

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

по выполнению практических и лабораторных работ

**ПМ.01. «Организация технического обслуживания и ремонта электрического и
электромеханического оборудования»**

**МДК.01.02. «Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и
электромеханического оборудования»**

по программе подготовки специалистов среднего звена

**13.02.11. «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования»**

Составил:
Мухтаров ИФ
Мастер ПО.

АННОТАЦИЯ

Учебно-методический комплекс (далее УМК) междисциплинарного курса «МДК01.02 Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и электромеханического оборудования» является обязательной составной частью основной профессиональной образовательной программы по специальности, используемой в процессе преподавания и изучения междисциплинарного курса.

УМК является основным средством решения задачи оснащения учебного процесса учебно-методическими, справочными и другими материалами, позволяющими улучшить качество подготовки специалистов. Для студентов второго курса очного и заочного обучения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1 Основная часть

Раздел. Классификация электрического и электромеханического оборудования.

Раздел. Электрическое освещение.

Раздел. Электрооборудование термических установок.

Раздел. Электрооборудование во взрывоопасных и пожароопасных помещениях.

Раздел. Электрооборудование и электрические схемы управления установками для нанесения покрытий.

Раздел. Электрооборудование обрабатывающих установок

Раздел. электрооборудование компрессоров, вентиляторов и насосов.

Методические указания по решению задач

Заключение.

Список литературы и источников.

Приложение 1. Норма освещенности.

Приложение 2 Наименьшая освещенность рабочих поверхностей.

Введение

Специалисты, занимающиеся эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом электрического и электромеханического оборудования, должны быть хорошо знакомы с механическим оборудованием, технологией, понимать электрическую схему работы того или иного механизма. Всё это требует от инженерно-технического персонала изучения теоретических основ электропривода, управления электроприводами, а также специальных курсов, одним из которых является «Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и электромеханического оборудования».

При подъёме промышленности специалисты указанного направления требуются прежде всего. Современный специалист должен обладать достаточными знаниями, чтобы самостоятельно принимать грамотные решения при эксплуатации. Для этого необходимо понимать специфические особенности того или иного механизма.

В программе междисциплинарного курса «Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и электромеханического оборудования» рассматриваются вопросы электрооборудования подъёмных кранов, подъёмников, механизмов непрерывного транспорта, насосов и вентиляторов. Отдельную тему составляют механизмы бытовой техники.

Учебно-методический комплекс разработан в соответствии с рабочей учебной программой междисциплинарного курса «Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и электромеханического оборудования», которая является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования и составлен на основе Примерной программы междисциплинарного курса «Электрическое и электромеханическое оборудование» - ПМ 01 «Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования». Междисциплинарный курс «Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и электромеханического оборудования» входит в профессиональный модуль основной профессиональной образовательной программы «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования».

В результате выполнения контрольных заданий, лабораторных работ и изучения теоретической части дисциплины студент должен

- уметь:** осуществлять коммутацию в электроустановках по принципиальным схемам;
- читать и выполнять рабочие чертежи электроустановок;
 - контролировать режимы работы электроустановок;
- знать: основные** законы электротехники;
- классификацию кабельных изделий, их область применения;
 - устройство, принцип действия и основные технические характеристики электроустановок;

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Раздел 1. Классификация электрического и электромеханического оборудования

Тема: «Основные понятия и определения светотехники»

Практическая работа №1. «Основные понятия и определения светотехники»

Цель работы: Изучить понятия и определения светового электрооборудования

Ход работы.

1. Изучить материалы учебной литературы, словарей, и нормативных документов.

2. Составить конспект основных определений:

Световой поток (Φ) мощность светового потока излучения, оцениваемая по зрительному ощущению человеческим глазом. Размерность светового потока – люмен (Лм).

Сила света (J) пространственная плотность светового потока в заданном направлении, т.е. световой поток, отнесенный к телесному углу ω , в котором он излучается -кандела (кд).

Освещенность (E) плотность светового потока на освещаемой им поверхности – световой поток, отнесенный к площади освещаемой поверхности S , измеряемой в m^2 , при условии его равномерного распределения по поверхности, когда свет источника падает на нее перпендикулярно – люкс (Лк).

Яркость (B) является световой величиной, непосредственно воспринимаемой глазом. Она определяется отношением силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к направлению излучения – (кд/ m^2).

Коэффициент отражения поверхности ρ характеризует ее способность отражать падающий на нее световой поток. Он определяется отношением отраженного светового потока к падающему.

Световая отдача (η) показатель эффективности светового действия, показывает с какой экономичностью потребляемая электрическая мощность преобразуется в свет – люмен на Ватт (Лм/Вт).

Качественные показатели

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается светлым, если коэффициент отражения R больше 0,4; средним при $R = 0,2 \dots 0,4$ и темным, если R меньше 0,2.

Контраст объекта различения с фоном (K) – фотометрический измеряемая разность яркости двух зон. Он определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

Контраст считается большим при K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости), средним при $K = 0,2 \dots 0,5$ (заметно отличаются) и малым, если K менее 0,2 (мало отличаются).

Показатель ослепленности или Блескость (P) критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением $P = (S - 1) 1000$, где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Показатель дискомфорта (M) – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения. Он определяет степень дополнительной напряженности зрительной работы, вызванной наличием резкой разницы яркостей в освещенном помещении.

Цветопередача (R_a) – выражается с помощью различных степеней “общего коэффициента цветопередачи” R_a . Коэффициент цветопередачи отражает уровень соответствия естественного цвета тела с видимым цветом этого тела при освещении его эталонным источником света.

Цветность света и Цветовая температура (K) – важнейшие качественные параметры, определяющие степень естественности (белизны) света, испускаемого лампой. Измеряется по температурной шкале Кельвина (K). Существуют следующие три главные цветности света (тёпло – белая $< 3.300 K$; холодно – белая $3.300K – 5.000 K$; дневного света $> 5.000 K$).

Лампы с одинаковой цветностью света могут иметь весьма различные характеристики цветопередачи, что объясняется спектральным составом излучаемого ими света

3. Ответить на контрольные вопросы

1. Величины, характеризующие свет.
2. Параметры яркости освещённых поверхностей.
3. Устройство и принцип действия лампы накаливания.
4. Устройство и принцип действия люминесцентной лампы.
5. Устройство и принцип действия дуговой ртутной лампы

Тема «Источники света лампы накаливания, газоразрядные лампы»

Практическая работа по изучению основ теории о источниках света.

Цель работы: получить понятия что называется источником света, познакомиться с лампами накаливания и газоразрядными лампами.

Ход работы:

1. Изучить теоретический материал
2. Выполнить практическую часть составить опорный конспект с определениями неоновая лампа, стабилитрон, декатрон описать их технические характеристики и применение.

Изучите материал теории:

Газоразрядными, или ионными, называют электронные приборы, в которых используется электрический разряд в газовой среде, сопровождающийся направленным [движением электронов и ионов](#). Величина тока, протекающего через ионный прибор, зависит от многих факторов, а возникновение тока обусловлено столкновением свободных электронов с атомами газа и ионизацией газа. Процесс ионизации газа нарастает лавинообразно, поэтому для ограничения тока последовательно с газоразрядным прибором включают ограничительный резистор.

По способу получения положительных ионов различают разряды: самостоятельный, возникающий под действием электрического поля, и несамостоятельный, для поддержания которого, кроме электрического, нужен внешний источник энергии, обеспечивающий начальную ионизацию. По плотности в разрядном промежутке различают темный, тлеющий и дуговой разряды. Схема включения ионного прибора и вольт-амперная характеристика электрического разряда приведены на рис. 1, а, б.

Недостатками вакуумных и ионных приборов являются: небольшой срок службы, большое внутреннее сопротивление, а следовательно, и большое падение напряжения; необходимость стабилизации тока накала.

Неоновая лампа — газосветный прибор тлеющего разряда, имеет два электрода различной формы, помещенных в газонаполненный баллон. Разряд неоновой лампы

происходит при токах небольшой величины и сравнительно больших [напряжениях](#). Начальная ионизация здесь происходит под действием внешних факторов (радиоактивных излучений, космических лучей и т. д.). При увеличении напряжения между электродами до 60—220 В (напряжение зажигания) свободные электроны начальной ионизации разгоняются до скоростей, достаточных для ионизации газа, поэтому процесс ионизации протекает лавинообразно. Величина тока разряда ограничивается балластным резистором до 10—20 мА (см. рис. 1,а). После зажигания лампы на ее электродах устанавливается постоянное напряжение горения U_r , которое несколько меньше напряжения зажигания. Неоновые лампы, дающие оранжево-красное свечение, используют как сигнальные, их можно применять также как переключающие элементы. **Стабилитрон** конструктивно отличается от неоновой лампы. Катод выполнен в виде цилиндра, с внутренней стороны его приварена никелевая проволока. Анод расположен по оси цилиндра (рис. 2, а). Тлеющий разряд возникает сначала между проволокой и анодом, затем, когда концентрация ионов в межэлектродном пространстве повысится, он переходит на основной катод. Принцип стабилизации напряжения заключается в том, что напряжение на ограничительном резисторе R_b может быть определено из выражения: При изменении [э. д. с. Е источника](#) изменяется его ток, что вызывает соответствующее изменение напряжения U_b . Если при этом ток не выйдет за пределы от $I_{ст}$ до $I_{ст} + \Delta I$, то напряжения на стабилитроне и соответственно на нагрузке останутся практически неизменными. Напряжение на балластном резисторе изменится на ту величину, на которую изменилась [э. д. с. источника](#) (рис. 2,б).

