

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПРИНЯТО

На заседании кафедры технологических машин
и оборудования инженерного факультета
Протокол от «22» декабря 2022 г. № 5

Зав. кафедрой _____ / Юминов И.П.



УТВЕРЖДЕНО

Проректор по учебно-методической работе



Галимханов А.Б.

«22» декабря 2022 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

ПРОГРАММА

**вступительного экзамена по научной специальности
2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы**

Разработчик:

_____/ к.т.н., заведующий кафедрой, Юминов И.П.
(подпись) (ученая степень, ученое звание, должность, фамилия и.о.)

_____/к.т.н., доцент, Хакимов Р.М.
(подпись) (ученая степень, ученое звание, должность, фамилия и.о.)

Уфа – 2022

Общие требования

Машины, агрегаты и технологические процессы – область науки и техники, включающая разработку научных и методологических основ конструирования, производства, ремонта и эксплуатации машин, агрегатов и процессов; теоретические и экспериментальные исследования; технико-экономическое обоснование применения отдельных типов и размеров машин, высокопроизводительных комплектов машин и механизмов, механизированного инструмента на всех стадиях жизненного цикла (расчет, проектирование, монтаж/демонтаж, наладка, эксплуатация, ремонт испытания).

Решение проблем данной области знаний требует научно-технического обоснования новых эффективных методов и технологий проектирования, создания и модернизации процессов, машин и агрегатов и их эксплуатации в различных отраслях промышленности.

Области исследований:

1. Разработка научных и методологических основ проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов; механизации производства в соответствии с современными требованиями внутреннего и внешнего рынка, технологии, качества, надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности.

2. Разработка параметрических рядов машин на основе унификации и оптимизации отдельных узлов и агрегатов и оптимизационного синтеза производственных систем из них.

3. Теоретические и экспериментальные исследования параметров машин и агрегатов и их взаимосвязей при комплексной механизации основных и вспомогательных процессов и операций.

4. Методологические основы формирования количественной и качественной структуры парка машин и агрегатов в зависимости от функционального назначения, организационно-производственных и технологических параметров региональных и природно-климатических

условий производства.

5. Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и процессов и оценки их экономической эффективности и ресурса.

6. Исследование технологических процессов, динамики машин, агрегатов, узлов и их взаимодействия с окружающей средой.

7. Разработка и повышение эффективности методов технического обслуживания, диагностики, ремонтпригодности и технологии ремонта машин и агрегатов в целях обеспечения надежной и безопасной эксплуатации и продления ресурса.

Поступающий должен показать знания по более широкому кругу специальной литературы и источников, а также новейших исследований по теме будущей диссертации.

На экзамене для ответа даются три вопроса: один, связанный с научными интересами поступающего (темой вступительного реферата), и два вопроса по темам программы.

Программа разработана членами приемной комиссии по направлению 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы при кафедре «Технологические машины и оборудование» инженерного факультета Уфимского университета науки и технологий.

1. Перечень тем

Тема 1. Методологические основы проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов

Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы состояния вещества. Предмет теплофизики газообразного, жидкого состояний, плазмы и твердого тела. Методы физического исследования, опыт, эксперимент, гипотеза, теория. Газ, жидкость, плазма и твёрдое тело как агрегатные состояния вещества и их теплофизические свойства. Использование фундаментальных законов теплофизики в теоретической теплотехнике.

Тема 2. Элементы кинематики

Предмет механики. Кинематика и динамика. Классическая механика. Квантовая механика. Релятивистская механика. Физические модели: материальная точка, система, абсолютно твердое тело, сплошная среда. Пространство и время. Кинематическое описание движения. Прямолинейное движение точки. Движение точки по окружности. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Нормальное и тангенциальное ускорение. Векторы угловой скорости и ускорения. Кинематика твердого тела.

Тема 3. Динамика частиц

Основная задача динамики. Масса и импульс. Первый закон Ньютона, инерциальная система отсчета. Второй закон Ньютона. Сила. Третий закон Ньютона. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.

Тема 4. Законы сохранения. Динамика твёрдого тела

Закон сохранения импульса. Теорема о движении центра инерции. Работа. Мощность. Кинетическая и потенциальная энергии. Консервативные и неконсервативные силы. Закон сохранения энергии. Момент сил. Момент импульса. Момент инерции. Теорема Штайнера. Уравнения динамики вращения. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращательного движения. Законы сохранения и симметрия пространства и

времени.

Тема 5. Тяготение. Специальная теория относительности

Закон всемирного тяготения. Поле тяготения Земли. Ускорение силы тяжести. Потенциальная энергия в поле тяготения. Движение в поле сил тяжести. Космические скорости. Принцип относительности Галилея. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Интервал. Следствия из преобразований Лоренца. Закон сложения скоростей. Уравнения движения для релятивистской частицы. Релятивистские выражения для энергии и импульса. Понятия об общей теории относительности.

Тема 6. Основы молекулярной и статистической физики

Динамические и статистические закономерности в физике. Статистический и термодинамический методы. Тепловое движение. Макроскопические параметры. Уравнения состояния, Внутренняя энергия. Идеальный газ. Давление и температура. Вероятность и флуктуации. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана. Степени свободы молекул. Столкновение молекул со стенками, давление. Характерные скорости молекул. Средние скорости. Уравнения состояния идеального газа. Термодинамические функции классического идеального газа. Неидеальный классический одноатомный газ. Вириальное разложение. Определение энтропии. Система с кулоновским взаимодействием. Свободная энергия плазмы. Основные параметры кулоновской плазмы.

Тема 7. Явления переноса

Физическая кинетика. Явления переноса: диффузия, вязкость и теплопроводность. Особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах. Фазы и фазовые превращения. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы первого рода. Критическое состояние. Поверхностные и капиллярные явления.

