

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



(подпись)

«23» июня 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровое проектирование»  
(Наименование дисциплины)

|                                                       |                                     |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Код направления подготовки/<br>специальности          | 13.03.02                            |
| Наименование направления<br>подготовки/ специальности | Электроэнергетика и электротехника  |
| Наименование<br>направленности                        | Энергетические электрические машины |
| Форма обучения                                        | очная                               |
| Год приема                                            | 2023                                |

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



23.06.2025

(подпись, дата)

В.В. Булатов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«23» июня 2025 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



23.06.2025

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преподаватель

(должность, уч. степень, звание)



23.06.2025

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Цифровое проектирование» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Энергетические электрические машины». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-3 «Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разработки электротехнических устройств с использованием 3D-технологий геометрического моделирования и анализа.

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 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель дисциплины подготовить магистранта к проектной и исследовательской профессиональной деятельности в области разработки электротехнических устройств с использованием 3D-технологий геометрического моделирования.

Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

### 1.2. 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-3 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией | ПК-3.Д.1 выполняет сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности<br>ПК-3.Д.3 использует средства автоматизированного проектирования для оформления рабочей документации объектов профессиональной деятельности<br>ПК-3.Д.4 осуществляет контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам<br>ПК-3.Д.5 выполняет расчеты для проектирования объектов профессиональной деятельности |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Информатика»,
- «Информационные технологии»,
- «Инженерная и компьютерная графика».

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

- «Аддитивные технологии в электроэнергетике»,
- «Производственная преддипломная практика».

## 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 |
|--------------------|-------|---------------------------|
|                    |       | №7                        |
| 1                  | 2     | 3                         |

|                                                                                           |            |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины,</b><br>ЗЕ/ (час)                                        | 2/ 72      | 2/ 72      |
| <b>Из них часов практической подготовки</b>                                               | 34         | 34         |
| <b>Аудиторные занятия, всего час.</b>                                                     | 51         | 51         |
| в том числе:                                                                              |            |            |
| лекции (Л), (час)                                                                         | 17         | 17         |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)                                              | 17         | 17         |
| лабораторные работы (ЛР), (час)                                                           |            |            |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)                                                  | 17         | 17         |
| экзамен, (час)                                                                            |            |            |
| <b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>                                                | 21         | 21         |
| <b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.) | Дифф. Зач. | Дифф. Зач. |

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.  
Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины                             | Лекции<br>(час) | ПЗ (СЗ)<br>(час) | ЛР<br>(час) | КП<br>(час) | СРС<br>(час) |
|------------------------------------------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>Семестр 7</b>                                     |                 |                  |             |             |              |
| Раздел 1. Введение                                   | 1               |                  |             |             | 2            |
| Раздел 2. Жизненный цикл и стадия разработки изделий | 2               |                  |             |             | 4            |
| Раздел 3. Машиностроительные САПР                    | 2               |                  |             |             | 3            |
| Раздел 4. Модели деталей                             | 3               | 4                |             |             | 3            |
| Раздел 5. Сборки                                     | 2               | 3                |             |             | 3            |
| Раздел 6 Чертежи                                     | 4               | 2                |             |             | 2            |
| Раздел 7 Инженерный анализ                           | 3               | 10               |             |             | 2            |
| Выполнение курсового проекта                         |                 |                  |             | 17          | 2            |
| Итого в семестре:                                    | 17              | 17               |             | 17          | 21           |
| Итого                                                | 17              | 17               | 0           | 17          | 21           |
|                                                      |                 |                  |             |             |              |

