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)

«09» июня 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Реверсивный инжиниринг технических систем»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности/ специализации	Цифровая энергетика
Форма обучения	заочная
Год приема	2023

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст. преп.	09.06.2026	А.П. Бобрышов
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«09» июня 2026 г, протокол № 13

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.	09.06.2026	С.В. Солёный
(уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.	09.06.2026	Н.В. Решетникова
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Реверсивный инжиниринг технических систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности/специализации «Цифровая энергетика». 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 применением реверсивного инжиниринга в области электроэнергетики и приборостроения.

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 (10 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 практико-ориентированных знаний, умений и навыков выполнения полного цикла реверсивного инжиниринга технических систем: от постановки задачи, анализа правовых, этических и безопасностных ограничений, первичного обследования объекта и фиксации исходных данных до 3D-сканирования, обработки облаков точек и полигональных сеток, CAD-реконструкции деталей и сборочных единиц, прототипирования, контроля качества, подготовки комплекта конструкторской документации и защиты итогового инженерного проекта.

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-3 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией	ПК-3.Д.10 умеет выполнять обработку результатов 3D-сканирования, разрабатывать CAD-модели изделий, анализировать технологичность конструкций и формировать технологическую документацию ПК-3.Д.11 владеет навыками использования CAD-, CAPP-, PDM- и MDM-систем для решения задач обратного проектирования и технологической подготовки производства ПК-3.Д.9 знает методы реверсивного инжиниринга, цифрового моделирования изделий и оценки технологичности конструкций электротехнических изделий

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

– «Инженерная и компьютерная графика»,
– «Материаловедение»,
– «Прикладная механика».

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
		№10
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	8	8
Аудиторные занятия, всего час.	12	12
в том числе:		
лекции (Л), (час)	4	4
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	8	8
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	9	9
Самостоятельная работа, всего (час)	123	123
***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 10					
Раздел 1. Методология, обследование и измерительная база реверсивного инжиниринга Тема 1.1. Назначение, ограничения и организация проекта Тема 1.2. Системная декомпозиция и модели объекта Тема 1.3 Измерения и фиксация исходных данных Тема 1.4 Протокол реверсивного анализа	0.5		1		25
Раздел 2. Геометрическое восстановление, CAD-моделирование и 3D-сканирование Тема 2.1. Цифровое представление геометрии и технологии 3D-сканирования Тема 2.2. Обработка данных сканирования в GeoMagic Тема 2.3. CAD-реконструкция деталей Тема 2.4. Сборки, документация и точность	1		2		25
Раздел 3. Материаловедение, аддитивные технологии и прототипирование восстановленных узлов Тема 3.1 Материалы и технологии изготовления восстановленных элементов Тема 3.2 Аддитивные технологии и подготовка к изготовлению Тема 3.3 Прототипирование, пробная сборка и корректировка модели Тема 3.4 Надежность и технологические ограничения восстановленных элементов	1		2		25

Раздел 4. Электротехнические, приборные системы и инженерная реконструкция Тема 4.1 Электротехнические и приборные системы как объект анализа Тема 4.2 Питание, интерфейсы и корпусные элементы Тема 4.3 Алгоритмы, интеграция и диагностика восстановленной системы Тема 4.4 Инженерная реконструкция и модернизация	1		2		25
Раздел 5. Контроль качества, документация, экономическая оценка и итоговый проект Тема 5.1 Контроль качества и проверка модели Тема 5.2 Документация и пакет цифровых данных Тема 5.3 Экономическая оценка	0.5		1		23
Итого в семестре:	4		8		123
Итого	4	0	8	0	123

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1. Методология, обследование и измерительная база реверсивного инжиниринга Тема 1.1. Назначение, ограничения и организация проекта "Реверсивный инжиниринг технических систем: цели, области применения и ожидаемые результаты. Дидактические единицы: объект восстановления; исходные данные; цифровой двойник; границы применимости" "Правовые, этические и безопасностные ограничения при анализе технических систем Дидактические единицы: интеллектуальная собственность; промышленная безопасность; ограничения доступа; ответственность исполнителя" "Жизненный цикл проекта реверсивного инжиниринга и состав выходных материалов Дидактические единицы: план обследования; протокол; CAD-модель; КД; отчет; критерии приемки" Тема 1.2. Системная декомпозиция и модели объекта "Системная декомпозиция технической системы Дидактические единицы: границы системы; функции; интерфейсы; составные части; уровни описания" "Объект как совокупность геометрической, электрической и информационной моделей Дидактические единицы: геометрия; электрические связи; сигналы; данные; документационные разрывы" Тема 1.3 Измерения и фиксация исходных данных "Ручные измерения деталей и сборочных единиц Дидактические единицы: базирование; размерные цепи; контрольные размеры; измерительные карты" "Погрешности измерений, допуски и прослеживаемость исходных данных Дидактические единицы: погрешность; повторяемость; допуск; журнал измерений; версия данных" Тема 1.4 Протокол реверсивного анализа Протокол реверсивного анализа и требования к результатам Дидактические единицы: структура протокола; фиксация предположений; критерии качества; состав отчета

2	Раздел 2. Геометрическое восстановление, CAD-моделирование и 3D-сканирование Тема 2.1. Цифровое представление геометрии и технологии 3D-сканирования "Координатное представление геометрии, облака точек и полигональные сетки Дидактические единицы: система координат; облако точек; STL/OBJ; плотность данных; шум" "Типы 3D-сканеров и критерии выбора оборудования Дидактические единицы: оптическое сканирование; контактные методы; точность; зона обзора; требования к поверхности" Тема 2.2. Обработка данных сканирования в GeoMagic "Обработка облаков точек и полигональных сеток в GeoMagic Дидактические единицы: фильтрация; выравнивание; заполнение отверстий; контроль артефактов" Тема 2.3. CAD-реконструкция деталей "Построение CAD-модели по полигональной сетке Дидактические единицы: сечения; поверхности; твердотельное восстановление; контрольные сечения" "Параметризация CAD-модели и стратегия упрощения геометрии Дидактические единицы: дерево построения; зависимости; конструктивные элементы; допустимое упрощение" Тема 2.4. Сборки, документация и точность "Восстановление сборочных единиц, сопряжений и базирования Дидактические единицы: сопряжения; посадки; база; сборочный контекст; проверка взаимодействий"
3	Раздел 3. Материаловедение, аддитивные технологии и прототипирование восстановленных узлов Тема 3.1 Материалы и технологии изготовления восстановленных элементов "Материаловедение конструкционных и полимерных материалов при восстановлении технических систем Дидактические единицы: прочность; жесткость; износ; температурная стойкость; совместимость" "Выбор технологии изготовления: механическая обработка, литье, аддитивное производство Дидактические единицы: серия; точность; шероховатость; стоимость; доступность оборудования" Тема 3.2 Аддитивные технологии и подготовка к изготовлению "Аддитивные технологии в реверсивном инжиниринге технических систем Дидактические единицы: FDM/SLA/SLS; прототип; технологические ограничения; постобработка" "Подготовка восстановленных CAD-моделей к аддитивному изготовлению Дидактические единицы: ориентация; поддержка; толщина стенки; припуски; экспорт STL/3MF" Тема 3.3 Прототипирование, пробная сборка и корректировка модели "Прототипирование и пробная сборка восстановленного узла Дидактические единицы: макет; проверка посадок; функциональная проба; итерация модели" "Технологические корректировки модели после прототипирования Дидактические единицы: припуски; компенсация усадки; усиление; изменение баз; контроль версии" Тема 3.4 Надежность и технологические ограничения восстановленных элементов "Надежность, ремонтопригодность и ограничения замены элементов Дидактические единицы: отказ; ресурс; ремонтный доступ; критичность функции; безопасная модернизация"
4	Раздел 4. Электротехнические, приборные системы и инженерная реконструкция Тема 4.1 Электротехнические и приборные системы как объект анализа "Структурный анализ электротехнических и приборных систем Дидактические единицы: функциональные блоки; питание; интерфейсы; измерительные

	цепи; корпус" "Реверсивный анализ электронных модулей без разрушения объекта Дидактические единицы: визуальный осмотр; маркировка; трассировка; ограничения демонтажа; риски" "Измерительные каналы и датчики технических систем Дидактические единицы: датчик; измерительная цепь; калибровка; шум; погрешность канала" Тема 4.2 Питание, интерфейсы и корпусные элементы "Питание, заземление, экранирование и электромагнитная совместимость Дидактические единицы: контур заземления; помехи; экранирование; фильтрация; безопасность" Тема 4.3 Алгоритмы, интеграция и диагностика восстановленной системы "Восстановление функциональной схемы и алгоритмов работы по наблюдаемым сигналам Дидактические единицы: входы/выходы; состояние; временная диаграмма; сценарии работы" "Механико-электрическая интеграция, безопасность и диагностика восстановленной системы Дидактические единицы: сборочные ограничения; тепловые зоны; отказоустойчивость; диагностика" Тема 4.4 Инженерная реконструкция и модернизация "Инженерная реконструкция технической системы Дидактические единицы: требуемая функция; исходная конструкция; ограничения; инженерные допущения"
5	Раздел 5. Контроль качества, документация, экономическая оценка и итоговый проект Тема 5.1 Контроль качества и проверка модели "Контроль качества восстановленной детали или узла Дидактические единицы: план контроля; контрольные базы; критичные размеры; приемочные критерии" "Сравнение CAD-модели и данных сканирования: карта отклонений Дидактические единицы: выравнивание; допуск; цветовая карта; отчет отклонений" Тема 5.2 Документация и пакет цифровых данных "Разработка комплекта документации по результатам реверсивного инжиниринга Дидактические единицы: 3D-модель; чертеж; спецификация; ведомость изменений; отчет" Тема 5.3 Экономическая оценка "Экономическая и технологическая оценка реверсивного проекта Дидактические единицы: трудоемкость; стоимость; срок; риск; сравнение вариантов восстановления" "Жизненный цикл восстановленного изделия: ремонт, сопровождение и повторное изготовление Дидактические единицы: ремонтный фонд; запасные части; цифровой архив; обновление документации"

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины

Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 10				
1	Первичное обследование учебного технического объекта и измерительный эскиз	1	1	1
2	Создание чертежа детали по ручным измерениям	2	2	2
3	Построение параметрической CAD-модели по контрольным размерам	2	2	3
4	Реконструкция сборочного узла в Компас-3D	2	2	4
5	Выбор материала и технологии изготовления для замены или модернизации элемента	1	1	5
Всего		8	8	

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 10, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	80	80
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	20
Контрольные работы заочников (КРЗ)	10	10
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	13	13
Всего:	123	123

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://e.lanbook.com/book/461471	Рысин, А. В. Аддитивные технологии в электроэнергетике : учебное пособие / А. В. Рысин, С. В. Солёный. – Санкт-Петербург : ГУАП, 2023. – 66 с. – ISBN 978-5-8088-1880-4	
https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108	Введение в Creo Parametric 6.0: учебно-методическое пособие / Э. М. Абдрафиков [и др.]; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург: ГУАП, 2021. - 78 с.	
https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108	Моделирование в среде Creo Parametric 6.0 : учебно-методическое пособие / Э. М. Абдрафиков, В. П. Кузьменко, А. В. Рысин, С. В. Соленый ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург: Изд-во ГУАП, 2022. - 74 с.	
https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108	Основы работы в NX Siemens : учебно-методическое пособие / А. В. Рысин, С. В. Соленый, О. Я. Соленая, В. П. Кузьменко ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург: Изд-во ГУАП, 2021. - 54 с.	
https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108	Основы работы в T-Flex CAD : учебно-методическое пособие / А. В. Рысин, С. В. Соленый, О. Я. Соленая [и др.] ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург: Изд-во ГУАП, 2022. - 60 с.	
https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108	Работы в Компас-3D : учебно-методическое пособие / А. П. Бобрышов, В. П. Кузьменко, А. В. Рысин ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2023. - 64 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»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения».

https://lms.guap.ru	Видеокурс лекций с мультимедийными презентациями по дисциплине размещен системе дистанционного обучения 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	SolidWorks (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po).
2	КОМПАС-3D (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po).
3	OrcaSlicer (лицензии GPL/LGPL/MPL).
4	PrusaSlicer (лицензии GPL/LGPL/MPL).
5	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
6	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).
7	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po).
8	Браузер для работы в Интернете Яндекс Браузер (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 таблице12.

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 перекатной 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 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.	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
3	Лаборатория новых производственных технологий: – специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - «Место рабочее автоматизированное» – 8 шт. Лабораторное оборудование: FDM принтер – 12 шт, LCD принтер – 4 шт., ручной инструмент для обработки изделий и измерений. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	417 (Московский пр., д.149 ВА, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средствдля 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.

Примечание: *экзаменационные билеты формируются на основе вопросов таблицы 15.

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**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 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	Раскройте цели, основные области применения и ожидаемые результаты реверсивного инжиниринга технических систем. Что понимают под объектом восстановления, исходными данными и цифровым двойником? Как определяются границы применимости восстановленной модели? Какие правовые, этические и безопасностные ограничения необходимо учитывать при проведении реверсивного анализа технической системы?	ПК-3.Д.10

	Опишите жизненный цикл проекта реверсивного инжиниринга и состав его основных выходных материалов. Как проводится первичное обследование технического объекта? Какие сведения должны содержать карта объекта и измерительный эскиз? Объясните принципы системной декомпозиции технического объекта: определение границ системы, функций, интерфейсов и уровней описания. Представьте технический объект как совокупность геометрической, электрической и информационной моделей. Какие связи и документационные разрывы необходимо выявить? Как организуются ручные измерения деталей и сборочных единиц? Раскройте понятия базирования, контрольных размеров, размерных цепей и измерительной карты. Как учитываются погрешности, повторяемость и допуски измерений? Каким образом обеспечивается прослеживаемость исходных данных? Какова структура протокола реверсивного анализа? Как фиксируются предположения, версии данных, критерии качества и ограничения результата?	
2	Объясните различия между облаком точек, полигональной сеткой и параметрической CAD-моделью. Как системы координат, плотность точек, шум и формат представления данных влияют на качество геометрического восстановления? Сравните основные типы 3D-сканеров и сформулируйте критерии выбора оборудования для конкретного объекта. Как подготовить объект к 3D-сканированию? Объясните назначение обработки поверхности, маркеров, калибровки и схемы установок. Опишите полный технологический процесс 3D-сканирования простой детали — от подготовки объекта до получения полигональной сетки. Как выполняется сканирование сложной детали с нескольких установок? Какие ошибки могут возникнуть при совмещении отдельных сканов? Назовите и охарактеризуйте основные операции обработки облаков точек и полигональных сеток в GeoMagic. Как выполняются регистрация сканов, удаление шумов, заполнение отверстий и контроль артефактов полигональной модели? Опишите методику построения параметрической CAD-модели по контрольным размерам и ручным измерениям. Как восстанавливается CAD-модель по полигональной сетке с Какие требования предъявляются к дереву построения параметрической модели? Когда допустимо упрощать восстановленную геометрию? Как восстанавливаются сборочная единица, сопряжения, посадки и конструкторские базы? Каким образом проверяется взаимодействие деталей?	ПК-3.Д.11
3	Какие свойства конструкционных и полимерных материалов необходимо учитывать при восстановлении элементов технических систем? Как выбрать материал для изготовления заменяемой или модернизируемой детали с учетом прочности, жесткости, износа, температуры и совместимости?	ПК-3.Д.9

	Сравните механическую обработку, литье и аддитивное производство как способы изготовления восстановленного элемента. Как серия изделий, требуемая точность, шероховатость, стоимость и доступность оборудования влияют на выбор технологии изготовления? Сравните технологии FDM, SLA и SLS с точки зрения их применения в задачах реверсивного инжиниринга. Как подготовить восстановленную CAD-модель к аддитивному изготовлению? Рассмотрите ориентацию, поддержки, толщину стенок, припуски и экспорт данных. Как выполняются слайсинг и проверка технологичности модели перед 3D-печатью? Что должно входить в технологический пакет? Как организуются прототипирование, пробная сборка и функциональная проверка восстановленного узла? Какие несоответствия могут быть обнаружены при пробной сборке и как их необходимо документировать? Как корректируют CAD-модель после прототипирования с учетом усадки, припусков, усиления конструкции и изменения баз? Как оценить надежность, ремонтопригодность, ресурс и безопасность восстановленного или модернизированного элемента?	

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
1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильный ответ		
1	В чём заключается ключевое отличие реверсивного инжиниринга от простого копирования изделия? А) РИ восстанавливает понимание устройства, а не повторяет его форму Б) РИ предполагает изготовление точной копии без анализа принципов работы объекта В) РИ выполняется только при наличии полного комплекта исходной документации Г) РИ ограничивается визуальным осмотром объекта без проведения измерений	ПК-3.Д.10

2	Инженер получил задачу подготовить изделие, снятое с производства, к выпуску его аналога на новом предприятии при полном отсутствии чертежей. Какой цели РИ это соответствует? А) Анализ отказов и дефектов объекта Б) Изготовление или восстановление запасной части В) Обеспечение совместимости с другим оборудованием Г) Модернизация существующего изделия	ПК-3.Д.11
3	Какой из перечисленных шагов должен выполняться на самом начальном этапе алгоритма первичного обследования объекта? А) Составление предварительной структурной схемы Б) Выявление зон неопределённости объекта В) Определение цели анализа и границ объекта Г) Планирование следующего уровня анализа	ПК-3.Д.9
2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответов Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильные варианты ответа		
4	Какие из перечисленных признаков отличают реверсивный инжиниринг от простого копирования внешней формы изделия? А) Выявление структуры и причинно-следственных связей между элементами объекта Б) Восстановление принципа действия и функционального назначения элементов В) Определение проектных ограничений, заложенных в исходное решение Г) Точное воспроизведение внешней формы объекта без анализа функций Д) Получение работоспособного результата на конкретном изношенном экземпляре Е) Фиксация одного лишь внешнего вида объекта без изучения его связей Ж) Восстановление условий применения объекта наряду с его характеристиками	ПК-3.Д.10
5	Какие из перечисленных задач относятся к целям реверсивного инжиниринга, рассмотренным в лекции, а не к общим областям его применения? А) Анализ отказов и дефектов Б) Обучение персонала работе с оборудованием В) Обеспечение совместимости с другими техническими системами Г) Оценка безопасности изделия в целом Д) Модернизация технической системы Е) Подготовка к изготовлению запасной части	ПК-3.Д.11
6	Инженер получил задачу восстановить только структурную схему шкафа управления без вскрытия программного обеспечения контроллера. Какие уровни анализа из перечисленных в лекции ему целесообразно задействовать в первую очередь? А) Внешний (визуальный) анализ	ПК-3.Д.9

	Б) Структурный анализ подсистем и связей В) Информационный анализ с чтением исходного кода контроллера Г) Функциональный анализ назначения элементов Д) Разрушающий анализ материалов корпуса Е) Геометрический анализ посадочных мест	
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		
7	Распределите формулировки задач по категориям: относятся ли они к типичным целям реверсивного инжиниринга технической системы или не относятся к ним. Категории: 1) Относится к целям РИ; 2) Не относится к целям РИ А) Восстановление технической документации на объект Б) Обеспечение совместимости с новым датчиком В) Анализ причин отказа изделия Г) Получение инженерных выводов для нового решения Д) Разработка нового изделия без прототипа Е) Утверждение отпускной цены готовой продукции Ж) Начисление заработной платы производственному персоналу З) Подбор совместимого блока питания и разъема	ПК-3.Д.10
8	Распределите перечисленные действия по категориям в зависимости от того, к какому уровню анализа технической системы они относятся: внешнему осмотру объекта или анализу электронных компонентов и печатных проводников. Категории: 1) Внешний осмотр объекта; 2) Анализ электронных компонентов и проводников А) Фиксация габаритов и компоновки корпуса Б) Считывание маркировки на корпусе прибора В) Определение перечня контрольных точек Г) Трассировка печатной платы Д) Составление электрической принципиальной схемы платы Е) Осмотр внешних разъемов без разборки Ж) Идентификация микросхем на печатной плате З) Внешний осмотр общей компоновки объекта	ПК-3.Д.11
9	Инженер выполняет первичное обследование неизвестного электротехнического шкафа. Распределите его действия по категориям: относятся ли они к начальным шагам постановки задачи или к последующим шагам фиксации и моделирования объекта. Категории: 1) Начальные шаги постановки задачи; 2) Последующие шаги фиксации и моделирования А) Формулирование цели анализа шкафа Б) Выбор достаточного уровня анализа объекта В) Фиксация исходного состояния объекта Г) Проведение измерений элементов шкафа Д) Построение модели по результатам измерений	ПК-3.Д.9

	Е) Проверка принятых допущений перед оформлением	
4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо		
10	Расположите этапы алгоритма первичного обследования объекта в порядке их выполнения. А) Зафиксировать исходное состояние объекта перед вмешательством Б) Составить первичный перечень основных элементов объекта В) Выбрать контрольные размеры и измерительные базы объекта Г) Сформировать план проведения следующего уровня анализа Д) Сформулировать цель предстоящего реверсивного анализа объекта Е) Определить физические границы обследуемого объекта	ПК-3.Д.10
11	Расположите уровни анализа технической системы в порядке возрастания глубины детализации. А) Структурный анализ состава и связей элементов Б) Функциональный анализ назначения элементов системы В) Электрический и схемотехнический анализ объекта Г) Анализ причин и характера отказов объекта Д) Внешний визуальный анализ состояния объекта Е) Геометрический анализ формы и размеров объекта	ПК-3.Д.11
12	Расположите стадии жизненного цикла изделия в порядке их прохождения. А) Изготовление изделия по проектной документации Б) Проведение испытаний изготовленного изделия В) Эксплуатация изделия по назначению Г) Модернизация и утилизация изделия по завершении эксплуатации Д) Формирование требований к будущему изделию Е) Проектирование изделия на основе требований	ПК-3.Д.9
5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
13	Инженеру нужно провести обследование изделия, потратив минимум ресурсов, но получив ровно тот объём информации, который необходим для решения поставленной задачи. Каким термином в лекции обозначается такой выбранный уровень исследования?	ПК-3.Д.10
14	На предприятии утеряна конструкторская документация на эксплуатируемое изделие, и её требуется получить заново путём обследования самого изделия. Как называется такая деятельность, применяемая в этом случае согласно лекции?	ПК-3.Д.11
15	Как называется этап первичного обследования, на котором получают изображения общего вида и отдельных узлов объекта с масштабом, понятной ориентацией и подписями, связывающими снимки с описанием объекта?	ПК-3.Д.9

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
1	Подготовка объекта к 3D-сканированию: поверхность, маркеры, калибровка
2	Первичное 3D-сканирование простой детали и получение полигональной сетки
3	Сканирование сложной детали с несколькими установками
4	Подготовка прототипа к изготовлению: слайсинг, ориентация и проверка технологичности
5	Пробная сборка восстановленного узла и фиксация несоответствий

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

Не предусмотрено планом

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Не предусмотрено планом

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. Собранная 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 переделывается.

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

Не предусмотрено планом

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

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

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

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий

уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихсяявляются:

– учебно-методический материал по дисциплине;

– методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

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;
– письменной выполнение заданий лабораторных работ с защитой отчетов;
– письменный опрос в форме тестирования.

В течение семестра обучающиеся загружают в ЭИОС ГУАП отчётные 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