

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

Кафедра № 13

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

(должность, уч. степень, звание)

Н.И. Ускова

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«26» марта 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аддитивные технологии в приборостроении»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	25.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей
Наименование направленности/ специализации	Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«26» марта 2026 г, протокол № 5

Заведующий кафедрой № 13

К.Т.Н., доц.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №1 по методической работе

доц., К.Т.Н.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

В.Е. Таратун

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Аддитивные технологии в приборостроении» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» направленности/специализации «Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники». Дисциплина реализуется кафедрой «№13».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов»

ОПК-5 «Способен применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации»

ОПК-6 «Способен применять основные методы анализа современных тенденций развития материалов, технологий их производства и авиационной техники в своей профессиональной деятельности»

ПК-8 «Способен к оперативному планированию деятельности первичных производственных подразделений»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами послойного синтеза, проектирования деталей приборов под аддитивное производство и применение 3D-печати в приборостроении.

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 зачета (4 семестр).

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 формирование у обучающихся знаний о методах послойного синтеза, проектировании деталей приборов под аддитивное производство и применении 3D-печати в приборостроении.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению 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
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов	ОПК-1.У.2 уметь выбирать типовые расчетные модели элементов авиационных конструкций и варьируемые параметры
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-5 Способен применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	ОПК-5.У.1 уметь проектировать детали, узлы и механизмы с составлением проектно-конструкторской документации в машинной графике стандартных средств автоматизации
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-6 Способен применять основные методы анализа современных тенденций развития материалов,	ОПК-6.3.1 знать современные материалы для деталей машин и тенденции развития технологий производства авиационной техники и материалов ОПК-6.У.1 уметь выбирать и рационально использовать современные материалы для деталей машин

	технологий их производства и авиационной техники в своей профессиональной деятельности	ОПК-6.В.2 владеть способами технологической обработки элементов авиационных конструкций
Профессиональные компетенции	ПК-8 Способен к оперативному планированию деятельности первичных производственных подразделений	ПК-8.3.1 знать алгоритмы и регламенты разработки планов расхода ресурса воздушных судов и их отхода (выбытия) в капитальный ремонт (на периодическое техническое обслуживание) ПК-8.У.1 уметь разрабатывать оперативные планы использования воздушных судов по назначению в пределах межремонтных ресурсов и их отхода (выбытия) на периодическое техническое обслуживание ПК-8.В.1 владеть навыками оперативного планирования расхода ресурсов воздушных судов и их выбытия на периодическое техническое обслуживание

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»,
- «Математика. Математический анализ»,
- «Физика»,
- «Начертательная геометрия. Техническое черчение»,
- «Материаловедение»,
- «Химия»,
- «Введение в информационные технологии»
- «Алгоритмизация и программирование»,

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
		№4
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	4	4
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		

лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа , всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет,	Зачет,

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 4					
Раздел 1. Нормативная база и стандартизация в аддитивном производстве	4		2		8
Раздел 2. Физико-химические основы и математическое моделирование процессов АП	5		5		10
Раздел 3. Цифровое проектирование и оптимизация в САПР (CAD/CAE)	5		5		10
Раздел 4. Экспериментальные исследования и верификация изделий	3		5		10
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17	0	17	0	38

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	Изучение стандартов ГОСТ Р ИСО/АСТМ (серия 57552 и др.), регламентирующих терминологию, материалы и процессы аддитивного производства (АП). Ограничения Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) при оформлении чертежей деталей, полученных методом 3D-печати.
2	Теплофизика процессов послойного синтеза. Математический расчет тепловых полей, температурных градиентов и скоростей охлаждения при селективном лазерном сплавлении (SLM/DMLS). Кинематика позиционирования лазерного луча/экструдера. Расчет усадки материалов и остаточных напряжений.
3	Проектирование для аддитивного производства (DfAM). Топологическая оптимизация деталей приборов в CAD/CAE-

	системах. Создание бионических и сетчатых (ячеистых) структур. Оценка технологичности геометрии изделия, углов нависания и необходимости поддержек.
4	Методы контроля шероховатости, пористости и точности геометрических размеров готовых приборных деталей. Экспериментальное определение механических характеристик (анизотропия свойств)

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 4				
1	Анализ нормативной базы и аудит конструкторской документации на соответствие ГОСТ Р в области аддитивных технологий	2	1	1
2	Математическое моделирование тепловых полей и расчет термической усадки при селективном лазерном сплавлении (SLM)	5	2	2
3	Топологическая оптимизация и сквозное проектирование кронштейна прибора в CAD/CAE системах (DfAM)	5	2	3
4	Технологическая подготовка и экспериментальная верификация геометрии деталей приборов	5	2	4
Всего		17		

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 4, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	8	8
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)	10	10
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Зленко, М. А. Аддитивные технологии в приборостроении : учебное пособие для вузов / М. А. Зленко, А. А. Попович, М. В. Мутылина. — Санкт-Петербург : Политех-Пресс, 2023. — 280 с.	
ЭБС «Лань»	Шишковский, И. В. Основы аддитивных технологий и трехмерного моделирования : учебное пособие / И. В. Шишковский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2024. — 312 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://urait.ru	ЭБС «Юрайт»
https://znanium.com	Электронная библиотека Znanium
https://rst.gov.ru	Единый информационный ресурс Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

8. Перечень информационных технологий

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

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

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

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

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

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	13-04, БМ, 67
2	Специализированная лаборатория «Аэрокосмической микромеханики»	11-02, БМ,67

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
Зачет	Список вопросов; Тесты;

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности

компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	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 (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код
-------	---	-----

		индикатора
1	- Какие типовые расчетные модели применяются для оценки прочности аддитивных приборных корпусов? - Как учитывать анизотропию свойств материалов при выборе расчетной модели детали, выращенной методом послойного синтеза? - Какие критерии прочности используют для элементов приборов, созданных по технологии SLS или FDM? - Как влияют пористость и дефекты структуры на жесткость расчетной схемы аддитивного элемента?	ОПК-1.У.2
2	- Каковы особенности проектирования геометрии деталей приборов под технологию селективного лазерного сплавления (SLS/SLM)? - Как правильно назначать и отображать припуски на механическую обработку аддитивных заготовок на чертежах? - Какие правила ЕСКД применяются при оформлении документации на детали со сложной внутренней структурой (например, с бионическим дизайном)? - Как использовать инструменты автоматизированного проектирования (CAD) для оптимизации массы приборных узлов под аддитивный производственный цикл?	ОПК-5.У.1
3	- Какие металлы и сплавы чаще всего применяются для аддитивного производства корпусов и деталей в приборостроении? - Каковы тенденции развития полимерных и композиционных материалов для 3D-печати авиационных приборов? - В чем заключаются особенности структуры металлических сплавов, полученных методом электронно-лучевого сплавления (EBM)? - Какие перспективные функционально-градиентные материалы внедряются в современное авиационное приборостроение?	ОПК-6.3.1
4	- По каким критериям выбирается полимерный материал для печати корпусных деталей, работающих в условиях вибраций? - Как обосновать замену традиционного литого сплава на аддитивный аналог для ответственного узла прибора? - Как учитывают температурные режимы работы прибора при подборе порошковой композиции для спекания? - Каким образом эксплуатационная среда (агрессивные жидкости, влажность) влияет на выбор материала для 3D-печати?	ОПК-6.У.1
5	- Какие виды финишной механической обработки необходимы для снижения шероховатости аддитивных деталей? - Зачем применяется термообработка (отжиг, горячее	ОПК-6.В.2

	изостатическое прессование) после селективного сплавления? • Как удаляют поддерживающие структуры (постпроцессинг) с минимальным повреждением базовой поверхности? • Какие методы контроля качества (неразрушающий контроль) используют для проверки внутренних полостей аддитивных изделий?	
6	• Каковы нормативные регламенты и алгоритмы учета выработки ресурса воздушных судов и их приборного оборудования? • Как влияет применение аддитивных запасных частей на межремонтный интервал и график отправки на техобслуживание? • Какие стандарты описывают порядок отхода воздушных судов в периодический ремонт? • Как формируется база данных по надежности деталей, изготовленных аддитивными методами, для расчета ресурса?	ПК-8.3.1
7	• Как составить оперативный план использования приборного оборудования с учетом сроков изготовления деталей методом 3D-печати? • Каким образом прогнозируется выбытие воздушного судна на техобслуживание при оперативной замене узлов на аддитивные? • Какие параметры учитываются при корректировке плана полетов и расхода ресурса парка ВС? • Как оперативно оценивать остаточный ресурс приборов при внедрении новых технологических компонентов?	ПК-8.У.1
8	• Какими методами оперативного планирования пользуются при управлении запасами аддитивных сменных элементов? • Как вести учет фактического расхода ресурса бортовых приборов в автоматизированных системах планирования? • Каковы алгоритмы быстрого пересчета графиков технического обслуживания при внеплановой установке напечатанного узла? • Как оптимизировать логистику и сроки поставки сырья (порошков, прутков) под график ремонтов воздушных судов?	ПК-8.В.1

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	Какую ключевую особенность структуры материала необходимо учитывать в расчетной модели детали прибора, изготовленной методом послойного наплавления (FDM/FFF)? А) Идеальную изотропию физико-механических свойств Б) Анизотропию свойств, обусловленную ориентацией слоев и траекторией укладки нити В) Полное отсутствие внутренних микронапряжений в материале Б) Гомогенность распределения усадочных раковин во всем объеме При выборе расчетной модели тонкостенного корпуса авиационного прибора, оптимизированного методом топологической оптимизации под SLM-печать, в качестве варьируемых параметров в первую очередь выбирают: А) Химический состав исходного металлического порошка Б) Плотность распределения внутренних ячеистых (lattice) структур и толщину стенок В) Длину волны лазерного излучения принтера Г) Частоту вращения шпинделя при финишной фрезеровке	ОПК-1.У.2
2	Какое технологическое требование необходимо учесть в CAD-системе при проектировании нависающих элементов детали прибора под углом менее 45° к платформе построения (для SLM/FDM процессов)? А) Обязательное заложение в проект технологических поддерживающих структур (подпорок) Б) Проектирование сквозных технологических отверстий диаметром не менее 50 мм В) Увеличение шага сканирования лазера непосредственно в чертеже детали Г) Исключение любых скруглений и галтелей на сопрягаемых поверхностях Как в соответствии с правилами ЕСКД на чертеже аддитивной заготовки прибора отображаются припуски на последующую механическую обработку ответственных сопрягаемых поверхностей? А) Припуски не указываются, а задаются устно технологу Б) Наносятся тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками и обозначаются величиной припуска в технических требованиях В) Выполняются сплошной толстой основной линией, полностью перекрывая номинальный контур готовой детали Г) Окрашиваются в красный цвет на электронных геометрических моделях	ОПК-5.У.1
3	Какой современный металлический материал наиболее широко применяется в аддитивном производстве высоконагруженных кронштейнов и элементов авиационных приборов благодаря	ОПК-6.3.1

	сочетанию низкой плотности и высокой удельной прочности? А) Инварный сплав (36Н) Б) Титановый сплав Ti-6Al-4V (BT6) В) Высокоуглеродистая инструментальная сталь У10 Г) Серый чугун СЧ20 Какая основная тенденция наблюдается в развитии аддитивных технологий производства деталей авиационной техники при переходе к концепции "Индустрия 4.0"? А) Полный отказ от использования металлических порошков в пользу проволоки во всех процессах Б) Переход к созданию функционально-градиентных материалов и деталей со сложной внутренней бионической структурой В) Исключение компьютерного моделирования и переход к ручному управлению траекторией лазера Г) Замена всех металлических элементов авиаконструкций на нетермостойкие полимеры	
4	. Для изготовления корпуса бортового авиационного прибора, работающего в условиях повышенных вибрационных нагрузок и требующего высокой жесткости при минимальном весе, наиболее рационально выбрать: А) Обычный незаполненный полилактид (PLA) Б) Композиционный термопласт, армированный дискретными или непрерывными углеродными волокнами (например, РЕЕК+CF) В) Низколегированную конструкционную сталь марки 20 Г) Свинец или сплавы на его основе 8. Чем обосновывается выбор порошка сферической формы (а не осколочной) при подготовке материала для селективного лазерного сплавления (SLM)? А) Более низкой стоимостью производства сферических порошков Б) Обеспечением высокой текучести порошка (сыпучести) и равномерности формирования слоя в рабочей камере В) Сферическая форма исключает термическую усадку детали при кристаллизации Г) Порошок сферической формы химически полностью инертен к кислороду	ОПК-6.У.1
5	Какая финишная технологическая операция является обязательной для крупногабаритных ответственных металлических деталей авиаприборов сразу после SLM-печати до их снятия с платформы? А) Алмазное выглаживание поверхности Б) Термический отжиг в защитной атмосфере или вакууме (для снятия остаточных внутренних напряжений) В) Электрохимическое окрашивание Г) Грубое фрезерование базового торца без контроля температуры Для выявления скрытых внутренних дефектов (пор, несплавлений), характерных для аддитивного производства элементов авиационных приборов со сложной внутренней	ОПК-6.В.2 (

