

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

« 22 » мая 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Технология изготовления деталей и сборка авиационных
двигателей и энергетических установок
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 216 (6)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

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

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – расширение и углубление магистрантами знаний и приобретение умений и навыков, необходимых для разработки прогрессивных технологий и создания технологичных конструкций авиационных двигателей и энергетических установок (АД и ЭУ), позволяющих применять при их производстве высокопроизводительные методы.

В процессе изучения данной дисциплины магистрант расширяет, углубляет и демонстрирует следующие профильно-специализированные компетенции:

- способность обеспечивать технологичность изделий и процессов изготовления изделий машиностроения;
- способность осуществлять проектирование технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства.

Задачи дисциплины

- изучение основных принципов проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки авиационных двигателей и энергетических установок;
- формирование умения творчески подходить к разработке прогрессивных технологических процессов и отработке конструкций изделий, их агрегатов на технологичность, производить технологические расчеты;
- формирование навыков проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки авиационных двигателей и оформления технологической документации.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- основные принципы проектирования технологических процессов изготовления деталей АД и ЭУ:
 - виды и способы обработки деталей;
 - выбор оборудования и оснастки;
 - выбор заготовок и припуски на обработку;
 - базы и базирование заготовок и деталей;
 - точность обработки и качество обработанных поверхностей, определяющих эксплуатационные свойства деталей двигателей;
- основные принципы проектирования технологических процессов сборки АД и ЭУ;
- оформление технологической документации.

