

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Н.К. Криони

2017 г.



ПРОГРАММА

вступительных испытаний по специальной дисциплине
при приеме на обучение по образовательным программам высшего
образования – программам подготовки научно-педагогических
кадров в аспирантуре

Направление подготовки
15.06.01 Машиностроение

Уфа 2017

ПРОГРАММА

вступительных испытаний по специальной дисциплине
при приеме на обучение по образовательным программам высшего
образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение

Направленность (профиль) программы аспирантуры: 05.02.04 Трение и износ в машинах

Сроки службы трущихся деталей машин. Качество поверхности деталей. Остаточные напряжения. Физико-химические свойства поверхностей деталей: поверхностная энергия, адсорбция и хемосорбция, адсорбционный эффект понижения прочности (эффект П.А. Ребиндера), пленки на металлических поверхностях. Внутреннее трение. Внешнее трение. Трение скольжения, трения качения, сила трения, коэффициент трения. Закон Г. Амонтона. «Законы» трения Ш. Кулона. Угол трения. Конус трения. Сущность явления трения без смазочного материала. Взаимное контактирование деталей. Номинальная, контурная и фактическая площади касания. Фактическое и контурное давление. Смазка. Жидкостная, газовая смазка. Смазка: гидродинамическая, гидростатическая, эластогидро-динамическая, смешанная (полужидкостная). Граничная смазка. Роль граничной смазки. Смазочный материал и его компоненты при граничной смазке. Природа граничных слоев. Последовательность процессов, происходящих при граничной смазке. Трение качения. Коэффициент трения качения. Факторы, определяющие коэффициент трения качения. Механизм изнашивания деталей пар трения и рабочих органов машин. Основные понятия. Стадии изнашивания пар трения. Виды разрушения рабочих поверхностей деталей и рабочих органов машин. Классификация видов изнашивания. Водородное изнашивание. Абразивное изнашивание. Коррозия, кавитационное и эрозионное изнашивание. Окислительное изнашивание. Изнашивание вследствие деформации, диспергирования и выкрашивания. Коррозионно-механическое изнашивание в сопряженных деталях машин. Схватывание и заедание поверхностей при трении. Изнашивание при фреттинг-коррозии. Избирательный перенос при трении: сущность процесса, механизм образования сервовитной пленки, структура сервовитной пленки. Методы повышения износостойкости: конструктивные, технологические. Повышение износостойкости узлов трения машин в эксплуатации.

Классификация видов изнашивания. Модели разрушения упругого, жесткопластического и хрупкого тел; резание; усталостная природа изнашивания; модель усталостного разрушения поверхности при трении; основные уравнения изнашивания; термодинамика изнашивания; влияние окружающей среды на свойства поверхностных слоев материалов и их разрушение при трении. Влияние вторичных структур, остаточных напряжений, продуктов износа, влияние силовых, тепловых, электрических и магнитных полей на процесс изнашивания. Кинетика изнашивания; самоорганизующие процессы в зоне фрикционного контакта изнашивание при приработке установившемся режиме; вероятностный характер изнашивания. Характеристики основных видов изнашивания (абразивное, гидро- и газоабразивное, гидро и газо- эрозионное, усталостное, кавитационное, изнашивание при схватывании, изнашивание при ударных воздействиях, коррозионно-механическое, фреттингкоррозия, электроэрозия, водородный износ и др.). Предельный и допустимый износ, прогнозирование формоизменения деталей и узлов трения при изнашивании. Векторная интерпретация изнашиваемого объема материала. Влияние износа на кинематические и динамические характеристики машин. Постановка и методы решения контактноизносных, температурно-контактноизносных задач. Расчет изнашивания методами математического эксперимента. Ресурс узлов трения.

Экологические оценки влияния продуктов изнашивания на здоровье человека. Конструкторские, материаловедческие, технологические и эксплуатационные методы повышения износостойкости.

Смазочные материалы и среды: жидкие, твердые, пластичные смазочные материалы и смазочно-охлаждающие жидкости. Основные характеристики смазочных материалов. Смазочные свойства: термоокислительная стабильность, коррозионные свойства, моющие свойства. Смазочные материалы на базе синтетических соединений. Влияние смазочных материалов на процессы трения и изнашивания деталей машин и механизмов. Применение смазочных материалов в узлах трения машин и механизмов. Пластичные смазочные материалы, свойства пластичных смазок: термостойкость, коллоидная стойкость, механические свойства смазок, коррозионное действие, ассортимент. Твердые смазочные материалы, область их применения. Смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием. Системы и виды смазки узлов машин и оборудования.

Триботехнические материалы: виды, назначение, применение. Общие требования, предъявляемые к триботехническим и конструкционным материалам. Основы теории сплавов и физического материаловедения. Триботехнические материалы на основе системы железо-углерод. Серые, высокопрочные, ковкие чугуны. Антифрикционные сплавы цветных металлов Антифрикционные сплавы на основе меди, алюминия, свинца, олова и цинка.

Основы классического подхода к трибологическим проблемам. Молекулярное взаимодействие частиц и групп частиц. Адгезия и когезия. Контактное взаимодействие поверхностей твердых тел. Распределение напряжений в зоне контакта и удалении их от поверхности. Температурные напряжения. Реологические свойства материалов деформируемых тел. Типы взаимодействия (адсорбция, химическая реакция, силовое и адгезионное). Виды адсорбции (физическая адсорбция и гемсорбция, характер и особенности строения адсорбированных слоев. Влияние их на свойства поверхностей.

Характеристики трущихся поверхностей. Механико-молекулярная природа фрикционного взаимодействия. Прогнозирование износа сопряжений. Моделирование единичной фрикционной связи. Расчет коэффициента трения в условиях упругого контакта. Виды изнашивания поверхностей. Множественный контакт. Площади касания. Кумулятивная (усталостная) теория износа. Расчет износа сопряжений. Отличия внешнего трения от внутреннего. Расчет предельных состояний по износу. Смазка деталей машин. Геометрические характеристики поверхностей реальных тел. Зависимость силы трения от относительного перемещения при скольжении. Выбор материала для трущихся деталей. Физико-механические и физические свойства реальных твердых тел. Виды нарушения фрикционных связей при скольжении. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин. Понятие «равновесная шероховатость». Предельные контурные давления, соответствующие ненасыщенному упругому контакту при трении. Конструктивные факторы повышения износостойкости пар трения. Химосорбция и адсорбция при трении деталей машин. Влияние контурного давления на коэффициент трения в условиях упругого контакта при скольжении. Износостойкие покрытия. Классификация и область применения. Виды погрешностей геометрии поверхностей трения. Влияние шероховатости на коэффициент трения в условиях упругого контакта при скольжении. Граничная смазка при трении. Опорная кривая поверхности трения и ее математическое описание. Показатели надежности сопряжений по износу. Триботехнологии. Классификация и области применения.

Основная литература

1. Гаркунов, Д. Н. Триботехника : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Автоматизированные технологии и

производства", "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / Д. Н. Гаркунов, Э. Л. Мельников, В. С. Гаврилюк .— Москва : КноРус, 2011 .— 408 с. : ил.

2. Пенкин, Н. С. Основы трибологии и триботехники [Электронный ресурс] : / Н. С. Пенкин, А. Н. Пенкин, В. М. Сербин .— Москва : Машиностроение, 2012 .— 208 с. : ил.

3. Арзамасов , В. Б. Материаловедение : [учебник для студ. вузов, обуч. по машиностроительным напр.] / В. Б. Арзамасов, А. А. Черепяхин .— Москва : Академия, 2013 .— 176 с.

4. . Теория механизмов и механика машин : [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по машиностроительным направлениям и специальностям] / К. В. Фролов [и др.] ; под ред. Г. А. Тимофеева .— 7-е изд. — Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012 .— 686, [2] с. : ил.

Дополнительная литература

1. Трение, износ и смазка. Учебник для вузов / Под ред. А. В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.

2. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ: Физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – М.: Физматлит, 2007. – 368 с.

3. Методы испытаний на трение и износ: Справочник / Л. И. Куксенова [и др.]. – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 152 с.

4. Атлас конструкций узлов и деталей машин: учебное пособие / Б. А. Байков [и др.]; под ред. О. А. Ряховского, О. П. Леликова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 400 с.

5. Заславский Ю. С., Артемьева В. П. Новое в трибологии смазочных материалов. – М.: Издательство «Нефть и газ», 2001. – 480 с.

6. Машиностроение. Энциклопедия / Ксенович И. П.. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.

7. Инженерия поверхности деталей / Под ред. А. Г. Сулова. М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.

Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет - ресурсы.

Направленность (профиль) программы аспирантуры: 05.02.07 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

1. Теоретические основы технологии машиностроения

Показатели качества изделий и деталей. Взаимосвязь показателей точности деталей. Показатели точности сборочной единицы и машины. Надежность и долговечность детали, сборочной единицы и машины. Технические условия, нормы точности, стандарты. Виды погрешностей.

Построение расчет и анализ технологических размерных цепей. Методика построения технологических размерных цепей. Расчет номинальных размеров звеньев; расчет погрешностей и допусков замыкающего и составляющих звеньев; расчет координат средин полей допусков.

Основы базирования деталей и заготовок. Теоретические основы определения положения твердого тела в пространстве. Классификация баз. Основы выбора технологических и измерительных баз. Принципы выбора баз и последовательности обработки заготовок. Роль и значение первой операции в техпроцессе для последующей оптимальной структуры маршрута обработки заготовки.

Исходная информация для проектирования технологического процесса изготовления машины. Последовательность проектирования техпроцесса изготовления машины. Выбор средств технологического оснащения.

Изготовление корпусных деталей. Принципы построения техпроцессов изготовления корпусов. Выбор технологических баз и типовых технологических процессов изготовления корпусных деталей. Способы обработки плоских поверхностей и их технологические возможности. Обработка основных отверстий.

Технология изготовления валов. Технология изготовления ступенчатых валов. Принципы построения техпроцессов. Выбор технологических баз. Способы обработки наружных цилиндрических, конических и фасонных поверхностей. Способы обработки резьбовых поверхностей. Технологическое оснащение этих операций.

2. Металлорежущие станки

Классификация станков. Критерии оценки качества станков. Основные определения. Классификация станков по назначению, размерам, массе, степени автоматизации, точности. Техничко-экономические показатели оценки качества станков, производительность, точность, надёжность, экономическая эффективность, безопасность, удобство управления и обслуживания.

Формообразование поверхностей на станках. Понятие о детали, изготавливаемой на станке, как объекте, ограниченном рядом поверхностей. Производящие линии и методы их получения. Движения в станках и их классификация.

Кинематическая структура станка. Кинематическая структура станка как совокупность групп разного назначения. Способы соединения кинематических групп. Классификация типовых кинематических структур станков.

Компоновка станка. Компоновка станка и её взаимосвязь с кинематической структурой. Влияние компоновки на основные показатели качества станка. Основы структурного анализа базовых компоновок станка.

Основные узлы и механизмы станков. Системы управления станками. Основные системы станков, обеспечивающие формообразование: главный прикол, приводы подач, приводы вспомогательных движений. Несущие системы станков. Шпиндельные узлы. Направляющие. Тяговые устройства в станках. Системы управления станками. Понятие и основные сведения о числовом программном управлении станками.

Станки токарной группы. Методы образования поверхностей и основные движения в токарных станках. Компоновка, кинематические схемы и конструкции основных узлов токарных, токарно-револьверных и карусельных станков. Понятие о жёсткой аналоговой системе управления. Кинематические схемы, основные узлы и характерные механизмы этих станков. Особенности конструкций токарных станков с ЧПУ.

Сверлильные и расточные станки. Методы образования поверхностей и основные движения в станках этой группы. Компоновки сверлильных и расточных станков, кинематические схемы и их основные узлы. Приспособления, применяемые на этих станках.

Фрезерные станки. Методы образования поверхностей на фрезерных станках. Основные и вспомогательные движения. Компоновки фрезерных станков различных типов. Кинематические схемы и основные узлы. Приспособления, применяемые на фрезерных станках. Особенности конструкций фрезерных станков с ЧПУ.

Многоцелевые станки. Назначение многоцелевых станков (МС). Компоновки и основные узлы МС, выполненных на базе станков токарной и фрезерной групп. Системы автоматической смены инструментов. Кинематические схемы МС разных компоновок.

Автоматические линии. Гибкие производственные системы. Автоматизация крупносерийного машиностроительного производства. Автоматические линии (АЛ) из агрегатных, специализированных и универсальных станков-автоматов. Переналаживаемые АЛ. Гибкие производственные системы (ГПС) - основа автоматизации

мелкосерийного и серийного производств. Классификация ГПС. Примеры структур отдельных ГПС.

3. Инструментальное обеспечение, физические основы рабочих процессов

Введение. Роль и значение лезвийной обработки и режущих инструментов в технологическом процессе изготовления детали. Многообразие режущих инструментов. Тенденции их развития на основе последних достижений науки и техники.

Инструментальные материалы. Основные виды инструментальных материалов, быстрорежущие и легированные стали, твёрдые сплавы, керамика, сверхтвёрдые синтетические материалы, алмазные инструменты.

Резцы. Цельные резцы, сборные резцы с многогранными твердосплавными пластинками, фасонные резцы. Фасонные резцы.

Фрезы. Область применения фрез. Сборные фрезы и их особенности.

Инструмент осевой группы и расточной инструмент. Свёрла, зенкера, развёртки. Особенности расточного инструмента. Геометрия инструмента для обработки отверстий.

Деформационные явления при механообработке. Показатели деформации срезаемого слоя, их зависимости при изменении режима резания и геометрии инструмента.

Силы резания. Влияние элементов режима обработки на силу резания. Первый закон резания.

Температура резания. Методы измерения температуры. Влияние элементов режима обработки на температуру резания. Второй закон резания.

Износ и стойкость режущих инструментов. Физические причины и виды износа. Характеристики размерной стойкости инструмента. Положение (закон) о постоянстве оптимальной температуры резания.

Основная литература

1. Передрей, Ю. М. Технология машиностроительного производства. Часть 1. Теоретические основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : / Передрей Ю.М. — Москва : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2012 .
2. Дурко, Е. М. Динамика станков [Электронный ресурс] : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технология технологических процессов и производств"] / Е. М. Дурко, С. И. Фецак, Ю. В. Идрисова ; Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) . — Электронные текстовые данные (1 файл: 3,32 МБ) . — Уфа : УГАТУ, 2015 .
3. Зубарев, Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : [учебник для студентов машиностроительных вузов] / Ю. М. Зубарев . — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015 . — 309, [11] с. : ил.
4. Иванов, И. С. Технология машиностроения : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности 150406 "Машины и аппараты текстильной промышленности"] / И. С. Иванов . — Москва : ИНФРА-М, 2014 . — 191, [1] с. : ил.
5. Аверьянова, И. О. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки : [учебное пособие] / И. О. Аверьянова, В. В. Клепиков . — Москва : ФОРУМ, 2014 . — 304 с. : ил.
6. Ефремов, В. Д. Металлорежущие станки : [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / В. Д. Ефремов, В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе ; под ред. П. И. Ящерицына . — Старый Оскол : ТНТ, 2014 . — 696 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / Л. В. Лебедев [и др.] .— Старый Оскол : ТНТ, 2015 .— 424 с.
2. Изучение конструкции и геометрии токарных резцов : лабораторный практикум по дисциплинам "Физические основы рабочих процессов", "Технологические процессы и производства", "Физика резания металлов" и "Режущий инструмент" / В. В. Постнов [и др.] ; Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ), Кафедра мехатронных станочных систем .— Уфа : УГАТУ, 2010 .— 36 с. : ил.
3. Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий : межвузовский научный сборник / Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) ; редкол.: Р. А. Мунасыпов (науч. ред.) [и др.] .— Уфа : УГАТУ, 2015 .— 208 с. : ил.
4. Лабораторные и практические работы по технологии машиностроения : [учебное пособие студ. вузов, обуч. по напр. подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / В. Ф. Безъязычный [и др.] ; под ред. В. Ф. Безъязычного .— Москва : Машиностроение, 2013 .— 600 с. : ил.
5. Грачев, А. С. Металлорежущие станки. Настройка универсальной делительной головки[Электронный ресурс]: Методические рекомендации : / Грачев А.С., Нелюдов А.Д. — Москва : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2012 .

Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет - ресурсы.

Направленность (профиль) программы аспирантуры: 05.02.08 Технология машиностроения

1. История развития науки технологии машиностроения и роль русских ученых в ее развитии.
2. Перспективы развития технологии машиностроения.
3. Проектирование технологических процессов изготовления изделий машиностроения.
4. Нормирование труда в машиностроении.
5. Точность в машиностроении, ее характеристики и методы достижения при сборке и изготовлении деталей машин.
6. Последовательность проектирования технологического процесса сборки машин.
7. Структура производственного и технологического процессов, формы их организации.
8. Показатели качества изделий машиностроения и способы его оценки.
9. Этапы и последовательность проектирования технологических процессов изготовления деталей машин.
10. Структура производственного и технологического процессов, формы их организации.

11. Характеристика статистических погрешностей технологического процесса изготовления деталей.
12. Правила выбора технологических баз при изготовлении деталей машин.
13. Нормирование труда в машиностроении.
14. Характеристика динамических погрешностей технологического процесса изготовления деталей.
15. Последовательность операций технологического процесса изготовления детали и составление маршрута.
16. Последовательность операций технологического процесса изготовления детали и составление маршрута.
17. Теоретические основы базирования. Классификация баз и их выбор.
18. Формирование маршрута операций и их объем при изготовлении деталей.
19. Проектирование технологических процессов изготовления изделий машиностроения.
20. Размерные цепи в машиностроении, методика их выявления при сборке и изготовлении изделий машиностроения.
21. Техничко-экономическая оценка варианта технологического процесса.
22. Влияние геометрических неточностей станка и изготовление инструмента на точность детали.
23. Достижение требуемой точности замыкающего звена на основе взаимозаменяемости.
24. Путь повышения производительности в машиностроении.
25. Изменение состояния поверхностного слоя изготавливаемой детали и его влияние на точность и служебное назначение изделия.
26. Достижение требуемой точности замыкающего звена на основе компенсации.
27. Типизация технологических процессов, ее сущность и область использования.
28. Влияние качества поверхностного слоя на эксплуатационные свойства изделия.
29. Погрешность установки и пути ее уменьшения.
30. Сущность групповой обработки. Что такое комплексная деталь?
31. Пути повышения точности изделия в машиностроении.
32. Сущность статистической настройки технологической системы и пути ее уменьшения.
33. Типовой технологический процесс изготовления корпусных деталей.
34. Статистический анализ точности деталей.
35. Роль припуска в оценке точности и методика его расчета.
36. Типовой технологический процесс изготовления фланцев и втулок.
37. Перспективы развития технологии машиностроения.
38. Технологичность конструкций сборочной единицы.
39. Особенности технологии изготовления шпинделей.
40. Методика анализа служебного назначения изделий с целью выявления характеристик точности и составления технических условий на изготовление изделия.
41. Технологичность конструкции детали.
42. Методы и средства контроля в технологических процессах изготовления изделий машиностроения.
43. Типовой технологический процесс изготовления валов.
44. Роль упругих и тепловых деформаций в достижении требуемой точности при изготовлении детали.
45. Типовой технологический процесс изготовления рычагов.

Основная литература

1. Основы технологии машиностроения (авиадвигателестроение): учебник /Мухин В.С.; Уфимск.гос.авиационн.техн.ун-т – 2-е изд.,перераб. и доп. – УГАТУ, 2013. – 470 с.
2. Схиртладзе, А. Г. Технологические процессы в машиностроении : [учебник для студ. вузов, обуч. по напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / А. Г. Схиртладзе, С. Г. Ярушин .— Старый Оскол : ТНТ, 2014 .— 524 с.
3. Иванов, И. С. Технология машиностроения : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности 150406 "Машины и аппараты текстильной промышленности"] / И. С. Иванов .— Москва : ИНФРА-М, 2014 .— 191, [1] с. : ил.
4. Аверьянова, И. О. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки : [учебное пособие] / И. О. Аверьянова, В. В. Клепиков .— Москва : ФОРУМ, 2014 .— 304 с. : ил.
5. Клепиков, В. В. Технология машиностроения : [учебник] / В. В. Клепиков, А. Н. Бодров .— 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Форум, 2014 .— 864 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Технология машиностроения: учебник / Л. В. Лебедев [и др.] - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2008. - 528 с.
2. Мухин, В. С. Расчет технологических размеров : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств", "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / В. С. Мухин ; ГОУ ВПО УГАТУ ; науч. ред. А. М. Смыслов .— Изд. 2-е, испр. — Уфа : УГАТУ, 2008 .— 204 с. : ил.
3. Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование : [учебное пособие для студентов вузов по машиностроительным специальностям] / М. Ф. Пашкевич [и др.] ; под ред. М. Ф. Пашкевича .— Минск : Изд-во Гревцова, 2010 .— 399, [1] с. : ил.
4. Нелюдов, А. Д. "Резание материалов. Справочник для практических занятий. Методическая разработка на практические занятия для студентов специальности 151001 "Технология машиностроения"" [Электронный ресурс] : / Нелюдов А.Д. — Москва : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2012.

Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет - ресурсы.

Направленность (профиль) программы аспирантуры: 05.02.10 Сварка, родственные процессы и технологии

1. Теоретическое описание и моделирование процессов сварочного производства

Виды вводимой энергии и физико-химические процессы для различных классов сварки и наплавки. Механизм образования монолитных соединений. Термодинамика и баланс энергии процесса сварки. Оценка энергетической эффективности процессов сварки. Источники энергии при сварке, наплавке, пайке. Сварочная дуга. Ионизация газа в столбе. Уравнение Саха. Баланс энергии в дуге. Технологические свойства дуги. Лучевые сварочные источники энергии, их взаимодействие с веществом при сварке.

Физические процессы теплообмена в системе «Источник тепла – сварочная ванна – свариваемое изделие». Влияние режима сварки и теплофизических свойств материала на поле температур. Нагрев и плавление металла при сварке и наплавке. Термический и полный КПД. Сварочная ванна: размеры и теплосодержание. Нагрев и плавление электродного материала. Кристаллизация металла и образование соединения. Первичная структура сварного шва и её регулирование. Термодеформационные процессы и превращения в металлах при сварке. Сварочные деформации и напряжения. Природа образования горячих и холодных трещин.

Термодинамические основы металлургических процессов. Стандартные условия и термодинамические расчеты. Металлургические процессы. Изменение химсостава металла в процессе сварки. Сварочная реакционная зона. Газовая и шлаковая фаза. Раскисление, легирование и рафинирование металла сварных швов. Особенности металлургических процессов при сварке в защитных газах.

Основные этапы моделирования с применением МКЭ. Обзор наиболее распространенных конечно-элементных программ, ориентированных на решение технологических задач. Моделирование процессов нагрева и пластической деформации при технологической обработке с применением пакетов, реализующих МКЭ.

2 Подготовка и проведение исследований процессов сварки и сварных соединений

Общая структура организации научных исследований. Государственные и коммерческие структуры, координирующие и финансирующие научные исследования. Обобщенная методика подготовки и проведения экспериментальных работ. Информационное, кадровое, техническое обеспечение исследований. Оформление результатов исследований и их публикация. Особенности работы в научной организации и управления научным коллективом.

Типы и характеристики измерительных приборов. Измерительные установки и средства измерения специального назначения. Разработка, использование и поверка средств измерений. Применение типовых средств измерений и контроля в исследовании процессов реновации.

Планирование экспериментов. Основные виды планов и их характеристики. Применение программных продуктов математического назначения для планирования экспериментов и статистической обработки опытных данных. Дисперсионный и регрессионный анализ в обработке данных эксперимента. Оценка адекватности статистической модели и методы ее оптимизации. Методы подбора эмпирических формул и графической обработки опытных данных.

Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ). Структура и функции основных блоков автоматизированных систем. Техническая база создания АСНИ и ее современные возможности. Применение АСНИ в исследовании процессов реновации.

Концентрация напряжений (КН) в стыковых сварных соединениях. КН в накладках с лобовыми, фланговыми, комбинированными швами. КН в соединениях полученных контактной точечной и шовной сваркой. КН в паяных соединениях

Стандартные методы оценки механических свойств сварных и паяных соединений.

Несущая способность соединений с механической неоднородностью.

Влияние сварочных дефектов на механические свойства сварных соединений и их работоспособность

Усталостные разрушения сварных конструкций. Факторы, влияющие на усталостную прочность, методы расчета усталостной прочности, методы повышения усталостной прочности сварных конструкций

Прочность сварных соединений при низких температурах. Прочность сварных соединений при высоких температурах. Коррозионная стойкость сварных соединений.

3 Автоматизация, оборудование, технологии сварочного производства

Методы сварки плавлением и наплавки. Физические и технологические особенности процесса и основные параметры режима. Область рационального применения способов сварки и наварки.

Разновидности способов контактной сварки. Технологические особенности процессов контактной сварки и наплавки. Область рационального применения способов контактной сварки и наплавки.

Технология и оборудование физико-химических методов обработки, основанных на тепловом механизме воздействия на материал.

Технология и оборудование физико-химических методов обработки, основанных на химическом механизме воздействия на материал.

Управление процессами дуговой сварки. Системы управления источниками питания сварочной дуги. Системы непосредственного и дистанционного управления.

Управление процессами контактной сварки. Импульсные и время-импульсные устройства управления электрическими параметрами процесса при контактной сварке.

Управление процессами ЭЛС. Управление параметрами ЭЛС (фокусное расстояние, мощность электронного пучка, диаметр электронного пучка).

Системы управления процессами дуговой сварки. Системы автоматической стабилизации энергетических параметров дуги при сварке плавящимся электродом. Системы автоматической стабилизации энергетических параметров дуги при сварке неплавящимся электродом. Системы автоматического регулирования проплавления при дуговой, плазменной и ЭЛС.

Системы управления процессами контактной сварки. Системы автоматического управления (САУ) электрических параметров режима сварки. Системы автоматического управления физических параметров режима сварки.

Системы управления ЭЛС. САУ проплавления с помощью эмиссионного датчика.

Системы управления процессами дуговой сваркой. Системы программного управления при дуговой сварке плавящимся электродом. Системы программного управления при дуговой сварке неплавящимся электродом.

Системы управления процессами контактной сварки. Принципы построения СПУ контактной сварки. Модуляторы тока, основанные на принципе заряда-разряда конденсаторов. Линейные, квадратичные и цифровые модуляторы тока.

Системы управления ЭЛС. СПУ ЭЛС, основанные на программировании фокусного расстояния и мощности электронного пучка.

Неоптимальные адаптивные системы. Неоптимальные адаптивные системы управления сварочными процессами с идентификатором.

Оптимальные адаптивные системы. Адаптивные системы управления сварочными процессами, оптимальные в отношении частного критерия. Беспойсковые и поисковые адаптивные системы. Адаптивные системы управления сварочными процессами, оптимальные в отношении достижения конечной цели. Системы экстремального управления и оптимальные адаптивные системы с идентификатором.

Содержание и основные принципы ТПП. Специфика требований к ТПП в зависимости от типа производства. Этапы ТПП. Составление технического задания, подготовка эскизного, технического и рабочего проектов. Оценка технологичности конструкции. Экономическое обоснование выбора варианта конструкции изделия и технологии изготовления.

Расширение технологических возможностей сварочного оборудования (СО). Повышение уровня механизации и автоматизации сварочных операций. Повышение уровня надежности СО.

Интеграция операций в СО.

Повышение эргономических показателей СО.

Унификация, стандартизация и агрегатирование узлов, механизмов, машин и оборудования. Требования к установкам для автоматизированного и роботизированного

производства. Специализация сварочного производства и использование групповой технологии. Робототехнические комплексы.

Устройства для поворота и вращения свариваемых изделий, их расчет и выбор; устройства для перемещения сварочных аппаратов, их расчет и выбор; оборудование для сварки труб и трубных заготовок. Приводы машин и оборудования, их выбор и расчет.

Основная литература

1. Схиртладзе, А. Г. Технологические процессы в машиностроении : [учебник для студ. вузов, обуч. по напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / А. Г. Схиртладзе, С. Г. Ярушин .— Старый Оскол : ТНТ, 2014 .— 524 с. : ил.
2. Маннапов, А. Р. Теория процесса импульсной электрохимической обработки вибрирующим электродом-инструментом : [учебное пособие для слушателей, обучающихся по программе профессиональной переподготовки в области создания серийного производства электрохимических станков для прецизионного изготовления деталей из наноструктурированных материалов и нанометрического структурирования поверхности] / А. Р. Маннапов, Т. Р. Идрисов, А. Н. Зайцев ; ФГБОУ ВПО УГАТУ .— Уфа : УГАТУ, 2011 .— 88 с. : ил.
3. Дедюх, Р. И. Тепловые процессы при сварке [Электронный ресурс] : / Р. И. Дедюх ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт неразрушающего контроля (ИНК), Кафедра оборудования и технологии сварочного производства (ОТСП) .— Москва : ТПУ (Томский Политехнический Университет), 2013.
4. Климов, А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке : [учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 150200 - "Машиностроительные технологии и оборудование" специальности 150202 - "Оборудование и технология сварочного производства"] / А. С. Климов, Н. Е. Машнин .— 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011 .— 232 с. : ил.
5. Федосов, Сергей Александрович. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : / С. А. Федосов, И. Э. Оськин .— Москва : Машиностроение, 2014 .— 125 с.

Дополнительная литература

1. Быков, С. Ю. Испытания материалов : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / С. Ю. Быков, С. А. Схиртладзе .— Старый Оскол : ТНТ, 2009 .— 136 с.
2. Введение в математическое моделирование : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 511200 - "Математика. Прикладная математика"] / В. Н. Ашихмин [и др.] ; под ред. П. В. Труслова .— М. : Логос, 2007 .— 400 с. : ил.
3. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке/ Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Машиностроение, 2006. – 345с
4. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Технология машиностроения» направления подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»] / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – Москва: Машиностроение, 2007. – 304 с.
5. Маликов, Р. Ф. Основы математического моделирования : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 050501.06 - Профессиональное обучение

- (информатика, вычислительная техника и компьютерные технологии)] / Р. Ф. Маликов .— Москва : Горячая линия-Телеком, 2010 .— 366, [2] с.
6. Мулик В.А. Методы и средства измерений: учебное пособие. – Уфа: УГАТУ, 2006.
7. Одесский, П. Д. Микролегированные стали для северных и уникальных металлических конструкций / П. Д. Одесский, Л. А. Смирнов, Д. В. Кулик .— М. : Интермет Инжиниринг, 2006 .— 176 с.
8. Сварка и резка материалов: учебное пособие / Под ред. Ю.В. Казакова. 4-е изд., испр. – М.: Академия, 2004. – 400 с.
9. Системы автоматизации теплофизического эксперимента : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Техническая физика"] / Н. А. Виноградова [и др.] ; под ред. В. Г. Свиридова .— М. : Издательский дом МЭИ, 2007 .— 250, [1] с. : ил. ; 22 см .— Библиогр. в конце кн. (84 назв.) .— ISBN 978-5-383-00120-2.
10. Схиртладзе, А.Г. Проектирование нестандартного оборудования: [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»] / А.Г. Схиртладзе, С.Г. Ярушин. – М.: Новое знание, 2006. – 424, [8] с.
11. Теория сварочных процессов: [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Машиностроительные технологии и оборудование", специальность "Оборудование и технология сварочного производства"] / А. В. Коновалов [и др.]; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; под ред. В. М. Неровного - Москва: Изд-во МГТУ, 2007 – 748
12. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учеб. для вузов / А.И. Акулов, В.П. Алехин, С.И. Ермаков и др.; Под ред. А.И. Акулова. – 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 2003. – 560 с. Гриф УМО РФ.
13. Тарасенко, Е. Е. Моделирование процессов при получении сварного соединения : лабораторный практикум по дисциплине "Компьютерное моделирование процессов получения неразъемных соединений" / Е. Е. Тарасенко, Р. В. Никифоров ; Уфимский государственный технический университет, Кафедра оборудования и технологии сварочного производства .— Уфа : УГАТУ, 2014 .— 56 с. : ил.

Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет - ресурсы.

Направленность (профиль) программы аспирантуры: 05.04.13. Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты

МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

Гидростатика

Свойства жидкости и газов: плотность, сжимаемость, вязкость. Гидроаэромеханические модели жидкостей: сплошная среда, сжимаемая и несжимаемая жидкости, жидкость вязкая и идеальная.

Силы и напряжения, действующие в жидкости. Силы объемные и поверхностные, их напряженность. Закон Ньютона о вязких силах. Динамический и кинематический коэффициент вязкости.

Гидростатика. Основная задача гидростатики. Гидростатическое давление и его свойства. Дифференциальное уравнение гидростатики Эйлера, силовая потенциальная функция и функция давления. Интегралы дифференциальных уравнений Эйлера для несжимаемой и сжимаемой жидкости для общего случая, при действии в жидкости только сил тяжести, при относительном равновесии жидкости.

Силы давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности; центр давления.

Кинематика жидкости

Кинематика жидкости - "геометрия течения". Кинематические характеристики режимов течения и модели потоков, применяемые в гидроаэромеханике.

Два метода исследования потоков, их взаимная связь. Основные кинематические понятия - линия тока, трубка тока и элементарная струйка. Уравнения неразрывности в дифференциальной форме. Уравнение неразрывности для одномерного потока. Теорема Коши - Гельмгольца, вращательная и дифференциальная составляющая скорости движения частиц. Вихревая линия, вихревая трубка, циркуляция скорости. Вторая теорема Гельмгольца. Теорема Стокса.

Двухмерные (плоские) потоки. Функция тока. Понятие о потенциальном течении. Плоские потенциальные потоки, связь между функцией потенциала скоростей и функцией тока. Гидродинамическая сетка течения плоского потенциального потока.

Криволинейные координаты и запись основных кинематических соотношений (уравнение неразрывности, выражения для компонентов вихря) в криволинейных координатах.

Основные уравнения и теоремы динамики жидкости

Уравнения движения жидкости в напряжениях. Обобщенные гипотезы Ньютона о связи напряжений со скоростями деформаций.

Дифференциальные уравнения Навье - Стокса движения вязкой жидкости и Эйлера движения идеальной жидкости. Уравнение Навье - Стокса и Эйлера в форме Громека - Лэмба.

Интеграл Бернулли движения вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для элементарной струйки элементарной жидкости.

Интегралы Эйлера, Бернулли и Лагранжа движения жидкости и газа. -

Теорема количества движения. Теоремы Гельмгольца (динамические) о вихрях. Основы теории подобия. Критерии подобия.

Одномерное течение вязкой несжимаемой жидкости

Распространение уравнения Бернулли на поток. Коэффициенты кинетической энергии и количества движения. Условия применимости.

Классификация сопротивлений. Структура рабочих формул для вычисления потерь энергии. Автомодельные области. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения, графики Никурадзэ, Мурина. Законы распределения скоростей и коэффициент гидравлического трения при ламинарном движении жидкости в круглых трубах. То же в трубах не круглого сечения.

Основы теории переноса количества движения в турбулентных потоках. Выражение полного касательного напряжения и структура турбулентного потока. Гипотезы для длины пути перемешивания. Логарифмический и степенной законы

распределения скоростей. Полуэмпирические формулы для коэффициента гидравлического трения в гладких и шероховатых трубах.

Начальный участок и понятие о пограничном слое. Потери напора на начальном участке.

Местные гидравлические сопротивления. Участки резкой деформации и выравнивания скоростей и природа потерь энергии на местных сопротивлениях. Потери напора при внезапном сужении потока, при внезапном расширении. Структура потока и потери напора в диффузорах. Способы снижения потерь напора в диффузорах.

Истечение жидкости из малых отверстий и насадков. Расчетные формулы, коэффициенты сжатия, скорости расхода. Вакуум в насадках и предельный напор.

Классификация и методы расчета одиночных трубопроводов. Типы задач и особенности их решения. Сложные трубопроводы, аналитические и графо-аналитические приемы их расчета.

Силовое взаимодействие потока и конструкций. Падение шара в жидкости. Активное и реактивное давление струи.

Неустановившееся одномерное течение жидкости

Основное уравнение одномерного неустановившегося движения несжимаемой жидкости. Инерционный напор и его энергетический смысл.

Случаи пренебрежимо малых сил инерции. Истечение из больших резервуарах при переменном напоре. Неустановившееся течение при учете сил инерции.

Распространение малых возмущений в жидкости, скорость звука. Гидравлический удар в трубопроводах. Дифференциальные уравнения гидравлического удара. Их интегралы. Сопряженные и цепные уравнения. Прямой и непрямо удары в трубопроводах, питающих активные турбины. Отрицательный гидравлический удар. Распределение экстремальных давлений по длине трубопровода. Фаза ритмических колебаний. Гидравлический удар в трубопроводах, питающих реактивные турбины.

Потенциальные течения жидкости

Основные свойства потенциальных потоков. Метод сложения потоков.

Плоские потенциальные потоки. Общая постановка задачи, начальные и граничные условия. Простейшие потенциальные потоки - плоскопараллельный поток, источник, сток и диполь, бесциркуляционное и циркуляционное обтекание цилиндра. Сущность метода конформных отображений. Обтекание пластин без циркуляции и с ней.

Теорема Жуковского о подъемной силе и постулат Чаплыгина. Постановка задачи об обтекании крылового профиля.

Струйные потенциальные течения. Методы Кирхгофа и Жуковского.

Приближенные методы построения гидродинамической сетки плоского потенциального потока.

Осесимметричные потенциальные потоки. Функция тока для осесимметричных течений. Прямая и обратная задача.

Одномерное течение идеального газа

Различные формы уравнения Бернулли для газа. Параметры торможения, критические и предельные параметры течения. Уравнение Гюгонио и условия перехода через критическое состояние.

Истечение газа из резервуара. Формула Сен-Венана - Венцеля. Критическое отношение давлений. Получение сверхзвуковых скоростей истечения. Сопло Лаваля. Расходное сопло и тепловое сопло.

Прямой скачок уплотнения. Ударная адиабата.

Основные задачи динамики вязкой жидкости

Понятие о пограничном слое. Дифференциальные уравнения движения в пограничном слое. Расчет ламинарного пограничного слоя на пластине. Точка перехода и критическое значение числа Рейнольдса. Турбулентный пограничный слой. Смешанный пограничный слой. Продольный градиент давлений и отрыв пограничного слоя.

Струйные течения жидкости

Классификация струй. Струи свободные, полуограниченные и ограниченные, струи осесимметричные и плоские.

Свободная турбулентная струя несжимаемой жидкости. Распределение скоростей в струйном пограничном слое.

Полуограниченные струи. Струйный и пристенный пограничные слои. Схема струи и метод расчета её характеристик.

Ограниченные струи. Структура плоской ограниченной струи.

Соударение струй.

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Основные понятия и определения. Принципы построения САР

Системы автоматического управления (САУ) и автоматизированные системы управления (АСУ), их задачи. Системы автоматического регулирования (САР) как частный случай систем управления.

Задачи и принципы реализации САР. Блок - схема САР. Основные определения, принятая терминология. Назначения автоматического регулятора. Классификационные признаки САР. Управляющие и внешние возмущающие воздействия на систему.

Примеры САР с устройствами гидроавтоматики в промышленности, энергетике, новой технике.

Обыкновенные линейные САР. Типовые динамические звенья

Составление исходных дифференциальных уравнений состояния отдельных элементов САР и их линеаризация. Формы записи линеаризованных уравнений по теории САР. Коэффициенты усиления, постоянные времени, их физический смысл.

Динамические звенья, Понятие передаточной функции (ПФ) и частотной передаточной функции звена. Временные и частотные характеристики. Переходная и весовая функции динамического звена. Определение весовой функции звена по его переходной функции. Амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ). Амплитудная (АЧХ) и фазовая (ФЧХ) частотные характеристики. Логарифмические амплитудная (ЛАЧХ) и фазовая (ЛФЧХ) частотные характеристики звена.

Динамические звенья позиционного типа. Интегрирующие и дифференцирующие звенья. Дифференциальные уравнения, передаточные функции, характеристики и примеры таких звеньев.

Дифференциальные уравнения, передаточные функции САР. Законы регулирования

Дифференциальные уравнения САР относительно регулируемой величины и ошибки регулирования. Дифференциальные операторы. Характеристические уравнения

системы. Системы, инвариантные по отношению к управляющим, либо внешним возмущающим воздействиям.

Передаточные функции разомкнутой и замкнутой системы при единичной и неединичной обратной связи. Выражение ПФ замкнутой системы через ПФ разомкнутой. Соответствие ПФ системы операторам дифференциальных уравнений.

Структурные схемы САР и их преобразования. Примеры таких преобразований. Структурные схемы с перекрещивающимися связями. Определение ПФ системы по её структурной схеме.

Пропорциональный и интегральный законы регулирования. Преимущества и недостатки. Понятия статической и астатической систем. Регулирование по производным; комбинированные законы регулирования. Общий вид ПФ разомкнутой системы для каждого закона регулирования.

Устойчивость САР

Понятие об устойчивости линейных САР. Комплексная плоскость корней характеристического уравнения системы. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Нахождение системы на границе устойчивости. Типы границ устойчивости.

Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Критерии устойчивости Гурвица. Построение матрицы Гурвица в общем случае. Частные случаи формулировки критерия для систем до 4-ого порядка. Преимущества и недостатки критерия.

Критерии устойчивости Михайлова. Понятие и построение кривой Михайлова. Превращение аргумента вектор-точки кривой Михайлова при изменении частоты для возможных случаев корней характеристического уравнения. Вывод и формулировки критерия для устойчивых и неустойчивых систем.

Критерий устойчивости Найквиста. Построение АФЧХ разомкнутой системы. Вывод и формулировка для систем устойчивых, нейтрально-устойчивых и неустойчивых в разомкнутом состоянии. Понятие абсолютно и условно устойчивых систем. Основные преимущества критерия.

Анализ устойчивости замкнутых систем по логарифмическим характеристикам разомкнутых систем с использованием критерия Найквиста.

Переходные процессы в САР

Понятие установившегося и переходного процессов. Полное решение дифференциального уравнения состояния САР. Характер воздействия на систему.

Методы построения переходных характеристик. Непосредственное решение исходного дифференциального уравнения. Определение постоянных интегрирования в общем решении однородного уравнения. Сведение неоднородного уравнения к однородному. Формулировка начальных условий.

Операторный метод решения линейных дифференциальных уравнений САР. Использование теоремы разложения для определения функции-оригинала по переходной функции-изображения.

Критерии качества САР. Улучшение качества процесса регулирования

Формулировка критериев качества САР. Постановка задачи исследования и повышение качества работы САР. Корректирующие средства и корректирующие динамические звенья.

Критерии точности. Выражение для ошибки регулирования в типовых режимах работы САР. Методы устранения статических и снижения динамических ошибок систем.

Критерии, определяющие запасы устойчивости и быстродействия САР. Формулировка критериев по временным характеристикам системы. Критерии, основанные на исследовании корней характеристического уравнения и частотных свойств системы.

Комплексные критерии качества САР.

Нелинейные САР. Анализ нелинейных САР методом гармонической линеаризации нелинейностей

Составление уравнений нелинейных САР. Типовые нелинейные звенья, статические характеристики. Методы исследования. Гармоническая линеаризация нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации типовых нелинейных звеньев. Принципиальные отличия гармонической линеаризации от

Условия применимости метода гармонической линеаризации к анализу устойчивости и автоколебаний реальных САР. Способы определения периодических решений и исследования устойчивости таких решений.

Устойчивость равновесного положения и построения областей динамических состояний САР. Примеры анализа нелинейных систем.

ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТИКА

Элементы гидропривода

Течение жидкости в гидравлических элементах

Режимы течения жидкости в гидравлических элементах. Потери давления. Местные гидравлические сопротивления. Гидравлическая проводимость местного сопротивления.

Теория гидравлического дросселя. Линейные и квадратичные дроссели. Расчет размеров проходных сечений различных типов дросселей. Гидравлические характеристики регулируемых дросселей золотникового типа. Гидравлические характеристики регулируемых дросселей типа сопло-заслонка.

Течение жидкости в узких щелях. Облитерация узких щелей. Влияние различных факторов. Способы устранения облитерации.

Гидродинамика рабочей жидкости в кольцевых и торцевых щелях с одной подвижной поверхностью. Расчет гидростатической и гидродинамической опор. Термический клин и термогидравлическая опора.

Требования, предъявляемые к распределительным устройствам. Крановые и клапанные распределители. Конструктивные схемы. Преимущества, недостатки, область применения. Классификация золотниковых распределителей, условные обозначения на гидравлических схемах. Реверсивные золотники с ручным, механическим, электрическим, гидравлическим и электрогидравлическим управлением. Основные схемы исполнения реверсивных золотников по виду перекрытия каналов в среднем положении, каждой схемы.

Контрольно-регулирующая аппаратура

Предохранительный клапан прямого действия. Конструктивные схемы. Статический расчет. Колебания давления в системе при работе клапана и способы его уменьшения. Расчет динамической устойчивости клапана. Собственные колебания. Предохранительный клапан с переливным золотником.

Редукционный клапан с регулятором. Статический расчет. Влияние различных факторов на постоянство редуцируемого давления. Регулировочная характеристика. Дроссель с редукционным клапаном. Статический и динамический расчет. Передаточные функции и структурная схема дросселя с редукционным клапаном как системы автоматической перепада давления на дросселя.

Напорный золотник. Обратный клапан. Конструктивные схемы. Особенности их гидравлических расчетов.

Гидравлическое реле выдержки времени. Расчет времени выдержки. Влияние различных факторов на погрешность времени выдержки. Реле давления. Конструктивные схемы.

Гидравлические усилители САР

Классификация гидравлических усилителей. Гидравлические усилители золотникового типа. Типовые схемы. Статические характеристики дросселей. Расчет основных размеров. Гидравлические неуравновешенные силы, действующие на золотники, и способы их компенсации. Силы трения и облитерационные усилия. Гидравлические усилители с плоским золотником на упругом подвесе.

Гидравлические усилители типа сопло-заслонка. Типовые схемы. Статические характеристики. Расчет основных размеров. Силовое воздействие струи на заслонку.

Гидравлические усилители со струйной трубкой. Типовые схемы. Теория свободной затопленной струи. Статические характеристики. Расчет основных размеров.

Двухкаскадные гидравлические усилители. Типовые схемы. Особенности.

Аккумуляторы и фильтры гидравлических систем

Аккумуляторы. Основные конструктивные схемы грузовых, пружинных и пневмогидравлических аккумуляторов. Процессы сжатия и расширения в пневмогидравлических аккумуляторах. Расчет пневмогидравлического аккумулятора. Типовые схемы применения аккумуляторов. Преимущества, недостатки, область применения. Применение мультипликаторов давления.

Фильтры. Классификация фильтров и силовых очистителей. Теоретические основы процесса фильтрации. Основные характеристики фильтров (тонкость фильтрации, пропускная способность и т.д.). Расчет фильтров. Основы теории очистки жидкостей в центробежном поле и расчет центробежных очистителей.

Конструктивные типы фильтров. Фильтры грубой и нормальной очистки (сетчатые, пластинчатые). Фильтры тонкой очистки (бумажные, металлокерамические, войлочные). Магнитные и центробежные очистители. Рекомендации по применению фильтров и очистителей в гидравлических системах.

Элементы пневмоавтоматики

Пневматические элементы систем управления

Области применения, основные принципы построения и направления развития систем пневмоавтоматики. Основные физические свойства и параметры рабочей среды газовых и пневматических приборов и устройств. Подготовка воздуха для систем пневмоавтоматики. Краткие сведения из газовой динамики. Уравнение Бернулли. Параметры торможения, изоэнтальпические формулы. Истечение газа через сопло и отверстие. Влияние сил сопротивления.

Классификация элементов пневмоавтоматики по их функциональным признакам. Пневмосопротивления, упругие элементы, золотники. Струйная трубка. Статические и динамические характеристики пневматических камер. Распространение сигналов по каналам связи. Длинные пневматические линии. Начальные сведения из математической логики. Основные логические функции. Основные принципы построения элементов пневмоавтоматических САУ. Приборы агрегатной унифицированной системы (АУС). Принцип компенсации сил.

Универсальная система элементов промышленной автоматики (УСЭППА). Схемы основных узлов непрерывного действия. Элементы и узлы дискретного действия. Выполнение логических операций на элементах УСЭППА. Основные звенья и типы регуляторов системы УСЭППА. Примеры реализации САУ на элементах УСЭППА. Струйные элементы пневмоавтоматики. Некоторые сведения из теории затопленных струй и основные гидродинамические эффекты. Взаимодействие струй. Классификация

струйных элементов и их основные типы. Статические характеристики струйных элементов. Элементы, использующие взаимодействие струй со стенкой. Струйные диоды. Вихревые диоды и усилители. Турбулентные усилители. Цифровые элементы струйной техники. Реализация логических операций на струйных элементах. Примеры реализации АСУ на струйных элементах.

Аэрогидродинамические методы измерения физических величин.

Силовой пневмопривод

Пневматические приводы и их основные элементы. Общая система уравнений динамики пневматического устройства. Постановка задачи расчета.

Исполнительные поршневые устройства одностороннего действия. Статическая характеристика и циклограмма. Приближенный численный расчет динамических параметров рабочего процесса. Поршневой пневмопривод двустороннего действия и его циклограмма. Основные уравнения и задачи расчета. Общие уравнения теплового баланса для поршневого пневмопривода. Пневматические приводы вращательного действия (пневмодвигатели). Приводы с тормозными устройствами. Высокоскоростные и высокотемпературные приводы.

Динамика и регулирование гидросистем

Статика гидропривода дроссельного регулирования

Основные проблемы в области динамики и регулирования гидросистем. Современные требования к регулированию и способы их решения при проектировании гидросистем.

Применение вычислительной техники при анализе и синтезе гидроприводов. Краткий исторический обзор по развитию методов расчета и проектированию гидросистем.

Статические характеристики гидропривода дроссельного регулирования. Уравнение расхода в четырехщелевом управляющем золотнике с открытыми щелями в среднем положении. Нагрузочная и регулировочная характеристики гидропривода с таким золотником. Уравнение расходов в двух- и одно щелевом золотниках, работающих с дифференциальной схемой включения гидродвигателя. Нагрузочная и регулировочная характеристики. Ошибка регулирования на установившемся режиме зона нечувствительности гидравлического следящего привода. Коэффициенты усиления по скорости и нагрузке. Влияние основных параметров на статические характеристики и методика их расчета.

Исследование динамики гидроприводов с дроссельного регулирования как линеаризованных систем автоматического регулирования

Гидропривод дроссельного регулирования с механическим управлением. Гидропривод с механическим и электрическим управлением, область применения. Принципиальная схема гидропривода с механическим управлением. Система уравнений динамики ненагруженного и нагруженного дроссельного гидропривода. Линеаризация дифференциальных уравнений, приведение их к безразмерному виду. Структурная схема системы. Передаточные функции разомкнутого и замкнутого гидропривода. Исследование устойчивости по ЛАФЧХ разомкнутой системы. Влияние основных факторов на устойчивость гидропривода.

Гидропривод дроссельного регулирования с электрическим управлением. Динамические свойства электрогидравлических усилителей с позиционной обратной связью, с обратными связями по расходу и перепаду давления полостях силового цилиндра.

Дифференциальные уравнения состояния таких усилителей. Преобразования, линеаризация и запись в стандартной форме уравнений движения отдельных

динамических звеньев электрогидропривода. Построение и преобразование структурных схем; их анализ. Выражения для ПФ разомкнутой и замкнутой системы.

Анализ устойчивости внутренних и внешних контуров по частотным характеристикам. Предельные значения для коэффициентов усиления привода. Влияние важнейших параметров на показатели качества регулирования.

Исследование динамики гидроприводов дроссельного регулирования методом гармонической линеаризации нелинейности

Вывод системы уравнений динамики гидропривода дроссельного регулирования с учетом сжимаемости жидкости и основных нелинейностей (сухое трение в рабочем органе, нелинейная расходная характеристика управляющего золотника и т.д.). Гармоническая линеаризация нелинейностей. Методика нахождения общего уравнения движения гидропривода при гармонической линеаризации нелинейностей и определения предела устойчивости. Периодические решения и анализ их устойчивости на основе аналитического метода Михайлова.

Уравнения движения линейной модели гидропривода и гидропривода с нелинейностями типа насыщения по давлению и сухого трения. Возможные области динамических состояний таких моделей гидроприводов.

Суждение об устойчивости гидравлических следящих приводов по диаграммам динамических состояний. Выражение для граничного подведенного давления. Влияние на устойчивость основных параметров гидравлических следящих приводов - площади силового цилиндра; длины щелей в управляющем золотнике; размеров маслопроводов; сжимаемости жидкости; упругости стенок и т.д. Пример расчета устойчивости гидропривода по методу гармонической линеаризации.

Динамика гидроприводов объемного регулирования

Гидропривод объемного регулирования. Принципиальная и расчетная схемы. Уравнение насоса и гидромотора без учета и с учетом сжимаемости жидкости. Учет в уравнениях утечек и гидравлических потерь. Коэффициенты усиления насоса и гидромотора по расходу, моменту и скорости на выходном валу.

Объемный гидропривод постоянного момента с механическим управлением. Уравнения динамики такого привода и переходные процессы при коротких и длинных трубопроводах между насосом и гидромотором. Исследование устойчивости гидропривода. Влияние на устойчивость коэффициента демпфирования, момента инерции рабочего органа, сжимаемости жидкости в трубопроводах. Оценка качеств гидропередачи по кривым переходных процессов.

Гидропривод объемного регулирования с электрическим управлением. Принципиальные схемы объемного гидропривода с электрическим управлением. Область применения. Уравнения динамики объемного электрогидравлического следящего привода; их линеаризация и запись в стандартной форме.

Передаточные функции и частотные характеристики. Анализ влияния основных параметров. Обеспечение точности слежения в электрогидравлических приводах объемного регулирования. Способы экспериментальной записи амплитудно-фазовых частотных характеристик гидроприводов.

Методы улучшения динамических характеристик гидроприводов

Основные задачи корректирования характеристик гидроприводов. Средства повышения точности и устойчивости и устойчивости гидроприводов. Влияние изменения подведенного давления на точность и устойчивость следящих гидроприводов. Применение управляющих золотников с переменными коэффициентами усиления. Ограничения при выборе коэффициента усиления привода. Введение дополнительных

обратных связей по скорости, расходу и давлению. Практическая реализация таких корректирующих воздействий.

Включение специальных звеньев в канал внешней обратной связи. Корректирование характеристик гидропривода путем введения нелинейностей. Использование вычислительных машин в процессе изучения и улучшения динамических характеристик гидроприводов.

ОБЪЕМНЫЕ ГИДРОМАШИНЫ

Поршневые насосы

Процессы всасывания и нагнетания

Принцип действия объемного поршневого насоса и основные характерные особенности его ... Принципиальная схема установки поршневого насоса, ее главные элементы. Рабочие органы и их назначение. Положительные и отрицательные свойства поршневого насоса. Краткий исторический обзор. Области применения и классификация.

Процесс всасывания. Баланс энергии при всасывании, основные слагаемые и их роль в балансе энергии. Условие непрерывности течения. Виды потерь и факторы, влияющие на процесс всасывания, графическая интерпретация процесса. Типовые схемы установки поршневого насоса.

Процесс нагнетания. Баланс энергии при нагнетании и его анализ. Минимальное и максимальное давление при нагнетании.

Подача насоса

Теоретическая подача плунжерного и поршневого насосов. Принципиальные схемы современных насосов и их теоретическая подача. Факторы, влияющие на производительность насоса: при всасывании негерметичность всасывающей линии, нагнетательного клапана и рабочей камеры; наличие растворенного газа в перекачиваемой жидкости; при нагнетании — негерметичность всасывающего клапана, рабочей камеры и линии; сжимаемость перекачиваемой жидкости. Коэффициент подачи, его слагаемые и их определение. Вредное пространство и его роль в процессе. Конструирование рабочей камеры насоса. Пути снижения объемных потерь.

Индикаторные диаграммы и их получение. Полный баланс энергии поршневого насоса. КПД насоса и насосной установки

Назначение и принципиальное устройство индикаторов. Идеальная и реальная индикаторная диаграммы. Индикаторная мощность насоса и ее определение. Среднее индикаторное давление. Коэффициент полноты индикаторной диаграммы. Основные неисправности (дефекты) при работе поршневого насоса и характерные дефектные индикаторные диаграммы. Мероприятия по устранению неисправностей.

Полный баланс энергии поршневого насоса. Полный напор насоса и его определение. Манометрический напор. Полезная и индикаторная (внутренняя) работа насоса. Полный КПД насоса и его сомножители - механический и индикаторный КПД и их определение. КПД насосной установки.

Кривошипно-ползунный привод насоса и распределение подачи по времени.

Воздушные аккумуляторы

Характерные особенности кривошипно-ползунного привода. Аналитические зависимости и графики для пути, пройденного поршнем, а также для скорости и ускорения поршня в зависимости от угла поворота кривошипа при бесконечной и конечной длине шатуна. Графический способ определения мгновенной скорости поршня

на основании теоремы о центре мгновенного вращения. Построение графиков мгновенной производительности насосов различных типов. Неравномерность подачи и ее определение. Примеры механизмов привода с бесконечной длиной шатуна. Силы, действующие в кривошипно-ползунном механизме и по штоку насоса с учетом сил инерции в насосах различных типов. Пример диаграммы потребных тангенциальных усилий на пальце кривошипа, определение степени неравномерности угловой скорости вращения вала насоса и потребных маховых масс.

Воздушные аккумуляторы - средство для снижения пульсаций давления и подачи. Действие воздушного аккумулятора на всасывающей и нагнетательной линиях насосной установки. Определение пульсации давления и необходимого объема воздуха для насосов различных типов. Пример расчета воздушного аккумулятора.

Теория и расчет клапана насоса

Назначение и классификация клапанов поршневых насосов. Расчет идеального безмассового клапана потери в клапане и их определение, исходя из статической картины течения жидкости в щели клапана без учета влияния его массы. Формулы для определения пути, скорости и ускорения идеального клапана. Графики зависимости пути клапана, его мгновенной скорости и ускорения от угла поворота кривошипа. Реальный безмассовый клапан - основные положения расчета с учетом угла запаздывания. Критерий безударной работы клапана; его определение и практическое применение с учетом массы клапана. Анализ работы реального массового клапана. Характерные клапанные диаграммы и влияние массы клапана на его работу. Методика гидравлического расчета клапана насоса. Виброакустическая характеристика работы клапана. Расчет клапана с учетом виброакустических показателей.

Прямодействующие насосы

Особенности устройства, основные достоинства и недостатки, область применения и классификация прямодействующих насосов. Устройство и действие одноцилиндрового парового насоса. Графики пути, скорости и подачи. Двухцилиндровый паровой прямодействующий насос с золотниковым парораспределителем. Особенности его работы. Характерные графики пути, скорости и подачи двухцилиндрового насоса. Методика расчета клапана прямодействующего насоса. Электрогидроприводные прямодействующие насосы.

Роторные гидромашины

Радиально-поршневые гидромашины

Понятие роторной объемной гидромашины. Насос, гидромотор. Классификация. Область применения. Перспективы развития.

Радиально-поршневые гидромашины. Кинематическая схема насоса. Конструктивная схема насоса: подвод и отвод жидкости, ротор, вращающийся статор. Регулирование подачи насоса.

Подача насоса. Мгновенная подача насоса, неравномерность подачи и ее зависимость от числа поршней. Схема действия гидравлических сил на ротор, статор и распределительную цапфу.

Гидравлический расчет насоса и гидромотора. Исходные данные для расчета. Связь мощности и допустимого числа оборотов. Выбор давления. Рабочий объем насоса, число и диаметр поршней, максимальный эксцентриситет, размеры распределительной цапфы. Размеры перекрытия и влияние его на работу насоса. Области применения насосов по давлению, мощности и подаче.'

Высокомоментные гидромоторы. Схема, принцип действия. Кинематика и динамика элементов поршневой группы. Геометрия направляющей статора. Условие безотрывного качения ролика по направляющей. Теоретическая форма направляющей статора. Момент на валу высокомоментного гидромотора. Неравномерность момента и числа оборотов. Факторы, влияющие на неравномерность. Гидромотор с постоянным моментом и числом оборотов.

Устойчивость работы гидромоторов на малых числах оборотов.

Область применения высокомоментных гидромоторов.

Аксиально-поршневые машины

Основные схемы аксиально-поршневых машин. Кинематика обобщенной аксиально-поршневой машины. Зависимость между углом поворота ведущего вала и относительным перемещением поршня. Полная геометрическая подача. Статическая и динамическая подачи. Неравномерность статической и динамической подач. Дезаксиал и его выбор для нерегулируемых и регулируемых машин.

Расчет распределителя фазы распределения. Зависимость давления в цилиндре от угла поворота блока. Индикаторная диаграмма. Анализ индикаторных диаграмм. Силы и моменты от действия сил давления на поршень. Суммарное действие сил на механизм. Влияние формы индикаторной диаграммы на динамические составляющие сил и моментов. Снижение переменных по времени сил и моментов путем изменения формы индикаторной диаграммы.

Нагрузка на гидравлический блок управления со стороны регулируемого органа насоса от действия сил давления и сил инерции механизма.

Силы инерции звеньев механизмов. Задачи балансировки.

Основная причина возникновения шума в поршневых гидромашинах. Несвершенство рабочего процесса. Энергетический скачок и энергия, идущая на создание звуковой волны. Способы изменения индикаторной диаграммы с целью снижения шума. Другие источники шума и пути его снижения.

Схема практического расчета насоса (гидромотора). Исходные данные. Определение основных размеров блока цилиндров и распределителя.

Характеристики и область применения аксиально-поршневых насосов (гидромоторов) по **давлению**, мощности и подаче.

Пластинчатые насосы (гидромоторы)

Схема и принцип действия пластинчатого насоса однократного действия. Геометрическая подача насоса. Мгновенная подача и неравномерность подачи насоса с четным и нечетным числом пластин. Теоретический крутящий момент на валу гидромотора. Неравномерность момента и числа оборотов гидромотора.

Схема и принцип действия пластинчатого насоса двойного действия. Насосы с предварительным прижимом пластин к статору. Профиль кривой статора. Условия прижима пластин к статору. Насосы двойного действия с разгруженными пластинами. Схемы разгрузки пластин. Силы, действующие на ротор, статор и пластины. Выбор числа пластин в насосах двойного действия. Неравномерность геометрической подачи в насосах двойного действия. Процесс переноса рабочей жидкости из полости всасывания в полость нагнетания. Процесс нагнетания и зависимость неравномерности подачи от давления в камере нагнетания. Процесс переноса рабочей жидкости из полости нагнетания в полость всасывания.

Шум в пластинчатых насосах двойного действия. Причины возникновения шума и способы его снижения.

Характеристики и область применения пластинчатых насосов по давлению, подаче и оборотам.

Винтовые насосы

Устройство и принцип действия. Требования, предъявляемые к геометрии винтовых поверхностей. Образующая шестерня и линия зацепления образующих шестерен и винтов. Основные свойства находящихся в зацеплении винтов.

Трех винтовые насосы с циклоидальным профилем образующих шестерен. Методика построения теоретического профиля зуба ведущей и ведомой шестерен. Особенности и недостатки винтовых насосов с теоретическим профилем зуба. Взаимное уплотнение впадин ведущего и ведомого винтов. Необходимые и достаточные условия герметичности. Методика построения скорректированного профиля зуба ведущей и ведомой шестерен. Форма линии зацепления. Нарушение герметичности насоса. Условия, лежащие в основе выбора размеров образующих шестерен.

Теоретическая (геометрическая) подача насоса. Неравномерность подачи. Геометрические параметры, влияющие на подачу насоса.

Гидравлические силы и моменты, действующие на винты насоса. Осевая сила, действующая на ведомый и ведущий валы. Схема гидравлической разгрузки винтов от осевой силы. Радиальные усилия, действующие на винтовые впадины и наружные цилиндрические поверхности. Удельное давление винтов на расточку статора. Гидравлический момент на ведомом и ведущем винтах и их зависимость от размеров образующих шестерен. Способы уменьшения силового взаимодействия винтов.

Всасывающая способность винтовых насосов. Ограничения, накладываемые на диаметр винтов и число оборотов, условиями всасывания.

Схема расчета винтового насоса. Определение числа оборотов и основных размеров винтов. Характеристики и область применения винтовых насосов.

Шестеренные насосы

Схема и принцип действия насоса. Теоретическая средняя и мгновенная подачи насоса. Неравномерность подачи. Степень перекрытия зацепления. Защемленный объем во впадинах зубьев и его влияние на акустические характеристики насоса. Канализация жидкости из защемленного объема. Зависимость средней подачи и неравномерности подачи от использования дополнительной подачи из защемленного объема. Теоретическая подача насоса с косозубыми шестернями.

Методы устранения вредного влияния запираемой во впадинах жидкости. Разгрузочные канавки и их размеры.

Метод приближенного расчета сил, действующих на опоры шестерен. Пути уменьшения радиальных сил.

Повышение объемного КПД путем гидравлической компенсации торцевых зазоров.

Всасывающая способность насосов и ее зависимость от вязкости жидкости и числа оборотов. Пути улучшения всасывающей способности.

Схема расчета шестеренного насоса. Определение основных размеров.

Характеристики и область применения.

Конструкция роторных гидромашин

Некоторые особенности конструкции насосов, гидромоторов и отдельных узлов радиально-поршневых, аксиально-поршневых, пластинчатых, винтовых и шестеренных роторных гидромашин.

Лопастные гидромашинны

Основные сведения о лопастных насосах

Роль лопастных насосов в народном хозяйстве; области их применения. Место, занимаемое лопастными насосами среди насосов других видов. Насосы **черпаковые**, объемные, вихревые, электромагнитные, струйные аппараты и другие.

Лопастной насос и насосная установка. Основные элементы центробежного насоса. Уплотнение вала и рабочего колеса. Обозначения и размерности основных параметров насоса. Определение напора насоса по

Насосная установка и ее арматура. Заливка насоса перед пуском. Процессы всасывания и нагнетания. Связь напора насоса с параметрами насосной установки. Напор и характеристика напорной установки. Определение напора насосной установки в различных случаях.

Рабочий режим насоса. Определение рабочих параметров насоса по характеристикам насоса и насосной установки. Основы рационального выбора насоса. Регулирование подачи дросселированием и изменением числа оборотов.

Испытания насоса. Экспериментальное получение характеристики насоса. Возможные методы испытаний и применяемые измерительные приборы.

Основы типизации лопастных насосов

Коэффициент быстроходности как основной критерий при типизации насоса. Влияние коэффициента быстроходности на соотношение основных размеров рабочих органов насоса. Влияние коэффициента быстроходности на формы напорной, мощностной характеристик насоса. Эксплуатационные особенности насосов различной быстроходности. Серии геометрически подобных насосов. Использование коэффициента быстроходности при проектировании насоса по подобию с модельным насосом; условия наиболее экономичного решения задачи.

Конструктивные типы центробежных насосов. Диапазон подач и напоров, используемый в нар. хозяйстве. Потребное "поле" Q-H. Невозможность покрытия всего поля одноколесными насосами одинакового конструктивного типа. Насосы многопоточные и многоступенчатые. Насосы консольные; сдвоенные; вертикальные: одноколесные и сдвоенные; многоступенчатые: секционные и спиральные. Осевая сила, ее разгрузка в насосах разных типов. Виды применяемых отводов и подводов.

Рабочий процесс центробежного насоса

Рабочий процесс в колесе. Влияние угла выхода лопастей колеса на теоретический напор и гидравлический КПД насоса. Потенциальная и динамическая составляющая теоретического напора; коэффициент реакции. Влияние угла выхода на характеристики насоса. Выбор наиболее выгодного выходного угла. Практические рекомендации.

Характер потока в канале колеса. Влияние относительного осевого вихря. Зоны возможного отрыва потока. Влияние угла атаки на входе на вихревые потери в колесе. Выбор основных размеров рабочего колеса. Условия минимума абсолютной скорости на выходе и минимума относительной скорости на входе.

Рабочий процесс в отводе. Виды отводов и их назначение. Характер потока в спиральной камере. допущения. Движение в плоском диффузоре. Практически применяемые формы сечений спирали. Основное уравнение спиральной камеры. Влияние боковых пазух. Отводы открытые и закрытые. Влияние отвода на характеристику и оптимальный режим насоса. Вихревые потери в отводе. Причины возникновения и расчет поперечных сил, действующих на ротор насоса. Методы их уравнивания.

Виды направляющих аппаратов. Изменение скорости и момента скорости в элементах направляющего аппарата.

Рабочий процесс в подводе. Подводы осевые и полуспиральные. Условия применения полуспирального подвода. Основы теории полуспирального подвода. Коэффициент подкрутки. Влияние подвода на напор и характеристику насоса.

Гидравлический расчет рабочих органов центробежного насоса

Выбор типа насоса. Задание на расчет насоса. Выбор числа оборотов из кавитационных и экономических соображений. Выбор конструктивного вида насоса, коэффициента быстроходности и числа ступеней. Предварительная оценка КПД насоса.

Расчет рабочего колеса. Определение основных размеров колеса. Данные ВНИИГидромаша по систематике основных размеров рабочих колес. Выбор числа лопастей, их толщины и выходного угла. Проверочный расчет развиваемого напора с учетом конечного числа лопастей. Предварительная оценка длины диаметра вала насоса. Определение входного диаметра колеса при наличии проходного вала.

Требования, предъявляемые к очертаниям меридианного сечения колеса. Проверка закона изменения площадей сечений в колесе. Учет стеснения лопатками. Практические рекомендации. Расчетные поверхности тока. Построение линий тока. Профилирование дорасти методом конформного отображения на цилиндр. Выбор положения входной кромки и определение углов входа с учетом угла атаки. Требования, предъявляемые к форме лопасти. Меридианные сечения и модельные срезы рабочей и тыльной сторон.

Расчет отвода. Расчет спирального отвода. Определение основных размеров входной части спирали. Выбор угла охвата спирали. Расчет выходного сечения. Графический способ интегрирования основного уравнения спиральной камеры. Расчет промежуточных сечений. Построение очертаний спирали. Расчет диффузора. Рабочий чертеж проточной части спирального отвода.

Расчет направляющего аппарата простейшего типа. Входная часть, диффузорный канал, обратные каналы.

Расчет подвода. Виды осевых подводов и рекомендуемые размеры, Расчет полуспирального подвода. Экспериментальное определение расчетных коэффициентов. Выбор очертания меридианного сечения подвода и расчет его радиальных сечений. Построение очертаний спирального и входного участков подвода. Особенности очертаний полуспиральных подводов насосов типов Д и М.

Потери в центробежном насосе

Экспериментальное определение потерь. Балансовые испытания насоса и необходимое экспериментальное оборудование. Выделение внешних и внутренних механических потерь. Определение утечек. Выделение гидравлических потерь. Тормозные потери. Составление баланса мощности насоса. Факторы, определяющие параметры оптимального режима насоса. Путевые и вихревые гидравлические потери.

Расчет механических потерь. Определение внешних механических потерь. Расчет потерь дискового трения. Влияние коэффициента быстроходности на относительную величину дисковых потерь. Характер движения вблизи диска в неограниченном и ограниченном объеме жидкости. Распределение скоростей и давлений в боковых пазухах насоса.

Расчет объемных потерь. Определение утечек в уплотнении рабочего колеса. Эпюра распределения давлений на колесе со стороны входа. Определение перепада давлений в уплотнении и коэффициента расхода. Зависимость объемного КПД от коэффициента быстроходности. Возможные способы увеличения объемного КПД. Влияние утечек на поток в колесе.

Осевые силы, действующие на рабочее колесо. Расчет и способы разгрузки осевых сил. Разгрузочный барабан и гидравлическая пята. Определение утечек на двустороннем уплотнении рабочего колеса. Межступенные утечки и их определение. Влияние межступенных утечек на объемный, механический и гидравлический КПД насоса в насосах типа Мс и М. Определение напора многоступенчатого насоса с учетом влияния утечек. Объемный КПД многоступенчатого насоса.

Влияние утечек на процессы в боковых пазухах насоса и на осевую силу. Осевая сила в насосах типа М.

Гидравлические потери. Способы их оценки при проектировании насоса. Влияние коэффициента быстроходности и размеров насоса на гидравлический КПД. Использование данных аналогично выполненным насосов.

Учет масштабного эффекта. Пересчет основных параметров насоса с учетом масштабного эффекта. Приближенный метод пересчета напорной характеристики с учетом масштабного эффекта. Определение приближенной характеристики проектируемого насоса по характеристике аналогичного (не подобного) насоса.

Кавитация в лопастных насосах

Всасывающая способность насоса. Критерии всасывающей способности насоса: статическая, приведенная и вакууметрическая высоты всасывания; кавитационный запас.

Кавитационные испытания. Возможные схемы установки для кавитационных испытаний. Кавитационные характеристики и их виды. Кавитационные режимы: критический, срывной и допустимый. Характеристика всасывающей способности насоса.

Условия возникновения кавитации при эксплуатации насоса. Кавитационный запас насосной установки. Графическое определение критической подачи. Случай подпора. Всасывание из закрытого резервуара под давлением собственных паров перекачиваемой жидкости.

Законы подобия при кавитации. Пересчет характеристик (кавитационный и всасывающей способности) на другие числа оборотов и размеры, а также на другие жидкости. Коэффициенты кавитации. Кавитационный коэффициент быстроходности. Связь критериев кавитации с подачей, числом оборотов, напором и коэффициентом быстроходности. Экономические обоснования повышения кавитационного запаса при увеличении размеров лопастных насосов.

Факторы, влияющие на кавитационные качества насоса. Влияние элементов входа в колесо. Оптимальный входной диаметр. Влияние проходного вала и вида подвода. Способы увеличения всасывающей способности насоса. Применение бустерных насосов. Улучшение кавитационных качеств насоса путем применения особых форм колеса. Применение предвключенного шнека. Использование суперкавитации. Эжекционные устройства на входе.

Совместная работа насосов. Полная (круговая) характеристика насоса

Параллельное и последовательное соединение насосов. Условия рационального выбора вида соединения. Работа насоса при переменном режиме. Условия устойчивой работы. Помпаж в насосной установке.

Полная характеристика насоса. Работа насоса при отрицательных значениях подачи, напора и числа оборотов. Классификация режимов в 4-х квадрантах поля Q-H. Экспериментальные методы получения полной характеристики. Влияние коэффициента быстроходности на вид полной характеристики. Использование полной характеристики для расчета разгонного числа оборотов насоса при потере привода.

Конструкции лопастных насосов

Особенности конструкции основных типов лопастных насосов. Насосы питательные, конденсатные, погружные. Герметичные насосы. Применяемые материалы. Применяемые способы уплотнения вала. Вопросы техники безопасности при конструировании и эксплуатации насосов.

Основная литература

1. Кудинов, А. А. Гидрогазодинамика : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 140100 "Теплоэнергетика"] / А. А. Кудинов .— Москва : ИНФРА-М, 2015 .— 336 с. : ил.

2. Нигматулин, Р. И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика : [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 "Фундаментальная математика и механика" и направлению подготовки 010800 "Механика и математическое моделирование"] / Р. И. Нигматулин .— Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014 .— 640 с. : ил.
3. Ильюшин, А. А. Механика сплошной среды : [учебник для студентов университетов, обучающихся по специальности "Механика"] / А. А. Ильюшин .— Изд. 4-е .— Москва : ЛЕНАНД, 2014 .— 310, [10] с. : ил.
4. Гидравлика и гидропневмопривод : [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов"] / Т. В. Артемьева [и др.] ; под ред. С. П. Стесина .— 5-е изд., перераб. — Москва : Академия, 2014 .— 352 с. : ил.
5. Черноусов, А. А. Основы механики жидкости и газа. Исходные гипотезы и уравнения[Электронный ресурс] : [учебное пособие] / А. А. Черноусов ; УГАТУ .— Электронные текстовые данные (1 файл: 1,09 МБ) .— Уфа : УГАТУ, 2013 .— 164 с.
6. Высоцкий, Л. И. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости : учебное пособие / Л. И. Высоцкий, Г. Р. Коперник, И. С. Высоцкий .— Изд. 2-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014 .— 64 с.
7. Математические модели систем пневмоавтоматики : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника" специальности "Гидромашины, гидроприводы и гидропневоавтоматика"] / Ю. Л. Арзуманов [и др.] .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009 .— 296 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Вахитов, Ю. Р. Задачник по дисциплине "Механика жидкости и газа" / Ю. Р. Вахитов ; Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ), Кафедра двигателей внутреннего сгорания .— Уфа : УГАТУ, 2015 .— 66 с. : ил.
2. Митрофанова, Ольга Викторовна. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок / О. В. Митрофанова .— Москва : Физматлит, 2010 .— 287 с.
3. Гимранов, Э. Г. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : курсовое проектирование / Э. Г. Гимранов ; ГОУ ВПО УГАТУ ; Бюро образовательных технологий (программирование и компьютерный дизайн) .— Учебное электронное издание .— Уфа : УГАТУ, 2010 .
4. Гимранов, Э. Г. Нестационарные гидрогазодинамические эффекты в системах гидравлических и пневматических приводов [Электронный ресурс] : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению магистерской подготовки 150800 - "Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника"] / Э. Г. Гимранов, А. А. Целищев ; ГОУ ВПО УГАТУ .— Уфа : УГАТУ, 2008 .— 188 с.

Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет - ресурсы.