	геометрией, наиболее эффективно применять метод: А) Визуально-измерительного контроля (ВИК) с помощью лупы Б) Рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) В) Магнитопорошковой дефектоскопии кистью Г) Керосиновой пробы	
6	На основе каких данных разрабатываются регламенты отхода авиационной техники в периодическое техническое обслуживание (ТО)? А) На основе субъективных отчетов экипажа после каждого вылета Б) На основе нормативных алгоритмов учета наработки (в летных часах, циклах "взлет-посадка") и календарного срока эксплуатации В) Исключительно по факту отказа или поломки бортового прибора Г) На основе рыночной стоимости авиабилетов на конкретные направления Как нормативно учитывается установка на авиационный прибор детали, изготовленной методом аддитивных технологий взамен оригинальной литой, при расчете плана расхода ресурса? А) Никак не учитывается, ресурс прибора считается неограниченным Б) Учитывается в соответствии с одобренными Росавиацией (или иным уполномоченным органом) изменениями в эксплуатационной документации и картами надежности аддитивного компонента В) Автоматически удваивает межремонтный интервал без проведения испытаний Г) Приводит к немедленному списанию всего воздушного судна без права восстановления	ПК-8.3.1
7	При планировании отхода воздушного судна на периодическое ТО выявлен критический износ кронштейна приборной панели. Какое оперативное решение минимизирует время простоя ВС, если на складе нет оригинальной запчастей, но одобрена технология 3D-печати? А) Отложить ремонт и отправить ВС в рейс с неисправным кронштейном Б) Оперативное изготовление дубликата детали на сертифицированном SLM-принтере авиапредприятия по имеющейся CAD-модели В) Ожидание поставки оригинальной детали от завода-изготовителя в течение 6 месяцев с выводом ВС из эксплуатации Г) Изменение маршрутной сети полетов в обход зон с турбулентностью Изменение какого параметра в оперативном плане использования ВС требует немедленного пересчета графика выбытия приборного оборудования на ТО? А) Смены цвета ливреи (окраски) воздушного судна Б) Резкого увеличения интенсивности полетов (наработки часов в месяц) конкретного борта	ПК-8.У.1

	В) Изменения состава меню для пассажиров бизнес-класса Г) Обновления программного обеспечения на наземных компьютерах бухгалтерии	
8	Каким навыком оперативного планирования должен владеть специалист при интеграции аддитивного производства в систему ТОиР (технического обслуживания и ремонта) авиапредприятия? А) Навыком ручной ковки металлических заготовок Б) Навыком динамического планирования загрузки 3D-принтеров и управления запасами исходных порошков/филаментов под график прогнозируемого выбытия ВС на ремонт В) Навыком написания художественных отчетов о развитии авиации Г) Навыком пилотирования гражданских воздушных судов в сложных метеоусловиях	ПК-8.В.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;

- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);

- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

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

Структура предоставления лекционного материала:

- изложение теоретических вопросов, связанных с рассматриваемой темой;
- описание методов и алгоритмов, применяемых для решения технических задач моделирования систем управления и навигации ЛА;
- демонстрация примеров решения задач;
- обобщение изложенного материала;
- ответы на возникающие вопросы по теме лекции.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *(не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач 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

Лабораторные работы проводятся в соответствии методическими указаниями для каждой работы. Перед выполнением лабораторных работ проводится инструктаж по технике безопасности и предварительный опрос студентов на усвоение методики проведения экспериментов с использованием лабораторного оборудования и измерительных приборов. По результатам проведенных экспериментов составляется протокол, который заверяется преподавателем

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет должен включать цель работы, основные теоретические положения, исходные данные, представленные преподавателем, результаты расчетов (схемы, графики, цифровые результаты), выводы по работе.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 - 2001 представленными на сайте http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml. Титульный лист лабораторной работы должен быть оформлен в соответствии с требованиями, представленными на сайте http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы *(не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

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

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 обучающихся являются:

- 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.

Система оценивания:

1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3 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 оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5 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.

По итогам тестирования выставляется оценка: «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно». При получении менее 3-х баллов («неудовлетворительно») обучающемуся предоставляется возможность подготовиться и повторно пройти тестирование в сроки, предусмотренные учебным планом. К промежуточной аттестации допускаются обучающиеся, полностью выполнившие учебный план, предусмотренный рабочей программой дисциплины, по всем видам учебных занятий.

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:

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в ГУАП» <https://docs.guap.ru/smk/3.76.pdf>.

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