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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает: - Основные принципы проектирования техно-логических процессов изготовления деталей и сборки авиационных двигателей	Знает структуру построения технического предложения	Контрольная работа
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет: – Выбирать методы обработки, оборудование и оснастку, производить технологические расчёты	Умеет анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании двигателей и энергетических установок летательных аппаратов	Защита лабораторной работы
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет: – Навыками проектирования технологических процессов	Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании двигателей и энергетических установок летательных аппаратов	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	4
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	76	46	30
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	24	12
- лабораторные работы (ЛР)	34	18	16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	4	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	140	62	78
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	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	
3-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
Обработка основных поверхностей деталей	12	14	0	52
<p>Введение. Предмет и задачи дисциплины. Актуальность и место дисциплины в структуре магистерской программы. Особенности авиационного производства. Тема 1. Обработка наружных и внутренних цилиндрических поверхностей. Подготовительные операции к обтачиванию деталей. Обтачивание на станках токарной группы. Способы базирования и установки деталей при токарной обработке. Классификация станков токарной группы. Степень точности и шероховатости обработки при черновом и чистовом обтачивании. Обработка на токарных станках общего назначения, на карусельных станках, на токарно-револьверных, на многолезцовых токарных полуавтоматах, на одношпиндельных и многошпиндельных автоматах и карусельных полуавтоматах, технологические возможности, точность, производительность. Тонкое обтачивание и растачивание. Оборудование, инструмент, режимы, точность. Фрезерование, зенкерование, протягивание наружных цилиндрических поверхностей. Маркировка шлифовальных кругов. Абразивные материалы, их зернистость и содержание основной фракции, используемые в абразивных инструментах. Виды связок, градации твердости и структуры абразивных инструментов. Разновидность шлифования наружных цилиндрических поверхностей периферией круга. Режимы и условия обработки, точность. Шлифование наружных цилиндрических поверхностей периферией круга под углом и торцем круга. Особенности обработки, назначение, точность. Бесцентровое шлифование, назначение, точность. Притирание, полирование и суперфиниш наружных цилиндрических поверхностей. Классификация отверстий по назначению и видам обработки. Требования к отверстиям в зависимости от их назначения. Сверление отверстий на сверлильных станках. Зенкерование и развёртывание отверстий. Обработка отверстий больших диаметров. Сверление глубоких отверстий. Отделочное тонкое растачивание в корпусных деталях. Координатное сверление и расточка. Протягивание, прошивание и калибровка отверстий. Шлифование отверстий, оборудование, режимы, точность, применение. Хонингование отверстий. Притирание, полирование, сверхтонкая отделка отверстий. Отделочно-упрочняющая обработка отверстий без снятия стружки. Методы</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>контроля обрабатываемых отверстий. Тема 2. Обработка плоских и фасонных поверхностей. Обработка плоскостей строганием и долблением. Фрезерование плоскостей цилиндрическими и торцевыми фрезами. Протягивание плоских поверхностей. Шлифование плоскостей периферией и торцом круга. Обработка торцевых поверхностей на токарных, карусельных и шлифовальных станках. Отделочная обработка плоских поверхностей: тонкое фрезерование, шлифование, притирание, шабровка, суперфиниш и отделочно-упрочняющая обработка без снятия стружки. Методы и средства контроля плоских поверхностей. Понятие «фасонная поверхность» и виды фасонных поверхностей. Методы обработки фасонных поверхностей вращения, прямолинейных и объемно-фасонных. Обработка фасонных поверхностей на специальных копировальных станках: -объемно-копировальных станках для обработки лопаток -копировально-фрезерных станках, копировально-шлифовальных, на станках с ЧПУ. Обработка фасонных поверхностей электроимпульсным и электрохимическим методами.</p> <p>Тема 3. Обработка резьбовых поверхностей. Классификация и виды резьб, применяемых в авиапромышленности и других областях машиностроения. Методы образования наружных резьб. Точность и шероховатость поверхности. Обработка наружных резьб резцами и резьбовыми гребёнками. Обработка наружных резьб плашками и резьбонарезными головками. Условия обработки, точность, шероховатость. Обработка наружных резьб фрезерованием, шлифованием. Точность, шероховатость. Обработка наружных резьб методом пластической деформации. Разновидности, точность, шероховатость. Обработка внутренних резьб метчиками, гребёнками, резьбофрезами, шлифовальными кругами. Технологические возможности. Образование внутренней резьбы методом пластической деформации. Точность, шероховатость, применение.</p>				
Обработка зубьев цилиндрических, конических колёс и шлицевых поверхностей	12	4	0	10
<p>Тема 4. Обработка зубьев цилиндрических, конических колёс и шлицевых поверхностей. Классификация зубчатых колёс: виды шестерён по конструкции зуба (профиль, направление боковых поверхностей) и назначению, ТУ на зубчатые колёса, технологичность. Основные конструктивно</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>-технологические элементы зуба, определяющие качество зубчатого зацепления. Материалы, заготовки. Требования к зубчатым колёсам. Нормы точности зубчатых колёс по государственному и отраслевому стандартам. Обозначения точности зубчатого колеса. Методы нарезания зубьев шестерен копированием и обкаткой. Сущность методов. Черновое нарезание зубьев шестерен. Погрешности метода. Способы повышения производительности труда. Формообразование зубьев методом накатки, штамповки, область применения и перспективы развития. Нарезание зубьев обкаткой чевячной фрезой, долбяком, гребёнкой, получаемая при этом точность, шероховатость, производительность. Отделочные операции незаколённых зубьев шестерен: шевингование, приработка в паре, обкатка с эталонной шестерней. Отделочные операции заколённых зубьев шестерен: шлифование тарельчатыми шлифкругами, шлифование абразивным червяком, притирка, зубохонингование. Оборудование, принимаемое при обработке зубьев шестерен. Примерная схема работы. Характеристика режущего и измерительного инструмента для обработки и контроля зубьев шестерен. Особенности конструкции и ТУ авиационных зубчатых колес. Типы конических зубчатых колес. ТУ на изготовлении. Нарезание конических зубчатых колес с прямым зубом: предварительное нарезание, чистовое нарезание, отделочная обработка (окончательная обработка). Принципы обработки спирально-конических зубчатых колес. Нарезание конических зубчатых колес со спиральным зубом. Отделочная обработка. Виды шлицевых соединений, применяемых в авиадвигателестроении: различие по профилю, способу центрирования, требование к качеству. Анализ технологичности. Методы обработки наружных шлицев. Методы фрезерования наружных шлицев. Оборудование. Инструмент. Способы шлифования шлицев. Оборудование. Профилирование абразивного круга. Обработка внутренних шлицев, оборудование, инструмент, точность. Обработка торцевых остроугольных шлицев. Образование шлицев методом накатки.</p>				
ИТОГО по 3-му семестру	24	18	0	62
4-й семестр				
Обработка основных деталей авиадвигателей и энергетических установок	12	16	0	78

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>Тема 5. Обработка валов и дисков турбин и компрессоров Конструкторско-технологическая характеристика и технологичность конструкции валов. Заготовки валов, их виды и способы получения. Технические условия на заготовки. Припуски. Виды нормального и специального оборудования, применяемого при изготовлении валов. План обработки вала турбины и вала компрессора. Контроль валов. Основные технические условия на изготовление дисков компрессоров и турбин. Технологичность конструкции. Характеристика заготовок дисков и методов получения заготовок. Характеристика точности, шероховатости и особенности обработки дисков турбин и компрессоров. Примерный план обработки дисков. Виды оборудования, применяемого для обработки. Базовые поверхности дисков. Методы выявления внутренних и поверхностных дефектов дисков. Конструкция лопаточных пазов в дисках и методы их обработки. Контроль геометрии и качества материалов дисков турбин и компрессоров. Тема 6. Обработка лопаток турбин и компрессоров Виды лопаток, конструкция, ТУ, материал. Способы получения заготовок лопаток двигателей. Припуски на обработку, требования к заготовкам. Технологичность разных конструкций лопаток. Материалы лопаток и их обрабатываемость. Требования к геометрии и шероховатости поверхности лопаток. План обработки компрессорных и турбинных лопаток (рабочих и направляющих лопаток). Базы для обработки различных лопаток. Оборудование, приспособления и инструмент при обработке замков лопаток, спинки и корыта. Высокопроизводительные специальные станки, применяемые при обработке лопаток. Отделочные операции лопаток. Оборудование. Абразивные материалы, механизация операций. Основные направления в механизации и автоматизации технологии изготовления и контроля лопаток. Инструмент, приборы и методика контроля геометрии, качества материала лопаток, качества поверхностного слоя и частотных характеристик. Виброиспытание лопаток. Тема 7. Обработка кольцевых деталей и деталей сборочных единиц из листового материала. Виды кольцевых деталей, технические требования и технологичность. Материал и способы получения заготовок. Оптимальная технология изготовления заготовок и обработки кольцевых деталей Оборудование для</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>изготовления кольцевых деталей: заготовительное, гибочное, сварочное, металлорежущее.</p> <p>Технологические особенности базирования, закрепления при обработке и контроле на всех стадиях изготовления. Примерный план обработки. Классификация деталей и сборочных единиц ТРД, изготавливаемых из листового материала. Основные требования и ТУ на изготовление. Принципы построения технологического процесса обработки узлов из листового материала. Способ раскроя и изготовления заготовок из листового материала: оборудование для раскроя, выбор прессы по усилию вырубки, штампы для вырубki заготовок.</p> <p>Оборудование для формообразования и механической обработки деталей из листового материала. Условия формообразования различными методами. Виды и область применения различных способов сварки деталей и узлов из листового материала. Пайка. Виды и область применения различных способов пайки. Обработка узлов после сварки и пайки, контроль деталей и узлов из листового материала. Тема 8. Обработка корпусных деталей Конструкторско-технологические параметры корпусных деталей: габариты, точность, основные ТУ, технологичность, виды заготовок, материал и термообработка корпусных деталей. Технические требования к заготовкам. Построение технологического процесса обработки корпусных деталей: литых, сварных, штампованных.</p> <p>Характеристика оборудования, приспособлений и инструментов, применяемых при обработке корпусных деталей. Способы испытания корпусных деталей на герметичность. Тема 9. Изготовление форсунок Виды форсунок и технические условия на их изготовление. Материалы, применяемые для изготовления форсунок. Принципы построения технологических процессов основных деталей, планы обработки этих деталей, выполнение основных операций. Оборудование, приспособления, инструмент. Контроль форсунок. Автоматизация производства.</p>				
ИТОГО по 4-му семестру	12	16	0	78
ИТОГО по дисциплине	36	34	0	140

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Групповая наладка револьверного станка
2	Определение технологических параметров при обработке на электроимпульсных станках
3	Проектирование и исследование точности затяжки резьбовых со-единений
4	Контроль зубчатых колёс
5	Методы и средства контроля профиля пера лопаток
6	Прессовая вытяжка тонколистовых деталей
7	Изучение, анализ и практическое освоение процессов клёпки
8	Гидравлические и пневматические испытания
9	Динамическое уравнивание ротора турбины

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	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. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Демин Ф. И., Проничев Н. Д., Шитарев И. Л. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей : учебное пособие для вузов. Москва : Машиностроение, 2002. 327 с.	31
2	Никитин А. Н. Технология сборки двигателей летательных аппаратов : учебник для вузов. Москва : Машиностроение, 1982. 269 с.	36
3	Основы технологии машиностроения / В. А. Бахвалов. Ч. 2: Технологическая подготовка производства и оформление технологической документации. Пермь : ПГТУ, 2015. 203 с. 12,75 усл. печ. л.	29
4	Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1 / Дальский А. М., Суслов А. Г., Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Москва : Машиностроение, 2003. 912 с.	75
5	Схиртладзе А. Г., Бочкарёв С. В., Лыков А. Н. Автоматизация технологических процессов в машиностроении : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. 504 с.	79
6	Технология машиностроения. Производство машин / Бурцев В. М., Васильев А. С., Гемба И. Н., Деев О. М. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. 551 с. 34,5 усл. печ. л.	11
7	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	Вестник машиностроения : научно-технический и производственный журнал. Москва : Машиностроение, 1921 - .	
2	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/	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
	Не требуется

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
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
Лабораторная работа	Балансировочный станок HL5VB, ОАО "ПМЗ"	1
Лабораторная работа	Прибор оптико-механический ПОМЛ-4М, ОАО "ПМЗ"	1
Лабораторная работа	Станок для клепки КП 204М, ОАО "ПМЗ"	1
Лабораторная работа	Токарно-револьверный станок 1 341, ОАО "ПМЗ"	1
Лабораторная работа	Электроимпульсный станок 4А721ф1-01, ОАО "ПМЗ"	1
Лекция	Учебный класс, ОАО "ПМЗ"	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе