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

Кафедра № 44

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

старший преподаватель
(должность, уч. степень, звание)

Д.В. Куртяник
(инициалы, фамилия)

(подпись)
«16» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Управление виртуальным двойником»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	09.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Информатика и вычислительная техника
Наименование направленности/ специализации	Компьютерные технологии, системы и сети
Форма обучения	заочная
Год приема	2026

Санкт-Петербург – 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст. преп. (должность, уч. степень, звание) «16» февраля 2026 г (подпись, дата) Д.А. Булгаков (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 44
«16» февраля 2026 г, протокол № 5-25/26

Заведующий кафедрой № 44

д.т.н.,проф. (уч. степень, звание) «16» февраля 2026 г (подпись, дата) М.Б. Сергеев (инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №4 по методической работе

доц.,к.т.н. (должность, уч. степень, звание) «16» февраля 2026 г (подпись, дата) А.А. Фоменкова (инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Управление виртуальным двойником» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» направленности/специализации «Компьютерные технологии, системы и сети». Дисциплина реализуется кафедрой «№44».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности»

ПК-2 «Способен проектировать пользовательские интерфейсы по готовому образцу или концепции интерфейса»

ПК-7 «Способен проектировать объекты визуальной информации, идентификации и коммуникации»

ПК-9 «Способен выполнять разработку аппаратно-программных средств цифровой обработки информации»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с получением обучающимися необходимых знаний и навыков в области разработки кинематических аппаратно-программных роботизированных систем и программного обеспечения виртуальных двойников для управления ими, а также решения практических задач по анализу и построению информационных систем.

Дисциплина изучает способы разработки аппаратно-программных средств, включающих роботизированные системы с программным управлением, объекты визуальной информации для репрезентации таких систем и пользовательские интерфейсы для управления ими.

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 зачёта (8 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области проектирования роботизированных систем и разработки программного обеспечения виртуальных двойников для управления такими системами, включая создание точных трёхмерных моделей, разработку интерактивных интерфейсов и реализацию кинематического управления (решение прямой задачи кинематики) на базе микроконтроллеров.

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
Профессиональные компетенции	**ПК-1** Способен осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности	**ПК-1.З.1** Знать требования, методы проектирования систем управления технологическими процессами
Профессиональные компетенции	**ПК-2** Способен проектировать пользовательские интерфейсы по готовому образцу или концепции интерфейса	**ПК-2.У.1** Уметь оценивать сценарии использования интерфейса программного обеспечения
Профессиональные компетенции	**ПК-7** Способен проектировать объекты визуальной информации, идентификации и коммуникации	**ПК-7.В.1** Владеть программным обеспечением, используемым в дизайне объектов визуальной информации
Профессиональные компетенции	**ПК-9** Способен выполнять разработку аппаратно-программных средств цифровой обработки информации	**ПК-9.У.1** Уметь разрабатывать специальное программное обеспечение аппаратно-программных средств на языках высокого и низкого уровней

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Компьютерная графика»;
- «Основы программирования»;
- «Интерактивная компьютерная графика»;

– «Системное программное обеспечение»;
– «Интерфейсы периферийных устройств»;
– «Микроконтроллерные системы».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра

3. Объем и трудоемкость дисциплины

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

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	**Всего**	**Трудоемкость по семестрам**
		№8
1	**2**	**3**
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	10	10
Аудиторные занятия, всего час.	20	20
в том числе:		
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	10	10
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	88	88
***Вид промежуточной аттестации*:** зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачёт,	Зачёт,

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

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

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	**Лекции (час)**	**ПЗ (СЗ) (час)**	**ЛР (час)**	**КП (час)**	**СРС (час)**
Семестр 8					
Раздел 1. Основные понятия о цифровых и виртуальных двойниках	2		1		12
Раздел 2. Кинематические модели роботизированных систем	2		1		12

Раздел 3. Этапы разработки виртуального двойника	2		4		32
Раздел 4. Задачи управления виртуальными двойниками	4		4		32
Итого в семестре:	10		10		88
Итого	10	0	10	0	88

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	**Тема 1.1.** Основные цели и задачи дисциплины. Знакомство с объектом управления и его виртуальным двойником. Общий техпроцесс производства виртуального двойника. **Тема 1.2.** Цифровой двойник: определение, особенности, виды и уровни. Виртуальный двойник: концепция, принципы построения и отличие от цифрового двойника. **Тема 1.3.** Инструменты и программное обеспечение для разработки цифровых и виртуальных двойников. Применение двойников на производстве и в метавселенных. ГОСТ для цифровых двойников.
2	**Тема 2.1.** Решение задач прямой (ПЗК) и обратной (ОЗК) кинематики. Расчёт параметров Денавита-Хартенберга (DH). Построение математической модели роботизированной системы с несколькими степенями свободы. **Тема 2.2.** Методы нахождения траекторий движения и точного позиционирования динамических двойников в пространстве.
3	**Тема 3.1.** Требования и способы разработки достоверных и детализированных трёхмерных моделей для виртуальных двойников. Оптимизация визуализации модели двойника. **Тема 3.2.** Проектирование и разработка пользовательских интерфейсов (UI/UX) для управления виртуальным двойником: стандарты, общие принципы, требования. **Тема 3.3.** Проектирование печатных плат для аппаратно-программных роботизированных систем.
4	**Тема 4.1.** Организация способа обмена текстовыми данными и изображениями между компьютером и микроконтроллером. Вывод данных на дисплей. **Тема 4.2.** Способы аналогового и цифрового управления сервоприводами с компьютера и через микроконтроллер. **Тема 4.3.** Аппаратно-программные интерфейсы обмена данными с виртуальным двойником. Отправка, получение и парсинг данных.

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)	№ 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)	№ раздела дисциплины
Семестр 8			
1	Сборка 3D-модели робота-манипулятора	2	1, 3
2	Работа с дисплеем	4	3, 4
3	Управление вращением робота.	4	2, 4
Всего		10	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	**2**	**3**
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	32	32
Расчетно-графические задания (РГЗ)	32	32
Домашнее задание (ДЗ)	10	10
Контрольные работы заочников (КРЗ)	4	4
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	88	88

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 приведён в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	**Библиографическая ссылка**	**Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)**
621.865.8 Б91	Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов : учебное пособие / С. Ф. Бурдаков, В. А. Дьяченко, А. Н. Тимофеев. – М. : Высшая школа, 1986. – 262 с.	56
004 М 54	Метавселенная ГУАП. Практические занятия : учебно-методическое пособие / А. В. Никитин, Н. Н. Решетникова, Е. Е. Майн [и др.] ; ред.: М. Б. Сергеев, А. В. Никитин / Изд. СПб.: ГУАП, 2024. – 136с.	3
621.31 С 60	Соленый С. В. Применение технологий цифровых двойников в электроэнергетических системах : лабораторный практикум / С. В. Соленый, В. П. Кузьменко, В. Е. Белай / Изд. СПб.: ГУАП, 2024. – 75с.	5
004 Б 20	Балонин Н. А., Соловьев Н. В., Соловьева Т. Н. Введение в интеллектуальные системы : учебное пособие / Изд. СПб.: ГУАП, 2014. – 159 с., ISBN 978-5-8088-0980-2	5
004 В 78	Востриков А.А., Балонин Н.А., Сергеев А.М. Внутриплатные интерфейсы встраиваемых систем : учебное пособие / Изд. СПб.: ГУАП, 2012. – 95с., ISBN 978-5-8088-0588-0	5
УДК 004.92 Б90	Булгаков Д. А., Майн, Е. Е., Решетникова Н. Н. Основы разработки интерактивных 3D-приложений на движке Unity : учебное пособие / Изд. СПб.: ГУАП, 2021. – 137с.	5
004.92 Б90	Булгаков Д. А. Моделирование, анимация и визуализация в пакете Blender : учебно-метод. пособие / Изд. СПб.: ГУАП, 2025. – 172с.; УДК 004.92; ББК 32.972.131.2	5

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
https://pro.guap.ru/inside/profile	Электронная интегрированная образовательная среда ГУАП «Личный кабинет»/ ЭИОС ГУАП «Личный кабинет»
https://lms.guap.ru/	Система дистанционного обучения LMS ГУАП
https://docs.unity3d.com/Manual/index.html	Руководство пользователя Unity
https://docs.unity3d.com/Manual/ScriptingSection.html	Разработка сценариев в Unity (C#)
https://all-arduino.ru/category/uroki/	Уроки по работе с платформой Arduino
https://inner.su/articles/obratnaya-kinematika-6-osevogo-robota-resheniya-i-programmirovanie-dvizheniy/	Обратная кинематика 6-осевого робота

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	Лицензия	Обоснование
1	Blender 5.1 или новее	GNU General Public License, открытый исходный код https://docs.blender.org/manual/ru/2.82/about/license.html	Отсутствие российских аналогов
2	Unity 6.0 LTS или новее	Бесплатно для некоммерческого использования или при годовом доходе компании менее $200 тыс. https://unity.com/ru/products	Отсутствие российских аналогов
3	Microsoft Visual Studio Community 2022 или новее	Бесплатно https://visualstudio.microsoft.com/ru/license-terms/vs2022-ga-community/	Отсутствие российских аналогов
4	Arduino IDE 2.3.8 или новее	Бесплатно https://www.arduino.cc/en/software/	Отсутствие российских аналогов

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 таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	32-04
2	Специализированная компьютерная лаборатория	52-09
3	Робот-манипулятор типа Adeept Arm (ГУАП)	52-09

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
Зачёт	➢ Список вопросов; ➢ Задачи; ➢ Тесты.

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

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
	– делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий; – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий; – правильно выполнил от 70% до 85% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	Обучающийся: – усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий; – правильно выполнил от 54% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	Обучающийся: – не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений; – правильно выполнил менее 53% тестовых заданий**.

Примечание: ** по решению кафедры процент правильно выполненных тестовых заданий может быть изменен.

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 для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачёта представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачёта

№ п/п	Перечень вопросов для зачёта	Код индикатора
1	Определение и основные задачи цифрового двойника	ПК-1.З.1
2	Типовой функционал цифрового двойника	ПК-1.З.1
3	Актуальность применения цифровых двойников по отраслям	ПК-1.З.1
4	Разновидности цифровых двойников	ПК-1.З.1
5	Классификация цифровых двойников по назначению	ПК-1.З.1
6	Инструменты MBSE: функции, задачи, примеры	ПК-1.З.1
7	Уровни цифровых двойников	ПК-1.З.1
8	Виртуальный двойник: определение и области применения	ПК-1.З.1
9	Отличия цифрового двойника от виртуального двойника	ПК-1.З.1
10	Состав и функции виртуального двойника	ПК-1.З.1
11	Типы виртуальных двойников	ПК-1.З.1
12	Основные этапы разработки виртуального двойника	ПК-1.З.1
13	Программное обеспечение для разработки цифровых и виртуальных двойников: примеры и функциональность	ПК-1.З.1
14	Интерфейс UART: структура, кодирование, способ передачи данных	ПК-2.У.1
15	Интерфейс USB: описание, принцип работы, ограничения	ПК-2.У.1
16	Стандарты RS232 и RS422: особенности, области применения	ПК-2.У.1
17	Общие принципы работы с Serial портом в Unity и Arduino	ПК-2.У.1
18	Защита от неполноты данных при приёме/передачи по Serial	ПК-2.У.1
19	Функциональные требования к UI/UX для управления виртуальным двойником	ПК-2.У.1
20	Применение UI-элементов «кнопка» и «слайдер» для управления вращением трёхмерных объектов	ПК-2.У.1
21	Интерфейс I2C: особенности, характеристики, области применения	ПК-2.У.1
22	Принцип работы обработчика событий элементов UI в Unity	ПК-2.У.1
23	Способы автоматической генерации и отображения текстуры в Unity	ПК-7.В.1
24	Иерархическая модель сцены. Правильная настройка иерархии объектов для поворотных шарниров	ПК-7.В.1
25	Основные функции библиотек Adafruit, используемых для работы с графикой в Arduino IDE	ПК-7.В.1
26	Инструменты создания точных виртуальных моделей при полигональном моделировании	ПК-7.В.1
27	Инструменты создания точных виртуальных моделей при твердотельном моделировании	ПК-7.В.1
28	Способы оптимизации рендеринга высокодетализированных моделей виртуальных двойников	ПК-7.В.1

