Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.11.2026 11:57:59
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической деятельности
_____Ю.А. Устименко
«10» сентября 2026 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.О.15 Авиационное материаловедение

Направление подготовки: 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей
Направленность (профиль): Конструкция, технология эксплуатации и ремонта авиационной техники

Форма обучения: очная
Курс – 2
Семестр – 3, 4
Всего зачетных единиц – 6; часов – 216
Форма аттестации – зачет, экзамен

Смоленск
2026

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.О.15 Авиационное материаловедение относится к обязательной части учебного плана образовательной программы по направлению подготовки 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.
Дисциплина изучается на 2-м курсе (в 3-м и 4-м семестрах), так как требует предварительного освоения фундаментальных наук, но сама является фундаментом для специальных авиационных предметов.

Целью изучения дисциплины является научить будущего инженера правильно оценивать состояние, надежность и ресурс материалов, из которых состоят планер и двигатель самолета или вертолета. В результате освоения курса будущий специалист сможет выбирать аналоги материалов при ремонте конструкций, прогнозировать отказы деталей из-за усталости металла, старения полимеров или коррозии, определять причины разрушения узлов (например, отличать тепловой прогар лопатки турбины от механического разрушения), грамотно применять технологии термической обработки и защиты металлов в условиях авиапредприятия.

Данная дисциплина изучается после таких курсов как «Химия», «Общая физика», «Инженерная графика», и служит основой для освоения «Сопротивление материалов», Аэродинамика», «Основы конструкции и системы воздушных судов», «Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции	Индикаторы достижения
ОПК – 6 Способен применять основные методы анализа современных тенденций развития материалов, технологий их производства и авиационной техники в своей профессиональной деятельности	Знать: современное состояние и перспективные тенденции развития конструкции летательных аппаратов и авиационных двигателей; классификацию, свойства и маркировку современных авиационных материалов (включая композиционные материалы, титановые и жаропрочные сплавы, функциональные покрытия); инновационные технологии производства авиационной техники (аддитивные технологии, высокоточную обработку, методы модификации поверхностей) и их влияние на эксплуатационные характеристики деталей; методы сбора, систематизации и анализа научно-технической информации, нормативно-технической документации и статистических данных о надежности авиатехники. Уметь: анализировать влияние новых материалов и технологий на показатели надежности, долговечности и безопасности эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей; проводить сравнительный анализ технических характеристик современных и перспективных воздушных судов и их силовых установок; работать с технической, эксплуатационной и подетальной документацией (включая международные стандарты и электронные справочники) для оценки применимости новых технологий при техническом обслуживании и ремонте; выявлять эксплуатационные факторы, ограничивающие ресурс деталей, изготовленных по новым технологиям или из перспективных материалов. Владеть: методиками системного анализа тенденций развития авиационной отрасли и мониторинга рынка современных технологий технического обслуживания и ремонта; навыками

	оценки технического состояния элементов конструкции летательных аппаратов и авиационных двигателей, выполненных из инновационных материалов, в процессе их технической эксплуатации; инструментами прогнозирования эффективности внедрения современных материалов и технологий в практику поддержания летной годности воздушных судов; опытом работы с информационно-аналитическими системами и базами данных научно-технической информации в области авиастроения и эксплуатации авиационной техники.

3. Содержание дисциплины

Введение в Авиационное материаловедение. Внутреннее строение металлов и сплавов. Методы контроля структуры и механических свойств металлов и сплавов.

Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Критерии прочности, жесткости, надежности, долговечности. Классификация механических испытаний по схемам напряженного состояния, способу нагружения, характеру изменения нагрузки во времени. Условия подобия механических испытаний. Макро-и микроструктурный анализ.

Фазовый состав сплавов. Равновесные диаграммы состояния.

Равновесные диаграммы состояния и методы их построения,. Основные равновесные диаграммы состояния двухкомпонентных систем (компоненты полностью растворимы в жидком и твердом состоянии; компоненты ограничено растворимы в твердом и жидкомсостоянииобразуютэвтектикуилиперитектику;сполиморфнымпревращениемодного из компонентов и эвтектоидным превращением; для сплавов, образующих химическое соединение).Правило фаз Гиббса. Правило отрезков. Закономерности Н.С.Курнакова.

