

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

« 28 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Методология выбора высокотемпературных авиационных
материалов и технологий их изготовления
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Материаловедение высокотемпературных материалов
газотурбинных двигателей
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для применения в области разработки высокотемпературных авиационных материалов. Ознакомление студентов с концептуальными закономерностями формирования структуры и свойств высокотемпературных авиационных материалов, новыми теоретическими подходами и принципами дизайна материалов с заданными свойствами, современными технологиями производства и обработки высокотемпературных авиационных материалов;

Задачи: формирование знаний о методах и критериях выбора высокотемпературных авиационных материалов на основе требований ТД (ТЗ), условий эксплуатации, результатов моделирования, стендовых и эксплуатационных испытаний; методах и механизмах формирования комплекса эксплуатационных свойств в процессе получения и упрочняющей обработки;

формирование умений использовать методы выбора технологий производства, упрочняющей обработки и испытаний высокотемпературных авиационных материалов;

формирование навыков анализа влияния основных факторов на изменение свойств высокотемпературных авиационных материалов различных классов и обоснования базовых элементов технологии их получения и упрочнения.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Высокотемпературные авиационные материалы (жаропрочные сплавы, конструкционные керамики и металлокерамики, керамические композиционные материалы, термобарьерные покрытия);

Принципы выбора высокотемпературных авиационных материалов и базовых технологий их производства;

Технологии производства и упрочняющей обработки высокотемпературных материалов;

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

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-3.3	ИД-1ПК-3.3	Знает методы и критерии выбора металлических, керамических, композиционных высокотемпературных авиационных материалов	Знает технологии производства функциональных металлических, керамических, композиционных порошковых материалов	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-2ПК-3.3	Умеет выбирать высокотемпературные авиационные материалы и методы исследований высокотемпературных авиационных и композиционных материалов с заданными свойствами	Умеет выбирать материалы и технологические процессы исследований наноструктурированных порошковых и композиционных материалов с заданными свойствами	Курсовая работа
ПК-3.3	ИД-3ПК-3.3	Владеет навыками разработки инновационных технологических процессов производства и упрочнения высокотемпературных авиационных материалов с заданными свойствами	Владеет навыками разработки инновационных технологических процессов производства наноструктурированных порошковых и композиционных материалов с заданными свойствами	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен		
Дифференцированный зачет		
Зачет	9	9
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)	18	18
Общая трудоемкость дисциплины	108	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
3-й семестр				
Принципы выбора материалов и технологий	2	0	4	16
1.1 Оценка качества высокотемпературных авиационных материалов. Оценка требований к высокотемпературным авиационным материалам, элементам конструкций, к деталям и изделиям. Необходимая информация для обоснования выбора марок материала определенного назначения. Классификация высокотемпературных авиационных материалов по назначению. Принципы, металлургические основы и особенности выбора высокотемпературных авиационных материалов и технологий их упрочняющей обработки. 1.2 Основные механизмы упрочнения высокотемпературных авиационных материалов.				
Оптимизационные решения и базы данных при выборе материалов и технологий	6	0	6	28
2.1 Общие принципы выбора материалов. Оптимизация выбора методом сравнения. Оптимизация выбора математическим моделированием. Структура оптимизационных задач, параметры оптимизации. Оптимизация выбора технологий. Оптимизация выбора оборудования. 2.2 Классификация высокотемпературных авиационных материалов по основным признакам. Анализ влияния основных факторов воздействия на изменение характеристик материалов различных групп и обоснование базовых элементов технологии их получения.				
Методы оптимизации технологий и совершенствования современных материалов	8	0	8	28
3.1 Способы повышения чистоты материалов на стадии производства. Специальные методы деформации в сочетании с термообработкой. Методы поверхностного пластического деформирования в сочетании с химико-термической обработкой. 3.2 Функциональные покрытия				
ИТОГО по 3-му семестру	16	0	18	72
ИТОГО по дисциплине	16	0	18	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение методологии принятия решения при выборе высокотемпературных авиационных материалов
2	Изучение технологий упрочнения высокотемпературных авиационных материалов
3	Анализ методов оптимизации в принятии решений по выбору высокотемпературных материалов.
4	Выбор высокотемпературных авиационных материалов и технологий на основе баз данных.
5	Классификация современных источников и баз данных жаростойких и жаропрочных материалов и работа с ними
6	Анализ структуры решения оптимизационных задач при выборе материалов и технологий термической обработки деталей горячего тракта ГТД

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Общая классификация авиационных материалов, классификация высокотемпературных авиационных материалов
2	Технологии получения и термической обработки жаростойких и жаропрочных никелевых сплавов
3	Направленная кристаллизация в технологии получения деталей из высокотемпературных сплавов
4	Современные технологии поверхностного упрочнения деталей из высокотемпературных материалов и нанесения функциональных покрытий
5	Ранжирование факторов, воздействующие на материал, по степени их влияния на надежность. Критерии выделения определяющих и менее важных факторов
6	Методы исследования физико-механических, технологических и особых свойств высокотемпературных авиационных материалов
7	Анализ влияния основных факторов воздействия на изменение характеристик высокотемпературного материала в процессе эксплуатации
8	Теплозащитные покрытия в авиадвигателестроении и их роль в увеличении ресурса деталей из высокотемпературных материалов. Технологии нанесения ТЗП

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.

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 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	Влияние примесей и микролегирования на структуру и эксплуатационные свойства монокристаллов жаропрочных никелевых сплавов : учебное пособие / Сидоров В. В., Каблов Д. Е., Чабина Е. Б., Оспенникова О. Г. Москва : Изд-во ВИАМ, 2020. 335 с. 19,53 усл. печ. л.	6
2	Высокорениевые жаропрочные сплавы, технология и оборудование для производства сплавов и литья монокристаллических турбинных лопаток ГТД : сборник статей. Москва : изд-во Такер ТМ, 2004. 172 с. 10,23 усл. печ. л.	2

3	Зоткин В. Е. Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении : учебное пособие для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2008. 319 с.	5
4	Зоткин В. Е. Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении : учебное пособие для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2011. 319 с. 20,0 усл. печ. л.	2
5	Интерметаллидные сплавы на основе титана и никеля / Ночовная Н. А., Базылева О. А., Каблов Д. Е., Панин П. В. Москва : Изд-во ВИАМ, 2018. 303 с. 18,13 усл. печ. л.	4
6	Интерметаллидные сплавы на основе титана и никеля : монография / Ночовная Н. А., Базылева О. А., Каблов Д. Е., Панин П. В. 2-е изд., изм. и доп. Москва : Изд-во ВИАМ, 2019. 311 с. 18,37 усл. печ. л.	1
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Авиационные материалы и технологии : юбилейный научно-технический сборник. Москва : Изд-во ВИАМ, 2012. 475 с. 30,0 усл. печ. л.	2
2	Авиационные материалы и технологии : юбилейный научно-технический сборник. Москва : Изд-во ВИАМ, 2017. 595 с. 48,05 усл. печ. л.	5
3	Авиационные материалы и технологии : юбилейный научно-технический сборник. Москва : Изд-во ВИАМ, 2017. 595 с. 48,05 усл. печ. л.	5
4	Литые лопатки газотурбинных двигателей: сплавы, технологии, покрытия. 2-е изд. Москва : Наука, 2006. 631 с. 51,34 усл. печ. л.	3
5	Практическое руководство по металлографии сплавов на основе титана и его интерметаллидов : учебное пособие / Панин П. В., Ночовная Н. А., Каблов Д. Е., Алексеев Е. Б. Москва : Изд-во ВИАМ, 2020. 199 с. 16,12 усл. печ. л.	6
6	Сидоров В. В., Каблов Д. Е., Ригин В. Е. Металлургия литейных жаропрочных сплавов: технология и оборудование : коллективная монография. Москва : Изд-во ВИАМ, 2016. 351 с. 21,62 усл. печ. л.	3
7	Технология лазерной обработки конструкционных и инструментальных материалов в авиадвигателестроении : учебное пособие для вузов / Латыпов Р. Р., Терегулов Н. Г., Смыслов А. М., Лобанов А. В. М. : Машиностроение, 2007. 233 с.	6
2.2. Периодические издания		
1	Новые огнеупоры : научно-технический и производственный журнал. Москва : Интернет Инжиниринг, 2002 - .	
2	Перспективные материалы : журнал. 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	Авиационные материалы и технологии 2005-2019	https://journal.viam.ru/	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Авиационные материалы и технологии 2020-2022	https://journal.viam.ru/	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Структура и свойства монокристаллических жаропрочных никелевых сплавов	https://elib.pstu.ru/Record/ipr68481	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	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
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
-------------	---	-------------------

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютер	10
Лекция	Мультимедиа проектор	1
Лекция	Ноутбук	1
Практическое занятие	Мультимедиа проектор	1
Практическое занятие	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»**
Передовая инженерная школа
«Высшая школа авиационного двигателестроения»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
**«Методология выбора высокотемпературных авиационных материалов и
технологий их изготовления»**

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Материаловедение высокотемпературных
материалов газотурбинных двигателей

Квалификация выпускника: «Магистр»

Форма обучения: Очная

Курс: 1

Семестр: 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 3 семестр

Курсовая работа: 3 сем

Пермь 2023

Фонд оценочных средств 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 (2-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические 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, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	ОП	ТКР	ОПР	Т/КР	Кр	Зачет
Усвоенные знания						
- методы и критерии выбора металлических, керамических, композиционных высокотемпературных авиационных материалов;	ОП1 ОП2 ОП3	ТКР2		Т/КР1 Т/КР2		ТВ
Освоенные умения						
- выбирать высокотемпературные авиационные материалы и методы исследований высокотемпературных авиационных и композиционных материалов с заданными свойствами:		ПЗ1- 7	ОПР1 -7	Т/КР1 Т/КР2	+	КЗ
Приобретенные владения						
- навыками разработки инновационных технологических процессов производства и упрочнения высокотемпературных авиационных материалов с заданными свойствами.		ПЗ1- 7	ОПР1 -7		+	КЗ

ОП – опрос, для анализа усвоения материала предыдущей лекции; *КР* – контрольная работа по теме; *ПЗ* – практическое занятие; *ОПР* – отчет по практической работе; *ЛР* – лабораторная работа; *Т/КР* – рубежное тестирование (контрольная работа); *Кр* – курсовая работа; *ТВ* – теоретический вопрос; *КЗ* – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде зачета, 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, эссе 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 в форме текущей контрольной работы, тестирования, опроса по тематике, изучаемой самостоятельно. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится по каждому учебному модулю в следующих формах:

- защита практических работ (модули 1-3);
- контрольные работы (тестирование) (модули 1, 3).

- защита курсовой работы (модули 1-3);

2.2.1. Защита индивидуальных курсовых работ

Темы типовых курсовых работ:

1. Общая классификация авиационных материалов, классификация высокотемпературных авиационных материалов.
2. Технологии получения и термической обработки жаростойких и жаропрочных никелевых сплавов.
3. Направленная кристаллизация в технологии получения деталей из высокотемпературных сплавов.
4. Современные технологии поверхностного упрочнения деталей из высокотемпературных материалов и нанесения функциональных покрытий.
5. Ранжирование факторов, воздействующие на материал, по степени их влияния на надежность. Критерии выделения определяющих и менее важных факторов.
6. Методы исследования физико-механических, технологических и особых свойств высокотемпературных авиационных материалов.
7. Анализ влияния основных факторов воздействия на изменение характеристик высокотемпературного материала в процессе эксплуатации.
8. Теплозащитные покрытия в авиадвигателестроении и их роль в увеличении ресурса деталей из высокотемпературных материалов. Технологии нанесения ТЗП.

Результаты выполнения индивидуальных заданий по 4-балльной шкале оценивания знаний, умений и владений учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Защита практических работ

Всего запланировано 7 практических и работ. Типовые темы практических и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.3. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (тестирование) (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая Т/КР по модулю 1 «Методология выбора материала и технологии упрочнения», вторая Т/КР – по модулю 2 «Оптимизационные решения и базы данных при выборе материалов и технологий», третья Т/КР по модулю 3 «Методы оптимизации технологий и совершенствования современных материалов».

Пример тестовых заданий приведен в ПРИЛОЖЕНИИ 1. Полный комплект тестов для рубежного тестирования хранится на кафедре ведущей дисциплину. Результаты рубежного тестирования по 4-балльной шкале оценивания знаний, умений учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС

образовательной программы.

Типовые вопросы первой Т/КР (тест):

1. Каковы общие принципы выбора материалов (выберите несколько правильных ответов):
 - а- анализ условий работы материалов.**
 - б- анализ и ранжирование по степени их влияния на надежность машины или механизма факторов воздействующих на материал.**
 - в- определение комплекса необходимых свойств материала, обеспечивающих надежную и долговечную работу конструкций, машин и оборудования в заданных условиях эксплуатации.**
2. Определите основные группы свойств, характеризующие конструкционные авиационные материалы (выберите несколько правильных ответов):
 - а- механические.**
 - б- физико химические.**
 - в- технологические.**
 - г- трибологические
 - д- химические.**
 - е- специальные.**
3. Назовите наиболее важные источники информации при составлении технических требований или технических условий к высокотемпературному материалу (выберите несколько правильных ответов):
 - а- использование приблизительных качественных данных материала.
 - б- анализ и моделирование условий работы (расчетные данные).**
 - в- использование опыта предыдущей эксплуатации аналогичных или схожих изделий или конструкций.
 - г- моделирование условий работы изделия в реальных условиях эксплуатации с использованием специальных стендов.**
4. Каковы источники оценки при анализе списка наиболее пригодных материалов, из которых производится выбор наилучшего материала для использования в конкретной конструкции (выберите несколько правильных ответов):
 - а- используемые способы производства.**
 - б- методы гарантии качества, осуществляемые при изготовлении.**
 - в- стоимость конечного изделия.**
 - г- использование материала в аналогичных условиях.
 - д- дефицитность материала.
 - е- величина транспортных расходов.
5. Выберите физические свойства, учитываемые при оценке поведения материала (выберите несколько правильных ответов):
 - а- электропроводность.
 - б- теплопроводность.**
 - в- плотность.**
 - г- коэффициент линейного расширения.**
 - д- твердость.
6. Выберите химические свойства, учитываемые при оценке поведения материала

(выберите несколько правильных ответов):

а- химическая активность.

б- совместимость с рабочей средой.

в- коррозия, коррозионная усталость, коррозия под напряжением, водородное охрупчивание.

г- химическое взаимодействие продуктов со сплавами, из которых изготавливается продукция.

д- химическая инертность.

7. Наиболее часто встречающиеся причины отказов (выберите несколько правильных ответов):

а- коррозия (растрескивание, питтинг, под напряжением, эрозия, усталостная, микробиологическая, адгезивное и когезивное разрушение).

б- излом (хрупкий, вязкий).

в- усталость.

г- износ.

д- деформация.

8. Какие факторы учитываются при назначении величины запаса прочности (выберите несколько правильных ответов):

а- имеющиеся дефекты (трещины).

б- дефекты, возникающие при эксплуатации.

в- микро- и макронеоднородности по толщине.

г- неоднородность материала в сварных швах.

д- деформация при сварке.

е- локальные напряжения в материале и сварных швах.

ж- нестабильность эксплуатационного нагружения (статические и циклические перегрузки).

з- стационарные и нестационарные циклические нагрузки

9. Какой критерий является верным для расчета допустимых значений напряжения для ответственных деталей и конструкций (выберите один правильный ответ)

а- по максимальному размеру дефектов.

б- по максимальному количеству дефектов.

10. Какие подходы существуют при расчете допустимых значений напряжений с использованием критериев механики разрушения (выберите один правильный ответ):

а- расчет по номинальным напряжениям

б- анализ локальных напряжений, возникающих в отдельных зонах изделия

11. Какой коэффициент должен использоваться при предварительном анализе поведения конкретной конструкции в случае начавшегося разрушения (выберите один правильный ответ):

а- коэффициент ударной вязкости K_{Cv}

б- коэффициент вязкости разрушения при плоской деформации K_{Ic} .

12. Какие качественные показатели материалов применимы при оценке поведения материала с использованием критериев механики разрушения (выберите несколько правильных ответов):

а- прочность

б- твердость

в- пластичность.

г- вязкость.

13. Критерий надежности при работе в области высоких температур (выберите один правильный ответ):

а- вязкость.

б- пластичность.

в- ползучесть.

14. Критерий надежности конструкций, работающих в условиях многократного подъема и сброса давления (выберите один правильный ответ):

а- сопротивление усталостному разрушению.

б- пластичность.

в- вязкость.

15. Критерий оценки надежности установок и изделий, подвергаемых многократному нагреву или захлаживанию (выберите один правильный ответ):

а- испытания на сопротивление термической усталости.

б- испытания на длительное окисление.

16. Критерий при выборе материалов, с особыми механическими свойствами (выберите несколько правильных ответов):

а- малая плотность.

б- износостойкость.

в- высокая температура плавления.

г- высокая твердость.

д- высокий предел текучести

е- высокий модуль упругости

ж- отношение модуля упругости (предела текучести) к плотности.

Типовые вопросы второй Т/КР:

1. Классификация баз данных.

2. Структура и технологии доступа к электронным базам данных.

3. Особенности встроенных баз даны по материалам пакетов конструкторских программ и программ моделирования.

4. Программные пакеты выбора материала на примере программы «Сталь».

5. Интернет-базы данных со свободным доступом на примере сайта.

6.

Типовые вопросы третьей Т/КР:

1. Охарактеризуйте термобарьерные покрытия (ТБП) на основе модифицированного оксида циркония, его основные ограничения по условиям применения и пути его модификации с точки зрения конструирования, состава и технологии нанесения,

2. Какие основные технологии применяются при нанесении ТБП, в чем их преимущества и недостатки?

3. Чем различаются технологии нанесения подслоя и термобарьерного слоя в технологии ТБП?

Типовые шкалы и критерии оценки результатов рубежной контрольной

работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является успешная сдача всех практических работ, курсовой работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета 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.

2.4.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

1. Каковы общие принципы выбора материалов.
2. Определите основные группы свойств, характеризующие высокотемпературные авиационные материалы (ВТАМ).
3. Назовите наиболее важные источники информации при составлении технических требований или технических условий к материалу.
4. Каковы источники оценки при анализе списка наиболее пригодных материалов, из которых производится выбор наилучшего материала для использования в конкретной конструкции.
5. Выберите физические свойства, учитываемые при оценке поведения высокотемпературного авиационного материала.
6. Выберите химические свойства, учитываемые при оценке поведения высокотемпературного авиационного материала.
7. Перечислите наиболее часто встречающиеся причины отказов ВТАМ.
8. Какие факторы учитываются при назначении величины запаса прочности.
9. Какой критерий является верным для расчета допустимых значений напряжения для ответственных деталей и конструкций.
10. Какие подходы существуют при расчете допустимых значений напряжений с использованием критериев механики разрушения.
11. Какой коэффициент должен использоваться при предварительном анализе поведения конкретной конструкции в случае начавшегося разрушения.
12. Какие качественные показатели материалов применимы при оценке поведения материала с использованием критериев механики разрушения.
13. Критерий оценки надежности установок и изделий, подвергаемых многократному нагреву или захлаживанию.
14. Критерий при выборе материалов, с особыми механическими свойствами.

Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений представлены в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

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.

Приложение 1. Пример билета для зачета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

22.04.01 **Материаловедение и технологии**
материалов
Кафедра «Материалы, технологии и
конструирование машин»

Дисциплина «Методология выбора
высокотемпературных авиационных
материалов и технологий их
изготовления»

БИЛЕТ № 1

1. Каковы общие принципы выбора ВТА материалов (*контроль знаний*).
2. Практическое задание (*контроль умений и владений*).

В соответствии с техническим заданием (уровень свойств и условия эксплуатации), технологией изготовления и приведенным алгоритмом определения основных и второстепенных факторов-характеристик (свойств) произвести выбор и ранжирование факторов и выбрать материалы и технологию упрочнения (если требуется) для детали лопатка турбины ГТД.

Составитель _____
(подпись)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

«_____» _____ 20__ г.

Примерный перечень вопросов к зачету

Темы 1,2.

Оценка качества высокотемпературных авиационных материалов.

Оценка требований к высокотемпературным авиационным материалам, элементам конструкций, к деталям и изделиям.

Необходимая информация для обоснования выбора марок материала определенного назначения.

Классификация высокотемпературных авиационных материалов по назначению.

Принципы, металловедческие основы и особенности выбора высокотемпературных авиационных материалов и технологий их упрочняющей обработки.

Основные механизмы упрочнения высокотемпературных авиационных материалов.

Тема 3,4

Общие принципы выбора материалов. Оптимизация выбора методом сравнения.

Общие принципы выбора материалов. Оптимизация выбора математическим моделированием. Структура оптимизационных задач, параметры оптимизации.

Оптимизация выбора технологий. Оптимизация выбора оборудования.

Классификация высокотемпературных авиационных материалов по основным признакам.

Анализ влияния основных факторов воздействия на изменение характеристик материалов различных групп и обоснование базовых элементов технологии их получения.

Тема 5,6.

Способы повышения чистоты материалов на стадии производства.

Специальные методы литья, деформации в сочетании с термообработкой.

Методы поверхностного пластического деформирования в сочетании с химико-термической обработкой.

Функциональные покрытия. Архитектура покрытий. Методы нанесения покрытий

Приложение 3.
Типовые комплексные задания билета для зачета

1. В соответствии с техническим заданием (уровень свойств и условия эксплуатации), технологией изготовления и приведенным алгоритмом определения основных и второстепенных факторов-характеристик (свойств) сформулировать и произвести выбор и ранжирование по значимости факторов и выбрать материал и технологию упрочнения (если требуется) для: лопатки ГТД.

Диапазон температур - $-60 \dots +1150$ °С, длительная работа в условиях максимальной температуры

Циклический термошок при запуске двигателя

Активное охлаждение воздухом.

Отливка (направленная кристаллизация)т

Формообразование – литье, сборка – сварка или механическая

2. В соответствии с техническим заданием (уровень свойств и условия эксплуатации), технологией изготовления и приведенным алгоритмом определения основных и второстепенных факторов-характеристик (свойств) сформулировать и произвести выбор и ранжирование факторов и выбрать материал и технологию упрочнения (если требуется) для:

сборочной единицы жаровой трубы (горячего тракта).