

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

Кафедра № 31

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«4» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы создания цифровых двойников»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	27.03.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Управление в технических системах
Наименование направленности	Управление и информатика в технических системах
Форма обучения	очно-заочная
Год приема	2025

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст.преп.

(должность, уч. степень, звание)

04.02.2025

(подпись, дата)

С.С. Тимофеев

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 31

« 4 » февраля 2025 г, протокол № 3

Заведующий кафедрой № 31

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

04.02.2025

(подпись, дата)

В.Ф. Шишляков

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)

04.02.2025

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Основы создания цифровых двойников» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 27.03.04 «Управление в технических системах» направленности «Управление и информатика в технических системах». Дисциплина реализуется кафедрой «№31».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»

ОПК-1 «Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики»

ОПК-3 «Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности»

ОПК-4 «Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов»

ОПК-6 «Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности»

ОПК-7 «Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления»

ОПК-9 «Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств»

ПК-1 «Способность выполнять экспериментальные исследования на действующих объектах автоматизации и управления и обрабатывать результаты с применением стандартных средств»

ПК-2 «Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления»

ПК-6 «Способность производить расчёты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием»

Содержание дисциплины рассмотрены основы организации современного и перспективного компьютерно-интегрированного проектирования электромеханических устройств. Методы и средства машинной графики, трехмерного моделирования, основы теории метода конечных элементов и реализующие его программные продукты.

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 дифференцированного зачета.

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

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Содержание дисциплины рассмотрены основы организации современного и перспективного компьютерно-интегрированного проектирования электромеханических устройств. Методы и средства машинной графики, трехмерного моделирования, основы теории метода конечных элементов и реализующие его программные продукты.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части 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
Универсальные компетенции	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3.3 знать возможности и ограничения применения цифровых инструментов для решения поставленных задач УК-2.В.3 владеть навыками использования цифровых средств для решения поставленной задачи
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	ОПК-1.В.1 владеет навыками решения профессиональных задач на основе базовых естественнонаучных и математических знаний
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	ОПК-3.3.1 знает методики получения математических моделей реальных технических объектов

Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	ОПК-4.В.1 владеет навыками оценки эффективности работы реальных систем управления, разработанных на основе математических методов
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-6 Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-6.В.1 владеет навыками разработки и использования программ и алгоритмов с целью применения в сфере профессиональной деятельности
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-7 Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления	ОПК-7.3.1 знает стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления ОПК-7.У.1 умеет производить расчёты отдельных блоков и устройств систем автоматического управления ОПК-7.В.1 владеет навыками применения расчетов отдельных блоков и устройств при проектировании систем управления
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-9 Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать	ОПК-9.В.1 владеет навыками проведения численного и натурного эксперимента

	результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способность выполнять экспериментальные исследования на действующих объектах автоматизации и управления и обрабатывать результаты с применением стандартных средств	ПК-1.3.1 знает принципы проведения экспериментов на действующих объектах профессиональной деятельности ПК-1.У.1 умеет обрабатывать результаты, полученные в ходе проведения экспериментов с использованием стандартных средств
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	ПК-2.В.1 владеет навыками проведения вычислительных экспериментов при помощи стандартных программных средств
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способность производить расчёты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и	ПК-6.3.1 знает основные методики расчета и проектирования систем автоматического управления ПК-6.В.1 владеет навыками проектирования систем автоматизации и управления

	управления в соответствии с техническим заданием	
--	--	--

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Инженерная и компьютерная графика».

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

- «Системы управления приводами»,
«Расчет элементов систем управления».