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                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>      | Введение<br>Предмет, ресурсы и виды занятий дисциплины, ее задачи и связь с другими дисциплинами основной образовательной программы.<br>Рекомендуемые источники |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | <p>Жизненный цикл и стадия разработки изделий</p> <p>Жизненный цикл изделий. Связь стадии разработки с ранними стадиями проектирования и производством. Конкурентоспособность и стадия разработки. Потребительские и производственные технологии. Стили проектирования, CALS. Традиционные и передовые процессы разработки. Цифровая разработка: цифровые двойники и фабрики будущего.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3 | <p>Машиностроительные САПР</p> <p>Машиностроительные САПР как интегрированные среды цифровой разработки изделий, виды изделий. CAD\CAE\CAM-системы, их роль и место в разработке изделий. Категории программного обеспечения САПР (тяжелые, средние, легкие, открытые). Крупнейшие производители ПО САПР. Документы, процессов проектирования. Модельно-ориентированное проектирование. Рабочая среда и интерфейс пользователя CAD\CAE-систем. Проекты. Геометрическое моделирование. Математическое представление геометрических моделей. Геометрическое пространство и системы координат. Свойства каркасных, поверхностных и объемных моделей. Способы создания геометрических моделей. Системы координат и способы ввода координат точек. Понятия геометрических редакторов: примитив, элемент, компонент, геометрический объект, геометрия и контур, справочная и эскизная геометрия, объект, деталь, сборка. Свойства геометрических объектов.</p> |
| 4 | <p>Модели деталей</p> <p>Понятие детали. Среда эскиза и детали. 3D- технология. 2D и 3D-эскизы (контуры), образующие и направляющие. Рабочие плоскости, оси, точки. Зависимости и привязки в эскизах, размерные зависимости. Ссылочная и эскизная геометрия в эскизах. Конструктивные элементы. Параметризация при моделировании деталей. Библиотеки и параметрические ряды. Адаптивные элементы. Типовые конструктивные элементы. Редактирование моделей деталей.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <p>Сборки</p> <p>Иерархия понятий: заказ, изделие, сборка, узел (подсборка), конструкция, деталь.</p> <p>Стратегии конструирования «сверху вниз» и «снизу-вверх».</p> <p>Иерархическая структура компонентов изделия в браузере.</p> <p>Спецификации. Сборочные зависимости, их наложение и удаление. Создание изделий: массивы, компоненты.</p> <p>Конструктивные элементы для вставки в изделие, семейства деталей и конструктивных элементов, элементы семейства.</p> <p>Стандартные и пользовательские детали.</p> <p>Качественный и количественный анализ геометрии деталей и сборок. Анализ целостности, технологичности, комбинированный анализ кривизны, Гауссовой кривизны, сечений, количественный анализ дифференциальных параметров, механический анализ.</p> <p>Измерения и срезы в моделях. Реалистическая визуализация геометрических моделей: скрытие невидимых линий,</p>                                                               |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>раскрашивание, тонирование, свойства материалов и текстуры. Физические характеристики деталей и сборок. Анализ изделий: проверки на пространственное перекрытие, наличие степени свободы. Анимация компонентов. Кинематический и динамический анализ. Анализ в интегрированных САПР и в системах автоматизированного анализа (CAE). Передача моделей из CAD в CAE. Приложения для просмотра геометрических моделей.</p>                                                                                                                                                                                                        |
| 6 | <p><b>Чертежи</b></p> <p>Ассоциативность чертежей и моделей. Шаблоны и стандарты чертежей. Использование параметрических видов чертежей в качестве эскизов для создания 3D моделей. Стили и стандарты чертежей, редактирование. Чертежные ресурсы. Виды на чертежах, виды чертежа, разрезы. Пояснительные элементы (дополнительная информация к видам): размеры, маркеры, обозначения, текст, номер позиции, спецификация, таблица, сварной шов, перечень изменений, символы. Основные стандарты конструкторской документации.</p> <p>Универсальные форматы передачи данных в САПР.</p>                                           |
| 7 | <p><b>Инженерный анализ</b></p> <p>Метод конечных элементов. Виды исследований в CAE-модуле Solid Works Simulation и SolidWorks Flow simulation.</p> <p>Напряженно – деформированное состояние (НДС). Средства анализа НДС в CAD и CAE. Задачи НДС в электромеханике: деформации валов и корпусов электрических машин. Деформации передач в электроприводе. НДС сборок. Подготовка и решение задач в САПР и CAE. Частотный анализ. Задача частотного анализа электротехнических конструкций (электрические машины, приводы, электротехнические шкафы). Решение задач частотного анализа электротехнических конструкций в САПР</p> |

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п            | Темы практических занятий                    | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|------------------|----------------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| <b>Семестр 7</b> |                                              |                            |                     |                                       |                      |
| 1                | Модели деталей                               | решение ситуационных задач | 4                   | 4                                     | 4                    |
| 2                | Сборки                                       | решение ситуационных задач | 3                   | 3                                     | 5                    |
| 3                | Чертежи                                      | решение ситуационных задач | 2                   | 2                                     | 6                    |
| 4                | Анализ напряженно-деформированного состояния | решение ситуационных задач | 3                   | 3                                     | 7                    |
| 5                | Анализ процессов                             | решение                    | 2                   | 2                                     | 7                    |

|       |                         |                            |    |    |   |
|-------|-------------------------|----------------------------|----|----|---|
|       | теплопередачи           | ситуационных задач         |    |    |   |
| 6     | Электромагнитный анализ | решение ситуационных задач | 3  | 3  | 7 |
| Всего |                         |                            | 17 | 17 |   |

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

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цель курсового проекта:

Часов практической подготовки:

Примерные темы заданий на курсовой проект приведены в разделе 10 РПД.

#### 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) | 11         | 11             |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  | 5          | 5              |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                |            |                |
| Выполнение реферата (Р)                           |            |                |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 5          | 5              |
| Домашнее задание (ДЗ)                             | 11         | 11             |
| Контрольные работы заочников (КРЗ)                |            |                |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)        | 5          | 5              |
| Всего:                                            | 21         | 21             |

#### 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/<br>URL адрес                                                                      | Библиографическая ссылка                                                                                                                                                                                                       | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке<br>(кроме электронных<br>экземпляров) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | Цифровое проектирование<br>электромеханических систем:<br>учебно-методическое пособие/<br>В.В. Булатов,– Спб.: ГУАП, 2023<br>– 60 с.                                                                                           | 50                                                                              |
|                                                                                         | Прохоров А., Коник Л.<br>Цифровая трансформация.<br>Анализ, тренды, мировой опыт.<br>Издание второе, исправленное и<br>дополненное. — М.: ООО<br>«КомНьюс Груп», 2019 — 368<br>стр., ил.                                       |                                                                                 |
|                                                                                         | Прохоров А., Лысачев М.<br>Научный редактор профессор<br>Боровков А. Цифровой двойник.<br>Анализ, тренды, мировой опыт.<br>Издание первое, исправленное и<br>дополненное. – М.: ООО<br>«АльянсПринт», 2020. – 401 стр.,<br>ил. |                                                                                 |
|                                                                                         | Курс общей физики: учеб.<br>пособие: в 5 т./ И. В. Савельев.<br>Изд. 5-е, испр. Т. 2:<br>Электричество и магнетизм.<br>Лань, 2011:342 с.                                                                                       |                                                                                 |
| ISBN 978-5-9275-3277-3.                                                                 | Клунникова, Ю. В. Метод<br>конечных элементов для<br>моделирования устройств и<br>систем : учебное пособие / Ю. В.<br>Клунникова. — Ростов-на-Дону :<br>ЮФУ, 2019. — 85 с.                                                     |                                                                                 |
| <a href="https://lk.etu.ru/deanery#/files/all">https://lk.etu.ru/deanery#/files/all</a> | Исследование электромагнитных<br>характеристик трёхфазных<br>асинхронных двигателей в<br>системе анализа RМxpṛt®:<br>методические указания к<br>лабораторным и практическим                                                    |                                                                                 |

|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                                       | работам/ Сост.: Г.И. Прокофьев, М.В Щемелёв. 2013                                                                                                                                              |                    |
| <a href="https://lk.etu.ru/deanery#/files/al">https://lk.etu.ru/deanery#/files/al</a> | Автоматизированное проектирование электротехнических устройств: метод. указания к лаб. работам и практическим заданиям/ сост. Г. И. Прокофьев, Р.В.Шубин                                       |                    |
| <a href="https://lk.etu.ru/deanery#/files/al">https://lk.etu.ru/deanery#/files/al</a> | Автоматизированный анализ напряженно-деформированного состояния конструкций и процессов теплообмена: Методические указания к лабораторным и практическим занятиям/ сост. Г. И. Прокофьев. 2016 |                    |
| K88                                                                                   | Введение в современные САПР. Курс лекций / Малюх В.Н. - Москва: ДМК Пресс, 2010.- 192 с.                                                                                                       | Электронный ресурс |
|                                                                                       | Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС: практикум/ В.В. Булатов, С.С. Тимофеев – Спб.: ГУАП, 2019 – 97 с.                                                                        | 50                 |
|                                                                                       | Автоматизация проектирования и производства: практикум/ В.В. Булатов, С.В. Солёный, С.А. Сериков, А.А. Кульчицкий, А.В. Рысин– Спб.: ГУАП, 2020 – 95 с.                                        | 50                 |

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

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

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

| URL адрес                                             | Наименование         |
|-------------------------------------------------------|----------------------|
| <a href="https://lib.guap.ru">https://lib.guap.ru</a> | Сайт библиотеки ГУАП |
| <a href="https://cals.ru">https://cals.ru</a>         | Прикладная логистика |
| <a href="https://solidworks.com">solidworks.com</a>   | Сайт САПР Solidworks |

## 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 таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1     | Мультимедийная лекционная аудитория                       | 21-18/21-21                         |
| 2     | Компьютерный класс                                        | 31-04                               |

## 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;<br>Тесты.                                             |
| Выполнение курсового проекта | Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсового проекта. |

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   |                                           |

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

### 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 для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для дифф. зачета

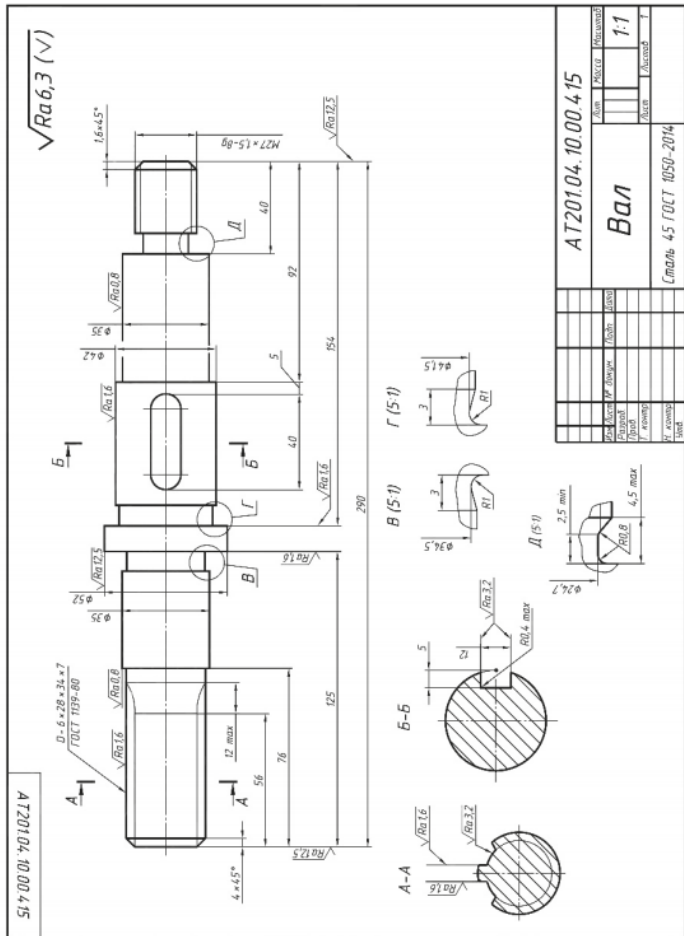
| № п/п | Перечень вопросов (задач) для экзамена                                                           | Код индикатора |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1.    | Роль и место компьютерных технологий исследования и проектирования в жизненном цикле изделий     | ПК-3.Д.1       |
| 2.    | Понятие и состав САПР                                                                            | ПК-3.Д.1       |
| 3.    | Структура САД-систем                                                                             | ПК-3.Д.1       |
| 4.    | Категории и «пирамида» САПР, обмен результатами работы САПР различных категорий и производителей | ПК-3.Д.1       |
| 5.    | «Открытые» и «закрытые» САПР                                                                     | ПК-3.Д.1       |

