится 5–8 минут.

– *Основное содержание*: отражаются ключевые идеи, теория вопроса. По возможности излагаются различные точки зрения. Выслушиваются суждения студентов. Студентам предлагается сформулировать выводы после каждой логической части. Представляются оценочные суждения лектора. Преподаватель формулирует резюме, подтверждаются или опровергаются ключевые идеи, высказанные в начале лекции.

– *Заключение*: делаются обобщения и выводы в целом по теме. Идет презентация будущего лекционного материала. Преподаватель определяет направления самостоятельной работы студентов.

##### Варианты чтения лекции:

1. Устное эссе предполагает профессиональное в теоретическом и методическом плане изложение конкретного вопроса. Но это спектакль одного актера, аудитория в лучшем случае вовлечена во «внутренний диалог» с преподавателем. Такая лекция

представляет собой продукт, созданный одним только преподавателем, а студентам остается роль пассивных слушателей.

2. Устное эссе-диалог с организацией взаимодействия преподавателя со студентами, которые привлекаются к работе посредством использования приемов скрытого и открытого диалога.

3. Лекция с использованием постановки и решения проблемы. Такая лекция начинается с вопроса, парадокса, загадки, возбуждающим интерес студентов. Ответ, как правило, определяется к концу занятия. Студенты предлагают собственные варианты решения проблемы. Если консенсус не достигается, преподаватель дает больший объем информации, наводящую информацию. Как правило, большинство студентов догадывается о конечном результате еще до провозглашения его преподавателем. После формулирования проблематики основные идеи студентов записываются на доске. Они систематизируются определенным образом, структурируются. В заключении лекции окончательные выводы, разработанные на основе идей студентов, записываются на доске.

Условия лекционного общения:

- предварительная самостоятельная подготовка студентов по задачам, сформулированным на предыдущем занятии по предстоящей тематике;

- свободное и открытое обсуждение материала;

4. Лекция с процедурой пауз предполагает чередование мини-лекций с обсуждениями. Каждые 20 минут освещается важная проблема, затем 5–10 минут она обсуждается. Можно сначала обсудить в малых группах, а затем пригласить кого-то высказать свое мнение от группы. Вслед за обсуждением следует еще одна микролекция.

5. Лекция-диспут, контролируемая преподавателем. Аудитория делится на группы: сторонников данной концепции, оппозицию и арбитров. Студенты делают свой выбор и учатся отстаивать свою точку зрения. Преподаватель организует дебаты и корректирует обсуждение, в конце занятия предлагает свое видение проблемы и подводит итоги. Выбор варианта лекции определяется образовательными целями и индивидуальным стилем преподавателя.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Не предусмотрено

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Не предусмотрено

11.4. 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

Перед выполнением лабораторной работы студенты должны:

- а) ознакомиться с содержанием работы;
- б) изучить теоретический материал, необходимый для проведения лабораторной работы;
- в) тщательно проработать методику проведения работы и изучить схему экспериментальной установки;
- г) произвести необходимые предварительные расчеты, составить схемы экспериментального исследования и сформировать таблицы для записи результатов экспериментов и вычислений с определением подлежащего таблиц и сказуемого, с логическим формированием последовательностей экспериментальных данных.

Студенты, явившиеся на занятия не подготовленными, к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Каждую работу выполняют бригадой студентов в составе 3-5 человек. В процессе эксперимента каждый член бригады выполняет определенные обязанности: снятие показаний измерительных приборов, фиксирование измеренных данных в подготовленных заранее таблицах, управление пускорегулирующей аппаратурой и др.

Отчет о проделанной работе составляется каждым студентом. Требуемое содержание отчета (необходимые схемы, таблицы и графики) указано в методическом описании каждой работы.

Кроме того, студент приводит результаты разработки на уровне исследования одного из вопросов по заданию преподавателя. В конце отчета записываются краткие выводы по проделанной работе, дается сравнительная оценка полученных практических результатов с теоретическими сведениями.

Лабораторная работа засчитывается, если студент правильно ответил на вопросы преподавателя, посвященные знанию устройства и принципу работы установки, а также пониманию физических процессов, объясняющих полученные практические результаты при проведении эксперимента. Студент должен уметь объяснить порядок действий, необходимых для выполнения любого эксперимента в лабораторной работе.

Перед началом работы студенты обязаны изучить инструкцию по технике безопасности для работающих в лаборатории и расписаться о прохождении инструктажа в специальном журнале.

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Требования к форме отчета о лабораторной работе определены стандартами Университета: <https://guap.ru/c/regdocs/docs/uch>

Структура отчета:

- 1) Схема лабораторной установки.
- 2) Паспортные данные исследуемой машины или приборов.
- 3) Таблицы с расчетными и опытными данными.
- 4) Основные расчетные формулы.
- 5) Алгоритмы сглаживания, аппроксимации экспериментальных данных, графики исследуемых зависимостей.
- 6) Трактовка полученных результатов и краткие выводы по работе.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет оформляется в соответствии с требованиями к изложению текста и оформлению работ следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017

«СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» и ГОСТ 2.105-2019 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам»:

[https://guap.ru/standards/db/docs/gost\\_7.32-2017.pdf](https://guap.ru/standards/db/docs/gost_7.32-2017.pdf)

[https://guap.ru/standards/db/docs/GOST\\_R\\_2.105-2019.pdf](https://guap.ru/standards/db/docs/GOST_R_2.105-2019.pdf)

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/курсовой работы

Не предусмотрено

11.6. 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.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему 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.

11.7. 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.

Текущий контроль успеваемости предназначен для проверки хода и качества усвоения учебного материала, стимулирования учебной работы слушателей и совершенствования методики проведения занятий. Он проводится в ходе всех видов учебных занятий в форме, избранной преподавателем или предусмотренной тематическим планом. Результаты текущего контроля успеваемости отражаются в журналах учета учебных занятий.

Задачи текущего контроля успеваемости:

- проверка качества отработки и усвоения пройденного учебного материала;
- оценка текущей успеваемости обучающихся и качества их подготовки к занятиям;
- активизация и побуждение обучающихся к творческой деятельности, концентрация их внимания, стимулирование самостоятельной познавательной работы;
- накопление данных для оценки подготовленности каждого обучающегося по дисциплине;
- оценка методической подготовленности обучающихся;
- выявление наиболее сложных для усвоения обучающимися вопросов учебной дисциплины;
- определение перечня необходимых мероприятий по совершенствованию образовательного процесса, учебно-методических материалов и методики проведения занятий.

Основными формами текущего контроля успеваемости являются:

- контрольный опрос обучающихся в устной или письменной форме, а также с использованием технических средств обучения;
- проверка выполненного задания на самостоятельную работу;

- защита отчетов по лабораторным работам (по которым предусмотрена отчетность);

- индивидуальные собеседования преподавателя с обучающимися в ходе занятий.

При текущем контроле оценивание успеваемости обучающихся осуществляется по четырехбалльной шкале оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Контроль проводится по завершении изучения наиболее сложных и объемных тем, разделов учебной дисциплины:

- по теме 1.3, теме 2.2, теме 2.5, теме 2.7, теме 3.2, теме 3.3 и теме 4.2 в форме защиты отчетов по циклу лабораторных работ путём индивидуального собеседования с каждым обучающимся.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Список вопросов для подготовки к зачету представлен в разделе 10.3.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам 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.<br>Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |