

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Материаловедение авиакосмических материалов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 288 (8)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - получение знаний по проблемам формирования взаимосвязи структуры и свойств материалов при взаимодействии их с космической средой и эксплуатации в экстремальных условиях, привитие навыков анализа и умений выбора материалов изделий авиационно-космического назначения.

Задачи:

1. Изучение основных видов материалов авиационно-космического назначения;
2. Изучение физико-химических механизмов воздействия космической среды и экстремальных условий эксплуатации на материалы авиационно-космического назначения;
3. Уметь использовать методы повышения стойкости материалов и элементов оборудования авиационно-космических аппаратов к воздействию экстремальных условий эксплуатации;
4. Владеть навыками анализа физико-химических процессов, протекающих в материалах и элементах оборудования авиационно-космических аппаратов под действием факторов космического пространства и экстремальных условий эксплуатации.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Жаропрочные, алюминиевые и титановые сплавы;
Термобарьерные и терморегулирующие покрытия;
Композиционные и керамические материалы;
Космическая среда и ее воздействие на материалы.

1.3. Входные требования

Общий курс материаловедения.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|-----------------|
| ПК-1.4 | ИД-1ПК-1.4 | Знает особенности физико-химических процессов, протекающих в материалах при взаимодействии с космической средой и при эксплуатации в экстремальных условиях. | Знает основные закономерности протекания химических процессов и гетерогенных взаимодействий, законы физикохимии конденсированного состояния, особенности физико-химических процессов, протекающих в материалах при взаимодействии с окружающей средой | Зачет |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|----------------------------|
| ПК-1.4 | ИД-2ПК-1.4 | Умеет применять основные законы и теории физического материаловедения в экспериментальных исследованиях. | Умеет выполнять термодинамические расчеты, описывать кинетику химических процессов, применять основные законы и теории физического материаловедения в экспериментальных исследованиях и профессиональной деятельности | Защита лабораторной работы |
| ПК-1.4 | ИД-3ПК-1.4 | Владеет навыками микроструктурного анализа и экспериментального исследования свойств авиационно-космических материалов. | Владеет навыками использования методов физической химии, физического материаловедения к описанию, анализу и экспериментальному исследованию физических и химических систем, процессов и явлений | Защита лабораторной работы |
| ПК-1.6 | ИД-1ПК-1.6 | Знает основные металлические и неметаллические материалы авиационно-космического назначения, физико-химические особенности их строения, структуры и свойств; Знает авиационно-космические материалы нового поколения и современное состояние научных исследований и разработок в данной области. | Знает основные физико-химические особенности строения, структуры и свойств наноматериалов и материалов нового поколения; современное состояние научных исследований и разработок в области наноматериалов и материалов нового поколения | Экзамен |
| ПК-1.6 | ИД-2ПК-1.6 | Умеет использовать современные представления о влиянии структуры на свойства материалов при анализе полученных результатов при изучении их взаимодействия с космической средой, ионизирующими излучениями и при работе в экстремальных условиях. | Умеет использовать современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов при анализе полученных результатов при изучении их взаимодействия с окружающей средой, полями и излучениями | Защита лабораторной работы |
| ПК-1.6 | ИД-3ПК-1.6 | Владеет навыками | Владеет навыками | Отчёт по |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|------------------------|
| | | прогноза свойств материалов на основе анализа изменения структурных и фазовых характеристик при их взаимодействии с космическим пространством и работе в экстремальных условиях. | прогноза свойств материалов на основе анализа изменения структурных и фазовых характеристик в процессе их обработки, модификации и эксплуатации | практическом у занятию |

3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|-----|
| | | Номер семестра | |
| | | 7 | 8 |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 105 | 60 | 45 |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них: | | | |
| - лекции (Л) | 42 | 24 | 18 |
| - лабораторные работы (ЛР) | 32 | 16 | 16 |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ) | 25 | 16 | 9 |
| - контроль самостоятельной работы (КСР) | 6 | 4 | 2 |
| - контрольная работа | | | |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС) | 147 | 84 | 63 |
| 2. Промежуточная аттестация | | | |
| Экзамен | 36 | 36 | |
| Дифференцированный зачет | | | |
| Зачет | 9 | | 9 |
| Курсовой проект (КП) | | | |
| Курсовая работа (КР) | | | |
| Общая трудоемкость дисциплины | 288 | 180 | 108 |