|     |                                                                                                                 |          |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 6.  | Характеристики пространства, в котором создаются геометрические модели CAD-систем                               | ПК-3.Д.1 |
| 7.  | Интерфейсы и рабочие среды подсистем САПР                                                                       | ПК-3.Д.1 |
| 8.  | Геометрическое пространство, системы координат и единицы измерения в подсистемах САПР                           | ПК-3.Д.1 |
| 9.  | Проектирование «сверху вниз» и «снизу-вверх»: сходство и различие                                               | ПК-3.Д.3 |
| 10. | Виды изделий по ГОСТ                                                                                            | ПК-3.Д.3 |
| 11. | Конструктивные элементы CAD-систем                                                                              | ПК-3.Д.2 |
| 12. | Каркасная геометрическая модель, достоинства и недостатки                                                       | ПК-3.Д.1 |
| 13. | Поверхностная геометрическая модель, достоинства и недостатки                                                   | ПК-3.Д.1 |
| 14. | Твердотельная (объемная) геометрическая модель, достоинства и недостатки                                        | ПК-3.Д.1 |
| 15. | Параметризация в CAD-системах                                                                                   | ПК-3.Д.1 |
| 16. | Задачи и средства редактирования деталей и сборок в CAD-системах                                                | ПК-3.Д.1 |
| 17. | Количественная и качественная верификация в CAD-системах                                                        | ПК-3.Д.1 |
| 18. | Автоматизация создания конструкторских документов: чертежи и спецификации                                       | ПК-3.Д.2 |
| 19. | Типы анализа напряженно-деформированного состояния и их характеристики                                          | ПК-3.Д.1 |
| 20. | Напряженно-деформированное состояние деталей и сборок (сходство и различие)                                     | ПК-3.Д.1 |
| 21. | Типы моделей, используемые в системах конечно-элементного анализа: CAD-модель и идеализированная (iCAD) модель. | ПК-5.Д.4 |
| 22. | Типы моделей, используемые в системах конечно-элементного анализа: дискретная модель.                           | ПК-3.Д.1 |
| 23. | Типы моделей, используемые в системах конечно-элементного анализа: расчетная модель.                            | ПК-3.Д.1 |
| 24. | Сходимость процесса расчета и его роль в верификации результата                                                 | ПК-3.Д.1 |
| 25. | Сеточная сходимость процесса и ее роль в верификации результата                                                 | ПК-3.Д.1 |
| 26. | «Мастера» проектирования и их роль в процессах проектирования                                                   | ПК-5.Д.4 |
| 27. | «Калькуляторы» и их роль в процессах проектирования                                                             | ПК-5.Д.4 |
| 28. | Тепловой анализ элементов электромеханических систем в CAE-системах                                             | ПК-3.Д.3 |
| 29. | Граничные и начальные условия в моделях процессов теплопередачи                                                 | ПК-3.Д.1 |
| 30. | Внешний объем и его роль в моделях теплопередачи и электромагнитного анализа                                    | ПК-3.Д.1 |
| 31. | Цепные и полевые модели анализа                                                                                 | ПК-5.Д.5 |
| 32. | Условия использования метода магнитостатического анализа                                                        | ПК-3.Д.1 |
| 33. | Условия необходимости применения междисциплинарного анализа процессов                                           | ПК-3.Д.1 |

|     |                                                             |          |
|-----|-------------------------------------------------------------|----------|
| 34. | Влияние конструкции на работу схемы, «паразитные» параметры | ПК-3.Д.1 |
| 35. | САМ-системы при проектировании электромеханических систем   | ПК-3.Д.1 |
| 36. | Программирование на G-код                                   | ПК-5.Д.4 |

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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | <p>Исходными данными курсовой работы является чертеж узла электромеханической системы (рис. 1)</p>  <p>Рис. 1 Пример варианта по курсовой работе</p> <p>Проектно-исследовательская часть курсовой работы состоит из пяти глав:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработка 3d модели изделия в CAD-системе.</li> <li>• Проведение исследования модели на базе CAE-модуля.</li> <li>• Выбор технологического оборудования для серийного изготовления изделия.</li> <li>• Разработка управляющей программы для станков с ЧПУ.</li> </ul> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Разработка цифрового двойника производственного участка по изготовлению изделий в программной среде Tescnomatix Plant Simulation или AnyLogic.</li> </ul> <p><i>Примечание.</i> Подробно о содержании и всех этапах курсового проектирования написано в учебно-методическом пособии Булатов В.В. «Цифровое проектирование электромеханических систем» (см. п.1 таблицы 8).</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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.                       | Расположите в правильной последовательности этапы жизненного цикла изделия<br>1. Проектирование<br>2. Маркетинг<br>3. Подготовка производства<br>4. Снабжение<br>5. Контроль<br>6. Производство<br>7. Эксплуатация<br>8. Утилизация<br>9. Ремонт и обслуживание                                                                           | ПК-3.Д.1               |       |                     |        |                          |                         |                         |                     |          |
| 2.                       | Какая стратегия проектирования представлена на рисунке?<br><p>а) линейная<br/>б) циклическая<br/>в) разветвлённая<br/>г) случайного поиска.</p>                                                                                                                                                                                           | ПК-3.Д.1               |       |                     |        |                          |                         |                         |                     |          |
| 1.                       | Сложная система не характеризуется<br>а) иерархичностью<br>б) целенаправленностью<br>в) динамичностью<br>г) надёжностью.                                                                                                                                                                                                                  | ПК-3.Д.4               |       |                     |        |                          |                         |                         |                     |          |
| 2.                       | Установите соответствие между должностью и типом документации<br><table><tr><td>1. Инженер-конструктор</td><td>а) ТУ</td></tr><tr><td>2. Инженер-технолог</td><td>б) ПОН</td></tr><tr><td>3. Инженер по надёжности</td><td>в) Принципиальная схема</td></tr><tr><td>4. Технический писатель</td><td>г) Маршрутная карта</td></tr></table> | 1. Инженер-конструктор | а) ТУ | 2. Инженер-технолог | б) ПОН | 3. Инженер по надёжности | в) Принципиальная схема | 4. Технический писатель | г) Маршрутная карта | ПК-3.Д.1 |
| 1. Инженер-конструктор   | а) ТУ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |       |                     |        |                          |                         |                         |                     |          |
| 2. Инженер-технолог      | б) ПОН                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |       |                     |        |                          |                         |                         |                     |          |
| 3. Инженер по надёжности | в) Принципиальная схема                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        |       |                     |        |                          |                         |                         |                     |          |
| 4. Технический писатель  | г) Маршрутная карта                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                        |       |                     |        |                          |                         |                         |                     |          |

