

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Конструкционные и специальные материалы авиационной техники

(Наименование дисциплины)

**«25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей,
направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и
беспилотных авиационных систем»»**

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	6
Общее количество часов	216
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	64
– Лекционные (Л)	32
– Практические (ПЗ)	32
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	98
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (54)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	16
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	17
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	17

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Конструкционные и специальные материалы авиационной техники» входит в «Обязательную часть» подготовки обучающихся по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

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

Дескрипторы универсальной компетенции:

ОПК-6.1. Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик, технологий производства и методов исследования конструкционных материалов в сфере профессиональной деятельности

ОПК-6.2. Выбирает конструкционные материалы в соответствии с требуемыми характеристиками для использования в области профессиональной деятельности

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-6.1. Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик, технологий производства и методов исследования конструкционных материалов в сфере профессиональной деятельности ОПК-6.2. Выбирает конструкционные материалы в соответствии с требуемыми характеристиками для использования в области профессиональной деятельности	Знает: ИД 1 ОПК-6.1 Область применения, свойства, характеристики, технологии производства и методы исследования конструкционных материалов в сфере профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ОПК-6.2 Принципы подбора конструкционных материалов в соответствии с требуемыми характеристиками для использования в области профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ОПК-6.1 Применять методы исследования конструкционных материалов для использования в области профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ОПК-6.2 Осуществлять подбор конструкционных

		материалов в соответствии с требуемыми характеристиками для использования в области профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки: ИД 5 ОПК-6.1 Применения методов исследования конструкционных материалов для использования в области профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ОПК-6.2 Осуществления подбора конструкционных материалов в соответствии с требуемыми характеристиками для использования в области профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	---

1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

направления подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1	Основы инженерной деятельности	Основы беспилотных авиационных систем
2	Основы схемотехники	Системы и оборудование воздушных судов

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»;
- Учебного плана направления подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»» 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Основы материаловедения и критерии выбора авиационных материалов	20	4	4	12	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
2	Тема 2. Конструкционные алюминиевые сплавы	20	4	4	12	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
3	Тема 3. Титановые сплавы и композиционные материалы	20	4	4	12	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
4	Тема 4. Высокопрочные стали и сплавы с эффектом памяти формы	22	4	4	14	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
5	Тема 5. Жаропрочные никелевые сплавы и монокристаллы	20	4	4	12	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
6	Тема 6. Неметаллические материалы: полимеры, резины и клеи	20	4	4	12	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
7	Тема 7. Специальные функциональные материалы	20	4	4	12	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
8	Тема 8. Методы неразрушающего контроля и диагностика состояния материалов	20	4	4	12	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		54				
Итого		216	32	32	98	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Основы материаловедения и критерии выбора авиационных материалов

- Атомно-кристаллическое строение металлов. Типы кристаллических решеток (ОЦК, ГЦК, ГПУ) и их влияние на механические свойства.
- Методы исследования структуры: макро- и микроанализ, рентгеноструктурный анализ.
- Основные конструкционные и эксплуатационные требования к материалам в авиационном строении: удельная прочность, жаропрочность, выносливость, коррозионная стойкость.
- Классификация авиационных материалов по назначению: планер, силовые установки, агрегаты систем.

Тема 2. Конструкционные алюминиевые сплавы

- Система легирования Al-Cu (дуралюмины): термическая обработка (закалка + старение), структура, маркировка (Д16, Д1).
- Сплавы системы Al-Zn-Mg-Cu (высокопрочные сплавы типа В95). Особенности применения в сжатых элементах конструкций (стрингеры, шпангоуты).
- Алюминий-литиевые сплавы (например, 1441, В-1461): снижение массы конструкции за счет плотности и повышение модуля упругости.
- Коррозионная защита алюминиевых сплавов: анодное окисление (анодирование) и лакокрасочные покрытия.

Тема 3. Титановые сплавы и композиционные материалы

- Физико-химические свойства титана. Классификация сплавов (α , β и $(\alpha+\beta)$ -сплавы). Марка ВТ6 и её применение в силовых узлах центроплана и шасси.
- Жаропрочные титановые сплавы для деталей компрессоров ГТД (ВТ8, ВТ18У).
- Полимерные композиционные материалы (ПКМ). Структура «матрица-наполнитель». Углепластики (карбон) и стеклопластики.
- Методы формования авиационных ПКМ: автоклавное прессование препрегов, вакуумная инфузия, RTM (Resin Transfer Molding).

Тема 4. Высокопрочные стали и сплавы с эффектом памяти формы

- Легированные конструкционные стали (30ХГСА, 40ХН2МА). Улучшение свойств цементацией и азотированием для тяжело нагруженных деталей (шасси, узлы навески двигателей).
- Коррозионностойкие (нержавеющие) стали аустенитного класса для топливных баков и элементов гидравлики.
- Сплавы с памятью формы (никелид титана — нитинол). Применение в термомеханических соединениях трубопроводов гидросистем («муфты Дорнье») и адаптивных конструкциях крыла.

Тема 5. Жаропрочные никелевые сплавы и монокристаллы

- Фазовый состав жаропрочных сплавов на никелевой основе: упрочнение γ' -фазой ($\text{Ni}_3(\text{Al,Ti})$). Маркировка (ЖС6У, ЖС70).
- Литейные и деформируемые сплавы для рабочих лопаток турбин высокого давления (ЖС6У, ЖС70).
- Технология направленной кристаллизации и получение монокристаллических отливок для повышения температурного ресурса двигателя при температурах свыше 1100 °С.
- Защитные покрытия лопаток ГТД: алитирование, керамические теплозащитные покрытия (EB-PVD).

Тема 6. Неметаллические материалы: полимеры, резины и клеи

- Термопластичные и термореактивные пластмассы в интерьере кабин и электротехнике (стеклотекстолиты, органическое стекло — плексиглас).
- Авиационные резины: уплотнители, амортизаторы, герметики. Топливостойкие сорта резинотехнических изделий (РТИ).
- Структурные клеи холодного и горячего отверждения. Замена заклепочных соединений на клеесварные и клееболтовые для снижения аэродинамического сопротивления.

Тема 7. Специальные функциональные материалы

- Радиопоглощающие материалы (РПМ) и ферриты для обеспечения технологии «Stealth» и электромагнитной совместимости бортового оборудования.
- Пьезоэлектрические и магнитострикционные материалы для датчиков систем управления и адаптивной механизации крыла.
- Теплозащитные и абляционные материалы для возвращаемых аппаратов и обтекателей ракет-носителей.
- Самозалечивающиеся полимеры для предотвращения разгерметизации топливных баков при боевых повреждениях.

Тема 8. Методы неразрушающего контроля и диагностика состояния материалов

- Ультразвуковой контроль (УЗК) монолитных панелей и многослойных структур на наличие расслоений.
- Рентгенография и компьютерная томография ответственных сварных и литых узлов.
- Капиллярный (цветной) и магнитопорошковый методы поиска поверхностных трещин усталости.
- Акустическая эмиссия как метод мониторинга развития дефектов в реальном времени во время ресурсных испытаний планера.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Основы материаловедения и критерии выбора авиационных материалов
ПЗ 2	Тема 2. Конструкционные алюминиевые сплавы
ПЗ 3, 4	Тема 3. Титановые сплавы и композиционные материалы
ПЗ 5	Тема 4. Высокопрочные стали и сплавы с эффектом памяти формы
ПЗ 6, 7	Тема 5. Жаропрочные никелевые сплавы и монокристаллы
ПЗ 8	Тема 6. Неметаллические материалы: полимеры, резины и клеи

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Основы материаловедения и критерии выбора авиационных материалов	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Конструкционные алюминиевые сплавы	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Титановые сплавы и композиционные материалы	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Высокопрочные стали и сплавы с эффектом памяти формы	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Жаропрочные никелевые сплавы и монокристаллы	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Неметаллические материалы: полимеры, резины и клеи	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Специальные функциональные материалы	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Методы неразрушающего контроля и диагностика состояния материалов	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Основы материаловедения и критерии выбора авиационных материалов	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Конструкционные алюминиевые сплавы	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Титановые сплавы и композиционные материалы	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Высокопрочные стали и сплавы с эффектом памяти формы	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Жаропрочные никелевые сплавы и монокристаллы	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Неметаллические материалы: полимеры, резины и клеи	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Специальные функциональные материалы	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Методы неразрушающего контроля и диагностика состояния материалов	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства авиационных алюминиевых сплавов. Роль меди, магния, марганца и цинка в формировании упрочняющих фаз.
2. Алюминий-литиевые сплавы третьего поколения (например, В-1469). Механизмы снижения массы конструкции и повышения жесткости по сравнению с традиционными дуралюминами.
3. Сверхпластичность титановых сплавов. Феномен сверхпластической формовки при производстве деталей сложной кривизны для планера самолета МС-21.
4. Титановые сплавы с памятью формы. Применение никелида титана (нитинола) в термомеханических соединениях трубопроводов гидросистем современных лайнеров.
5. Жаропрочные порошковые никелевые сплавы. Технология горячего изостатического прессования (ГИП) для изготовления дисков турбин высокого давления.
6. Монокристаллические лопатки газовых турбин. Методы выращивания (по методу Бриджмена или Чохральского), структура и влияние кристаллографической ориентации на ресурс двигателя ПД-14.
7. Керамические матричные композиты (КМК/SiC-SiC) в авиадвигателестроении. Перспективы замены металлических жаровых труб камер сгорания на керамические аналоги.
8. Углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ). Использование тормозных дисков истребителей и космических аппаратов «Буран»/«Шаттл», их окисляемость и методы защиты.
9. Полимерные композиционные материалы российского производства для гражданской авиации. Сравнительный анализ отечественных связующих (ЭДТ-69М, ВСЭ-24) и зарубежных аналогов (HexPly).
10. Адгезионная прочность клеевых соединений в авиастроении. Влияние климатических факторов (влажность, перепады температур) на долговечность клеесварных стыков обшивки.
11. Радиопоглощающие покрытия и ферритовые материалы. Физические принципы обеспечения малозаметности («Stealth») тактической авиации Су-57.
12. Пьезоэлектрические актюаторы для адаптивного крыла. Материалы системы ЦТС (цирконат-титанат свинца) в системах активного подавления вибраций и флаттера.

13. Абляционные теплозащитные материалы спускаемых аппаратов. Процессы пиролиза и уноса массы материала на примере космического корабля «Союз».
14. Водородное охрупчивание высокопрочных сталей шасси. Механизмы разрушения и современные методы защиты конструкционных сталей типа 30ХГСА.
15. Коррозия под напряжением в элементах стрингерного набора. Особенности коррозионного растрескивания алюминиевых сплавов Д16 и В95 в условиях морского климата эксплуатации.
16. Методы получения градиентных материалов. Переход от металлической матрицы к керамическому слою для создания эрозионноустойчивых передних кромок крыла.
17. Сплавы с эффектом высокотемпературной памяти формы (на основе Ni-Ti-Pd). Применение в исполнительных механизмах систем автоматического регулирования двигателей.
18. Неметаллические включения как концентраторы напряжений в литых деталях ГТД. Модифицирование стали и сплавов редкоземельными элементами для очистки металла.
19. Фреттинг-коррозия в болтовых соединениях центроплана. Износ контактных поверхностей алюминиевых панелей при циклических микросмещениях.
20. Перспективы применения графена и углеродных нанотрубок в качестве модификаторов авиационных сплавов. Упрочнение алюминиевых и магниевых матриц наночастицами без потери пластичности.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Основы материаловедения и критерии выбора авиационных материалов	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
2	Тема 2. Конструкционные алюминиевые сплавы	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
3	Тема 3. Титановые сплавы и композиционные материалы	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
4	Тема 4. Высокопрочные стали и сплавы с эффектом памяти формы	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
5	Тема 5. Жаропрочные никелевые сплавы и монокристаллы	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
6	Тема 6. Неметаллические материалы: полимеры, резины и клеи	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
7	Тема 7. Специальные функциональные материалы	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2

8	Тема 8. Методы неразрушающего контроля и диагностика состояния материалов	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ОПК-6.1 ИД 2 ОПК-6.2 ИД 3 ОПК-6.1 ИД 4 ОПК-6.2 ИД 5 ОПК-6.1 ИД 6 ОПК-6.2
---	---	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Расшифровка марки алюминиевого сплава. Дана марка АК4-1. Расшифруйте состав согласно ГОСТ, укажите к какой группе (ковочный/деформируемый) он относится и для каких деталей авиадвигателей (например, поршни или диски компрессора) он применяется.