4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| 7-й семестр | | | | |
| Характеристики авиационных материалов | 2 | 0 | 0 | 10 |
| Требования, предъявляемые к авиационным материалам. Конструкционные и функциональные материалы. Тенденции развития авиационного материаловедения. | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Авиационные сплавы | 6 | 8 | 4 | 16 |
| Литейные и деформируемые алюминиевые и магниевые сплавы. Титан и титановые сплавы. Интерметаллические сплавы. Перспективные стали. | | | | |
| Основы материаловедения литейных жаропрочных сплавов | 6 | 0 | 2 | 16 |
| Литье турбинных лопаток ГТД. Теоретические и экспериментальные основы направленной кристаллизации жаропрочных никелевых сплавов. Основные направления развития литья лопаток газовых турбин. | | | | |
| Теплозащита высокотемпературных компонентов в современных силовых установках | 2 | 4 | 4 | 16 |
| Теплозащитные покрытия. Критерии выбора материалов ТЗП. Технологии получения ТЗП. Структура и свойства ТЗП. Керамические и стеклоэмалевые покрытия. | | | | |
| Неметаллические материалы | 4 | 4 | 4 | 16 |
| Полимерные композиционные материалы для различных конструкций авиационной техники. Стеклопластики. Углепластики. Органопластики. Клеи. Герметики. | | | | |
| Материалы для звукопоглощающих конструкций самолетов | 4 | 0 | 2 | 10 |
| Пассивные способы снижения шума вентилятора и двигателя. Строение звукопоглощающих конструкций. Резонансные однослойные, резонансные многослойные и пористые градиентные ЗПК. Акустические полимерные материалы. | | | | |
| ИТОГО по 7-му семестру | 24 | 16 | 16 | 84 |
| 8-й семестр | | | | |
| Космическая среда и ее воздействие на материалы | 4 | 0 | 2 | 10 |
| Условия функционирования КА в околоземном и межпланетном пространстве: электромагнитное излучение Солнца, вакуумные условия в космическом пространстве, заряженные частицы высокой энергии в космическом пространстве, метеорная материя и космический мусор. Воздействие космической среды на материалы и оборудование КА. Материалы космической техники. | | | | |
| Воздействие на материалы космического вакуума, частиц ионосферной плазмы и солнечного излучения. | 4 | 8 | 0 | 15 |
| Испарение материалов в вакууме и формирование собственной внешней атмосферы. Распыление | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| материалов частицами ионосферной плазмы. Воздействие солнечного ультрафиолетового излучения на материалы. Газообмен внутренних полостей КА с окружающей средой. | | | | |
| Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов | 4 | 4 | 3 | 15 |
| Характеристики космических ионизирующих излучений. Специфика механизмов радиационного воздействия. Взаимодействие излучений с веществом. Воздействие ионизирующего излучения на материалы КА. | | | | |
| Воздействие твердых частиц естественного и искусственного происхождения на КА. | 4 | 4 | 0 | 15 |
| Модели и стандарты потоков твердых частиц в космическом пространстве. Физические явления при высокоскоростном ударе. Методы защиты КА от воздействия метеорных и техногенных тел. | | | | |
| Наноматериалы и нанотехнологии в космической технике. | 2 | 0 | 4 | 8 |
| Наноматериалы и наноустройства для космической техники. Исследования воздействия космических излучений на наноструктуры и нанокомпозиты. Перспективы применения наноматериалов и нанотехнологий в космонавтике. | | | | |
| ИТОГО по 8-му семестру | 18 | 16 | 9 | 63 |
| ИТОГО по дисциплине | 42 | 32 | 25 | 147 |

Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|--------|---|
| 1 | Композиционные материалы на основе терморепактивных связующих и ориентированных армирующих наполнителей |
| 2 | Определение растворимости и горючести полимеров. |
| 3 | Строение теплозащитных покрытий для высокотемпературных деталей ГТД |
| 4 | Структура интерметаллических сплавов системы Ti-Al и Ti-Al-Nb |
| 5 | Основные фазы жаропрочных никелевых сплавов |
| 6 | Структура и свойства силуминов. |
| 7 | Фазовый состав, структура и свойства жаропрочных сталей. |
| 8 | Современные технологии формирования градиентных слоистых материалов. |
| 9 | Условия функционирования КА в околоземном и межпланетном пространстве. |
| 10 | Модели космической радиации и расчет поглощенных доз. |

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|--------|--|
| 11 | Воздействие ракетно-космической техники на околоземную среду. |
| 12 | Исследование материалов и покрытий внешних поверхностей КА в условиях космического пространства. |

Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|--|
| 1 | Структура и свойства алюминиевых сплавов. |
| 2 | Структура и свойства титановых сплавов. |
| 3 | Оценка микромеханических характеристик теплозащитных покрытий. |
| 4 | Строение полимерных композиционных материалов. |
| 5 | Испарение материалов в вакууме. |
| 6 | Воздействие ультрафиолетового излучения на полимерные материалы. |
| 7 | Определение оптических характеристик терморегулирующих покрытий. |
| 8 | Влияние скорости потока частиц на поверхность материала. |

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|---------------------------------------|---|---|
| 1. Основная литература | | |
| 1 | Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник для вузов / В. Б. Арзамасов [и др.]. - Москва: Академия, 2009. | 24 |
| 2 | Технология производства и диагностика качества композитных конструкций ракетно-космической техники. Обеспечение качества производства композитных конструкций : учебник для вузов / М. А. Комков [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2020. | 20 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |
| 1 | Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов / К. С. Касаев [и др.]. - М.: , ЭНЦИТЕХ, 2000. - (Новые наукоемкие технологии в технике : энциклопедия; Т. 16, В). | 2 |
| 2 | Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов / К. С. Касаев [и др.]. - М.: , ЭНЦИТЕХ, 2000. - (Новые наукоемкие технологии в технике : энциклопедия; Т. 17, В). | 2 |
| 3 | Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов / Л. С. Новиков [и др.]. - М.: , Университет, 2007. - (Модель космоса : в 2 т.; Т. 2). | 3 |
| 4 | Вульф Б. К. Авиационное материаловедение : учебник для вузов / Б. К. Вульф, К. П. Ромадин. - М.: Машиностроение, 1967. | 3 |
| 5 | Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С. Т. Кишкина : научно-технический сборник / Российская академия наук ; Отделение химии и наук о материалах ; Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов ; Под ред. Е. Н. Каблова. - Москва: Наука, 2006. | 2 |
| 6 | Перспективные материалы и технологии для ракетно-космической техники : [сборник статей] / Под ред. А.А. Берлина, И.Г. Ассовского. - М.: ТОРУС ПРЕСС, 2007. | 2 |

| | | |
|---|--|---|
| 7 | Сидоров В. В. Металлургия литейных жаропрочных сплавов: технология и оборудование : коллективная монография / В. В. Сидоров, Д. Е. Каблов, В. Е. Ригин. - Москва: Изд-во ВИАМ, 2016. | 3 |
| 8 | Физические условия в космическом пространстве / В. С. Мурзин [и др.]. - М.: , Университет, 2007. - (Модель космоса : в 2 т.; Т. 1). | 3 |
| 2.2. Периодические издания | | |
| 1 | Авиационная промышленность : научно-технический журнал / Государственный комитет Российской Федерации по оборонным отраслям промышленности; Научно-исследовательский институт авиационной технологии. - Москва: НИАТ, 1932 - . | |
| 2 | Перспективные материалы : журнал / Российская академия наук; Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова; Московский государственный институт электроники и математики; Московский государственный индустриальный университет. - Москва: Интерконтакт Наука, 1995 - . | |
| 2.3. Нормативно-технические издания | | |
| | Не используется | |
| 3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины | | |
| | Не используется | |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента | | |
| | Не используется | |

6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------------|--|---|---|
| Дополнительная литература | Абраимов Н. В. Авиационное материаловедение и технология обработки металлов : учебное пособие для вузов / Н. В. Абраимов, Ю. С. Елисеев, В. В. Крымов. - Москва: Высш. шк., 1998. | http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks29740 | локальная сеть; авторизованный доступ |
| Дополнительная литература | Елисеев Ю. С. Неметаллические композиционные материалы в элементах конструкций и производстве авиационных газотурбинных двигателей : учеб. пособие для вузов / Елисеев Ю. С., Крымов В. В., Колесников С. А., Васильев Ю. Н. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2007. | http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lanRU-LAN-BOOK-106334 | локальная сеть; авторизованный доступ |

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------|--|---|---|
| Основная литература | Солнцев Ю. П. Специальные материалы в машиностроении : учебник / Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Пиирайнен В. Ю. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. | http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lanRU-LAN-BOOK-118630 | локальная сеть; авторизованный доступ |

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО | Наименование ПО |
|--|--|
| Операционные системы | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |
| Офисные приложения. | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017 |

