

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 08 » февраля 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Специальная технология изготовления деталей и сборки
авиационных двигателей и энергетических установок
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных
двигателей
(код и наименование направления)

Направленность: Проектирование авиационных двигателей и энергетических
установок (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – получение студентами знаний, приобретение умений и навыков, необходимых для разработки прогрессивных технологий и создания технологичных конструкций авиационных и ракетных двигателей, агрегатов высокопроизводительными и экологичными методами.

- формирование знаний

- основные свойства перспективных материалов и прогрессивные способы получения заготовок в авиадвигателестроении;
- основные направления, технологии получения и обработки композиционных материалов и их использование в конструкции ГТД;
- методы достижения заданной точности и показателей качества деталей и сборочных единиц;
- методы и технологические схемы достижения точности при обработке поверхностей заготовок;
- прогрессивные методы механической обработки ответственных деталей ГТД;
- основные принципы применения электрофизикохимических и комбинированных методов обработки;
- методы контроля дефектов материалов, качества поверхностного слоя и его прочностных свойств;
- технологические методы повышения надежности и долговечности деталей авиационных двигателей;

- формирование умений

- производить выбор и расчеты основных параметров технологических процессов финишных операций обработки с целью придания им определенных качеств;
- разрабатывать технологическую документацию процессов сборки основных узлов ГТД, выбирать технологическую оснастку и средства технического контроля;
- выбирать технологические методы электро-эрозионной и электрохимической обработки деталей и определять режимы обработки и выбирать оборудование;

- формирование навыков

- навыками выполнения сложных технологических операций технического контроля процесса сборки ответственных узлов ГТД;
- навыками разработки оптимальных и отвечающих техническим требованиям технологических процессов сборки узлов ГТД;
- навыками выбора прогрессивного способа и параметров техпроцесса получения заготовок основных деталей авиационных ГТД;

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- новые перспективные материалы авиа- и ракетостроения;
- направленная кристаллизация сплавов;
- композиционные материалы;
- прогрессивные технологические процессы в авиадвигателестроении;
- электрофизикохимические и комбинированные методы обработки;
- поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей;
- технический контроль на предприятии;
- защитные технологические покрытия;
- информационная модель технологического процесса сборки;
- интегрированная модель изделия;

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-2.5	ИД-1ПК-2.5	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные свойства перспективных материалов и прогрессивные способы получения заготовок в авиадвигателестроении; (т.1,2) - основные направления, технологии получения и обработки композиционных материалов и их использование в конструкции ГТД; (т.3,4) - методы достижения заданной точности показателей качества деталей и сборочных единиц; (т.9) - методы и технологические схемы достижения точности при обработке поверхностей заготовок; (т.10) - прогрессивные методы механической обработки ответственных деталей ГТД; (т.5,6) - основные принципы применения электрофизикохимических и комбинированных методы об-работки; (т.8) - методы контроля дефектов материалов, качества поверхностного слоя и его прочностных свойств;(т.11,12) - технологические методы повышения надежности и долговечности 	<p>Знает теоретические основы проектирования технологических процессов, методы и способы обеспечения технологичности изготовления при проектировании деталей и узлов авиационных двигателей и энергетических установок.</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - производить выбор и расчеты основных параметров технологических процессов финишных операций обработки с целью придания им определенных качеств; (лр.5,6) - разрабатывать технологическую документацию процессов сборки основных узлов ГТД, выбирать технологическую оснастку и средства технического контроля; (лр.7,8) - выбирать технологические методы электро-эрозионной и электрохимической обработки деталей и определять режимы обработки и выбирать оборудование;(лр.3) 	<p>Умеет анализировать конструкцию деталей и узлов авиационных двигателей и энергетических установок с точки зрения их технологичности изготовления.</p>	Защита лабораторной работы
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками выполнения сложных технологических операций технического контроля процесса сборки ответственных узлов ГТД; (лр.4) - навыками разработки оптимальных и отвечающих техническим требованиям технологических процессов сборки узлов ГТД;(лр.7,8) - навыками выбора прогрессивного способа и параметров техпроцесса получения заготовок основных деталей авиационных ГТД; (лр.1,2) 	<p>Владеет навыками конструирования деталей и узлов авиационных двигателей и энергетических установок с учётом возможностей и ограничений специальных технологических процессов.</p>	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36	36	
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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	
9-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Материалы и методы получения заготовок ответственных деталей авиадвигателей на основе сплавов.	6	0	4	20
<p>Тема 1. Новые перспективные материалы авиа- и ракетостроения</p> <p>Конструкционные стали. Коррозионностойкие стали. Высокопрочные мартенситостареющие стали. Цементуемые и износостойкие стали. Литейные жаропрочные сплавы. Интерметаллидные литейные сплавы. Жаропрочные деформируемые сплавы. Прецизионные сплавы. Ресурсные жаростойкие покрытия. Антифрикционные покрытия.</p> <p>Уплотнительные материалы для проточной части ГТД.</p> <p>Металлургия авиационных сталей и сплавов – производство литых прутковых заготовок из литейных жаропрочных сплавов.</p> <p>Бойцов А.Г. «Инновационные технологии производства изделий ракетно-космической техники»</p> <p>Литье в оболочковые формы и по выплавляемым моделям в условиях вакуума.</p> <p>Процессы получения монокристаллических отливок из жаропрочных сплавов методом вакуумного всасывания. Литье по газифицируемым моделям. Спрейное литье. Безмодельное литье.</p> <p>Тема 2. Особенности производства моноотливок</p> <p>Богуслаев В.А. «Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД», с.51-100</p> <p>Направленная кристаллизация сплавов. Методы направленной кристаллизации. Процесс направленной кристаллизации. Образование дендритов. Установка для направленной кристаллизации. Схема процесса. Конструкции установок. Способы получения монокристаллических отливок. Беззатравочные методы получения моноотливок. Затравочные методы получения моноотливок.</p> <p>Тема 3. Композиционные материалы</p> <p>Бойцов А.Г. «Инновационные технологии производства изделий ракетно-космической техники», с.41</p> <p>Интерметаллидные матричные композиты.</p> <p>Углерод-углеродные композиционные материалы.</p> <p>Конструкционные керамики.</p> <p>Тугоплавкие материалы. Тугоплавкие металлы.</p> <p>Тугоплавкие пенистые (ячеистые) материалы.</p> <p>Точное горячее изостатическое прессование</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>заготовок из порошков. Прессование порошковых материалов в пластичных оболочках. Формование металла методом впрыска. Технологии послойного лазерного спекания порошков. Лазерная порошковая наплавка.</p> <p>Тема 4. Полимерные композиционные материалы. Ф.И. Демин «Технология изготовления основных деталей ГТД», стр. 275-313</p> <p>Виды, свойства и особенности получения композиционных материалов. Полимерные композиционные материалы. Металлические армированные композиционные материалы. Керамические и углеродные композиционные материалы.</p> <p>Проектирование технологического процесса изготовления лопаток из полимерных композиционных материалов. Требования к конструкции лопаток из полимерных композиционных материалов. Особенности конструкций технологической оснастки.</p> <p>Технологический процесс изготовления лопаток из ПКМ.</p>				
Применение прогрессивных методов обработки при изготовлении ответственных деталей авиадвигателей	11	0	4	30
<p>Бойцов А.Г. «Инновационные технологии производства изделий ракетно-космической техники»</p> <p>Высокоскоростное фрезерование ("HSM" (High Speed Machining)). Фрезерование крупногабаритных деталей.</p> <p>Глубинное и высокоскоростное шлифование. Важнейшие достоинства глубинного шлифования. Качественные показатели кругов для глубинного шлифования. Типовые техно-логические схемы глубинного шлифования поверхностей хвостовика лопаток.</p> <p>Твердое точение. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам для твердого точения. Параметры резания при твердом точении инструментом из кубического нитрида бора.</p> <p>Сверление глубоких отверстий. Инструмент и оборудование для глубокого сверления.</p> <p>Тема 6. Изготовление зубчатых колес</p> <p>В.Ф. Безъязычный «Технологические процессы механической и физико-химической обработки в авиадвигателестроении», стр 299-308.</p> <p>Прогрессивные и специальные методы чистовой обработки зубчатых колес. Профильное шлифование наружных и внутренних венцов методом копирования однослойным</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>инструментом. Глубинное шлифование эвольвентных зубчатых колес со специальной формой зуба.</p> <p>Зубохонингование зубчатыми хонами с внутренним зацеплением. Методы обработки профилей зубьев закрытых венцов двухвенцовых цилиндрических зубчатых колес.</p> <p>Тема 7. Технологии изготовления моноколес</p> <p>Требования к моноколесам ГТД. Заготовки для моноколес ГТД. Подготовка технологических баз.</p> <p>Механическая обработка проточной части.</p> <p>Отделочная обработка моноколес. Контрольные операции</p> <p>Тема 8. Электрофизикохимические и комбинированные методы обработки</p> <p>Бойцов А.Г. «Инновационные технологии производства изделий ракетно-космической техники»</p> <p>Классификация физико-химических методов обработки. Электрохимические методы обработки.</p> <p>Сущность метода ЭХО, основные понятия и определения. Реализация процесса ЭХО.</p> <p>Электрохимическое шлифование.</p> <p>Электроэрозионная обработка. Механизм образования эрозионной лунки. Регулирование межэлектродного промежутка. Прецизионная обработка непрофилированным электро-дом-проволокой.</p> <p>Ультразвуковая обработка. Лучевые методы обработки. Комбинированные методы обработки.</p> <p>Совмещенные методы обработки</p>				
Методы достижения требуемой точности и качества поверхности	11	0	6	25
<p>Тема 9. Обеспечение показателей качества изделий при изготовлении.</p> <p>Ф. И. Демин «технология изготовления основных деталей ГТД», стр. 22-33.</p> <p>Методы достижения заданной точности показателей качества деталей и сборочных единиц.</p> <p>Технологические условия, необходимые при использовании метода автоматического получения параметров заготовок на настроенном оборудовании.</p> <p>Структурно-логическая схема обеспечения показателей качества изделий. Формирование принципиального плана технологического процесса изготовления деталей.</p> <p>Тема 10. Обеспечение точности геометрических параметров при изготовлении деталей ГТД</p> <p>Ф.И. Демин «Обеспечение точности геометрических параметров при изготовлении деталей ГТД»</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Параметры точности поверхностей деталей. Расчеты точности геометрических систем и моделей. Структурно-логическая схема обеспечения показателей качества. Классификация размерных связей систем и моделей. Определение областей рассеивания составляющих звеньев размерных цепей. Образование области рассеивания в размерных связях деталей, изделий и технологических процессах. Определение граничных точек областей рассеивания составляющих векторов. Обработка заготовок на настроенном оборудовании. Методы достижения точности при обработке заготовок. Технологические схемы точности при обработке поверхностей заготовок. Трубопроводы газотурбинных двигателей. Виды трубопроводов. Процессы формирования профиля труб Тема 11. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей Поверхностный слой. Геометрические и физико-химические параметры оценки поверхностного слоя и их связь с методами обработки. Остаточные напряжения. Влияние состояния поверхностного слоя на эксплуатационные свойства деталей. Тема 12. Методы контроля дефектов материалов, качества поверхностного слоя и его прочностных свойств Контроль изделий машиностроения. Основные положения. Руководство ИСО/МЭК-2, ГОСТ 16504. Виды контроля. Организация технического контроля на предприятии. Безъязычный В.Ф. «Технологические процессы в авиадвигателестроении», стр.366-390 Виды дефектов. Причины их возникновения. Методы контроля дефектов материалов деталей. Роль технологии изготовления в формировании механических свойств и структуры материала. Специфические особенности появления повреждений деталей ГТД при высоких температурах. Влияние технологических условий обработки на эксплуатационные свойства деталей авиационных двигателей. Виды поэтапного контроля качества ГТД. Методы контроля эксплуатационных свойств материалов. Методы контроля высокотемпературной прочности. Контроль усталостной прочности Тема 13. Технологические методы повышения</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>надежности и долговечности дета-лей авиационных двигателей</p> <p>Выбор параметров поверхностного слоя детали с учетом условий эксплуатации и их технологического обеспечения.</p> <p>Технологические методы упрочнения поверхностей пластическим деформированием. Вибрационный метод обработки ППД. Струйно-ударные методы ППД. Алмазное выглаживание. Турбоабразивная обработка.</p> <p>Оптимизация методов и режимов обработки.</p>				
Технологии сборки ГТД	4	0	4	15
<p>Анализ конструкций и особенностей сборки типового ротора ГТД. Способы сборки роторов барабанно-дискового типа. Понятие об информационной модели технологического процесса сборки роторов.</p> <p>Обобщенная модель ротора барабанно-дискового типа и последовательность его сборки. Особенности определения положений деталей в роторном пакете. Системы координат для измерений и расчетов.</p> <p>Определение эксцентриситетов и перекосов деталей в роторном пакете поиском наибольших отклонений.</p> <p>Определения эксцентриситетов и перекосов деталей в роторном пакете по измерениям биений в четырех контрольных точках.</p> <p>Требования к точности и качеству сборки роторов, задача оптимальной сборки.</p> <p>Требования к точности и качеству сборки роторов, функционалы качества.</p> <p>Задача оптимальной полной сборки или досборки ротора.</p> <p>Виртуальная сборка ротора как способ решения задачи его оптимальной сборки. Типовые техпроцессы оптимальной сборки ротора, использующие виртуальную сборку ротора.</p> <p>Операции техпроцессов. Особенности операции по окончательной сборке ротора, реализуемой без и с текущим контролем и коррекцией ошибок.</p> <p>Заключение</p> <p>Информационные технологии конструкторско-технологической подготовки производства сложной техники. Информация об изделии и процессы жизненного цикла (ЖС) изделия. Классификация информации об изделии по этапам ЖЦ. Единая интегрированная модель изделия. Идеология создания единой информационной среды для процессов проектирования, производства, испытаний, поставки, эксплуатации и утилизации продукции (концепции CALS).</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные компоненты CALS-технологий.				
ИТОГО по 9-му семестру	32	0	18	90
ИТОГО по дисциплине	32	0	18	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Объемная штамповка в открытых и закрытых штампах
2	Технологии литья охлаждаемых лопаток газотурбинных двигателей
3	Изучение технологии электроэрозионной и электрохимической обработки деталей
4	Динамическая балансировка роторов двигателя
5	Финишное плазменное упрочнение лопаток ГТД нанесением тонкопленочного износостойкого покрытия
6	Расчет технологических режимов нанесения наноструктурированных покрытий на поверхность твердого тела
7	Изучение технологии сборки осевого компрессора ГТД с использованием информационного моделирования
8	Определение точностных характеристик методов контроля усилия затяжки резьбовых соединений

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Проект участка механического цеха
2	Проект участка сборочного цеха

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	Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. 512 с. 26,88 усл. печ. л.	21
2	Схиртладзе А.Г., Ярушин С. Г. Технологические процессы в машиностроении : учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2005. 495 с.	3
3	Технологические процессы механической и физико-химической обработки в авиадвигателестроении : учебное пособие для вузов / Безъязычный В.Ф., Кузменко М.Л., Крылов В.Н., Лобанов А.В. 2-е изд. испр., и доп. М. : Машиностроение, 2007. 538 с.	45
2. Дополнительная литература		

2.1. Учебные и научные издания		
1	Технология производства авиационных газотурбинных двигателей : учебное пособие для вузов / Елисеев Ю. С., Бойцов А. Г., Крымов В. В., Хворостухин Л. А. Москва : Машиностроение, 2003. 511 с.	38
2.2. Периодические издания		
1	Технология машиностроения : обзорно-аналитический, научно-технический и производственный журнал. Москва : Технология машиностроения, 2000 - .	
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	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника	http://vestnik.pstu.ru/aero/about/inf/	локальная сеть; свободный 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/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Персональный компьютер	16
Лекция	Проектор с экраном	1
Практическое занятие	Макеты авиационных двигателей	9

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе



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

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

Аэрокосмический факультет
кафедра «Авиационные двигатели»

УТВЕРЖДЕНО

на заседании кафедры АД
протокол № __ «__» _____ 2017 г.
Зав. кафедрой «Авиационные двигатели»

_____ А. А. Иноземцев

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Специальная технология изготовления деталей и сборка авиационных двигателей и энергетических установок»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
Приложение к рабочей программе дисциплины**

**Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных
и ракетных двигателей»**

Специализация программы специалитета:

«Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок»

Квалификация выпускника:

«инженер»

Выпускающая кафедра:

«Авиационные двигатели»

Форма обучения:

очная

Курс: 5

Семестр: 9

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: **5 ЗЕ**

Часов по рабочему учебному плану: **180 час**

Виды контроля:

Экзамен: **-9сем** Диф.зачёт: **- нет** Курсовой проект: **- 9сем** Курсовая работа: **- нет**

Пермь, 2017

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Специальная технология изготовления деталей и сборка авиационных двигателей и энергетических установок» и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»;
- рабочей программы дисциплины «Специальная технология изготовления деталей и сборка авиационных двигателей и энергетических установок», утвержденной «21» июля 2017 г.

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Дисциплина «Теоретические основы проектирования технологических процессов производства авиационных двигателей и энергетических установок» относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», участвует в формировании компетенции: ПК-2.5. В рамках учебного плана образовательной программы в 9-м семестре на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются следующие дисциплинарные части компетенций:

- *способность разрабатывать технологические проекты изготовления деталей и сборки авиационных двигателей с использованием современных материалов, прогрессивных методов получения заготовок и их обработки.*

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (9-го семестра базового учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, выполнение курсового проектирования, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, промежуточного и итогового 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 обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий и промежуточный		Рубежный		Промежуточная аттестация
	ТКР	ЛР	КП	РК	Экзамен
Усвоенные знания					
3.1 основные свойства перспективных материалов и прогрессивные способы получения заготовок в авиадвигателестроении	ТКР 1,2			РК 1	ТВ
3.2 основные направления, технологии получения и обработки композиционных материалов и их использование в конструкции ГТД	ТКР 3,4			РК 1	ТВ
3.3 методы достижения заданной точности и показателей качества деталей и сборочных единиц	ТКР 9			РК 3	ТВ
3.4 методы и технологические схемы достижения точности при обработке поверхностей заготовок	ТКР 10			РК 3	ТВ
3.5 прогрессивные методы механической обработки ответственных деталей ГТД	ТКР 5,6			РК 2	ТВ

3.6 основные принципы применения электрофизикохимических и комбинированных методы обработки	ТКР 8			РК 2	ТВ
3.7 методы выявления дефектов материалов, контроля качества поверхностного слоя и его прочностных свойств	ТКР 11,12			РК 3	ТВ
3.8 технологические методы повышения надежности и долговечности деталей авиационных двигателей	ТКР 13,14			РК 3	ТВ
Освоенные умения					
У.1 производить выбор и расчеты основных параметров технологических процессов финишных операций обработки с целью придания им определенных качеств		ОЛР 5,6	КП (ПЗ)		КЗ
У.2 разрабатывать технологическую документацию процессов сборки основных узлов ГТД, выбирать технологическую оснастку и средства технического контроля		ОЛР 7,8	КП (КТД)		КЗ
У.3 выбирать технологические методы электроэрозионной и электрохимической обработки деталей и определять режимы обработки и выбирать оборудование		ОЛР 3	КП (ПЗ)		КЗ
Приобретенные владения					
В.1 навыками выполнения сложных технологических операций технического контроля процесса сборки ответственных узлов ГТД		ОЛР 4	КП (ПЗ, КТД)		КЗ
В.2 навыками разработки оптимальных и отвечающих техническим требованиям технологических процессов сборки узлов ГТД		ОЛР 7,8	КП (ПЗ)		КЗ
В.3 навыками выбора прогрессивного способа и параметров техпроцесса получения заготовок основных деталей авиационных ГТД		ОЛР 1,2	КП (ПЗ)		КЗ

Примечание:

ТКР – текущая контрольная работа (контроль знаний по теме);

КР – рубежная контрольная работа (оценка знаний по модулю);

КП – комплект документов курсового проекта (оценка умений и владений);

ОЛР – отчет о выполнении лабораторной работы (оценка умений и владений);

ТВ – теоретический вопрос итогового контроля (экзаменационного билета);

КЗ – комплексное задание итогового контроля (экзаменационного билета);

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является итоговая аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

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

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания занос-

сятся 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 дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графику учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты лабораторных работ, рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД (табл. 4.2)

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов, выполнявших работу в группе. При этом оценка освоения знаний умений и навыков выставляется индивидуально каждому студенту.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в указанных ниже формах.

Согласно РПД запланировано 4 рубежных контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая (КР1) по модулю 1 - «Перспективные материалы в авиадвигателестроении», вторая (КР2) модулю 2 - «Прогрессивные технологические процессы в авиадвигателестроении», третья (КР3) по модулю 3 - «Методы достижения требуемой точности и качества поверхности» и четвертая (КР4) по модулю 4 – «Технологии сборки ГТД».

Типовые задания первой КР включают перечень вопросов (по одному на каждую тему модуля) по изученному материалу соответствующего модуля.

• Рубежная контрольная работа (КР1, модуль 1).

Перечень примерных вопросов:

- 1. Условия работы, технические требования к узлу ГТД (вентилятор), детали, материалы, используемые для изготовления. Способы получения заготовок.*
- 2. Точное горячее изостатическое прессование заготовок из порошков*
- 3. Композиционные материалы с металлической матрицей. Свойства и область применения. Технология получения.*

• Рубежная контрольная работа (КР2, модуль 2).

Перечень примерных вопросов:

- 1. Типовые технологические схемы глубинного шлифования поверхностей хвостовика лопаток.*
- 2. Глубинное шлифование эвольвентных зубчатых колес.*
- 3. Подготовка технологических баз заготовки моноколеса.*
- 4. Классификация физико-химических методов обработки.*

• Рубежная контрольная работа (КР3, модуль 3).

Перечень примерных вопросов:

- 1. Технологические условия, необходимые при использовании метода автоматического получения параметров заготовок на настроенном оборудовании.*
- 2. Методы достижения точности при обработке заготовок.*

3. *Специфические особенности появления поврежденных деталей ГТД при высоких температурах.*
4. *Алмазное выглаживание.*
5. *Типы ионно-плазменных упрочняющих покрытий для защиты лопаток и других деталей из титановых сплавов и сталей.*

- **Рубежная контрольная работа (КР4, модуль 4).**

Перечень примерных вопросов:

1. *Обобщенная модель ротора барабанно-дискового типа и последовательность его сборки.*
2. *Идеология создания единой информационной среды для процессов проектирования, производства, испытаний, поставки, эксплуатации и утилизации продукции (концепции CALS).*

2.3. Выполнение курсового проекта по индивидуальному заданию.

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, используется индивидуальное комплексное задание студенту на выполнение курсового проекта.

Типовое индивидуальное задание на выполнение курсового проекта:

1. Проект механического участка по изготовлению диска вентилятора.

Исходные данные: годовая программа – 50 шт., режим работы односменный.

Перечень основных разделов проекта:

1. Выбор экономически целесообразного способа получения заготовки.
2. Разработка эскизного маршрута с выбором оборудования и оснастки.
3. Расчет припусков и операционных размеров на заданные поверхности.
4. Расчет режимов резания и норм времени (на 3-4 операции) и разработка подробных операционных карт.
5. Проектирование приспособления для технологической операции.
6. Проектирование измерительного инструмента и разработка технологической карты контроля для одной операции.
7. Проектирование обрабатывающего инструмента для одной из операций.
8. Разработка планировки проектируемого участка.

Графическая часть проекта:

1. Чертеж детали.
2. Чертеж заготовки.
3. Чертеж наладок на операцию с ЧПУ.
4. Чертеж спроектированного приспособления, режущего и измерительного инструментов.
5. Планировка участка.

2.4. Промежуточная аттестация

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

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 владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Экзаменационный билет включает теоретические вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС рабочей программы.

2.4.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

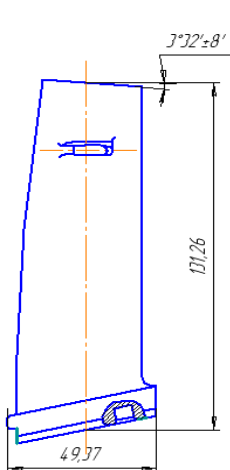
Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. *Условия работы, технические требования к узлу ГТД (вентилятор), детали, материалы, используемые для изготовления. Способы получения заготовок.*
2. *Точное горячее изостатическое прессование заготовок из порошков*
3. *Композиционные материалы с металлической матрицей. Свойства и область применения. Технология получения.*
4. *Типовые технологические схемы глубинного шлифования поверхностей хвостовика лопаток.*
5. *Глубинное шлифование эвольвентных зубчатых колес.*
6. *Подготовка технологических баз заготовки моноколеса.*
7. *Классификация физико-химических методов обработки.*
8. *Технологические условия, необходимые при использовании метода автоматического получения параметров заготовок на настроенном оборудовании.*
9. *Методы достижения точности при обработке заготовок.*
10. *Специфические особенности появления повреждений деталей ГТД при высоких температурах.*
11. *Алмазное выглаживание.*
12. *Типы ионно-плазменных упрочняющих покрытий для защиты лопаток и других деталей из титановых сплавов и сталей.*
13. *Обобщенная модель ротора барабанно-дискового типа и последовательность его сборки.*
14. *Идеология создания единой информационной среды для процессов проектирования, производства, испытаний, поставки, эксплуатации и утилизации продукции (цепочки CALS).*

Типовые задания для контроля усвоенных умений и навыки:

Задание 1. По чертежу детали выбрать и обосновать экономически целесообразный способ получения заготовки. Определить и характеризовать основные параметры технологической операции получения заготовки (оборудование, оснастка, трудоемкость и др.)

Задание 2. Разработать маршрутную технологию ионно-плазменной обработки детали «Лопатка компрессора».



✓ 0,32

1. Масса заготовки не более 0.457 кг. КИМ не менее 0.3.
2. Заготовка термообработана и механические свойства по ОСТу. Группа контроля 2 ОСТ 00021 - 78. Твердость проверить на 5 деталях от каждой плавки - термосадки.
3. Лопатку до нанесения покрытия TiN подвергнуть отжигу в воздушной атмосфере при температуре $(813 \pm 10) \text{K}$ ($(540 \pm 10) \text{ } ^\circ\text{C}$) время выдержки 2 часа.
4. Нанести покрытие TiN на перо лопатки толщиной $h = 10 \pm 2$ мкм. Допускается нанесение покрытия на замковую часть.
5. Материал лопатки ВТ-6.

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

2.4.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена. Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче дифференцированного зачёта для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС рабочей программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

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

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

3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учётом 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 программы.

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