Формирование структуры металлов и сплавов при кристаллизации. Методы получения монокристаллов. Аморфные металлические сплавы.

Формирование структуры металлов и сплавов при деформации и последующем нагреве. Деформации упругие и пластические. Механизм пластического деформирования (сдвиг скольжением, двойникованием). Особенности деформирования моно-и поликристаллов. Холодная и горячая деформация. Свойства холоднодеформированного металла. Возврат (отдых, полигонизация) и рекристаллизация (первичная, собирательная, вторичная) при нагреве деформированного металла и их влияние на свойства.

Термическая обработка металлов и сплавов. Классификация видов термической обработки по А.А.Бочвару (собственно термообработка, химикотермическая и термомеханическая обработки). Отжиг 1-города (гомогенизационный, рекристаллизационный и дорекристаллизационный, уменьшающий напряжения) и 2-го рода (перекристаллизационный отжиг). Закалка без полиморфного превращения с последующим старением (искусственным и естественным). Изменение свойств при старении. Выбор режима старения.

Общие требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Пути повышения конструкционной прочности сплавов. Легированные стали.

Цветные металлы (алюминий, титан, никель) и сплавы на его основе.

Общая характеристика неметаллических материалов. Основы полимероведения.

Полимеры, стекла, графит.

Резиновые материалы. Лакокрасочные материалы.

Композиционные материалы на неметаллических матрицах. Стеклопластики. Боропласты. Органопласты.

4. Тематический план и виды образовательной деятельности

Темы лекционных занятий / практических занятий / лабораторных работ/ самостоятельной работы студента	Всего часов	Формы занятий			
		Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
Раздел 1. Теоретические основы материаловедения.	**36**	**10**	**2**	**6**	**18**
Тема 1.1. Введение. Роль материалов в надежности ВС. Кристаллическое строение металлов и дефекты решетки.	17	4	2	2	9
Тема 1.2. Процессы кристаллизации. Физические, механические свойства. Виды разрушений деталей ВС.	19	6	0	4	9
Раздел 2. Теория сплавов, термическая и химико-термическая обработка (ХТО)	**40**	**12**	**2**	**8**	**18**
Тема 2.1. Строение сплавов. Диаграмма железо–цементит (Fe-Fe_3C). Классификация и маркировка сталей.	21	6	2	4	9
Тема 2.2. Технология термообработки сталей (закалка, отпуск, отжиг). ХТО (цементация, азотирование, алитирование).	19	6	0	4	9
Раздел 3. Цветные металлы и конструкционные сплавы в авиастроении	**40**	**14**	**2**	**6**	**18**
Тема 3.1. Алюминий и деформируемые авиасплавы (Д16, Д19, В95). Теория естественного и искусственного старения.	21	8	2	2	9
Тема 3.2. Титановые сплавы (ВТ6, ВТ22). Магниевые и бериллиевые сплавы в конструкциях ВС.	19	6	0	4	9
Раздел 4. Коррозия, износ и защита авиационных материалов	**35**	**10**	**2**	**6**	**17**
Тема 4.1. Виды коррозии авиационных конструкций (гальваническая, питтинговая, МКК). Коррозионное растрескивание.	17	4	2	2	9
Тема 4.2. Методы защиты: анодирование, кадмирование, плакирование, ЛКП. Жаростойкие покрытия лопаток турбин.	18	6	0	4	8
Раздел 5. Композиционные и неметаллические материалы ВС	**38**	**14**	**2**	**6**	**16**
ема 5.1. Авиационные композиты (угле-, стекло-, органопластики). Эксплуатационные дефекты (расслоения, удары BVID).	18	6	2	2	8
Тема 5.2. Остекление ВС. Клеи, герметики, авиационные резины. Старение полимеров под	20	8	0	4	8

действием ТС-1, НГЖ-5У и УФ.					
Подготовка к экзамену	27	0	0	0	27
	216	60	10	32	114

5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (перечень)

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. Текущий контроль успеваемости включает устные опросы, тесты, практические работы, лабораторные работы.

1. **Тест** предназначен для проверки студентов на предмет освоения теоретического и практического материала и проводится в конце изучения раздела, включающего несколько тем.

Пример тестовых заданий

1. С какой целью деформируемые алюминиевые сплавы типа Д16 (дюралюмины) после закалки подвергают процедуре естественного или искусственного старения?

А) Для снижения удельного веса деталей планера перед окончательной сборкой.
Б) Для выделения из пресыщенного твердого раствора мелкодисперсных интерметаллидных фаз, блокирующих движение дислокаций и резко повышающих прочность сплава.
В) Для полного снятия остаточных термических напряжений и перевода структуры в термодинамически стабильное равновесное состояние.
Г) Для улучшения свариваемости деталей и повышения пластичности материала обшивки.

2. Какая разновидность электрохимической коррозии представляет наибольшую скрытую опасность для силовых лонжеронов и нервюр планера, выполненных из высокопрочных авиационных сплавов, так как она разрушает структуру по границам зерен без видимого изменения геометрии поверхности?

А) Равномерная атмосферная коррозия.
Б) Фреттинг-коррозия (коррозия при трении).
В) Межкристаллитная коррозия (МКК).
Г) Филиформная (нитцевидная) коррозия.

3. Каким термином в авиационном материаловедении и правилах технической эксплуатации обозначают скрытые внутренние расслоения в углепластиковых панелях планера, возникающие от незначительных ударов (например, при падении инструмента техника или ударе градин) и незаметные при обычном визуальном осмотре?

А) Термическая деструкция матрицы.
Б) Усталостный питтинг волокон.
В) Эрозионный износ композита.
Г) Едва заметные ударные повреждения (BVID — Barely Visible Impact Damage).

2. Лабораторная работа (пример)

Лабораторная работа №11: *Исследование электрохимической коррозии авиационных алюминиевых сплавов и моделирование протекторной защиты.*

Время выполнения: 2 академических часа.

Цель: Экспериментально изучить механизм разрушения металлов в авиационных гальванических парах и проверить эффективность работы «жертвенного» анода (протектора).

Оборудование и материалы: пластины из дюралюминия Д16Т, титана ВТ1-0 и цинка Ц0; лабораторный мультиметр (миллиамперметр); 3%-й раствор $NaCl$ (имитатор морской влаги и реагентов); индикатор фенолфталеин.

Ход работы

1. Студенты погружают в раствор $NaCl$ соединенные через миллиамперметр пластины алюминия и титана. Они фиксируют возникновение коррозионного тока и наблюдают, как алюминий (анод) начинает разрушаться, а раствор у титана (катод) из-за химической реакции окрашивается фенолфталеином в малиновый цвет.
2. В систему подключают пластину цинка. Обладая более отрицательным потенциалом, цинк берет коррозионный удар на себя и начинает растворяться, полностью останавливая разрушение авиационного сплава Д16Т.

Результаты и выводы

1. Студенты строят график изменения тока во времени, составляют уравнения окислительно-восстановительных реакций и учатся рассчитывать электрохимическую защиту для реальных элементов планера воздушного судна.
2. На защите лабораторной работы студенты отвечают на контрольные вопросы по теме.

3. Практическая работа (пример)

***Практическая работа №2**: Расшифровка марок конструкционных и специальных сталей, применяемых в авиадвигателестроении.*

Время выполнения: 2 академических часа.

Цель: Научиться определять химический состав, физико-химические свойства и назначение сталей по их буквенно-цифровой маркировке для подбора аналогов при ремонте двигателей.

Оборудование и материалы: справочные таблицы ГОСТов, методические указания, чертежи и технологические карты узлов авиационных двигателей (валов, лопаток компрессора, крепежа).