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
|---|---|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | http://lib.pstu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система Лань | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http://www.consultant.ru/ |

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|---------------------|---|-------------------|
| Лабораторная работа | Вакуумная печь СШВЭ | 1 |
| Лабораторная работа | Весы аналитические | 2 |
| Лабораторная работа | Зондовый сканирующий микроскоп Фемтоскан | 1 |
| Лабораторная работа | Испытательная машина «Heckert-10» | 1 |
| Лабораторная работа | Металлографический микроскоп Axiovert-40MAT | 1 |

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лабораторная работа | Микроскоп «Neophot-21» | 1 |
| Лабораторная работа | Микротвердомер ПМТ-3 | 2 |
| Лабораторная работа | Полировальный станок «Нерис» | 1 |
| Лабораторная работа | Фотоколориметр ФЭК | 3 |
| Лабораторная работа | Штангенциркуль | 3 |
| Лекция | Проектор, ноутбук | 1 |
| Практическое занятие | Компьютеры | 10 |
| Практическое занятие | Проектор, ноутбук | 1 |

8. Фонд оценочных средств дисциплины

| |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Материаловедение авиакосмических материалов»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль) образовательной программы: Материаловедение и технологии авиационно-космических материалов

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Механика композиционных материалов и конструкций

Форма обучения: Очная

Курс: 4

Семестр: 7-8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 8 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 288 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 7 семестр

Зачет: 8 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7 и 8 семестра учебного плана) и разбито на 10 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы) | Вид контроля | | | | | |
|---|--------------|----------|----|----|-----|----------|
| | Текущий | Рубежный | | | | Итоговый |
| | ТК | ПК | ПЗ | ЛР | РГР | Экзамен |
| Усвоенные знания | | | | | | |
| - особенности физико-химических процессов, протекающих в материалах при взаимодействии с космической средой и при эксплуатации в экстремальных условиях. | + | + | + | + | | + |
| - основные металлические и неметаллические материалы авиационно-космического назначения, физико-химические особенности их строения, структуры и свойств; авиационно-космические материалы нового поколения и современное состояние научных исследований и разработок в данной области | + | + | | + | | + |
| Освоенные умения | | | | | | |
| - применять основные законы и теории физического материаловедения в экспериментальных исследованиях; | | | + | + | | + |
| - использовать современные представления о влиянии структуры на свойства материалов при анализе полученных результатов при изучении | | | + | + | | |

| | | | | | | |
|---|---|--|---|---|--|---|
| их взаимодействия с космической средой, ионизирующими излучениями и при работе в экстремальных условиях. | | | | | | |
| Приобретенные владения | | | | | | |
| - навыками микроструктурного анализа и экспериментального исследования свойств авиационно-космических материалов; | | | + | + | | + |
| - навыками прогноза свойств материалов на основе анализа изменения структурных и фазовых характеристик при их взаимодействии с космическим пространством и работе в экстремальных условиях. | + | | + | + | | + |

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПЗ – выполнение практических работ (оценка умений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения);

РГР – расчетно-графические работы (оценка умений и владений).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежные контрольные работы (тестирование)

Согласно РПД запланировано 6 рубежные контрольные работы (тестирование) (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая Т/КР по модулю «Авиационные сплавы», вторая Т/КР по модулю «Основы материаловедения литейных жаропрочных сплавов», третья Т/КР по модулю «Теплозащита высокотемпературных компонентов в современных силовых установках», четвертая КР – по модулям «Неметаллические материалы» и «Материалы для звукопоглощающих конструкций самолетов», пятая Т/КР по модулям «Космическая среда и ее воздействие на материалы» и «Воздействие на материалы космического вакуума, частиц ионосферной плазмы и солнечного излучения», шестая Т/КР по модулям «Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов» и «Воздействие твердых частиц естественного и искусственного происхождения на КА».

Типовые вопросы и задания первой Т/КР

1. Литейные и деформируемые алюминиевые и магниевые сплавы.
2. Титан и титановые сплавы: общая характеристика сплавов, классификация по легирующим элементам.
3. Интерметаллические сплавы на основе титана для высокотемпературных изделий.

Типовые вопросы и задания второй Т/КР

1. Способы литья жаропрочных никелевых сплавов.
2. Критерии жаропрочности сплавов
3. Основные принципы легирования сплавов на жаропрочность.

Типовые вопросы и задания третьей Т/КР

1. Функции теплозащитных покрытий
2. Критерии выбора материалов для теплозащитных покрытий.

Типовые вопросы и задания четвертой Т/КР

1. Неметаллические материалы: стекло- и углепластики.
2. Неметаллические материалы: клеи и герметики.
3. Строение звукопоглощающих конструкций.

Типовые вопросы и задания пятой Т/КР

1. Условия функционирования КА в околоземном и межпланетном пространстве.
2. Электромагнитное излучение Солнца,
3. Вакуумные условия в космическом пространстве,
4. Заряженные частицы высокой энергии в космическом пространстве.

Типовые вопросы и задания шестой Т/КР

1. Испарение материалов в вакууме и формирование собственной внешней атмосферы.
2. Воздействие солнечного ультрафиолетового излучения на материалы.
3. Характеристики космических ионизирующих излучений.
4. Взаимодействие излучений с веществом.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Промежуточная аттестация обучающихся ориентирована на оценку освоения заданных компетенций по достигнутым результатам обучения: приобретенным знаниям, умениям и навыкам. В конце изучения дисциплины для оценивания окончательных результатов обучения предусмотрена промежуточная аттестация в виде экзамена в 7 семестре и зачета в 8 семестре.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Зачет по дисциплине основывается на результатах текущего и рубежного контроля выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Полученные интегральные оценки за образовательные результаты заносятся в оценочный лист. Типовые шкала, критерии оценки и форма оценочного листа приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для

проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний для экзамена по дисциплине приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 1, типовые практические и комплексные задания приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 2.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

- 1) Требования к авиационным материалам и общие характеристики авиационных материалов.
- 2) Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы.
- 3) Перспективные алюминиевые системы.
- 4) Литейные и деформируемые магниевые сплавы.
- 5) Общая характеристика титановых сплавов.
- 6) Интерметаллические сплавы на основе титана для авиационной техники.
- 7) Жаростойкость. Жаростойкие сплавы
- 8) Жаропрочность: критерии жаропрочности сплавов
- 9) Жаропрочные никелевые сплавы: основные принципы легирования сплавов.
- 10) Технологии литья ЖНС: равноосное литье.
- 11) Технологии литья ЖНС: направленная кристаллизация.
- 12) Технологии литья ЖНС: монокристаллическое литье.
- 13) Теплозащитные покрытия: критерии выбора материалов ТЗП; основные методы получения ТЗП.
- 14) Теплозащитные покрытия: особенности структуры ТЗП, обусловленные технологией их формирования.
- 15) Неметаллические материалы: классификация композитов
- 16) Неметаллические материалы: классификация технологических методов изготовления деталей из ПКМ, содержащих волокнистые наполнители.
- 17) Неметаллические материалы: стеклопластики.
- 18) Неметаллические материалы: углепластики.
- 19) Материалы для звукопоглощающих конструкций самолетов: общие сведения.
- 20) Строение звукопоглощающих конструкций: резонансные однослойные, резонансные многослойные и пористые градиентные ЗПК.

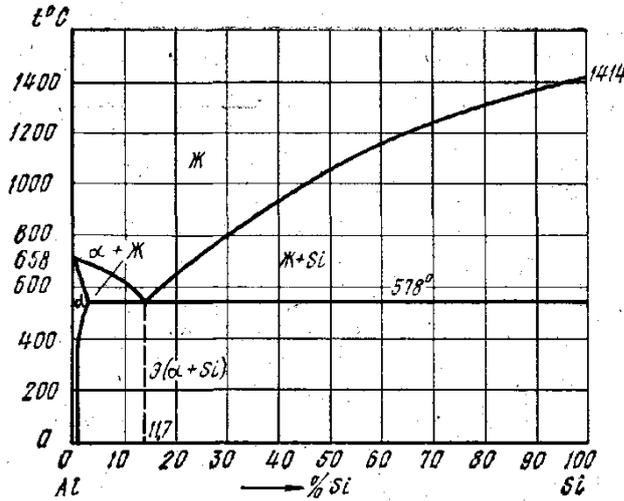
**Типовые практические комплексные задания для контроля
освоенных умений владений**

- 1) Какие типы кристаллических решеток встречаются у металлов? Параметры этих решеток.
- 2) Строение ТЗП и последовательность формирования слоев для обеспечения градиента температур.
- 3) Почему на кривой охлаждения металлов при кристаллизации образуется горизонтальная площадка?
- 4) Объясните изменение структуры и свойств деформированного металла при нагреве.
- 5) Деформируемые алюминиевые сплавы: на примере дуралюминов. Состав, принцип упрочнения, термообработка, структура, применение.
- 6) Начертите диаграмму состояния для случая образования ограниченных твердых растворов. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.
- 7) Охарактеризуйте диаграмму состояния «титан-марганец». Укажите основные превращения для сплава, содержащего 2%Mn.
- 8) Определите состав эвтектики системы Al – Si

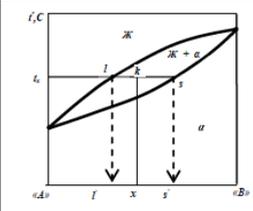
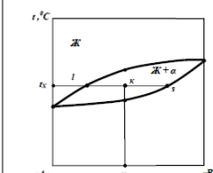
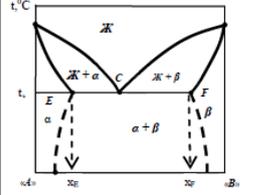
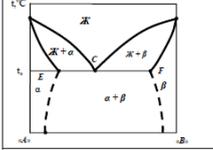
Примеры индивидуальных комплексных заданий

ПЗ Фазовый анализ двухкомпонентного сплава

№ 1 Дана система Al-Si. Выполните фазовый анализ при температуре 700°C сплава, содержащего заданное количество кремния. № 1.1) 30%; № 1.2) 50%; № 1.3) 70%; № 1.4) 90%. При решении используйте данные таблиц 1-2.



Определение: Состав фаз сплава k_i характеризуется абсциссами соответствующих концов коноды.
Исходные данные и выполняемые действия: Рассматриваем сплав в твердожидком состоянии. Состав исследуемого сплава x температура исследуемого сплава t_x . Конфигуративная точка сплава $k(x, t_x)$. На изотерме t_x построена конода lks . Определены абсциссы концов коноды l', s' .

| | |
|---|---|
| <p>Таблица 1 – Определение состава фаз сплава по диаграмме состояния (правило концентраций)</p> | <p>Таблица 2 – Определение относительного состава фаз сплава (правило отрезков)</p> |
|  <p>Расчетные формулы Состав жидкой фазы $Ж \rightarrow l'$ Состав твердой фазы $ТВ \rightarrow s'$</p> <p>Примечание: ось абсцисс диаграммы состояния обычно маркируется в % компонента «В».</p> | <p>Определение: Количество фаз в сплаве характеризуется отрезками коноды: отрезки коноды между точкой сплава k_i и точками l_i и s_i, определяющими состав фаз, обратно пропорциональны количествам этих фаз.</p> <p>Исходные данные и выполняемые действия: Рассматриваем сплав в твердожидком состоянии. Состав исследуемого сплава x, температура исследуемого сплава t_x. Конфигуративная точка сплава $k(x, t_x)$. На изотерме t_x построена конода lks. Измерена длина коноды lks и составляющих ее отрезков lk и ks.</p>  <p>Расчетные формулы Относительное количество жидкой фазы $Ж = \frac{ks}{lks}$ Относительное количество твердой фазы $ТВ = \frac{lk}{lks}$</p> <p>Примечание: длины отрезков подставляются в масштабе построения диаграммы состояния.</p> |
| <p>Исходные данные и выполняемые действия: Рассматриваем сплав в твердом состоянии при эвтектической температуре t_3. Эвтектический сплав имеет состав x_3. Эвтектика состоит из твердых растворов $\alpha_3 = (\alpha_3 + \beta_3)$. Определены абсциссы концов эвтектической прямой x_E, x_F.</p>  <p>Расчетные формулы Состав твердого раствора α_3 $\alpha_3 \rightarrow x_E$ Состав твердого раствора β_3 $\beta_3 \rightarrow x_F$</p> <p>Примечание: ось абсцисс диаграммы состояния обычно маркируется в % компонента «В».</p> | <p>Исходные данные и выполняемые действия: Рассматриваем сплав в твердом состоянии при эвтектической температуре t_3. Эвтектический сплав имеет состав x_3. Роль коноды выполняет эвтектическая прямая EF. Измерена длина эвтектической прямой EF и составляющих ее отрезков EC и CF.</p>  <p>Расчетные формулы $\alpha_3 = \frac{CF}{EF}$ $\beta_3 = \frac{EC}{EF}$</p> <p>Примечание: соотношение фаз в эвтектике постоянно для всех сплавов, содержащих эвтектику</p> |