Тема 8. Электростатика. Постоянный электрический ток

Роль электромагнитных взаимодействий в природе. Элементарный электрический заряд и напряженность электрического поля. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Потенциал. Диполь, Теорема Гаусса. Дифференциальная форма закона Кулона. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия электростатического поля. Равновесие зарядов на проводнике. Проводник во внешнем электрическом поле. Емкость. Конденсаторы. Условия существования тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома. Сопротивление проводников. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома неоднородной цепи. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей. Природа носителей зарядов в металлах. Сверхпроводимость.

Тема 9. Магнитное поле. Электрическое и магнитное поле в веществе

Взаимодействие токов в вакууме. Магнитное поле. Магнитная индукция. Поле движущегося заряда. Закон Био-Савара. Сила Лоренца. Закон Ампера. Контур током в магнитном поле. Силы, действующие на магнитный момент. Магнитное поле контура с током. Работа при перемещении тока в магнитном поле. Уравнения Максвелла для циркуляции и источников магнитного поля. Поле соленоида. Движение заряженной частицы в электрическом и магнитном полях. Ускорители заряженных частиц. Поляризация диэлектриков. Объемные и поверхностные связанные заряды. Вектор электрического смещения в поле в полярных и неполярных диэлектриках. Зависимость диэлектрической восприимчивости от температуры. Сегнетоэлектрики. Намагничивание магнетиков. Напряженность магнитного поля. Виды магнетиков. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Гистерезис. Домены. Антиферромагнетизм. Гиромагнитные эффекты

Тема 10. Электромагнитная индукция. Электрические и электромагнитные колебания

ЭДС индукции. Явление самоиндукции. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля. Работа перемагничивания ферромагнетика. Вихревое электрическое поле. Дифференциальная формулировка закона электромагнитной индукции Фарадея. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Свободные колебания тока в контуре. Свободные затухающие колебания. Вынужденные колебания. Переменный ток. Импеданс. Метод векторных диаграмм. Работа и мощность переменного тока. Резонанс. Уравнения плоской и сферической волны. Волновое уравнение. Сложение волн, стоячие волны. Плоская электромагнитная волна. Энергия и импульс электромагнитных волн. Излучение диполя. Вектор Умова-Пойнтинга.

Тема 11. Геометрическая оптика. Интерференция и дифракция волн

Световая волна. Отражение и преломление волн на границе двух сред. Тонкая линза. Построение изображений в оптических системах. Оптические приборы. Световой поток. Фотометрические величины и законы. Принцип Гюйгенса. Когерентность волн. Интерференция, ширина полос. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Интерферометры. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Зоны Френеля, спираль Корню. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция на периодических структурах. Голография.

Тема 12. Взаимодействие света с веществом

Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Зоны Френеля, спираль Корню. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция на периодических структурах. Голография. Дисперсия света. Поглощение света. Рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова. Эффект Доплера. Релеевское рассеяние. Рассеяние Мандельштама-Бриллюена, комбинационное рассеяние. Лазеры. Нелинейные явления при взаимодействии лазерного излучения с веществом

Тема 13. Элементарная квантовая теория.

Излучение черного тела. Закон Кирхгофа. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Фотоны. Законы фотоэффекта. Эффект Комптона. Атомные спектры. Постулаты Бора. Правила квантования круговых орбит. Теория атома водорода по Бору.

Тема 14. Элементы квантовой механики

Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношения неопределенностей. Смысл волновой функции и операторы в квантовой механике. Уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Квантование энергии. Квантование момента импульса. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Гармонический осциллятор. Спин. Принцип Паули. Уравнение Дирака.

Тема 15. Физика атомов и молекул

Спектр, волновые функции атома водорода. Мультиплетность спектров и спинэлектрона. Эффект Зеемана. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома. Периодическая система элементов Менделеева. Энергия молекул, молекулярные спектры. Химическая связь. Эффект Зеемана. Эффект Штарка. Нелинейная оптика. Вынужденное излучение. Люминесценция. Классификация элементарных частиц. Электро слабое взаимодействие. Кварки, цветное взаимодействие. Единая теория материи. Физическая теория эволюции Вселенной.

Тема 16. Физика конденсированного состояния

Кристаллическая решетка. Теплоемкость кристаллов по Эйнштейну. Теория Дебая. Фононы. Распределение Ферми-Дирака. Энергетические зоны в кристалле. Электропроводность металлов, полупроводников. Диэлектрики. Сверхпроводники. Распределение Бозе-Эйнштейна. Фононы. Квантовая теория электронов в металле. Энергетические зоны электронов в кристалле. Диэлектрики, металлы и полупроводники. Примесная и собственная проводимость полупроводников. Квазиэлектроны и дырки. Динамика

электронов в кристаллической решётке. Гетеропереходы.

Структура аморфных твёрдых тел. Стёкла. Межатомное взаимодействие и классификация твёрдых тел. Упругие и теплофизические свойства твёрдых тел. Жидкости. Структура и свойства жидкостей. Поверхностные явления.

Тема 17. Основы равновесной термодинамики

Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики. Изопрцессы. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Максимальный коэффициент полезного действия тепловой машины. Третье начало термодинамики. Принцип Ле-Шателье. Термодинамика систем с переменным числом частиц. Термодинамика магнетиков и диэлектриков. Термодинамика равновесного излучения.

Тема 18. Неравновесная термодинамика

Статистический характер второго начала термодинамики. Выражение для производства энтропии, уравнение баланса энтропии. Линейные законы и уравнения переноса. Влияние свойств симметрии среды на линейные законы. Принцип Кюри. Соотношения взаимности Онсагера. Дифференциальные уравнения законов сохранения массы, импульса и энергии в газах и жидкостях. Стационарные состояния с минимальным производством энтропии.