Ход работы

1. Изучить правила отечественной маркировки сталей и сплавов, где буквы обозначают легирующие элементы (например, Х — хром, Н — никель, В — вольфрам, М — молибден, Т — титан), а цифры — их процентное содержание и долю углерода.
2. Каждый студент получает индивидуальный вариант с перечнем марок авиационных сталей (например, *12Х18Н10Т, 30ХГСА, ЭИ961-Ш*).
3. Выполнить письменный разбор: указывает класс стали (высоколегированная, нержавеющая, жаропрочная), точный процентный состав элементов, режим термической обработки и определяет, в каком узле двигателя (турбина, вал, камера сгорания) применяется данный материал.

Результаты и выводы

1. Оформить расчетно-текстовую работу с расшифровкой заданных марок сталей и обоснованием их применимости в условиях жестких термических и механических нагрузок авиадвигателя.
2. Сделать выводы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

4. Самостоятельная работа студентов способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного) уровня. Основными видами самостоятельной образовательной деятельности студентов являются: предварительная подготовка к аудиторным занятиям, в том числе и к тем, на которых будет изучаться новый, незнакомый материал; самостоятельная работа при прослушивании лекций, осмысление учебной информации, сообщаемой преподавателем, ее обобщение и краткая запись, а также своевременная доработка конспектов лекций; выяснение наиболее сложных,

непонятных вопросов и их уточнение во время консультаций; подготовка к лабораторным занятиям, проверочным работам, зачету; выполнение собственных научных исследований, участие в научных исследованиях, проводимых в масштабе кафедры, факультета; систематическое изучение периодической печати, научных монографий, поиск и анализ дополнительной информации. В качестве самостоятельной работы студенту также предлагаются темы для докладов. Доклад предназначен для развития способности к восприятию, анализу, критическому осмыслению, систематизации информации из области профессиональной деятельности и отработки навыков грамотного и логичного изложения материала. Некоторые вопросы тем вынесены на самостоятельное изучение.

5. Промежуточная аттестация по итогам изучения дисциплины проводится в форме зачета в 3 семестре и форме экзамена в 4 семестре. К моменту сдачи зачета должны быть успешно пройдены все предшествующие формы контроля. Зачет позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Экзаменационные вопросы

1. Кристаллическое строение металлов. Основные типы кристаллических решеток в авиационных сплавах (ОЦК, ГЦК, ГПУ) и их влияние на пластичность.
2. Дефекты кристаллического строения (точечные, линейные, поверхностные). Влияние плотности дислокаций на прочность и деформируемость авиационных деталей.
3. Механические свойства авиационных материалов. Методы определения твердости (Бринелль, Роквелл, Виккерс) и их применимость при техническом обслуживании.
4. Виды и механизмы разрушения элементов планера и двигателей воздушных судов (ВС): вязкое, хрупкое и усталостное разрушение. Характерные признаки усталостных изломов.
5. Классификация сплавов. Физико-химическая сущность твердых растворов замещения и внедрения, промежуточных фаз и механических смесей.
6. Анализ диаграммы состояния железо–цементит (Fe-Fe_3C). Основные структурные составляющие сталей.
7. Принципы отечественной буквенно-цифровой маркировки конструкционных сталей. Определение химсостава по марке (на примере сталей *30ХГСА, 12Х18Н10Т, 40Х*).
8. Теория и назначение термической обработки сталей: отжиг, нормализация, закалка и отпуск. Выбор режимов для силового крепежа.
9. Химико-термическая обработка (ХТО) сталей. Цементация и азотирование деталей авиационных двигателей для повышения износостойкости и усталостной прочности.
10. Алюминий как базовый металл авиастроения. Классификация авиационных алюминиевых сплавов (деформируемые, литейные, термоупрочняемые и не упрочняемые термообработкой).
11. Дуралюмины (сплавы серии Д16, Д19). Физико-химическая сущность процессов закалки и естественного/искусственного старения алюминиевых сплавов. Зоны Гинье-Престона.
12. Высокопрочные (В95) и ковочные (АК6, АК8) алюминиевые сплавы. Особенности их маркировки, свойств и применения в силовых элементах планера.
13. Титановые сплавы (на примере *ВТ6, ВТ22*). Классификация (α-, β- и псевдо-α-сплавы), преимущества по удельной прочности и применение в нагруженных узлах планера и компрессора ГТД.
14. Магниевые и бериллиевые сплавы в авиастроении. Ограничения по их применению на деталях ВС из-за высокой коррозионной активности.
15. Жаропрочные сплавы на никелевой и кобальтовой основах (суперсплавы). Требования к материалам лопаток и дисков горячей части газотурбинных двигателей.
16. Электрохимическая коррозия металлов. Механизм работы гальванической пары при сборке планера ВС (на примере контакта алюминия со сталью или титаном).
17. Питтинговая (точечная) коррозия алюминиевых сплавов. Роль ионов хлора (Cl^-) морской атмосферы и противообледенительных реагентов в разрушении пассивных пленок.