|    |                                           |          |
|----|-------------------------------------------|----------|
| 3. | Дайте понятие вариационной параметризации | ПК-3.Д.2 |
|----|-------------------------------------------|----------|

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.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса. Практические занятия заключаются в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.



Целью практических занятий является привитие обучающимся умений и навыков практической исследовательской и проектной деятельности в области технической физики.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками исследования и проектирования устройств и систем мехатроники и робототехники;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимися заданий практические занятия могут рассматриваться как:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (имитационное моделирование);
- в неинтерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач).

### **Требования к проведению практических занятий**

При проведении практических занятий преподаватель должен придерживаться следующего плана:

- изложить суть практического занятия и методику его выполнения;
- выдать индивидуальное задание каждому студенту группы;
- контролировать активность студентов в процессе выполнения задания;
- проверить результат выполнения задания и оценить полноту и качество выполнения по 100 бальной шкале рейтинга;
- отметить в журнале посещения персональное присутствие студентов;
- провести консультации по пропущенным темам практических занятий;
- проверить результаты самостоятельного освоения материала по пропущенным темам.

Отчеты следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017 и ГОСТ 2.105-2019:

- ГОСТ 7.32-2017 – СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- ГОСТ 2.105-2019 – ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

Список использованных источников необходимо оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.100-2018.

При невыполнении практических работ в объеме, выданном преподавателем на семестр, студент получает оценку «неудовлетворительно» при прохождении промежуточной аттестации.

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

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения по профессиональным учебным дисциплинам и модулям в соответствии с требованиями к уровню подготовки, установленными программой учебной дисциплины, программой подготовки специалиста соответствующего уровня, квалификации;
- применить полученные знания, умения и практический опыт при решении комплексных задач, в соответствии с основными видами профессиональной деятельности по направлению/ специальности/ программе;
- углубить теоретические знания в соответствии с заданной темой;
- сформировать умения применять теоретические знания при решении нестандартных задач;
- приобрести опыт аналитической, расчётной, конструкторской работы и сформировать соответствующие умения;
- сформировать умения работы со специальной литературой, справочной, нормативной и правовой документацией и иными информационными источниками;
- сформировать умения формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполнения работы;
- развить профессиональную письменную и устную речь обучающегося;
- развить системное мышление, творческую инициативу, самостоятельность, организованность и ответственность за принимаемые решения;
- сформировать навыки планомерной регулярной работы над решением поставленных задач.

#### **Структура пояснительной записки курсовой работы / проекта**

1. Титульный лист.
2. Постановка задачи.
3. Литературный обзор.
4. Исследовательская часть.
5. Описание полученных результатов исследования.
6. Графические зависимости (при необходимости).
7. Выводы.

#### **Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы / проекта**

Оформление пояснительной записки курсовой работы выполняется в соответствии с требованиями отдела нормативной документации ГУАП, представленными на сайте ГУАП.

[http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml).

11.4. 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, является учебно-методический материалы по дисциплине.

11.5. 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 проводится на практических занятиях в устном формате.

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».

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения<br>изменений и<br>дополнений.<br>Подпись внесшего<br>изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и №<br>протокола<br>заседания<br>кафедры | Подпись<br>зав.<br>кафедрой |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |