

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


Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

О.Я. Солёная

 (инициалы, фамилия)

(подпись)

«18» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Киберфизические системы и технологии»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.04.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности/ специализации	Цифровая энергетика
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

А.В. Рысин

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«18» февраля 2026 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Киберфизические системы и технологии» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/специальности 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности/специализации «Цифровая энергетика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «способен разрабатывать и обосновывать проектные решения в области профессиональной деятельности»

ПК-3 «способен применять технологии цифровых двойников для информационного моделирования объектов профессиональной деятельности.»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием киберфизических систем в энергетической отрасли, внедрением в действующие объекты энергетики и использованием больших данных для анализа технических систем.

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 экзамена (3 семестр).

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

Формирование у обучающихся теоретических знаний и практических умений и навыков в области проектирования, моделирования и отладки киберфизических систем электроэнергетических объектов.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, 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-2 способен разрабатывать и обосновывать проектные решения в области профессиональной деятельности	ПК-2.Д.3 использует программные продукты для расчета и проектирования объектов профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	ПК-3 способен применять технологии цифровых двойников для информационного моделирования объектов профессиональной деятельности.	ПК-3.Д.4 использует методы разработки оригинальных алгоритмов и программных решений с использованием современных технологий

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Переходные процессы в электрических системах»,
- «Цифровая релейная защита и автоматика».

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

- «Производственная преддипломная практика», –
- «Написание ВКР».

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
		№3
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	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)	36	36
Самостоятельная работа , всего (час)	74	74
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.	Экз.

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/КР (час)	СР (час)
Семестр 3					
Раздел 1. Базовые понятия киберфизических систем. Тема 1.1. Базовые понятия и основы киберфизических систем. Тема 1.2. Обобщенная схема киберфизической системы. Индустрия 4.0 и переход в индустрию 5.0. Тема 1.3. Программно-аппаратная часть киберфизических систем. Тема 1.4 Сферы применения промышленных киберфизических систем.	3		4		8
Раздел 2. Цифровые технологии в киберфизических системах. Тема 2.1. Промышленный интернет вещей и производственные киберфизические системы. Тема 2.2. Киберфизические системы поверки контрольно-измерительных устройств. Тема 2.3. Технологии компьютерного зрения в киберфизических системах. Тема 2.4. Проектирование промышленных киберфизических систем.	5		5		10
Раздел 3 Проектирование и моделирование киберфизических систем. Тема 3.1. Использование встраиваемых систем в киберфизических системах. Тема 3.2. Проектирование вычислительной компоненты киберфизической системы. Тема 3.3. Моделирование киберфизических систем.	4		4		10

Раздел 4. Использование киберфизической системы при управлении электростанции. Тема 4.1. Киберфизическая система диагностики мониторинга и управления гибридной электростанцией. Тема 4.2. Выбор компонентов киберфизической системы управления гибридной электростанцией. Тема 4.3. Разработка управления киберфизической системы гибридной электростанции. Тема 4.4. Разработка человеко-машинного интерфейса киберфизической системы. Тема 4.5. Использование технологии виртуальной реальности в киберфизической системе управления гибридной электростанции.	4		4		10
Итого в семестре:	17		17		74
Итого	17	0	17	0	74

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	<p>Раздел 1. Базовые понятия киберфизических систем.</p> <p>Тема 1.1. Базовые понятия и основы киберфизических систем.</p> <ul style="list-style-type: none"> – определение киберфизической системы (КФС); – ключевые характеристики КФС; – история возникновения и развития концепции КФС; – отличие КФС от традиционных автоматизированных систем; – основные принципы работы КФС; – примеры простейших КФС в повседневной жизни; – роль сенсоров и актуаторов в КФС; – базовые понятия кибернетики и теории управления. <p>Тема 1.2. Обобщенная схема киберфизической системы. Индустрия 4.0 и переход в индустрию 5.0.</p> <ul style="list-style-type: none"> – структурная схема КФС; – уровни взаимодействия в КФС; – понятие Индустрии 4.0, её ключевые технологии; – особенности Индустрии 5.0; – эволюция промышленных революций и роль КФС в них; – сравнение парадигм Индустрии 4.0 и 5.0; – влияние КФС на трансформацию производственных процессов. <p>Тема 1.3. Программно-аппаратная часть киберфизических систем.</p> <ul style="list-style-type: none"> – аппаратные компоненты КФС; – типы сенсоров, используемых в КФС, и их характеристики; – принципы работы и классификация актуаторов; – коммуникационные протоколы и стандарты; – программные компоненты КФС;