2. Выбор режима термообработки дуралюмина. Для детали из сплава Д16 требуется обеспечить максимальную прочность при комнатной температуре. Предложите режим закалки и старения (естественного или искусственного), указав температуры и время выдержки.

3. Сравнение удельной прочности материалов. Рассчитайте коэффициент удельной прочности ($\sigma_{\text{в}}/\rho$) для титанового сплава ВТ6 ($\sigma_{\text{в}} \approx 950$ МПа, $\rho = 4500$ кг/м³) и высокопрочной стали 30ХГСА ($\sigma_{\text{в}} \approx 1800$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³). Сделайте вывод о целесообразности замены стального шпангоута на титановый в зоне центроплана.

4. Анализ фазового состава жаропрочного сплава. Опишите микроструктуру литейного никелевого сплава ЖС6У после направленной кристаллизации. Какую роль играют равноосные и столбчатые кристаллы в сопротивлении термической усталости лопаток турбины?

5. Проектирование многослойной обшивки. Спроектируйте структуру углепластикового крыла: выберите тип армирующего волокна (высокомодульное или высокопрочное) и схему укладки слоев ($[0/\pm 45/90]_s$) для обеспечения одновременно высокой изгибной жесткости и устойчивости к потере устойчивости (глобальному и локальному баклингу).

6. Оценка свариваемости авиационных сплавов. Объясните, почему деформируемые алюминиевые сплавы системы Al-Cu (Д16) считаются трудносвариваемыми. Какие дефекты возникают в околошовной зоне и какие альтернативные методы соединения листов применяются в авиации?

7. Подбор материала для крепежа шасси. Выберите марку коррозионностойкой стали для болтов крепления стоек шасси самолета, эксплуатируемого в прибрежном морском климате. Обоснуйте выбор между сталями типа 20Х13 и «пищевой» нержавеющей 12Х18Н10Т с точки зрения предела текучести.

8. Изучение эффекта памяти формы. Опишите алгоритм работы термомеханической муфты из нитинола (NiTi) для быстрого ремонта трубопровода гидросистемы в полевых условиях. Укажите температуру активации эффекта.

9. Диагностика усталостных трещин. На лонжероне крыла из алюминиевого сплава обнаружена поверхностная трещина длиной 2 мм. Какой метод неразрушающего контроля (цветная дефектоскопия, магнитопорошковый или вихретоковый) наиболее эффективен для обнаружения её развития? Обоснуйте ответ физикой метода.

10. Влияние водородного охрупчивания. Стальной трос управления диаметром 5 мм изготовлен из стали 30ХГСА. При эксплуатации в кислой среде произошла внезапная поломка при нагрузке ниже расчетной. Объясните механизм замедленного разрушения и предложите способ защиты поверхности троса.

11. Композиционные материалы интерьера. Сравните характеристики органического стекла (полиметилметакрилат) и поликарбоната для изготовления сдвижных форточек кабины пилотов. Кто обладает лучшей ударной вязкостью, а кто — лучшей прозрачностью и стойкостью к царапинам?

12. Абляционная теплозащита. Рассчитайте примерную толщину слоя абляционного покрытия для носового обтекателя ракеты, если известно, что тепловой поток вызывает унос массы со скоростью 0,5 мм/с, а критический участок полета длится 40 секунд.

13. Коррозионная защита магниевых сплавов. Магниевый сплав МЛ5 используется в картерах вспомогательных силовых установок (ВСУ). Почему его нельзя анодировать так же, как алюминий, и какие типы защитных покрытий (химическое оксидирование, грунтовки) применяются на практике?

14. Пьезоэлектрические датчики. Пьезокерамический датчик вибраций на основе цирконата-титаната свинца (ЦТС) установлен на подшипнике двигателя. Как изменится электрический сигнал датчика при увеличении частоты вибрации в два раза при неизменной амплитуде перемещения?

15. Радиопоглощающие ферриты. Определите рабочий диапазон частот радиопоглощающего покрытия, если размер ячейки полимерной матрицы с внедренным порошком гексаферрита бария составляет 3 мм. Используйте правило четверти длины волны ($\lambda/4$ и $3\lambda/4$).

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Эволюция материалов планера: от перкаля и дерева до современных полимерных композитов. Исторический обзор смены поколений авиационных конструкций на примере самолетов-истребителей (от По-2 до Су-57).

2. Дуралюмины — основной конструкционный материал авиации XX века. Фазовые превращения в сплавах системы Al-Cu, роль старения и влияние примесей железа на коррозионную стойкость.

3. Высокопрочные алюминиевые сплавы серии В95 (аналог 7075). Механизмы упрочнения за счет фазы $MgZn_{22}$, проблема стресс-коррозии и методы защиты обшивки фюзеляжа.

4. Алюминий-литиевые сплавы четвертого поколения. Влияние лития на плотность и модуль упругости, особенности сварки и перспективы применения в конструкции крыла самолета МС-21.

5. $\alpha+\beta$ титановые сплавы (на примере ОТ4 и ВТ6). Термическая обработка, структура α - и β -фаз и их применение в узлах механизации крыла и деталях шасси.

6. Жаропрочные титановые сплавы для компрессоров ГТД. Сплав ВТ8: сопротивление ползучести при температурах до 450–500 °С и защита от водородного охрупчивания.

7. Полимерные волокнистые композиты в современном авиастроении. Сравнение свойств углепластиков (карбона) и стеклопластиков. Особенности межслойного сдвига и расслоения (деламинации).

8. Термопластичные композиционные материалы. Преимущества свариваемости и ремонтпригодности по сравнению с термореактивными связующими. Применение полиарилатов (ПЭЭК/РЕЕК) в салоне и трубопроводах.

9. Никелевые жаропрочные сплавы для лопаток турбин высокого давления. Роль упрочняющей γ' -фазы ($Ni_3(Al,Ti)Ni_3(Al,Ti)Ni_3(Al,Ti)$), монокристаллическое литье и борьба с сульфидно-ванадиевой коррозией.

10. Теплозащитные покрытия керамического типа (EB-PVD). Физико-химические основы нанесения диоксида циркония на рабочие лопатки ГТД для снижения температуры металла.

11. Радиопоглощающие материалы (РПМ) и ферриты в обеспечении технологии «Stealth». Принципы гашения электромагнитных волн и конструктивные решения поверхностей истребителя пятого поколения.

12. Сплавы с эффектом памяти формы (нитинол) в гидравлических системах ЛА. Использование муфт из NiTi для бессварного соединения трубопроводов гидросистем в труднодоступных местах.

13. Адгезионные технологии в сборке летательных аппаратов. Структурные клеи горячего и холодного отверждения. Клееварные и клееболтовые соединения как способ снижения аэродинамического сопротивления.

14. Абляционные материалы теплозащиты спускаемых космических аппаратов. Процессы пиролиза, вспучивания и уноса массы фенольно-каучуковых композиций при входе в плотные слои атмосферы.

15. Методы неразрушающего контроля состояния авиационных материалов. Акустическая эмиссия, рентгенография и ультразвуковая дефектоскопия композитных панелей кессона крыла для мониторинга накопления повреждений.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Каково атомно-кристаллическое строение металлов? Опишите типы элементарных ячеек (ОЦК, ГЦК, ГПУ) и приведите примеры авиационных материалов для каждой из них.

2. Объясните физическую сущность деформационного упрочнения (наклепа). Почему нагартованные алюминиевые сплавы нельзя использовать в зонах конструкции с высокими температурными нагрузками?

3. Что такое дуралюмины? Расшифруйте принцип термического упрочнения сплавов системы Al-Cu (Д16): роль зон Гинье-Престона и фазы S ($\text{Al}_2\text{CuMgAl}_2\text{CuMgAl}_2\text{CuMg}$).

4. В чем заключается принципиальное отличие высокопрочных сплавов серии В95 от дуралюминов Д16? Какой основной недостаток ограничивает применение сплава В95 в конструкциях, работающих на сжатие?

5. Охарактеризуйте алюминий-литиевые сплавы. За счет каких механизмов введение лития снижает плотность материала и одновременно повышает модуль упругости?

6. Классификация титановых сплавов по структуре (α / α , β / β , ($\alpha+\beta$)/($\alpha+\beta$)). Какие преимущества дает двухфазная структура сплава ВТ6 при производстве деталей механизации крыла?

7. Почему титановые сплавы предпочтительнее сталей для изготовления деталей шасси современных скоростных самолетов, несмотря на их более высокую стоимость и сложность обработки резанием?

8. Назовите основные типы армирующих волокон в полимерных композиционных материалах (ПКМ). Сравните механические свойства углеродного волокна (графита) и стекловолокна.

9. Что такое «схема армирования» композита? Приведите пример укладки слоев $[0/\pm 45/90]_s$ и объясните, какие нагрузки воспринимает каждый слой в крыле самолета.

10. Какова природа высокой жаропрочности никелевых суперсплавов? Роль дисперсионного твердения на частицах интерметаллидной γ' -фазы ($\text{Ni}_3(\text{Al,Ti})\text{Ni}_3(\text{Al,Ti})$).

11. В чем технологическое преимущество монокристаллических лопаток турбины перед равноосными поликристаллическими отливками? Какие элементы вводятся в состав сплава ЖС для управления кристаллизацией?

12. Зачем на рабочие лопатки газовых турбин наносят керамические теплозащитные покрытия (ТЗП)? Какую роль играет подслой из сплава МCrAlY?

13. Раскройте механизм водородного охрупчивания высокопрочных сталей (например, 30ХГСА). Почему это явление критически опасно для тросов систем управления полетом?

14. Что такое фреттинг-коррозия? В каких узлах планера она возникает наиболее часто и какие материалы или покрытия применяются для борьбы с ней?
15. Сплавы с эффектом памяти формы (ЭПФ) на основе NiTi. Опишите фазовый переход мартенсит-аустенит и его использование в термомеханических соединениях трубопроводов гидросистем.
16. Принцип работы радиопоглощающих материалов (РПМ). Чем отличаются резонансные поглотители от широкодиапазонных градиентных покрытий в обеспечении малозаметности («Stealth»)?
17. Пьезоэлектрические материалы в авиастроении. Каким образом пьезокерамика используется в системах активного подавления вибраций лопастей несущего винта вертолетов?
18. Абляционные теплозащитные материалы. Опишите физико-химические процессы (пиролиз, сублимация, унос массы), защищающие конструкцию спускаемого аппарата от аэродинамического нагрева.
19. Особенности сварки алюминиевых сплавов группы Д16. Почему прочность сварного соединения получается значительно ниже основного металла и какие альтернативные методы неразъемного соединения применяют в авиации?
20. Перечислите основные методы неразрушающего контроля (НК) композитных конструкций. Какой метод наиболее эффективен для поиска скрытых расслоений (деламинации) внутри обшивки кессона крыла и почему?

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какая фаза обеспечивает основное упрочнение жаропрочных никелевых сплавов при рабочих температурах? а) α -феррит; б) Твердый раствор на основе меди; в) Интерметаллидная γ' -фаза (Ni₃(Al,Ti)Ni₃(Al, Ti)Ni₃(Al,Ti)); г) Графитовые включения. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой тип кристаллической решетки характерен для чистого титана при комнатной температуре (α -титан)? а) Объемноцентрированная кубическая (ОЦК); б) Гексагональная плотноупакованная (ГПУ); в) Гранецентрированная кубическая (ГЦК); г) Тетрагональная. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Что происходит со структурой дуралюмина Д16 при естественном старении после закалки? а) Выделение стабильных частиц фазы CuAl₂CuAl₂CuAl₂ размером более 1 мкм; б) Образование зон Гинье-Престона (преципитатов толщиной в несколько атомных слоев); в) Полное растворение легирующих элементов в алюминии; г) Превращение аустенита в мартенсит. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какое свойство является определяющим преимуществом углепластиков перед металлами в конструкциях крыла? а) Высокая электропроводность; б) Низкая стоимость сырья; в) Анизотропия свойств и возможность направленного армирования; г) Легкость переработки методом литья под давлением. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Для каких деталей авиационного двигателя наиболее критично применение монокристаллических отливок вместо равноосных? а) Корпус вентилятора; б) Рабочие лопатки турбины высокого давления; в) Крепежные болты корпуса; г) Топливные форсунки низкого давления. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие элементы являются основными легирующими добавками в высокопрочном алюминиевом сплаве В95? а) Магний; б) Литий; в) Цинк; г) Никель. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Укажите стандартные типы армирующих волокон, применяемых в полимерных композиционных материалах (ПКМ) авиации: а) Углеродные (карбоновые); б) Медные; в) Стекланные; г) Свинцовые. **Правильный ответ: а), в)**

Укажите правильную последовательность технологических операций при производстве детали из термореактивного углепластика автоклавным методом:

1. Отверждение связующего при высокой температуре и давлении;
2. Нарезка препрега по карте раскроя;
3. Механическая обработка готового изделия (сверление отверстий);
4. Укладка слоев пропитанной ткани в пакет согласно схеме армирования.

Правильный ответ: 2-4-1-3

Укажите правильную последовательность структурных состояний стали 30ХГСА при термическом улучшении:

1. Мартенсит отпуска;
2. Аустенит;
3. Мартенсит закали;
4. Исходная феррито-перлитная структура. **Правильный ответ: 4-2-3-1**

4. На установление соответствия

Установите соответствие между маркой материала и его основной классификацией:

Марка	Класс материала
А) ОТ4	1) Конструкционная сталь
Б) ЖС6У	2) Титановый сплав
В) АК4-1	3) Жаропрочный никелевый сплав
Г) 30ХГСА	4) Ковочный алюминиевый сплав

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 4, Г – 1

Установите соответствие между типом покрытия/обработки и его назначением:

Обработка	Назначение
А) Анодирование	1) Защита стальных трубопроводов от коррозии
Б) Алитирование	2) Повышение износостойкости и защита алюминия
В) Оцинкование	3) Создание теплозащитного слоя на лопатках ГТД
Г) Керамическое ТЗП	4) Защита титановых лопаток компрессора от газовой коррозии

Правильный ответ: А – 2, Б – 4, В – 1, Г – 3

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стальных деталей хромом для повышения коррозионной стойкости называется _____. **Правильный ответ: хромирование**

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Явление самопроизвольного растрескивания алюминиевого сплава под действием постоянного растягивающего напряжения в коррозионной среде называется коррозионная _____ под напряжением. **Правильный ответ: усталость**

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию **удельная прочность** — это ... **Правильный ответ:** отношение предела прочности материала к его плотности ($\sigma_{\text{в}} / \rho$). данный показатель определяет эффективность использования массы конструкции в авиастроении (ответ студента может быть представлен в интерпретации, эквивалентной приведенному правильному ответу)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию **деламинация** в контексте композитных материалов — это ... **Правильный ответ:** расслоение пакета композиционного материала, представляющее собой нарушение адгезионной связи между соседними слоями армирующего наполнителя и матрицы (ответ студента может быть представлен в интерпретации, эквивалентной приведенному правильному ответу)

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Авиационные материалы : справочник в 9 томах / Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ). — Москва : ВИАМ, 2024. — URL: Справочник «Авиационные материалы» ВИАМ.
2. Авиационное материаловедение. Технология материалов : учебное пособие. — Москва : МГТУ ГА, 2023. — URL: Авиационное материаловедение на сайте ЭБС МГТУ ГА.

7.2. Дополнительная литература

3. Климов, В. Н. Современные авиационные конструкционные сплавы : учебное пособие / В. Н. Климов. — Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2017. — URL: Современные авиационные конструкционные сплавы в ЭК СГАУ.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- Виртуальный лабораторный стенд «Электрические цепи» на 20 рабочих мест;
- Виртуальный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» ТС-ЭТиОЭ2-ЛС на 16 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого реле» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого контроллера» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Цифровая и микропроцессорная техника» на 20 рабочих мест
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Электротехника и электроника» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Конструкционные и специальные материалы авиационной техники**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. *Лекции* дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на *понимание смысла* основных понятий, определений. Затем

нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

**Конструкционные и специальные материалы авиационной
техники**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)