18. Межкристаллитная коррозия (МКК) высокопрочных алюминиевых сплавов. Опасность МКК и методы её выявления при технической эксплуатации.
19. Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) и усталостная коррозия авиационных деталей. Факторы, ускоряющие разрушение.
20. Электрохимические и химические методы защиты металлов от коррозии: анодное окисление (анодирование) алюминия, кадмирование сталей, плакирование.
21. Газовый (высокотемпературный) износ и эрозия материалов. Защитные термобарьерные покрытия (ТБП) на лопатках турбин авиадвигателей.
22. Авиационные композиционные материалы (КМ). Понятие о матрице и армирующем наполнителе. Классификация: углепластики, стеклопластики, органопластики.
23. Достоинства и недостатки КМ по сравнению с авиационными металлами. Особенности проявления скрытых ударных повреждений (дефекты типа BVID / деламинация).
24. Конструкционные клеи и герметики в авиастроении. Применение клеесварных и клееболтовых соединений в планете ВС.
25. Авиационные остекления: органические (акриловые) и силикатные стекла. Их свойства, склонность к «серебрению» и старению под действием УФ-излучения.
26. Авиационные резины и эластомеры. Влияние эксплуатационных сред (авиационные топлива ТС-1/РТ, гидравлические жидкости НГЖ-5У) на работоспособность уплотнений.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1 Основная литература

1. Гаршин, А. П. Материаловедение в 3 т. Том 1. Абразивные материалы : учебник для вузов / А. П. Гаршин, С. М. Федотова ; под общей редакцией А. П. Гаршина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 214 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8113-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/561656 (дата обращения: 27.06.2025)
2. Лихачев, В. Г. Материаловедение : учебник для вузов / В. Г. Лихачев, С. Г. Баранов, А. А. Кузьмин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 165 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19718-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/580922 (дата обращения: 27.06.2025)
3. Материаловедение в машиностроении : учебник для вузов / А. М. Адаскин, Ю. Е. Седов, А. К. Онегина, В. Н. Климов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 530 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20058-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568796 (дата обращения: 27.06.2025).
4. Материаловедение и технология материалов : учебник для вузов / под редакцией Г. П. Фетисова. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 808 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18111-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568795 (дата обращения: 27.06.2025).
5. Материаловедение и технология материалов : учебник для вузов / под редакцией Г. П. Фетисова. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 808 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18111-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568795 (дата обращения: 27.06.2025).
6. Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение : учебник для вузов / И. А. Рыбьев. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 724 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17969-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568780 (дата обращения: 27.06.2025)

7. Материально - техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе:

- стандартная учебная мебель (50 посадочных мест);
- стол и стул для преподавателя (по 1 шт.);
- кафедра для лектора (1 шт.);
- доска настенная трехэлементная (1 шт.);
- мультимедиапроектор TOSHIBA (1 шт.);
-ноутбук Lenovo (1 шт.);
- колонки Genius (1 пара);
- экран настенный переносной (1 шт.).

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, в том числе: компьютеры (12 шт.); компьютерный студенческий стол (12 шт.); стол и стул для преподавателя (по 1 шт.); доска настенная трехэлементная (1 шт.).

8. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», а также доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.