Тема 19. Фазы и фазовые превращения

Фазовые переходы и их классификация. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Условия равновесия систем во внешнем поле и гетерогенных систем. Дифференциальные уравнения термодинамики. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса, p - T - диаграмма, p - U , T - S - диаграммы. Теплоёмкость и энтальпия паров. Диаграммы влажного воздуха. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Поверхностное натяжение, зародыши новой фазы. Фазовые переходы второго рода.

Тема 1

На химических производствах задействовано огромное количество всевозможного промышленного оборудования, которое можно разделить на следующие классы: аппараты; машины; транспортные средства.

Аппарат - инженерная конструкция, которая обладает рабочим объемом и оснащена энергетическими и контрольно-измерительными средствами управления и мониторинга техпроцессом.

Машина - инженерная конструкция, в которой протекание технологического процесса сопряжено с вводом в рабочий объем механической энергии посредством рабочих органов оборудования.

Рабочий объем (реакционное пространство) - место протекания технологического процесса.

Второй тип реакторов обладает максимально высокой производительностью и намного проще в устройстве, включая средства управления и контроля технологических процессов, но позволяет получать очень ограниченное число видов конечного продукта.

Кроме этого, все химическое оборудование, в зависимости от его назначения, делят на:

Универсальное - данное оборудование используется на предприятиях в таком виде, как есть, без внесения в него каких-либо изменений. Его называют оборудованием общего назначения или же по-другому - общезаводским оборудованием.

К нему относятся: насосы агрессивных сред (более подробно о насосах); миксеры, сушилки, центрифуги и сепараторы (более подробно о центрифугах); компрессоры (более подробно о компрессорах); вентиляторы

(более подробно о вентиляторах и сжатии газа); фильтры, пылеулавливающие и газоочистительные устройства (более подробно о фильтрах и газоочистке); транспортные средства.

Специализированное - это оборудование, которое задействовано в каком-либо одном технологическом процессе различных изменений. К нему относятся:

- теплообменные агрегаты (более подробно об теплообменном оборудовании);
- ректификационные (разделяющие жидкие смеси) колонны;
- абсорбционные аппараты.

Специальное - оборудование, которое используется только для осуществления одного производственного процесса. К нему относятся:

- каландры и каландровые агрегаты (более подробно о валковых машинах, каландрах)
- прессы вулканизационные (более подробно о прессовом оборудовании);
- грануляторы;
- шахтные хлораторы;
- сублимационные установки.

Тема 2 Типизация технологических процессов

Типизация технологических процессов является одним из путей повышения уровня технологии, уменьшения объема и сокращения сроков подготовки производства.

При отсутствии типизации изготовление каждой детали или сборка любого узла представляет собой новую задачу. Технологические процессы на штучные и неповторяющиеся партии деталей разрабатываются с применением универсальных способов, с широким использованием разметки при отсутствии, как правило, какой-либо специальной оснастки. Естественно, что это приводит к значительным затратам времени как на изготовление

каждой отдельной детали, так и на разработку технологического процесса.

Однако идеи типизации технологических процессов, выдвинутые проф. Соколовским, позволяют находить и распространять общие технологические решения на определенные совокупности деталей. Сущность типизации технологических процессов состоит в том, что на основе предварительного изучения и анализа частных особенностей, свойственных обработке отдельных деталей, производится обобщение лучших достижений практического опыта, причем этим обобщениям придается характер технологических закономерностей, распространяемых затем на соответствующие классификационные группы.

Таким образом, осуществление типизации подразумевает необходимость классификации технологических процессов, которая обычно базируется на конструктивных и технологических признаках обрабатываемых деталей.

При рассмотрении конструкции любой машины довольно легко убедиться, что все детали можно разделить на три следующие группы.

1. Детали, общие для всех или многих машин: фланцы, шпонки, втулки, гайки, болты и другие детали этого вида обычно нормализованы.

2. Детали, отличающиеся между собой по конструктивным параметрам и размерам, но имеющие общность технологических задач: валы, зубчатые колеса и др. Такого вида детали могут быть названы деталями общего назначения.

3. Специальные детали, присущие только данному виду оборудования: станины ножниц горячей резки, барабаны мельниц, конусы засыпных аппаратов и др.

Тема 3 Стандартизация и унификация технологического оборудования

Технологическая унификация и стандартизация имеет следующие

направления: типизация технологических операций и процессов; унификация технологических операций; стандартизация оборудования; унификация и стандартизация технологической оснастки.

Высшей формой типизации является метод групповой обработки. Групповая технология применяется при изготовлении небольших партий, в этом случае выполняется по признаку однородности оборудования, а затем по признаку геометрической формы, габаритов, общей поверхности. Для каждой группы выбирается деталь - представитель по признаку общности обрабатываемых поверхностей. На неё разрабатываются групповой технологический процесс и групповая наладка с применением одинаковой оснастки.

Типизация технологического процесса предполагает унификацию технологической документации. Разрабатываются карты типовых деталей; операционные технологические карты; сводные карты типовых технологических операционные технологические карты; сводные карты типовых технологических процессов; операционные карты групповой обработки. Унификация документации позволяет уменьшить количество документов, снизить трудоемкость, сократить сроки подготовки производства.

Агрегатирование и стандартизация оборудования предполагает конструкторскую унификацию узлов и создание отдельных моделей с целью создания нового оборудования.

Унификация и стандартизация технологической оснастки позволяет использовать одну оснастку для изготовления разных изделий, что особенно при переходе на выпуск новых изделий.

Различают нормальное и специальное технологическое оснащение. К нормальной оснастке относятся все виды режущих и измерительных инструментов и приспособлений широкого применения используемых при изготовлении различных изделий. Специальной называется оснастка,

относящаяся к конструкторскому изделию.

Тема 4 Кодирование промышленных изделий и технологического оборудования

Перед разработкой унифицированных (типовых, групповых) технологических процессов необходимо провести классификацию деталей по конструктивным и технологическим признакам с учетом формы организации производства. Классификация предусматривает формирование конструктивно-технологических групп и разработку комплексных деталей.

Группирование деталей представляет собой сложный процесс, требующий высокой квалификации, специальных знаний теории и навыков, поэтому в типовой курсовой работе студенту предлагается решить обратную задачу:

из геометрических элементов комплексной детали (по заданию) образовать группу родственных деталей, отличающихся размерами, числом элементов и их комбинацией.

Детали, входящие в образованную группу, должны иметь:

- однородные по форме и расположению поверхности, обеспечивающие базирование и закрепление в рабочей зоне обрабатывающего оборудования без дополнительной выверки;
- явно выраженные базы и признаки ориентации, позволяющее организовать их транспортирование и складирование в ориентированном положении с использованием стандартной оснастки;
- конструкцию, обеспечивающую надежность захвата, удержания и переноса ее захватными устройствами промышленного робота.

Кроме этого, конструкции деталей должны быть технологичными, соответствовать общим правилам, установленным ГОСТ 14.201-83.

При конструировании деталей необходимо из геометрических элементов (цилиндр, конус, сфера, канавка, резьба) комплексной детали составить более простую деталь, отвечающую перечисленным выше

рекомендациям, при этом геометрические элементы можно менять местами, уменьшать или увеличивать их диаметральные и линейные размеры.

В процессе проектирования каждой детали присваивается свой конструкторско-технологический код. Конструкторский код содержит код организации разработчика (в курсовой работе - КГТУ), код классификационной характеристики, порядковый регистрационный номер.

Тема 5 Функциональные и технологические допуски базовых деталей и соединений аппаратов

При современном серийном производстве детали производят в одних цехах, а собирают машины, узлы и приборы в других. В процессе сборки применяют различные крепежные детали, изделия из неметаллических материалов, подшипники качения и другие изделия, изготовленные на разных специализированных предприятиях. Несмотря на это, сборка происходит без дополнительных подгоночных и доводочных операций, а собранные машины и их части удовлетворяют предъявляемым требованиям. Это возможно при условии взаимозаменяемости узлов и деталей.

Раньше взаимозаменяемость рассматривалась как принцип собираемости деталей и узлов. Сейчас взаимозаменяемость распространяется и на износостойкость, твердость, внутренние напряжения, т. е. на качественные показатели, определяющие надежность и долговечность работы машин, узлов и деталей.

Взаимозаменяемость— это свойство деталей, сборочных единиц, агрегатов занимать свое место в машине без дополнительной обработки и выполнять при этом заданные функции. Взаимозаменяемостью обеспечивается возможность сборки или замены при ремонте любых независимо изготовленных деталей.

Взаимозаменяемость подразделяется на полную и неполную, внешнюю и внутреннюю, функциональную и по геометрическим параметрам.

Полная взаимозаменяемость- это обеспечение заданных показателей качества без дополнительных подгоночных операций в процессе сборки при изготовлении или ремонте машин и их узлов. Благодаря такой взаимозаменяемости упрощается ремонт машин, так как любую износившуюся деталь или узел заменяют. Экономически целесообразно применять ее для деталей средней точности, а также для узлов, состоящих из небольшого числа деталей.

Неполная взаимозаменяемость используется при групповом подборе деталей (селективная или индивидуальная сборка), при наличии компенсатора или при расчетах на основе теории вероятностей. Применяется также для соединений высокой точности. Точность сборки повышается во столько раз, на сколько групп были рассортированы детали.

Внешняя взаимозаменяемость присуща размерам и формам присоединительных поверхностей узлов и их эксплуатационным показателям, например для электродвигателей - взаимозаменяемость по мощности и частоте вращения.

Внутренняя взаимозаменяемость характеризуется точностью деталей, входящих в узлы, например взаимозаменяемость шариков или роликов подшипников качения, узлов ведущего и ведомого валов коробок передач.

Функциональная взаимозаменяемость обуславливает не только возможность сборки или замены при ремонте любых деталей узлов, но и их оптимальные служебные функции. Например, зубчатое колесо должно не только без всяких подгоночных операций занимать свое место в машине, но и передавать требуемый крутящий момент, характеризоваться определенным передаточным отношением.

Взаимозаменяемость по геометрическим параметрам - необходимое условие для соблюдения функциональной взаимозаменяемости.

Функциональную взаимозаменяемость следует создавать с момента проектирования машины или узла. Для этого уточняют номинальные

значения эксплуатационных показателей и определяют допустимые отклонения. Затем определяют основные узлы и детали, от которых в первую очередь зависят данные показатели. Для этих узлов и деталей применяют такие материалы и технологию изготовления, при которых надежность, долговечность и другие показатели оптимальны. После этого выявляют функциональные параметры и устанавливают оптимальные отклонения. Для внедрения функциональной взаимозаменяемости важное значение приобретает контроль деталей, узлов и механизмов. Принцип функциональной взаимозаменяемости — один из главных принципов конструирования и производства, контроля и эксплуатации машин и узлов.

Тема 6 Классификация вредных воздействий. Основные причины выхода из строя типовых деталей и узлов

В процессе эксплуатации оборудования надежность, заложенная в нем при конструировании и изготовлении, снижается вследствие различных неисправностей. Образование и развитие неисправностей оборудования объясняется действием объективно существующих закономерностей. Неисправности машин появляются в результате постоянного или внезапного снижения физико-механических свойств материала деталей, их деформирования, истирания, коррозии, старения, перераспределения остаточных деформаций и других причин, вызывающих отказы деталей. В большинстве случаев изменения происходят в сопряжениях — это нарушение заданных зазоров в подвижных соединениях или натягов в неподвижных соединениях. Любая неисправность является следствием либо дефекта изготовления детали и машины или их ремонта, либо произошедших в процессе эксплуатации изменений размеров, формы, шероховатости поверхности деталей, нарушения их целостности, состава, структуры, механических свойств материала.

Появление неисправностей обусловлено конструктивными, технологическими и эксплуатационными факторами.

К конструктивным факторам относятся: конструктивное исполнение деталей и сборочных единиц, материал деталей, расчетные нагрузки, величина зазоров или натягов в сопряжениях, заданная твердость поверхности деталей, их шероховатость, условия смазки и др.

Технологическими факторами являются способы получения заготовок, виды механической, термической и прочих обработок при изготовлении деталей, точность обработки, выдерживание режимов обработки, правильность сборки узлов и агрегатов, их испытание и др.

К эксплуатационным, относятся факторы, определяемые нагрузочными и скоростными режимами эксплуатации оборудования, интенсивностью эксплуатации, своевременностью и полнотой технического обслуживания и др. Эксплуатационный фактор оказывает решающее воздействие на сохранение свойств элементов оборудования, заложенных в их конструкции и обеспеченных технологией изготовления. В свою очередь, эксплуатационный фактор в огромной степени зависит от человеческого фактора, т.е. квалификации, опыта, отношения к труду, ответственности обслуживающего персонала.

Все неисправности можно подразделить на два вида: повреждения деталей и повреждения поверхностей контакта. Деталь может разрушиться вследствие механических повреждений или появления остаточной деформации. Ниже рассмотрены основные виды этих повреждений.

Поломки и обломы возникают при сильных ударах деталей и часто наблюдаются на литых конструкциях. Такие поломки возможны также в результате усталости металлов.

Трещины возникают в результате значительных местных нагрузок, ударов и перенагрузений, а также циклического знакопеременного приложения нагрузок. Трещины характерны для корпусных деталей (рамы, блоки, станины и пр.), часто возникают на чугунных деталях и на деталях, изготовленных из листового материала.

Тема 7 Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов

В механическом и тепловом оборудовании в качестве материалов широкое применение получили металлы и их сплавы, неметаллические материалы (пластмасса, резина, стекло и т.д.), а также другие материалы, применение которых в контакте с пищевыми продуктами разрешено Государственной санитарной инспекцией.

Выбор материала зависит от назначения деталей и способа их изготовления. При выборе материала учитываются требования прочности и жесткости деталей, а также технологичности. Прочность — это способность детали под действием внешних приложенных сил не допускать поломок и остаточных деформаций. Жесткость — это способность детали под действием внешних приложенных сил допускать упругие деформации только в установленных пределах. Технологичной считается деталь, изготовление которой возможно наименее трудоемкими и наиболее производительными процессами (штамповкой, отливкой). Материалы, используемые для изготовления рабочих органов, камер, жарочных поверхностей, должны быть нейтральны к продуктам и моющим средствам: не подвергаться коррозии, не оказывать вредного действия на продукты и хорошо очищаться от них.

Чистые металлы имеют ограниченное применение из-за отсутствия у них необходимого комплекса свойств. Из чистых металлов, применяемых для изготовления деталей оборудования, можно назвать алюминий (корпусные детали машин, тепловые аппараты и т.д.), олово (пайка емкостей, предназначенных под пищевые продукты). Хром и никель применяются в основном в виде декоративных и антикоррозионных покрытий. Медь как материал с малым омическим сопротивлением используется для изготовления токоведущих частей электроаппаратуры.

Наибольшее распространение получили сплавы металлов, а также сплавы металлов с неметаллами. Подбор составных частей таких сплавов и

соответствующая технология позволяют получать характеристики, значительно превосходящие характеристики чистых металлов. Среди сплавов наиболее распространены стали — сплавы железа с углеродом. Стали с содержанием углерода менее 0,25% называются низкоуглеродистыми, от 0,25 до 0,6 % — среднеуглеродистыми, от 0,6 до 2 % — высокоуглеродистыми. Сплавы железа с углеродом при содержании последнего в количестве более 2 % называются чугунами.

Механические свойства стали зависят от содержания в ней углерода. С увеличением содержания углерода возрастает твердость, повышаются пределы прочности и текучести. Кроме того, механические свойства стали в значительной степени зависят от технологии ее получения.

На свойства стали значительное влияние оказывают примеси и добавки различных элементов (легирование). Так, хром увеличивает прочность стали, твердость и сопротивляемость износу; никель увеличивает прочность, твердость, уменьшает хрупкость; кремний повышает прочность и упругость, но увеличивает хрупкость; марганец повышает прочность, твердость и износостойчивость деталей. Еще более высокие механические свойства приобретают стали при одновременном использовании нескольких легирующих добавок. Легирующие добавки изменяют и химические свойства сталей. Повышенной стойкостью к коррозии обладают нержавеющие стали — хромовые и хромоникелевые.

Для литых корпусных деталей, шнеков, камер обработки чаще применяется чугун. Для сварных корпусных деталей, кожухов, крышек применяется углеродистая сталь, так как сталь прочнее чугуна, легче сваривается и лучше обрабатывается. Зубчатые колеса, валы, оси изготавливаются также из качественной углеродистой стали. Резательные инструменты производятся из инструментальной и листовой нержавеющей стали.

Среди сплавов цветных металлов наиболее часто применяются латуни,

бронзы и алюминиевые сплавы. Латунями называются сплавы меди с цинком. Латунь прочнее и тверже меди и более коррозионностойка. В специальных латунях кроме цинка содержатся легирующие компоненты, улучшающие некоторые свойства латуни.

Бронзы — сплавы меди с любыми металлами, кроме цинка. Наиболее распространенными бронзами являются оловянные, алюминиевые, кремнистые и никелевые. Бронзы обладают хорошей коррозионной стойкостью и высокими антифрикционными свойствами.

К алюминиевым сплавам относятся сплавы алюминия с кремнием — силумины и сплавы алюминия с медью, марганцем и магнием — дюралюмины. Они отличаются прочностью, малым удельным весом, хорошо обрабатываются и применяются для изготовления облегченных корпусов машин и механизмов.

Для изготовления деталей, работающих на истирание (вкладыши подшипников и др.), применяют баббиты — сплавы на основе олова или свинца, являющиеся одними из лучших антифрикционных материалов. К антифрикционным материалам относятся также железистый графит и бронзографит — пористые сплавы, получаемые прессованием и спеканием при высокой температуре порошка железа или меди с графитом и последующей пропиткой в масле. Вкладыши подшипников скольжения из этих материалов могут длительное время работать без смазки. К неметаллическим материалам относятся пластмассы. Наибольшее распространение среди них получили текстолит (зубчатые колеса), тефлон (прокладки, электроизоляция), капрон (зубчатые колеса, втулки) и другие полиамиды.

Материалы для изготовления тепловых аппаратов делятся на конструкционные, электротехнические и теплоизоляционные. В качестве конструкционных материалов используются сталь, чугун, латунь, алюминий и его сплавы, бронза, пластические материалы.

Лучшим металлом для изготовления частей и узлов аппаратов, контактирующих с продуктом, является нержавеющая сталь. Следует

избегать применения для этих целей алюминия. Алюминий может использоваться для изготовления корпусных деталей, элементов кожуха и проч. Пластмассы, обладая легкостью, антикоррозионностью, применяются для изготовления деталей, испытывающих средние нагрузки без перегрева.

Электротехнические материалы, используемые для изготовления нагревательных элементов (конфорки электроплиты, тэны), делят на электроизолирующие и используемые для преобразования электрической энергии в тепловую. В качестве электроизолирующего материала применяются периклаз (плавная окись магния), кварцевый песок, шамот (прокаленная и измельченная огнеупорная глина), слюда, фарфор, кварцевое стекло, керамика. Для изготовления нагревательных спиралей используют нихромы (сплавы никеля с хромом), фехрали (железохромалюминиевые сплавы) и вольфрам. Все они обладают высоким омическим сопротивлением.

Теплоизоляционные материалы должны обладать низкими коэффициентами теплоемкости и теплопроводности, высокой термостойкостью, достаточной прочностью, антикоррозионностью, низкой гигроскопичностью, небольшой плотностью, а также быть удобными в монтаже и экономичными. Теплоизоляционные материалы могут иметь минеральное происхождение — асбест, глина, гипс и др.; растительное — пробка, торф, древесные опилки и др.; животное — шерсть, шелк, войлок; искусственные — пенополистирол, текстолит, пенополиуретан и др.

2. Экзаменационные вопросы

1. Основная номенклатура производства машин и аппаратов.
2. Типизация технологических процессов.
3. Определение стандартизации, виды стандартов по содержанию и сфере действия.
4. Эффективность стандартизации и унификации технологического оборудования.
5. Понятие о предметных и обезличенных системах классификации

оборудования.

6. Кодирование промышленных продукций и технологического оборудования.

7. Классификатор ЕСКД.

8. Взаимозаменяемость и качество технологических машин и оборудования.

9. Условия достижения и обеспечения взаимозаменяемости аппаратуры оболочкового типа.

10. Функциональные и технологические допуски базовых деталей и соединений аппаратов.

11. Взаимная увязка функциональных допусков базовых деталей и соединений аппаратов.

12. Согласованность функциональных и технологических допусков базовых деталей и соединений аппаратов.

13. Системный подход в управлении качеством функционирования аппаратуры.

14. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления машин и аппаратов.

15. Влияние на конструкцию агрегатного состояния перерабатываемого вещества, режимных параметров, периодичности или непрерывности процесса.

16. Определение основных размеров аппаратов непрерывного действия.

17. Классификация емкостных аппаратов.

18. Сосуды, работающие под атмосферным давлением. Оптимизация их размеров. Выбор лучшего варианта конструкции из нескольких по двум или нескольким критериям.

19. Аппараты, нагруженные внутренним давлением.

20. Аппараты, нагруженные внешним давлением.

21. Сосуды с перемешивающими устройствами.

22. Узлы для присоединения аппаратов, их осмотра и установки.

23. Назначение, классификация теплообменных аппаратов и требования, предъявляемые к теплоносителям.

24. Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.

25. Определение среднего температурного напора, температуры поверхности теплообмена. Расчет коэффициентов теплоотдачи теплообменного аппарата.
26. Особенности расчета теплообменных аппаратов с оребренными трубами (АВО).
27. Теплообменники-регенераторы.
28. Смесительные теплообменники.
29. Расчет тепловой изоляции теплообменных аппаратов.
30. Гидродинамический расчет теплообменника. Эффективность теплообменника.
31. Перспективные конструкции теплообменников.
32. Классификация диффузионных аппаратов.
33. Аппараты с фиксированной поверхностью фазового контакта.
34. Аппараты с поверхностью контакта, образуемой в процессе движения потоков.
35. Аппараты с внешним подводом механической энергии.
36. Сравнительная оценка эффективности ректификационной и абсорбционной аппаратуры.
37. Основные положения теории фильтрования. Принципиальная схема фильтра. Классификация процессов фильтрования. Общие сведения о четырех способах разделения суспензий.
38. Классификация фильтрующих перегородок и закономерности фильтрования
39. Обобщенные уравнения фильтрования.
40. Классификация фильтров.
41. Фильтры, работающие под давлением (фильтр-прессы). Конструкция плит и рам фильтр-пресса. Схема работы фильтр-пресса. Зажимные приспособления фильтр-пресса.
42. Фильтр-пресс с гидравлической выгрузкой осадка.
43. Автоматический фильтр-пресс (КМП). Схема фильтра. Принцип работы.
44. Алгоритм расчета рамного фильтр-пресса.
45. Листовые фильтр-прессы. Цикл работы листового фильтра. Листовой

фильтр с вертикальным цилиндрическим резервуаром. Листовой фильтр с горизонтальным резервуаром и неподвижными фильтровальными элементами. Алгоритм технологического расчета.