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
		№10
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	5	5
Аудиторные занятия, всего час.	36	36
в том числе:		
лекции (Л), (час)	18	18
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	18	18
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	108	108
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

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

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 10					
Раздел 1. Организация современной технологии проектирования машин, понятие цифровых двойников	4	-	3	-	23

Тема 1.1. Понятие о CAD технологиях					
Тема 1.2. Понятие PDM систем					
Тема 1.3. Процесс разработки изделий					
Раздел 2. Программные продукты 3-х мерной графики					
Тема 2.1. Программный продукт SW	5	-	8	-	24
Тема 2.2. Работа в среде SW					
Тема 2.3. Симуляции механизма в SW					
Раздел 3. Основные положения теории МКЭ					
Тема 3.1. Классификации задач, решаемых МКЭ					
Тема 3.2. Плоские задачи в МКЭ	4	-	-	-	26
Тема 3.3. Осесимметричная задача в МКЭ					
Тема 3.4. Нестационарные задачи в МКЭ					
Тема 3.5. Нелинейные задачи в МКЭ					
Раздел 4. Программные продукты, реализующие МКЭ					
Тема 4.1. Пакет ELCUT	5	-	7	-	27
Итого в семестре:	18		18		108
Итого	18	0	18	0	108

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	Организация современной технологии проектирования машин Понятие о CAD технологиях Понятие PDM систем Процесс разработки изделий Понятие цифровых двойников
2	Программные продукты 3-х мерной графики Программный продукт SW Работа в среде SW Симуляции механизма в SW
3	Основные положения теории МКЭ Классификации задач, решаемых МКЭ Плоские задачи в МКЭ Осесимметричная задача в МКЭ Нестационарные задачи в МКЭ Нелинейные задачи в МКЭ
4	Программные продукты, реализующие МКЭ Пакет ELCUT

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 10				
1.	Ведение, построение простых объектов в SolidWorks	3	1	1
2.	Построение сложных объектов в среде SolidWorks	3	1	2
3.	Статические нагрузки в среде SolidWorks simulation	3	1	2
4.	Динамические нагрузки в среде flow SolidWorks	3	1	2
5.	Создание объектов в среде ELCUT	3	1	4
6.	Статические нагрузки в среде ELCUT	3		4
Всего		18	5	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 10, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	75	75
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	12	12
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	21	21
Всего:	108	108

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

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

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
https://e.lanbook.com/book/788	Компьютерно-информационные технологии в двигателестроении : учебное пособие / А. И. Яманин, Ю. В. Голубев, А. В. Жаров, С. М. Шилов. — Москва : Машиностроение, 2005. — 480 с. — ISBN 5-217-03301-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	

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
	Не предусмотрено

8. Перечень информационных технологий

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

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

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

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

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

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-07
2	Компьютерный класс	21-13

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
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты;

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

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	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.	Организация современной технологии проектирования машин	УК-2.3.3
2.	Понятие о CASL технологии	УК-2.В.3
3.	Понятие PDM системах	ОПК-1.В.1
4.	Процесс разработки изделий	ОПК-3.3.1
5.	Программные продукты 3-х мерной графики	ОПК-4.В.1
6.	Программный продукт SW	ОПК-6.В.1
7.	Работа в среде SW	ОПК-7.3.1
8.	Симуляции механизма в SW	ОПК-7.У.1
9.	Основные положения теории МКЭ	ОПК-7.В.1
10.	Классификации задач, решаемых МКЭ	ОПК-9.В.1
11.	Плоские задачи в МКЭ	ПК-1.3.1
12.	Осесимметричная задача в МКЭ	ПК-1.У.1
13.	Нестационарные задачи в МКЭ	ПК-2.В.1
14.	Нелинейные задачи в МКЭ	ПК-6.3.1
15.	Программные продукты, реализующие МКЭ	ПК-6.В.1

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

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

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

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

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Что такое цифровой двойник?	УК-2.3.3

	<p>А) Физический объект</p> <p>В) Виртуальная модель реального объекта или системы</p> <p>С) Программное обеспечение для управления данными</p> <p>Д) Устройство для сбора данных</p>	
2	<p>Какую роль играют сенсоры в создании цифровых двойников?</p> <p>А) Они создают программное обеспечение</p> <p>В) Они собирают данные из реального мира</p> <p>С) Они управляют производственными процессами</p> <p>Д) Они хранят информацию</p>	УК-2.В.3
3	<p>Как часто должны обновляться данные в цифровом двойнике для поддержания его актуальности?</p> <p>А) Каждые несколько месяцев</p> <p>В) Никогда</p> <p>С) В реальном времени</p> <p>Д) Один раз в год</p>	ОПК-1.В.1
4	<p>Какой параметр не является типичным для мониторинга с помощью сенсоров?</p> <p>А) Температура</p> <p>В) Влажность</p> <p>С) Цвет</p> <p>Д) Давление</p>	ОПК-3.3.1
5	<p>Каково основное преимущество использования цифровых двойников в производстве?</p> <p>А) Увеличение затрат</p> <p>В) Упрощение процессов</p> <p>С) Оптимизация и предсказание технических сбоев</p> <p>Д) Уменьшение качества продукции</p>	ОПК-4.В.1
6	<p>Какое из следующих утверждений верно?</p> <p>А) Цифровые двойники не могут обновляться</p> <p>В) Сенсоры не влияют на точность цифрового двойника</p> <p>С) Цифровые двойники могут использоваться для обучения сотрудников</p> <p>Д) Цифровые двойники не имеют практического применения</p>	ОПК-6.В.1
7	<p>Что позволяет делать анализ данных, собранных с помощью цифровых двойников?</p> <p>А) Игнорировать проблемы</p> <p>В) Прогнозировать технические сбои</p> <p>С) Увеличивать время простоя</p> <p>Д) Устранить необходимость в сенсорах</p>	ОПК-7.3.1
8	<p>Какой элемент не является частью цифрового двойника?</p> <p>А) Физический объект</p> <p>В) Данные из сенсоров</p> <p>С) Алгоритмы анализа</p> <p>Д) Виртуальная модель</p>	ОПК-7.У.1

9	<p>Какой из следующих факторов не влияет на точность цифрового двойника?</p> <p>А) Качество сенсоров В) Частота обновления данных С) Обучение персонала D) Методы анализа данных</p>	ОПК-7.В.1
10	<p>1. Что такое цифровой двойник? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Виртуальная модель реального объекта или системы о В) Физический объект о С) Инструмент для анализа данных о D) Программное обеспечение для управления процессами</p>	ОПК-9.В.1
11	<p>2. Какие технологии используются для создания цифровых двойников? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Интернет вещей (IoT) о В) Искусственный интеллект (AI) о С) Блокчейн о D) 3D-моделирование</p>	ПК-1.3.1
12	<p>3. Какие данные могут быть собраны для цифрового двойника? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Температура о В) Влажность о С) Финансовые отчеты о D) Данные о производительности</p>	ПК-1.У.1
13	<p>4. Каковы преимущества использования цифровых двойников? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Улучшение качества продукции о В) Увеличение затрат на производство о С) Оптимизация процессов о D) Прогнозирование технических сбоев</p>	ПК-2.В.1
14	<p>5. Кто может использовать цифровые двойники? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Инженеры о В) Менеджеры по качеству о С) Финансовые аналитики о D) Специалисты по обслуживанию</p>	ПК-6.3.1
15	<p>6. Какие аспекты важны для точности цифрового двойника? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Качество сенсоров о В) Частота обновления данных о С) Обучение персонала о D) Размер физического объекта</p>	ПК-6.В.1
16	<p>7. Какую роль играют алгоритмы в цифровых двойниках? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Обработка и анализ данных о В) Создание визуальных моделей о С) Управление физическими объектами о D) Прогнозирование будущих состояний</p>	УК-2.3.3
17	<p>8. Что необходимо для успешного внедрения цифровых двойников? (Выберите все правильные ответы)</p> <p>о А) Наличие качественных данных</p>	УК-2.В.3

	<ul style="list-style-type: none"> o B) Инфраструктура для сбора данных o C) Обучение сотрудников o D) Игнорирование существующих процессов 	
18	<p>9. Какие области применения цифровых двойников существуют? (Выберите все правильные ответы)</p> <ul style="list-style-type: none"> o A) Производство o B) Градостроительство o C) Здравоохранение o D) Искусство 	ОПК-1.B.1
19	<p>1. Цифровой двойник</p> <ul style="list-style-type: none"> o A) Виртуальная модель, отражающая состояние реального объекта или системы. <p>2. Интернет вещей (IoT)</p> <ul style="list-style-type: none"> o B) Сеть физических объектов, подключенных к интернету для обмена данными. <p>3. Сенсоры</p> <ul style="list-style-type: none"> o C) Устройства, фиксирующие параметры окружающей среды, такие как температура и давление. <p>4. Алгоритмы анализа данных</p> <ul style="list-style-type: none"> o D) Программные средства, используемые для обработки и интерпретации больших объемов данных. <p>5. Преимущества цифровых двойников</p>	ОПК-3.3.1
20	<p>1. Области применения цифровых двойников</p> <ul style="list-style-type: none"> o F) Сферы, где цифровые двойники могут быть использованы, такие как производство, транспорт и здравоохранение. <p>2. Качество данных</p> <ul style="list-style-type: none"> o G) Важный аспект, влияющий на точность и надежность цифрового двойника. <p>3. Обучение персонала</p> <ul style="list-style-type: none"> o H) Процесс подготовки сотрудников для эффективного использования технологий цифровых двойников. <p>4. Моделирование</p> <ul style="list-style-type: none"> o I) Создание виртуальных представлений физических объектов для анализа и прогнозирования. 	ОПК-4.B.1
21	<p>1. Цифровой двойник</p> <ul style="list-style-type: none"> o A) Процесс создания и использования виртуальных моделей для анализа. <p>2. Интернет вещей (IoT)</p> <ul style="list-style-type: none"> o B) Технология, позволяющая связывать физические устройства с интернетом для сбора данных. <p>3. Сенсоры</p> <ul style="list-style-type: none"> o C) Устройства, которые измеряют физические параметры и передают данные. 	ОПК-6.B.1
22	<p>1. Алгоритмы машинного обучения</p> <ul style="list-style-type: none"> o D) Методы, позволяющие системам учиться на данных и улучшать свои прогнозы. <p>2. Преимущества цифровых двойников</p> <ul style="list-style-type: none"> o E) Увеличение эффективности и снижение затрат на обслуживание. <p>3. Области применения цифровых двойников</p> <ul style="list-style-type: none"> o F) Секторы, такие как энергетика, транспорт и здравоохранение, где используются цифровые двойники. 	ОПК-7.3.1

23	1. Качество данных о G) Определяет надежность и точность информации, используемой в цифровом двойнике. 2. Обучение персонала о H) Подготовка сотрудников к работе с новыми технологиями и инструментами. 3. Моделирование о I) Процесс создания абстрактных представлений объектов для анализа и предсказания.	ОПК-7.У.1
24	1. Цифровой двойник о A) Технология, позволяющая собирать данные с физических объектов. 2. Интернет вещей (IoT) о B) Виртуальная модель, отражающая состояние реального объекта или системы. 3. Алгоритмы анализа данных о C) Программные средства, используемые для обработки и интерпретации данных.	ОПК-7.В.1
25	1. Сенсоры о D) Преобразование физической информации в цифровую форму для анализа. 2. Преимущества цифровых двойников о E) Возможность оптимизации процессов и повышения качества продукции. 3. Области применения цифровых двойников о F) Сферы, где цифровые двойники могут быть использованы, такие как производство и здравоохранение.	ОПК-9.В.1
26	1. Качество данных о G) Важный аспект, влияющий на точность цифрового двойника. 2. Обучение персонала о H) Процесс, необходимый для эффективного использования цифровых двойников. 3. Моделирование о I) Создание виртуальных представлений физических объектов для анализа и прогнозирования.	ПК-1.3.1
27	1. Цифровой двойник о A) Модель, которая использует данные в реальном времени для анализа и предсказания. 2. Интернет вещей (IoT) о B) Концепция, объединяющая физические устройства и интернет для обмена данными. 3. Сенсоры о C) Устройства, фиксирующие изменения в окружающей среде и передающие информацию. 4. Алгоритмы предсказательной аналитики о D) Методы, позволяющие прогнозировать будущие события на основе исторических данных. 5. Преимущества цифровых двойников о E) Возможность мониторинга и оптимизации процессов в реальном времени. 6. Области применения цифровых двойников	ПК-1.У.1

	о F) Применение в таких отраслях, как производство, строительство и логистика.	
28	<p>Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сбор данных 2. Моделирование системы 3. Анализ и обработка данных 4. Интеграция с IoT-устройствами 5. Визуализация результатов 6. Обратная связь и корректировка модели 7. Тестирование и валидация модели 8. Определение целей и требований 9. Эксплуатация и мониторинг 	ПК-2.В.1
29	<p>Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение ключевых показателей производительности (KPI) 2. Сбор данных 3. Создание прототипа модели 4. Анализ данных и выявление закономерностей 5. Интеграция с реальными системами 6. Визуализация и представление данных 7. Тестирование и валидация модели 8. Обратная связь и корректировка модели 9. Мониторинг и эксплуатация 	ПК-6.3.1
30	<p>Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение целей и задач проекта 2. Сбор и подготовка данных 3. Выбор подходящей модели 4. Интеграция с системами сбора данных 5. Создание и настройка цифрового двойника 6. Тестирование и валидация модели 7. Анализ результатов и оптимизация 8. Визуализация данных и результатов 9. Мониторинг и обновление модели 	ПК-6.В.1
31	<p>Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение потребностей пользователей 2. Сбор данных с сенсоров и систем 3. Создание математической модели 4. Анализ и обработка данных 5. Валидация модели с реальными данными 6. Разработка интерфейса для взаимодействия 7. Мониторинг и управление цифровым двойником 8. Обратная связь от пользователей 9. Оптимизация модели на основе полученных данных 	УК-2.3.3
32	<p>Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Исследование и анализ существующих систем 2. Определение ключевых показателей производительности (KPI) 3. Сбор данных о текущих процессах 4. Разработка прототипа цифрового двойника 5. Интеграция с IoT-устройствами 6. Тестирование прототипа и внесение корректив 7. Внедрение и эксплуатация цифрового двойника 	УК-2.В.3

	8. Мониторинг производительности и обновление модели 9. Обратная связь и улучшение системы	
33	Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника: 1. Определение целей и задач проекта 2. Сбор и анализ данных о системе 3. Создание модели цифрового двойника 4. Интеграция с существующими системами и IoT 5. Тестирование и валидация модели 6. Визуализация данных и результатов 7. Обратная связь от пользователей и корректировка 8. Запуск и эксплуатация цифрового двойника 9. Мониторинг и обновление системы на основе данных	ОПК-1.В.1
34	Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника: 1. Определение области применения цифрового двойника 2. Сбор и обработка данных о системе 3. Разработка архитектуры цифрового двойника 4. Создание и настройка модели 5. Интеграция с IoT-устройствами и другими системами 6. Проведение тестирования и валидации модели 7. Анализ результатов и внесение корректировок 8. Визуализация данных для пользователей 9. Запуск и постоянный мониторинг цифрового двойника	ОПК-3.3.1
35	Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника: 1. Определение ключевых показателей производительности (KPI) 2. Анализ существующих процессов и систем 3. Сбор данных с помощью сенсоров и IoT-устройств 4. Создание и настройка цифровой модели 5. Тестирование модели на точность и надежность 6. Визуализация данных и результатов для пользователей 7. Получение обратной связи от заинтересованных сторон 8. Корректировка модели на основе полученной обратной связи 9. Запуск и эксплуатация цифрового двойника	ОПК-4.В.1
36	Упорядочите следующие шаги по созданию цифрового двойника: 1. Определение целей и требований проекта 2. Сбор и анализ данных о текущих процессах 3. Разработка концептуальной модели системы 4. Создание цифрового двойника на основе собранных данных 5. Интеграция с реальными системами и IoT-устройствами 6. Проведение тестирования и валидации модели 7. Оптимизация модели на основе тестирования 8. Запуск цифрового двойника в эксплуатацию 9. Мониторинг и поддержка эффективности цифрового двойника	ОПК-6.В.1
37	Что такое цифровой двойник и какова его основная функция?	ОПК-7.3.1
38	Какие ключевые этапы необходимо пройти для создания цифрового двойника?	ОПК-7.У.1
39	Почему важно определять ключевые показатели производительности (KPI) на начальном этапе?	ОПК-7.В.1
40	Какую роль играют IoT-устройства в создании цифровых двойников?	ОПК-9.В.1
41	Как осуществляется тестирование и валидация цифрового	ПК-1.3.1

	двойника?	
42	Какие методы визуализации данных могут быть использованы для представления результатов работы цифрового двойника?	ПК-1.У.1
43	Какова важность обратной связи от пользователей в процессе эксплуатации цифрового двойника?	ПК-2.В.1
44	Какие потенциальные проблемы могут возникнуть при разработке цифрового двойника?	ПК-6.3.1
45	Как цифровые двойники могут способствовать оптимизации бизнес-процессов?	ПК-6.В.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:

- Тема 1.1. Понятие о CASL технологии
- Тема 1.2. Понятие PDM системах
- Тема 1.3. Процесс разработки изделий
- Тема 1.4 Понятие цифровых двойников
- Тема 2.1. Программный продукт SW
- Тема 2.2. Работа в среде SW
- Тема 2.3. Симуляции механизма в SW
- Тема 3.1. Классификации задач, решаемых МКЭ
- Тема 3.2. Плоские задачи в МКЭ
- Тема 3.3. Осесимметричная задача в МКЭ
- Тема 3.4. Нестационарные задачи в МКЭ
- Тема 3.5. Нелинейные задачи в МКЭ
- Тема 4.1. Пакет ELCUT
- Тема 4.2. Программные продукты, реализующие МКЭ

11.2. 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 приведены в следующих источниках:

Моделирование методом конечных элементов в программном комплексе ELCUT : [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. И. А. Салова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 91 с.

Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС : [Электронный ресурс] : практикум / В. В. Булатов, С. С. Тимофеев ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2019. - 97 с.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе имеет форму гипертекстового документа, содержащего задание на лабораторную работу, краткие теоретические сведения по теме работы, описание схем и алгоритмов, использованных при выполнении работы, результаты вычислительных экспериментов в виде графиков (диаграмм), а также выводы по итогам проделанной работы.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет должен содержать титульный лист, а его содержание должно быть оформлено согласно ГОСТ 7.32 – 2017.

Нормативная документация, необходимая для оформления, приведена на электронном ресурсе ГУАП: <https://guap.ru/standart/doc>

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

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

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

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

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

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

11.4. 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 студентов проводится путем мониторинга результатов выполнения лабораторных работ, контрольным вопросам на защите практических и лабораторных работ, путем получения обратной связи во время проведения лекций.

Своевременная сдача отчетов по лабораторным и практическим заданиям и положительный результат на защите этих работ может учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

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

Промежуточная аттестация проводится по ФОС, приведенному в п.10.3 данной рабочей программы дисциплины.

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