

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ
«МЭИ»

по научной работе

Драгунов В.К.

« ____ » _____ 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В
АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 2.5. Машиностроение

Научная специальность – 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов

Москва, 2022

1. Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

1.1. Воздушно-реактивные двигатели (ВРД).

Классификация и принципы действия ВРД. Основные параметры, характеризующие ВРД. Тяговая мощность, полный и полетный КПД двигателей. Пути совершенствования ВРД как движителя.

1.2. Газотурбинные двигатели (ГТД).

Классификация ГТД. Преимущества и недостатки различных типов ГТД, диапазон возможного применения по скорости и высоте полета. Конструкция и проектирование ГТД. Области применения этих двигателей.

1.3. Использование авиационных двигателей для создания комбинированных энергоустановок.

Назначение комбинированных энергоустановок различных типов. Особенности схем с утилизацией тепла выхлопных газов двигателей и дополнительным подводом тепла по тракту комбинированной энергоустановки. Типы парогенерирующих устройств. Классификация комбинированных энергоустановок на базе авиационных ГТД. Понятие об эффективности, КПД установки и коэффициенте использования тепла.

1.4. Ракетные двигатели.

Типы ракетных двигателей (РД). Классификация РД. Ракетные двигатели на химических топливах: ЖРД, РДТТ, ГРД. Ядерные ракетные двигатели. Электроракетные двигатели. Лазерные и солнечные двигатели. Особенности и области применения различных типов РД.

1.5. Двигательные, энергетические и энергосиловые установки космических аппаратов.

Потребности КА в бортовой энергетике и необходимость создания энергосиловых установок (ЭСУ) и электроракетных двигателей (ЭРД), энергетических установок (ЭУ) различных типов.

1.6. Энергетические установки с солнечными батареями.

Особенности и области использования фотоэлектрических энергетических установок. Потери энергии и КПД фотоэлектрического преобразователя. Возможности повышения эффективности. Характеристики преобразователей, влияние на них температуры, радиации. Методы повышения стойкости и надежности. Характеристики и КПД солнечных батарей

2. Основы проектирования конструкций двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

2.1. Жизненный цикл изделий, стадии разработки и создания двигателей и энергоустановок ЛА. Виды проектной документации. Нормативные документы, регламентирующие процессы создания и эксплуатации ЛА. Особенности проектирования современных ЛА. Роль научно-технического задела и современных информационных технологий в совершенствовании проектирования.

2.2. Определение и задачи проектирования двигателей и энергоустановок ЛА. Этапы проектирования, содержание задач, решаемых

на отдельных этапах: разработка технического задания, техническое предложение, эскизный проект, рабочий проект.

2.3. Цели и возможности применения САПР. Классификация, цели, разновидности и особенности САПР.

2.4. *Автоматизация проектирования.* Понятие системного подхода к построению САПР. Двигатель как сложная система и принципы ее декомпозиции. Понятие информационной модели САПР. Системы и подсистемы САПР. Математическое моделирование процесса проектирования. Типовые структуры подсистем САПР – проектирования, выпуска конструкторской документации, технологической подготовки производства. Интегрированные системы конструирования и технологии.

2.5. *Моделирование в САПР.* Математическое моделирование как средство исследования сложных технических систем двигателя. Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям. Основные задачи, возникающие при математическом моделировании с использованием САПР.

2.6. *Программное и методическое обеспечение САПР.* Классификация программного обеспечения. Средства разработки программ. Расчетно-оптимизационные системы. Графоаналитические системы. Системы автоматического выпуска конструкторской документации. Системы технологической подготовки производства. Банки данных и базы знаний. Системы принятий решений. Экспертные системы. CAD/CAM/CAE – системы.

3. Производство двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

3.1. *Основы технологии производства двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.*

Основные термины и понятия технологии двигателестроения. Качество изделия и основные группы показателей качества.

Общие принципы обеспечения точности изготовления деталей авиационной и ракетно-космической техники. Понятие о точности и производственных погрешностях. Методы контроля точности при производстве двигателей и энергоустановок летательных аппаратов. Взаимозаменяемость и методы ее обеспечения в производстве двигателей и энергоустановок ЛА.

Технологичность конструкции изделия и ее основные качественные и количественные показатели. Производственная и эксплуатационная технологичность. Основные качественные и количественные показатели технологичности конструкции.

Основные сведения о базах, их виды и назначение. Правила выбора баз и принципы базирования при изготовлении деталей и сборке двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.

3.2. *Жизненный цикл изделия и технологии его изготовления. Классификация производственных технологий.*

Жизненный цикл технической системы (научное изделие) и технологии. Закономерности и основные этапы развития технологий и технических систем. Роль высоких и критических технологий в процессе развития техники и технологий. Классификация технологий: по назначению, отношению к ресурсам, уровню автоматизации, конкурентоспособности.

3.3. Производственный процесс изготовления изделий. Общий и частные технологические процессы.

Типы производства. Структура производственного процесса. Основные составляющие общего технологического процесса изготовления сложных технических изделий. Частные технологические процессы, их содержание и особенности: процессы получения заготовок, процессы обработки заготовок и изготовления деталей, процессы узловой и общей сборки изделия, процессы испытания изделия.

3.4. Технологическая подготовка производства. Основные этапы и исходные данные для разработки ТП изготовления деталей.

Функциональные задачи технологической подготовки производства (ТПП). Исходная конструкторская документация для разработки общего и частного технологических процессов: рабочие чертежи деталей, сборочные чертежи узлов, чертеж общего вида изделия.

Последовательность разработки общего технологического процесса изготовления детали. Анализ конструкторской документации на деталь, оценка и отработка технологичности ее конструкции. Выбор и обоснование способа получения заготовки, назначение припусков на обработку и разработка чертежа заготовки. Выбор методов обработки, технологического оборудования, оснастки и инструмента. Разработка технологического маршрута (маршрутной карты) изготовления детали.

Методика разработки операционной технологии обработки детали: назначение последовательности обработки поверхностей; разработка схемы базирования и закрепления заготовки, расчет усилия закрепления; выбор инструмента; назначение (расчет) режимов обработки; расчет норм времени. Выбор универсальной и разработка специальной технологической оснастки. Разработка операций контроля точности обработки (контрольные операции).

3.5. Основные направления развития технологий наукоемкого производства двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.

Ключевые технологии наукоемкого производства: технологии получения новых материалов; технологии заготовительного производства; технологии механической, электрофизической, электрохимической обработки; технологии нанесения защитных покрытий; технологии получения неразъемных соединений; технологии обработки на

многокоординатном оборудовании с ЧПУ; технологии непосредственного получения трехмерных объектов; информационные технологии.

3.6. Технологии получения заготовок.

Процессы получение литых заготовок и область применения. Современные виды литья. Особенности применяемых литейных форм и способов заливки расплавленного металла в формы. Литье в кокиль (в металлические формы), в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям, центробежное литье, литье под давлением. Спрейное и струйное центробежное литье, литье по газифицируемым моделям. Технологическое оборудование для литья.

Обработка металлов давлением: получение полуфабриката (сортамента) (прокатка, прессование, волочение), ковка, штамповка (холодная, холодная листовая, вытяжка, ротационная вытяжка, обжим, формовка; горячая объемная, взрывом, электрогидравлическая, электромагнитная; изотермическая). Технологическое оборудование для обработки давлением.

Раскрой заготовок и резка: абразивная, плазменная, лазерная. Особенности процессов и технологическое оборудовании.

Особенности, преимущества и основные дефекты заготовок, получаемых различными способами.

3.7. Технологии механической обработки деталей.

Механическая обработка резанием. Лезвийная обработка: точение, фрезерование, сверление, протягивание, строгание, нарезание резьбы. Абразивная обработка: шлифование, хонингование, притирка, полирование. Технологическое оборудование для механической обработки деталей, кинематика, режимы обработки, инструмент, технологические возможности и особенности процессов резания. Многооперационное оборудование с ЧПУ. Технологические возможности станков с ЧПУ.

3.8. Технологии физико-химической обработки и поверхностного упрочнения деталей.

Процессы электроэрозионной обработки (ЭЭО): размерная обработка, прошивка, проволочная резка, фрезерование, прошивка глубоких отверстий малого диаметра. Процессы электрохимической обработки (ЭХО): размерная обработка сложнофасонных поверхностей, протягивание, шлифование, полирование, удаление заусенцев.

Достоинства и недостатки процессов ЭЭО и ЭХО. Технологическое оборудование и инструмент для ЭЭО и ЭХО.

Процессы и методы поверхностного упрочнения материала деталей: упрочнение без изменения химического состава поверхностного слоя (ППД),

поверхностное легирование, нанесение покрытий, физико-химическое модифицирование, комбинированное упрочнение. Технические возможности и технологическое оборудование для реализации процессов.

3.9. Аддитивные технологии изготовления деталей.

Аддитивные технологии (АТ): история их появления (технология "трехмерной печати" изделия). Классификация АТ; наиболее распространенные АТ. Типовая схема процесса лазерного спекания/сплавания материала. Материалы и оборудование для реализации АТ в промышленности. Области использования, преимущества и недостатки АТ. Факторы, влияющие на качество изделий, изготовленных с применением аддитивных технологий.

3.10. Автоматизация производства двигателей и энергоустановок летательных аппаратов. Особенности обработки деталей на оборудовании с ЧПУ.

Многооперационное оборудование с ЧПУ. Технологические возможности станков с ЧПУ. Принципы и особенности разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ.

3.11. Технология сборки двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.

Формы организации сборочных работ, средства механизации и оборудование сборочного цеха. Критерии оценки сборочной технологичности конструкции, ее значение для унификации и автоматизации процессов сборки. Проектирование технологического процесса узловой и общей сборки. Особенности процесса общей сборки двигателя и энергоустановки летательного аппарата. Технологические методы обеспечения заданной точности сборочных параметров. Контроль и обеспечение основных сборочных параметров: зазоров, биений, соосности, центровки собираемых узлов. Методы и оборудование для балансировки роторов.

4. Управление разработкой, автоматизация проектирования, конструирования и производства.

Принципы организации и структура систем автоматизированного проектирования и конструирования (САПР). Комплекс технических средств, математическое обеспечение, лингвистическое, информационное, программное, техническое, методическое и организационное обеспечение. Роль современных информационных и цифровых технологий. Задачи проектировщика в САПР. Автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСПП). Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ).

Основная литература

1. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей / В.М. Акимов, В.И. Бакулев, Р.И. Курзинер и др.; Под ред. проф. С.М.Шляхтенко. М.: Машиностроение, 1987.
2. Холщевников К.В., Емин О.Н., Митрохин В.Т. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. М.: Машиностроение 1986.
3. Курзинер Р.И. Реактивные двигатели для больших сверхзвуковых скоростей полета. М.: Машиностроение, 1989.
4. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория пакетных двигателей. М.: Машиностроение, 1980.
5. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. Кн. 1, 2 / Под ред. В.М. Кудрявцева. М.: Высшая школа, 2993.
6. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов / Л.А. Квасников, Л.А. Латышев, Н.Н. Пономарев-Степной и др. М.: Машиностроение, 2001.
7. Скубачевский Г.С. Авиационные ГТД, конструкция и расчет деталей. 5-е изд. перераб. И доп. М.: Машиностроение, 1981.
8. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей / Г.Г. Гахун и др. М.: Машиностроение, 1989.
9. Никитин А.Н., Серебренников Г.З. Технология сборки и автоматизация производства воздушно-реактивных двигателей. М.; Машиностроение, 1992.
10. Технология производства двигателей летательных аппаратов / А.М. Сулима и др. М.: Машиностроение, 1996.
10. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения. Учебник для вузов. М.: Машиностроение. 2007. – 736 с.
11. Черепяхин, А.А. Технологические процессы в машиностроении : учебное пособие / А.А. Черепяхин, В.А. Кузнецов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-4303-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118618> (дата обращения: 20.09.2019).
12. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении: учебник / С.И. Богодухов, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов, Е.С. Козик. – М.: Машиностроение, 2009. – 432 с. – ISBN 978-5-

94275-467-9. – URL: <https://e.lanbook.com/book/749> (дата обращения: 02.07.2019).

13. Процессы механической и физико-химической обработки в производстве авиационных двигателей :Учеб. Пособие /А.Г. Бойцов, А.П. Ковалев, А.С. Новиков и др. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 584 с.: ил.

14. Процессы механической и физико-химической обработки материалов : учебник для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / [Г. С. Железнов](#), [А. Г. Схиртладзе](#) . – Старый Оскол : ТНТ, 2013 . – 456 с. - ISBN 978-5-94178-253-6

15. Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства: учебное пособие / С.В. Каменев, К.С. Романенко. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 145 с.– ISBN 978-5-7410-1696-1. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481769>(02.07.2019).

16. Звонцов, И.Ф. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ: учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – СПб: Лань, 2018. – 588 с. – ISBN 978-5-8114-2123-7. – URL: <https://e.lanbook.com/book/107059> (дата обращения: 02.07.2019).

17. Балла, О.М. Инструментообеспечение современных станков с ЧПУ: учебное пособие / О.М. Балла. – СПб.: Лань, 2017. – 200 с. – ISBN 978-5-8114-2655-3. – URL: <https://e.lanbook.com/book/97677> (дата обращения: 02.07.2019).

18. Международная энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение/ гл. ред. Братухин А.Г.. – М.: ОАО НИЦ АСК, 2015.

«Согласовано»
Директор ИЭВТ
к.т.н., доцент

Щербатов И.А.