46. Патронные фильтр-прессы. Конструкция фильтровальных элементов. Достоинства и недостатки патронных фильтров.

47. Вакуум-фильтры. Барабанный вакуум-фильтр с наружной поверхностью фильтрования. Принцип работы барабанных вакуум-фильтров. Конструкция распределительной головки барабанного вакуум-фильтра. Способы удаления осадка с фильтровальной перегородки. Барабанный вакуум-фильтр с внутренней поверхностью фильтрования. Схема, назначения, принцип действия. Способы крепления полотна на барабанных вакуум-фильтрах. Алгоритм расчета барабанного вакуум-фильтра.

48. Тарельчатый вакуум-фильтр. Принцип действия, схемы. Конструкция фильтровального элемента.

49. Дисковый вакуум-фильтр. Принцип действия, схемы. Конструкция фильтровального элемента.

50. Ленточные вакуум-фильтры. Схема, принцип действия. Устройство вакуум-камер и фильтрующей ленты.

51. Барабанный вакуум-фильтр с горячей сушкой осадка.

52. Расчет мощности привода фильтров. Пути повышения производительности фильтров. Выбор фильтров.

53. Фильтры для очистки газов.

54. Основные элементы теории отстойного центрифугирования и центробежной фильтрации.

55. Схема машины и принцип действия.

56. Отстойные и фильтрующие центрифуги. Фактор разделения.

57. Классификация центрифуг. Производительность центрифуг. Типы

центрифуг. Конструкция основных узлов.

58. Вертикальные центрифуги периодического действия с жестко закрепленным валом, центрифуги с упругим горловым подшипником, маятниковые центрифуги. Принцип действия. Конструкция основных узлов и деталей. Выбор материалов

59. Подвесные центрифуги с ручной выгрузкой осадка и саморазгружающиеся. Схемы, принцип действия, конструкция узлов. Выбор материалов.

60. Конические фильтрующие вертикальные центрифуги с инерционной и шнеко-вой выгрузкой. Схемы, принцип действия. Конструкция основных узлов, выбор материалов.

61. Вибрационные центрифуги. Схемы и принцип действия. Конструкция основных узлов и деталей. Выбор конструкционных материалов.

62. Горизонтальные осадительные центрифуги со шнековой выгрузкой. Схема и принцип действия. Конструкция основных узлов. Привод. Конструкционные материалы.

63. Центрифуги с пульсирующей выгрузкой. Схема и принцип действия. Конструкция основных узлов. Гидравлические схемы управления. Конструкционные материалы.

64. Автоматические горизонтальные центрифуги с ножевым съемом осадка. Конструкционные материалы. Алгоритм расчета центрифуг.

65. Многокамерные тарельчатые сепараторы. Схема, принцип действия. Конструкционные материалы.

66. Расчет роторов центрифуг на прочность. Определение мощности привода центрифуг. Динамический расчет центрифуг. Виброизоляция.

67. Определение процесса сушки.

68. Классификация сушилок.

69. Выбор сушильного агента и теплоносителя.

70. Механизм и кинетика сушки материалов. Тепло - и массообмен влажных материалов с окружающей средой. Массопередача в твердых телах при различных способах подвода тепла.

71. Тепловой расчет конвективной сушки с помощью I-d-диаграммы. Конвективные шахтные, барабанные сушилки.

72. Пневматические и распылительные сушилки.
73. Сушилки со встречными закрученными потоками.
74. Терморadiационные сушилки с электрическим и газовым обогревом.
75. Кондуктивные сушилки.
76. Сублимационные сушилки.
77. Классификация химических реакций. Кинетика химических реакций.
78. Классификация реакторов.
79. Расчеты реакторов-котлов.
80. Трубчатые реакторы. Реакторы для системы газ-жидкость.
81. Каталитические процессы.
82. Основные конструкции реакторов для каталитических процессов. Колонна синтеза аммиака как пример контактного аппарата.
83. Основные понятия об аппаратуре для биохимических и радиационно-химических процессов.
84. Сущность печного процесса. Расчет теплового режима твердых тел.
85. Классификация печей.
86. Схемы, расчет печей сернокислотного производства.
87. Шахтные печи.
88. Электрические печи.
89. Барабанные печи.
90. Топки.
91. Огнеупорные материалы для футеровки печей.
92. Вспомогательное оборудование печей.
93. Периодическое и непрерывное смешение.
94. Классификация валкового оборудования.
95. Кинематическая схема вальцев с индивидуальным гидроприводом, групповым гидроприводом. Устройство и принцип действия вальцев. Балки,

подшипники валцов, ограничительные стрелы. Механизм регулирования зазора валцов. Конструкция, принцип действия.

96. Конструкция станины валцов. Расчет станин на прочность.

97. Определение производительности валковых машин.

98. Свойства полимерных материалов в вязкотекучем состоянии.

99. Схема распределения давления и скоростей в сечении валцов. Методы расчета распорного усилия в валковых машинах.

100. Расчет мощности привода валцов.

101. Устройство, назначение, принцип действия каландров. Классификация каландров. Схемы расположения валков каландров.

102. Алгоритм расчета валковых машин.

103. Основные методы формирования материалов в химических и нефтегазовых отраслях промышленности. Индивидуальное и групповое прессование.

104. Устройство компенсаторов.

105. Методы нагрева пресс-форм.

106. Прессование в открытых формах.

107. Экструзионное прессование; гидростатическое прессование; вибрационное прессование; взрывное прессование; таблетирование; безпуансонноепрессование.

108. Принцип действия гидравлического пресса.

109. Классификация прессов.

110. Гидроприводы. Схема индивидуального гидропривода пресса. Схема гидропривода с двумя ступенями производительности.

111. Принципиальная схема гидравлического пресса. Схема насосно-аккумуляторного привода пресса. Схема мультипликаторного гидропривода пресса.

112. Конструкции гидроцилиндров, плунжеров. Конструктивные схемы соединения плунжера с плитой. Уплотнения в гидроцилиндрах прессов. Расчет гидроцилиндров.

113. Расчетная схема колонного гидравлического пресса.

114. Конструкция и расчет станин и поперечин (траверс) прессов. Расчет станин одноцилиндровых колонных прессов при центральном нагружении.
115. Расчет колонн гидравлических процессов.
118. Физико-механические свойства сыпучих материалов.
119. Бункеры, затворы.
120. Питатели, дозаторы.
121. Дробильно-размольные машины. Процессы измельчения. Масштабы применения процессов измельчения в химической промышленности. Расход энергии на измельчение. Измельчение путем излома. Диаграммы. Принцип действия и схемы валковых дробилок. Технологический расчет.
122. Конусные дробилки. Принцип работы. Схема дробилок с подвешенных консольным валом. Технологический расчет.
123. Дробилки ударного действия. Расчет на прочность.
124. Шаровые мельницы. Принцип работы шаровой мельницы. Технологический расчет.
125. Вибрационные мельницы. Принцип работы. Технологический расчет.
126. Машины для классификации зернистых материалов. Технологический расчет.
127. Машины барабанного типа.
128. Смесители. Конструкции и принцип действия смесителей. Барабанные лопастные смесители.
129. Смесители центробежного действия с вращающимся конусом. Центробежный многосекционный смеситель непрерывного действия с вращающимся конусом для сыпучих материалов. Влияние количества секций на качество смеси.
130. Барабанные, одновальные, двухвальные прямоточные, двухвальные противоточные смесители, смесители с z-образными роторами, вибросмесители. Конструктивные особенности. Область применения. Приводы смесителей. Основные расчеты. Оптимизация циркуляционных смесителей
131. Трубопроводы в нефтегазовой и химической отраслях промышленности. Классификация. Методы температурной компенсации. Расчет трубопроводов.

130. Основные понятия теории надежности.
131. Математический аппарат теории надежности. Законы распределения вероятностей.
132. Количественные показатели надежности аппаратов и машин.
133. Расчет показателей надежности.
134. Учет надежности сложных аппаратов и машин. Анализ надежности технологических линий.
135. Понятие работоспособности оборудования.
136. Классификация вредных воздействий. Основные причины выхода из строя типовых деталей и узлов.
137. Факторы, влияющие на надежность аппаратов и машин. Определение оптимального срока службы аппаратов и машин.
138. Резервирование в сложных системах.
139. Методы прогнозирования надежности систем: вероятно-аналитические методы, методы статистических испытаний.
140. Учет надежности химического оборудования на стадии проектирования.
141. Современная экологическая ситуация.
142. Контроль за выбросами в атмосферу и методы их очистки.
143. Методы очистки сточных вод.
144. Защита литосферы от твердых отходов.
145. Проблемы мониторинга, литомониторинга, биомониторинга.
146. Тепловое, звуковое, радиационное и электромагнитное загрязнение окружающей среды.

3. Критерии оценки результатов экзамена

От 0 до 39 баллов - "неудовлетворительно",

От 40 до 59 баллов - "удовлетворительно",

От 60 до 79 баллов - "хорошо",

От 80 до 100 баллов - "отлично".

От 80 до 100 баллов выставляется абитуриенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал курса, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами и вопросами, причем не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;

От 60 до 79 баллов выставляется абитуриенту, если он твердо знает материал курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

От 40 до 59 баллов выставляется абитуриенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических задач;

От 0 до 39 баллов выставляется абитуриенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания - 40 баллов для каждого вступительного испытания.

4. Литература

1. Ковшов А.Н. Электронные издания из ЭБС «Лань» (<http://elanbook.com/>) пакет Инженерные науки - Машиностроение. Технология машиностроения
2. Крутов В.Н., Зубарев Ю.М., Демидович И.В., Треяль В.А. Электронные издания из ЭБС «Лань» (<http://elanbook.com/>) пакет Инженерные науки - Машиностроение.
3. Кудрявцев Е.М. КОМПАС-ВД. Проектирование в машиностроении. Электронные издания из ЭБС «Лань» (<http://elanbook.com/>) пакет Инженерные науки - Машиностроение.
4. Бунаков П.Ю., Широких Э.В. Сквозное проектирование в машиностроении. Основы теории и практикум. Электронные издания из ЭБС «Лань» (<http://elanbook.com/>) пакет Инженерные науки - Машиностроение.
5. Тарабарин О. И., Абызов А. П., Ступко В. Б. Проектирование технологической оснастки в машиностроении. Электронные издания из ЭБС «Лань» (<http://elanbook.com/>) пакет Инженерные науки - Машиностроение.
6. Галимов Э.Р., Тарасенко Л.В., Унчикова М.В., Абдуллин А.Л. Материаловедение для транспортного машиностроения. Электронные издания из ЭБС «Лань» (<http://elanbook.com/>) пакет Инженерные науки - Машиностроение.
7. Зубарев Ю.М., Косаревский С.В. Автоматизация координатных измерений в машиностроении. Электронные издания из ЭБС «Лань» (<http://elanbook.com/>) пакет Инженерные науки - Машиностроение.

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине (аспирантура) по направлению подготовки 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы согласована

Декан инженерного факультета



Р.З. Тулькибаев