	<ul style="list-style-type: none"> – архитектура программного обеспечения КФС; – интеграция аппаратных и программных компонентов; – требования к надёжности и отказоустойчивости. <p>Тема 1.4 Сферы применения промышленных киберфизических систем.</p> <ul style="list-style-type: none"> – применение КФС в промышленности; – КФС в энергетике; – использование КФС в транспорте и логистике; – КФС в сельском хозяйстве; – применение в здравоохранении; – роль КФС в умных городах; – кейсы успешного внедрения КФС в различных отраслях; – экономические и социальные эффекты от внедрения КФС.
2	<p>Раздел 2. Цифровые технологии в киберфизических системах.</p> <p>Тема 2.1. Промышленный интернет вещей и производственные киберфизические системы.</p> <ul style="list-style-type: none"> – концепция промышленного интернета вещей (IIoT); – архитектура IIoT-систем; – датчики и устройства сбора данных в IIoT; – протоколы связи для промышленного IIoT; – облачные и туманные вычисления в контексте IIoT; – сбор, передача и хранение данных в промышленных КФС; – аналитика данных с устройств IIoT; – интеграция IIoT с существующими производственными системами. <p>Тема 2.2. Киберфизические системы поверки контрольно-измерительных устройств.</p> <ul style="list-style-type: none"> – назначение и виды контрольно-измерительных приборов (КИП); – автоматизация процессов поверки и калибровки; – архитектура КФС для поверки КИП; – метрологические требования к КФС поверки; – программное обеспечение для автоматизации поверки; – обработка и анализ результатов поверки; – сертификация и стандартизация КФС поверки; – примеры реализованных систем автоматизации поверки. <p>Тема 2.3. Технологии компьютерного зрения в киберфизических системах.</p> <ul style="list-style-type: none"> – основы компьютерного зрения и его роль в КФС; – аппаратное обеспечение систем компьютерного зрения; – алгоритмы обработки изображений; – методы распознавания объектов и образов; – 3D-реконструкция и стереовидение; – применение глубокого обучения в компьютерном зрении для КФС; – интеграция систем компьютерного зрения с управляющими системами; – кейсы использования компьютерного зрения в промышленности. <p>Тема 2.4. Проектирование промышленных киберфизических систем.</p> <ul style="list-style-type: none"> – этапы проектирования КФС; – выбор компонентов и архитектуры системы; – моделирование и симуляция КФС на этапе проектирования; – учёт требований надёжности, безопасности и отказоустойчивости; – стандарты и методологии проектирования; – верификация и валидация проектных решений;

	<ul style="list-style-type: none"> – прототипирование и тестирование компонентов КФС; – документация проекта КФС.
3	<p>Раздел 3 Проектирование и моделирование киберфизических систем.</p> <p>Тема 3.1. Использование встраиваемых систем в киберфизических системах.</p> <ul style="list-style-type: none"> – понятие встраиваемой системы и её роль в КФС; – архитектура встраиваемых систем; – операционные системы для встраиваемых устройств; – программирование встраиваемых систем; – интерфейсы и протоколы взаимодействия встраиваемых систем; – энергопотребление и оптимизация производительности; – надёжность и безопасность встраиваемых решений; – примеры встраиваемых систем в промышленных КФС. <p>Тема 3.2. Проектирование вычислительной компоненты киберфизической системы.</p> <ul style="list-style-type: none"> – архитектура вычислительной компоненты КФС; – выбор аппаратной платформы; – требования к производительности и задержкам в реальном времени; – организация памяти и хранения данных; – сетевые интерфейсы и коммуникационные возможности; – обеспечение отказоустойчивости и резервирования; – тепловые режимы и условия эксплуатации; – оптимизация вычислительной компоненты под конкретные задачи КФС. <p>Тема 3.3. Моделирование киберфизических систем.</p> <ul style="list-style-type: none"> – цели и задачи моделирования КФС; – виды моделей; – инструменты моделирования; – моделирование физических процессов в КФС; – моделирование вычислительных и коммуникационных компонентов; – совместное моделирование физических и кибернетических частей; – валидация и верификация моделей; – использование моделей для оптимизации и тестирования КФС.
4	<p>Раздел 4. Использование киберфизической системы при управлении электростанции.</p> <p>Тема 4.1. Киберфизическая система диагностики мониторинга и управления гибридной электростанцией.</p> <ul style="list-style-type: none"> – структура и компоненты гибридной электростанции; – задачи диагностики и мониторинга в энергетике; – архитектура КФС управления электростанцией; – сбор и обработка данных с датчиков электростанции; – алгоритмы диагностики состояния оборудования; – системы прогнозирования отказов и предиктивного обслуживания; – автоматическое управление режимами работы электростанции; – интеграция с энергосетью и системами диспетчеризации. <p>Тема 4.2. Выбор компонентов киберфизической системы управления гибридной электростанцией.</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ требований к системе управления; – выбор сенсоров для мониторинга параметров электростанции; – подбор актуаторов для управления оборудованием; – выбор коммуникационных решений;

	<ul style="list-style-type: none"> – аппаратная платформа для вычислительного ядра системы; – программное обеспечение для управления и аналитики; – критерии надёжности, безопасности и соответствия стандартам; – экономическая оценка вариантов комплектации. <p>Тема 4.3. Разработка управления киберфизической системы гибридной электростанции.</p> <ul style="list-style-type: none"> – алгоритмы управления генерацией и распределением энергии; – стратегии оптимизации работы гибридной электростанции; – управление накопителями энергии и режимами заряда/разряда; – балансировка нагрузки и управление пиковым потреблением; – реализация функций автоматического регулирования; – защита и аварийные режимы работы; – программирование контроллеров и настройка SCADA-систем; – тестирование алгоритмов управления на моделях и прототипах. <p>Тема 4.4. Разработка человеко-машинного интерфейса киберфизической системы.</p> <ul style="list-style-type: none"> – принципы проектирования интерфейсов для промышленных систем; – требования эргономики и безопасности при разработке HMI; – визуализация данных и тренды в реальном времени; – мнемосхемы и графические интерфейсы оператора; – система оповещений и аварийных сообщений; – средства удалённого доступа и мобильного мониторинга; – проектирование панелей управления и операторских станций; – юзабилити-тестирование интерфейсов. <p>Тема 4.5. Использование технологии виртуальной реальности в киберфизической системе управления гибридной электростанции.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Основы VR-технологий для промышленных применений; – Интеграция VR с киберфизическими системами; – VR-визуализация энергообъекта; – Применение VR для мониторинга и управления; – Обучение и тренировки персонала в VR; – Проектирование VR-интерфейсов.
--	---

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

№	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость,	Из них	№
---	---------------------------------	---------------	--------	---

п/п		(час)	практической подготовки, (час)	раздела дисциплины
Семестр 3				
1	Разработка алгоритма управления киберфизической системой	4	4	1
2	Настройка человеко-машинного интерфейса киберфизической системы	5	5	2
3	Применение технологий компьютерного зрения в киберфизической системе	4	4	3
4	Изучение процессов настройки сенсоров, датчиков, исполнительных устройств и периферийного оборудования киберфизической системы управления гибридной электростанцией	4	4	4
Всего		17	17	

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	10	10
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	20
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
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/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
https://znanium.ru/catalog/product/2246664	Андрейчиков, А. В. Интеллектуальные информационные системы и методы	

	искусственного интеллекта : учебник / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – Москва : ИНФРА-М, 2026. – 530 с.	
681.5 Э 45	Электроэнергетический комплекс со сверхпроводниковым оборудованием: разработка, создание, исследование: монография / Авторы: М.В. Бураков, С.В. Солёный, С.С. Тимофеев, М.А. Турубанов, Д.В. Шишлаков, В.Ф. Шишлаков / под ред. В.Ф. Шишлакова, Ю.А. Антохиной. – СПб.: ГУАП, 2018. – 288 с.	25
https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108	Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих – Наладчик КИПиА: методические указания к выполнению лабораторных работ / С.В. Солёный, А.К. Промахова, О.Я. Солёная. – Санкт-Петербург, 2017. – 75 с.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Наименование
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП.
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium (https :// znanium . ru /), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП

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	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и

	их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)
4	MathWorks MATLAB (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)
5	Arduino IDE (лицензии GPL/LGPL/MPL)

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	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru.), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП.
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП

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: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования (Интерактивный мультисенсорный дисплей на перекаточной стойке FocusTouch Диагональ 70" – 1 шт., ПЭВМ – 1 шт.); Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	21-21 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
2	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

	интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	
--	---	--

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
Экзамен	Список вопросов к экзамену; 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 связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – 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 89% 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 51% до 69% тестовых заданий ^{**} .

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. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	Дайте определение киберфизической системы.	ПК-2.Д.3
2	Опишите основы моделирования киберфизических систем.	ПК-2.Д.3
3	Перечислите сферы применения киберфизических систем.	ПК-2.Д.3
4	Назовите проблемы, возникающие при построении киберфизических систем.	ПК-2.Д.3
5	Объясните, каким образом киберфизическая система применяется в энергетике.	ПК-2.Д.3
6	Перечислите компоненты, входящие в состав киберфизической системы, и приведите конкретные примеры.	ПК-2.Д.3
7	Дайте определение встроенной системы.	ПК-2.Д.3
8	Перечислите методы управления киберфизической системой.	ПК-2.Д.3
9	Приведите классификацию существующих киберфизических систем и кратко охарактеризуйте каждую категорию.	ПК-2.Д.3
10	Укажите различия между встроенной системой и киберфизической системой.	ПК-2.Д.3
11	Дайте определение индустриальной киберфизической системы.	ПК-2.Д.3
12	Перечислите области применения индустриальных киберфизических систем.	ПК-2.Д.3
13	Дайте определение интеллектуальных производственных систем.	ПК-2.Д.3
14	Опишите роль киберфизических систем в интеллектуальных производственных системах.	ПК-2.Д.3
15	Дайте определение кибербезопасности.	ПК-2.Д.3
16	Объясните особенности обеспечения кибербезопасности для интеллектуальных производственных систем.	ПК-2.Д.3
17	Дайте определение уровней киберфизической системы и перечислите их.	ПК-2.Д.3
18	Дайте определение промышленных интеллектуальных данных.	ПК-2.Д.3
19	Опишите способы применения промышленных интеллектуальных данных в киберфизических системах.	ПК-2.Д.3
20	Охарактеризуйте процесс управления индустриальной киберфизической системой.	ПК-2.Д.3
21	Перечислите сферы применения индустриальных киберфизических систем.	ПК-2.Д.3
22	Объясните роль данных в индустриальной киберфизической системе.	ПК-2.Д.3
23	Опишите киберфизический подход к созданию встраиваемой системы.	ПК-2.Д.3
24	Объясните, как киберфизические системы применяются в процессе	ПК-2.Д.3

	поверки контрольно-измерительных приборов.	
25	Дайте определение технологии компьютерного зрения.	ПК-2.Д.3
26	Приведите примеры цифровых технологий, используемых в киберфизических системах.	ПК-2.Д.3
27	Изложите принцип работы киберфизической системы с применением технологии компьютерного зрения.	ПК-2.Д.3
28	Опишите проблемы проектирования вычислительной компоненты киберфизической системы.	ПК-2.Д.3
29	Объясните, как киберфизические системы используются для автоматизации производственных процессов.	ПК-2.Д.3
30	Дайте определение аппаратной части киберфизической системы.	ПК-2.Д.3
31	Приведите примеры использования киберфизических систем в робототехнике.	ПК-2.Д.3
32	Опишите особенности киберфизических систем с использованием искусственного интеллекта.	ПК-2.Д.3
33	Перечислите основные требования к построению киберфизических систем.	ПК-2.Д.3
34	Объясните роль данных для промышленных киберфизических систем.	ПК-2.Д.3
35	Опишите процесс внедрения киберфизической системы в производство.	ПК-3.Д.4
36	Охарактеризуйте подходы к моделированию киберфизических систем.	ПК-3.Д.4
37	Перечислите основные требования к построению киберфизических систем.	ПК-3.Д.4
38	Назовите программы, способные осуществлять моделирование киберфизических систем, и кратко охарактеризуйте их возможности.	ПК-3.Д.4
39	Опишите проблемы, возникающие при проектировании вычислительной компоненты киберфизической системы.	ПК-3.Д.4
40	Дайте определение вычислительной компоненты киберфизических систем.	ПК-3.Д.4
41	Перечислите технологии, применяемые в киберфизических системах, и приведите примеры их использования.	ПК-3.Д.4
42	Дайте определение интеллектуальным технологиям и опишите их использование в киберфизических системах.	ПК-3.Д.4
43	Приведите конкретные примеры применения киберфизической системы на производстве.	ПК-3.Д.4
44	Дайте определение промышленного интернета вещей.	ПК-3.Д.4
45	Объясните, как интернет вещей используется в киберфизических системах.	ПК-3.Д.4
46	Дайте определение программно-информационной системы.	ПК-3.Д.4
47	Опишите применение программно-информационной системы в киберфизических системах.	ПК-3.Д.4
48	Назовите критерии оценки киберфизической системы.	ПК-3.Д.4
49	Перечислите этапы моделирования киберфизических систем.	ПК-3.Д.4
50	Перечислите сферы применения промышленных киберфизических систем.	ПК-3.Д.4
51	Приведите примеры применения киберфизических систем в электроэнергетике.	ПК-3.Д.4
52	Перечислите особенности интеграции киберфизических систем в электроснабжение.	ПК-3.Д.4
53	Объясните, зачем в киберфизической системе необходимо учитывать систему безопасного доступа.	ПК-3.Д.4

54	Приведите примеры вредоносных атак на киберфизическую систему.	ПК-3.Д.4
55	Перечислите методы обеспечения безопасности киберфизической системы и кратко поясните каждый.	ПК-3.Д.4
56	Опишите устройство и принцип работы киберфизической системы управления гибридной электростанцией.	ПК-3.Д.4
57	Объясните, как киберфизическая система производит диагностику гибридной электростанции.	ПК-3.Д.4
58	Перечислите компоненты киберфизической системы управления гибридной электростанцией.	ПК-3.Д.4
59	Опишите, каким образом осуществляется мониторинг данных электростанции с помощью киберфизической системы.	ПК-3.Д.4
60	Изложите алгоритм работы управления киберфизической системы гибридной электростанции.	ПК-3.Д.4
61	Дайте определение человеко-машинного интерфейса.	ПК-3.Д.4
62	Дайте определение человеко-машинного интерфейса киберфизической системы.	ПК-3.Д.4
63	Охарактеризуйте киберфизическую систему управления электромеханических комплексов.	ПК-3.Д.4
64	Опишите применение технологий виртуальной и дополненной реальности в построении киберфизической системы.	ПК-3.Д.4
65	Объясните, как определяется состояние элементов системы на основе данных, полученных от киберфизической системы.	ПК-3.Д.4
66	Охарактеризуйте синтез параметра оператора управления для киберфизических систем различных классов.	ПК-3.Д.4
67	Опишите процесс настройки компонентов киберфизической системы управления гибридной электростанцией.	ПК-3.Д.4
68	Изложите алгоритм управления серверами в киберфизической системе управления гибридной электростанцией.	ПК-3.Д.4

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
	Учебным планом не предусмотрено	

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
<i>1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа</i> Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильный ответ		
1	Какой принцип является основным для обеспечения работы	ПК-2.Д.3

	киберфизической системы? А) Отказоустойчивость Б) Многозадачность В) Пользовательский интерфейс Г) Графический дизайн	
2	Что является ключевым компонентом в киберфизической системе? А) Интерфейс пользователя Б) Графический дизайн В) Встроенные сенсоры Г) Вычислительный аппарат	ПК-3.Д.4
2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответов Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильные варианты ответа		
3	Какие из следующих областей применения наиболее характерны для киберфизических систем? А) Умные города Б) Электронная коммерция В) Социальные сети Г) Промышленная автоматизация	ПК-2.Д.3
4	Какие из следующих характеристик наиболее важны для киберфизических систем? А) Реальное время Б) Точность В) Надежность Г) Ограниченная масштабируемость	ПК-3.Д.4
3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце		
5	Сопоставьте компоненты киберфизической системы с их типами. 1) Физические компоненты: 2) Программные компоненты: А) датчики, Б) процессоры В) алгоритмы Г) контроллеры Д) программное обеспечение Е) исполнительные механизмы Ж) базы данных З) сети	ПК-2.Д.3
6	Сопоставьте технологии с их применением в киберфизических системах. 1) Сбор данных 2) Анализ данных А) Интернет вещей (IoT) Б) датчики В) искусственный интеллект (AI) Г) машинное обучение Д) камеры Е) микрофоны Г) большие данные H) облачные вычисления	ПК-3.Д.4
4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую		

последовательность букв слева направо		
7	Составьте правильную последовательность разработки киберфизической системы: А) Тестирование и валидация Б) Проектирование системы В) Сбор требований Г) Внедрение и интеграция Д) Разработка прототипа	ПК-2.Д.3
8	Составьте правильную последовательность разработки алгоритма машинного обучения для киберфизической системы: А) Обучение модели Б) Сбор данных В) Предобработка данных Г) Оценка модели Д) Разработка модели	ПК-3.Д.4
5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
9	Какие основные компоненты входят в состав киберфизической системы и как они взаимодействуют друг с другом?	ПК-2.Д.3
10	Как искусственный интеллект и машинное обучение используются в киберфизических системах для анализа данных?	ПК-3.Д.4

Примечание: Система оценивания тестовых заданий.