29	Применение ретопологии для сокращения геометрической сложности трёхмерных моделей.	ПК-7.В.1
30	Кодирование и передача монохромных изображений по Serial интерфейсу	ПК-7.В.1
31	Аппаратная платформа Arduino: характеристики, структура, подключение периферии	ПК-9.У.1
32	Способы синхронизации виртуального двойника с физическим прототипом	ПК-9.У.1
33	Парсинг текстовых строк в C#, основные подходы	ПК-9.У.1
34	Парсинг текстовых строк в C++, основные подходы	ПК-9.У.1
35	Управление вращением сервоприводов при помощи текстовых команд	ПК-9.У.1
36	Получение и обработка данных с аналоговых датчиков робота-манипулятора	ПК-9.У.1
37	Способы организации двухсторонней передачи данных между микроконтроллером и средой разработки Unity	ПК-9.У.1
38	Расчёт кинематической модели робота-манипулятора	ПК-9.У.1
39	Отправка управляющих команд на микроконтроллер и их обработка	ПК-9.У.1
40	Прошивка микроконтроллеров семейства AtMega328: способы и особенности	ПК-9.У.1

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлен 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 тем вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень тем вопросов для тестов	Код индикатора
1	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Какой параметр Денавита–Хартенберга определяет длину звена. 1. ai 2. αi 3. di 4. θi	ПК-1.З.1
2	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Укажите, какие интерфейсы обладают лучшей помехоустойчивостью, из-за чего широко применяются в промышленном оборудовании. 1. EtherCAT	ПК-1.З.1

	2. RS232 3. RS485 4. LTP 5. USB 6. CAN	
3	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Отметьте, какие уровни или слои чаще всего выделяют в архитектуре цифрового двойника 1. Физический объект и источники данных 2. Уровень хранения и управления данными 3. Уровень математической модели и симуляции 4. Уровень компиляции и исполнения программ 5. Уровень аналитики и поддержки принятия решений 6. Уровень визуализации и интерфейса пользователя	ПК-1.З.1
4	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Отметьте, в каких задачах цифровые двойники находят практическое применение 1. Моделирование и анализ поведения технических систем 2. Предиктивное обслуживание оборудования 3. Компрессия и шифрование сетевого трафика 4. Поддержка принятия решений на основе данных 5. Управление версиями программного кода 6. Виртуальное тестирование и оптимизация систем	ПК-1.З.1
5	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Укажите, какой тип двойника создаётся на этапе проектирования ещё до появления физического объекта и используется для симуляции будущего поведения. 1. Digital Shadow (Цифровая тень) – односторонний поток данных от объекта к модели. 2. Digital Twin Prototype (DTP) – прототип для виртуальной отладки. 3. Digital Thread (Цифровая нить) – сквозная коммуникационная структура. 4. Instance Digital Twin (Экземплярный двойник) – точная копия изделия.	ПК-1.З.1
6	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Укажите, что в первую очередь описывает сценарий использования пользовательского интерфейса 1. Внутреннюю архитектуру программного обеспечения 2. Последовательность действий пользователя для достижения цели 3. Алгоритм обработки данных в системе 4. Набор используемых графических компонентов 5. Структуру базы данных приложения	ПК-2.У.1
7	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Выберите	ПК-2.У.1

	наиболее важный принцип UX-дизайна, применяемый при оценке сценариев использования 1. Минимизация времени отклика системы 2. Использование максимально возможного числа функций 3. Применение единого визуального представления элементов интерфейса 4. Привязка интерфейса к возможностям конкретной аппаратной платформы 5. Согласованность и предсказуемость элементов интерфейса	
8	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Укажите метод, который чаще всего применяется для оценки сценариев использования интерфейса 1. Формальная верификация программного кода 2. Юнит-тестирование 3. Пользовательское тестирование и анализ действий пользователей 4. Оптимизация структуры данных 5. Компиляция с различными уровнями оптимизации	ПК-2.У.1
9	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Выберите сигнальные линии, относящиеся к базовому UART-интерфейсу 1. TX (Transmit) 2. RX (Receive) 3. CLK (Clock) 4. GND (Ground) 5. CS (Chip Select) 6. RTS/CTS (управление потоком)	ПК-2.У.1
10	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Выберите задачи, для которых обычно используется интерфейс UART? 1. Асинхронный обмен данными между микроконтроллерами 2. Передача данных без использования общего тактового сигнала 3. Высокоскоростная передача мультимедийных данных 4. Связь с датчиками и периферийными устройствами 5. Аппаратная маршрутизация сетевых пакетов	ПК-2.У.1
11	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ**. Укажите инструмент в Blender, который используется для создания плавного перехода между двумя или более вершинами, рёбрами или гранями. 1. Knife Tool 2. Bevel Tool 3. Smooth Tool 4. Subdivide Tool 5. Loop Cut Tool	ПК-7.В.1
12	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Перечислите, какие из следующих инструментов Unity используются для работы с UI (пользовательским интерфейсом).	ПК-7.В.1

	1. Canvas 2. TextMeshPro 3. EventSystem 4. Particle System 5. RectTransform 6. NavMesh	
13	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ**. Укажите, на какой позиции в матрице аффинного преобразования T (матрица переноса) находится значение смещения по оси X – лямбда. 1. первая строка, 3 столбец 2. вторая строка, второй столбец 3. третья строка, первый столбец 4. третья строка, третий столбец	ПК-7.В.1
14	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Перечислите операции, которые можно выполнить в режиме редактирования (Edit Mode) в 3D-редакторе Blender. 1. экструдирование вершин, рёбер или граней 2. добавление материалов к объекту 3. создание новых вершин с помощью инструмента Spin 4. настройка освещения сцены 5. сглаживание геометрии с помощью Subdivide 6. применение модификатора Mirror	ПК-7.В.1
15	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ**. Укажите модификатор в Blender, используемый для создания массива копий объекта с возможностью их смещения, вращения или масштабирования. 1. Mirror 2. Array 3. Subdivision Surface 4. Solidify 5. Boolean 6. Bevel	ПК-7.В.1
16	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Укажите, какие элементы являются обязательными или типичными для программы Arduino 1. Функция setup() 2. Функция loop() 3. Главная функция main() в явном виде 4. Работа в однопоточном режиме 5. Использование событийной модели с диспетчером сообщений	ПК-9.У.1
17	**Прочитайте текст и выберите правильные ответы.** Укажите характеристики, отличающие разработку программ в Unity от программирования микроконтроллеров? 1. Прямой доступ к аппаратным регистрам 2. Использование компонентов и скриптов для описания поведения объектов 3. Жёсткие ограничения по объёму оперативной памяти	ПК-9.У.1

	4. Использование управляемого языка с автоматическим управлением памятью 5. Работа в событийно-ориентированной архитектуре	
18	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Укажите основную роль функции loop() в программе Arduino 1. Выполняется один раз при запуске микроконтроллера 2. Содержит код инициализации оборудования 3. Выполняется циклически после завершения setup() 4. Обрабатывает события операционной системы 5. Компилируется только для отладочного режима	ПК-9.У.1
19	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Укажите, где в памяти микроконтроллера будет размещена глобальная переменная во время выполнения программы 1. Во флеш-памяти (progmem) 2. В EEPROM 3. В регистрах общего назначения (R0–R31) 4. В сегменте данных SRAM, инициализируемом при старте 5. В стеке, с динамическим выделением при первом использовании	ПК-9.У.1
20	**Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.** Укажите, какой метод чтения последовательного порта в Unity (C#) обеспечивает минимальную задержку и отсутствие блокировки главного потока рендеринга при получении непрерывного потока данных с микроконтроллера 1. Thread.Sleep(2) внутри цикла Update() 2. SerialPort.ReadLine() в FixedUpdate() 3. Поток с циклом чтения из SerialPort.BaseStream и передачей данных через ConcurrentQueue в главный поток 4. SerialPort.ReadExisting() внутри сопрограммы с задержкой в одну секунду 5. Использование UnityWebRequest для опроса последовательного порта	ПК-9.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
1	Расчёт кинематической модели робота-манипулятора. Выполнить расчёт параметров Денавита-Хартенберга для указанной по варианту модели робота-манипулятора, содержащего определённое количество звеньев.

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

Целью дисциплины является получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области создания виртуальных моделей технически сложных кинематических систем (на примере робота-манипулятора), разработки способов и интерфейсов управления такими системами и написания управляющих программ на различных языках программирования.

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 обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления;
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

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

Структура предоставления лекционного материала:

- Изложение теоретических вопросов, связанных с рассматриваемой темой;
- Описание методов и алгоритмов, применяемых для решения задач разработки виртуальных двойников
- Демонстрация примеров цифровых и виртуальных двойников, разбор методов и технологий, применяемых при их разработке, а также применимости таких систем;
- Обобщение изложенного материала;
- Ответы на возникающие вопросы по теме лекции.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее

трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

Требования к проведению семинаров

Цели семинара:

- Отчитаться о проделанной работе;
- Поделиться полученным опытом;
- Предложить дополнения и улучшения виртуального двойника по перечисленным ниже категориям.

Модель – предложения по оптимизации 3D-модели и конструкции робота:
- изменения формы и топологии деталей;
- конструктивные решения, нацеленные на повышение прочности и/или снижения массы;
- предложения по материалам и способу производства.

Электронная часть – печатные платы и электронные компоненты робота:
- иные варианты микроконтроллеров;
- изменение типа управления (замена потенциометрам);
- добавление новых функций;
- предложения по компоновке плат и элементной базе.

UI и UX в Unity – предложения по улучшению интерфейса виртуального двойника и опыта пользователя:
- функциональные и визуальные изменения UI и органов управления;
- доработка раскладки органов управления и UX;
- привязка экранных кнопок к физическим;
- добавление быстрого переключения направления.

Оптимизация кодовой базы скриптов C# в Unity и скетчей C++ в Arduino IDE:
- оптимизации существующего кода;
- альтернативные подходы к парсингу и управлению двойником;
- программные решения для быстрой работы с текстом и изображениями;
- расширение функционала;
- добавление отладочного/тестового кода и проверки ограничений.
- обработка ограничений и контроль граничных состояний.

Снижение затрат – повышение экономической эффективности разработки:
- предложения по снижению затрат на производство робота без ухудшения технических характеристик.

Обучающийся выбирает одну из категорий по желанию, формулирует свои идеи и предложения в рамках этой категории и доносит их до преподавателя. Формат семинара предполагает обсуждение предложенных обучающимся идей.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине.

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 у обучающегося:

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

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Вариант задания по каждой лабораторной работе обучающийся получает в соответствии с номером в списке группы из Личного кабинета обучающегося ГУАП. Перед проведением лабораторной работы обучающемуся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по её выполнению. В соответствии с заданием обучающийся должен подготовить необходимые исходные материалы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчёт по лабораторной работе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчёт о лабораторной работе должен включать в себя: титульный лист, цель работы, вариант задания, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты, дополненные скриншотами, и выводы. Подробные требования к содержанию и оформлению отчёта приведены в конце каждого файла задания лабораторной работы.

В отчете не следует писать от первого лица, например, "Я создал объект…" или во множественном числе, например, "Мы создали объект…". Вместо этого используется безличностная форму изложения в настоящем или прошедшем времени. Например: "Для реализации ручного режима управления был создан пользовательский интерфейс, включающий…" или "Интерактивный элемент UI «кнопка» добавляется на экран через меню Create…"

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчёт. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП в разделе «Нормативная документация» (https://guap.ru/regdocs/docs/uch). Отчётную документацию следует оформлять 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».

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Методические указания доступны обучающимся в Личном кабинете ГУАП (https://pro.guap.ru) в разделе «Материалы» дисциплины «Управление виртуальным двойником». Перечень методических указаний:

- ❖ Булгаков Д.А., Майн Е.Е., Решетникова Н.Н. Основы разработки интерактивных 3D-приложений на движке Unity: учебное пособие // Изд. СПб.: ГУАП, 2021. – 137с. УДК 004.92, Б90
- ❖ Метавселенная ГУАП. Практические занятия : учебно-методическое пособие / А. В. Никитин, Н. Н. Решетникова, Е. Е. Майн [и др.] ; ред.: М. Б. Сергеев, А. В. Никитин / Изд. СПб.: ГУАП, 2024. – 136с. М 54.

Сроки сдачи и оценка лабораторных работ:

Перечень лабораторных работ приведён в таблице 6.

Предельный срок сдачи лабораторных работ – до установленной даты проведения зачёта по дисциплине отделом расписания ГУАП (июнь текущего года). Отчёт о лабораторной работе не принимается и отправляется на доработку в следующих случаях:

- отсутствуют цель работы, вариант задания;
- отсутствуют листинги кода скриптов Unity и/или скетчей Arduino;
- отсутствуют скриншоты из среды разработки Unity;
- для лабораторных работ №2 и №3 – отсутствуют фотографии, демонстрирующие работоспособность разработанной системы управления роботом-манипулятором.
- отсутствует вывод о проделанной работе.

Если до установленного дня проведения зачёта обучающийся не загрузил все отчёты о лабораторных работах в Личный кабинет, он получает оценку «не зачтено».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине.

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.

Для обучающихся по заочной форме обучения выполнение контрольных работ является элементом текущего контроля успеваемости и самостоятельной работы.

Задание для контрольной работы – провести расчёт кинематической модели Денавита-Хартенберга для робота-манипулятора с заданным по варианту количеством звеньев.

Контрольная работа загружается в Личный кабинет обучающегося ГУАП в формате PDF. При выполнении контрольной работы от руки на листке бумаги этот листок сканируется и вставляется в PDF-документ.

Контрольная работа должна включать в себя титульный лист установленной формы (бланк доступен на сайте: https://guap.ru/regdocs/docs/uch), вариант задания, изображение исходной кинематической модели манипулятора, численные параметры длин звеньев и углов поворота шарниров, формулу и арифметические расчёты нахождения параметров Денавита-Хартенберга для заданных исходных данных.

Срок сдачи контрольной – до конца учебной сессии студентов заочной формы обучения.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются учебно-методические материалы по дисциплине, а также методические указания по выполнению лабораторных работ и контрольной работы. Все

материалы доступны как в электронном виде (публикуются в Личном кабинете ГУАП в разделе «Материалы»), так и в печатном виде (в библиотеке ГУАП).

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.

Для обучающихся по заочной форме обучения текущий контроль успеваемости не проводится.

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 зачёт – 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».

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

Формат проведения зачёта

Зачёт проходит в формате семинара: может проводиться в одной из двух форм:

1. обучающийся предлагает свои идеи по доработке/улучшению аппаратно-программного стенда или его виртуальной модели;
2. преподаватель задаёт 2-4 вопроса из таблицы 16, чтобы проверить владение темой

Формирование итоговой оценки

Оценка «зачтено» ставится, если обучающийся:

- сдал контрольную работу;
- сдал в срок все три лабораторные работы;
- подготовил отчёт о семинаре;
- успешно ответил хотя бы на 2 из 4 вопросов из таблицы 16 в день проведения зачёта;

В остальных случаях ставится оценка «не зачтено». «Неявка» ставится, если обучающийся не явился в установленные день и время проведения зачёта.

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