1-й тип. Задание закрытого типа с выбором одного верного ответа считается верным, если правильно указана цифра ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание закрытого типа с выбором нескольких вариантов ответа считается верным, если правильно указаны цифры ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

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:

- постановка задачи;
- основные сведения по теме лекции;
- результаты и выводы.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Учебным планом не предусмотрено

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Учебным планом не предусмотрено

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, 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

1. Приступать к работе можно только после ознакомления с рабочим местом.
2. Перед включением оборудования убедиться в том, что вся включенная в схему коммутационная аппаратура (кнопки и др.) находится в исходном положении.
3. При включении и в процессе печати следить за показаниями основных характеристик (температура стола, температура стола, обдув и др.).
4. К лабораторным занятиям допускаются только те студенты, которые усвоили правила безопасности и расписались в журнале об ознакомлении с правилами безопасности.
5. Лабораторные работы выполняются бригадой студентов в составе не менее двух человек.
6. Каждый студент должен подготовиться к лабораторной работе. При недостаточной подготовке студент не допускается к ее выполнению.
7. Собранный схема и написанная программа должна быть проверена преподавателем, который после проверки дает разрешение на проведение опытов.
6. Все переключения в установке и ее окончательная разборка делается только с разрешения преподавателя. В случае неверности полученных данных работа переставляется.
7. После переключения схема должна быть проверена преподавателем.
8. В случае возникновения аварийной ситуации (появление дыма, запаха гари, несвойственных звуков, искры и др.) на рабочем месте необходимо немедленно отключить схему от напряжения и сообщить об этом событии преподавателю без любых изменений в схеме. Вместе с преподавателем надо найти причину аварии и устранить ее.
9. Студент должен бережно обращаться с предоставляемым ему оборудованием и компьютерной техникой, запрещается делать надписи мелом, карандашом или чернилами. Нельзя загромождать рабочее место приборами и аппаратами, которые не используются в лабораторной работе, оставлять на них книги, тетради и др. предметы.
10. К следующему занятию каждый студент должен составить отчет по предыдущей лабораторной работе в соответствии с установленной формой.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие обязательные разделы:

1. Титульный лист
2. Цель выполнения лабораторной работы
3. Принципиальные или функциональные схемы экспериментов
4. Результаты экспериментов
5. Теоретические расчеты (при необходимости)
6. Выводы по лабораторной работе

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Оформление отчета по лабораторной работе должно соответствовать требованиям правилам оформления текстовых документов ГОСТ 7.32-2017, ГОСТ 2.105-2019 и нормативным документам ГУАП (new.guap.ru).

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

Учебным планом 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.

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

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 включает в себя:

- контроль посещаемости;
- устный опрос по материалам лекций;
- устный опрос по практическим занятиям;
- письменное выполнение заданий лабораторных работ с защитой отчетов;
- письменный опрос в форме тестирования.

В течение семестра обучающиеся загружают в ЭИОС ГУАП отчетные материалы, в соответствии с установленными НПР требованиями и методами проведения ТКУ, а НПР оценивают загруженные материалы. Оценка, сделанная НПР, зарегистрированным под своим логином и паролем, является оценкой результатов ТКУ.

Для текущего контроля успеваемости используются комплекты тестовых заданий по темам. Тест состоит из 20 вопросов. Время выполнения 40 минут. Тест считается сданным, если выполнено не менее 60% заданий. Результаты текущего контроля сообщаются студентам непосредственно на следующем занятии.

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются при проведении промежуточной аттестации. При непрохождении текущего контроля студенту ставится оценка «неудовлетворительно».

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:

– 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 оценивается по результатам текущего контроля успеваемости и проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в смешанной форме по вопросам, представленным в таблице 15, в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа. Время на подготовку ответа - 90 минут.

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