Стабилитроны выполняют на стандартные величины стабилизированных напряжений, маркируют буквами СГ — стабилизатор газовый. Стабилитроны могут быть выполнены на несколько значений стабилизированных напряжений. В этом случае между катодом и анодом располагают несколько электродов, потенциалы которых определяются потенциалами соответствующих точек межэлектродного пространства. **Декатрон** — газоразрядный прибор с холодным катодом, имеет один анод и десять симметрично расположенных вокруг него катодов. Разряд поддерживается между анодом и одним из катодов. Управляющими импульсами разряд может переводиться с одного катода на другой. Применяют декатрон в цифровых приборах. К приборам с несамостоятельным разрядом относятся газотрон и тиратрон с подогревы катодом.

Ответьте на контрольные вопросы изученному материалу:

Контрольные вопросы:

1. Какие лампы называется газоразрядными лампами
2. Какие лампы называется Неоновая лампа
3. Какие лампы называется Стабилитрон
4. Какие лампы называется Декатрон

Практическая работа «Типы ламп, конструкция принцип работы, схемы включения».

Цель работы: изучение **конструкции** ламп накаливания и газоразрядных ламп»

Ход работы:

1. Изучить теорию.
2. Выполнить практическую часть работы: Составить таблицу «Типы ламп и их конструкция»

Тип ламп	Основные детали конструкции	Назначение элемента
1. Лампа накаливания		
2. Газоразрядные лампы		
3. Ртутные лампы		

3. Сделать вывод о использовании разного вида ламп в промышленности и производстве.

Практическая работа «Светильники их классификация и их характеристики».

Цель работы: Изучение светильников их классификацию и их характеристики.

Ход работы;

1. Изучить теорию

2. Выполнить практическую часть работы: Составить таблицу «Типы светильников и их конструкция»

Тип светильника	Основные детали конструкции	Назначение элемента
1. открытые		
2. пылезащищенные		
3. пыленепроницаемые		
4. незащищенные		

3. Сделать вывод о использовании разного вида светильников в производстве.

Теория:

Светильники. Классификация и маркировка

Светильником называется осветительный прибор, осуществляющий перераспределения светового потока лампы. Светильник состоит из лампы, арматуры и рассеивается. Светотехническими характеристиками светильников являются их кривые силы света, соотношение потоков, излучаемых в нижнюю и верхнюю полусферы, коэффициент полезного действия.

Светильники делятся на классы, в зависимости от того, какую долю всего потока светильника составляет поток нижней полусферы. Светильники относятся к классу прямого света (П), если эта доля больше 80%, преимущественно прямого света (Н), если она составляет 60-80%, рассеянного света (Р) - 40-60%, преимущественно отраженного света (В) - 20-40 и отраженного света (0) - менее 20%.

Светильники делятся также на 7 типовых кривых силы света:

Основным признаком, определяющим тип кривой, является отношение максимальной силы света светильника к средней арифметической для данной плоскости.

Светильники классифицируются также по степени защиты от пыли, воды и взрыва. Степень защиты светильников обозначается двумя цифрами: первая — защита от пыли, вторая — от воды.

По защите от пыли различаются на:

2 - открытые с неуплотненной светопропускающей оболочкой полностью;

- 5 - пылезащищенные;
- 6 - полностью пыленепроницаемые;

По защите от воды на:

- 0 - незащищенные;
- 2 - каплезащищенные;
- 3 - дождезащищенные;
- 4 - брызгозащищенные;
- 5 - струезащищенные;

Из различных взрывозащищенных исполнений для светильников характерны исполнения повышенной надежности (Н) и взрывонепроницаемое (В).

Каждому светильнику, за исключением светильников специального назначения и для установки на транспорте, присваивается шифр (условное обозначение). Например,

НПП 03х100 РТУ 33-125-001 РСР 05 250РКУ 28 250

Структура шифра такова:

Где:

1 - буква, обозначающая источник света:

Н - лампы накаливания общего применения;

Р - ртутные лампы типа ДРЛ;

Л - прямые трубчатые люминесцентные лампы;

И - кварцевые галогенные лампы накаливания;

Г - ртутные лампы типа ДРИ;

Ж - натриевые лампы;

К - ксеноновые трубчатые лампы и т. д.;

2 - буква, обозначающая способ установки светильника:

С - подвесные;

П - потолочные;

Б - настенные;

В - встраиваемые и т.д.;

3 - буква, обозначающая основное назначение светильника:

П - для промышленных предприятий;

О - для общественных зданий;

У - для наружного освещения;

Р - для рудников и шахт;

Б - для бытовых помещений;

4 - двузначное число (01-99), обозначающее номер серии;

5 - число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых светильников число 1 не указывается и знак "х" не ставится, а мощность указывается непосредственно после тире);

6 - число, обозначающее мощность ламп в ваттах;

7 - трехзначное число (001-099), обозначающее номер модификации;

8 - обозначение климатического исполнения и категории размещения светильников.

Климатическое исполнение указывается буквами:

У - для районов с умеренным климатом;

Т - для районов с тропическим климатом и т. д.

Категория размещения определяет место размещения светильников при эксплуатации:

1 - на открытом воздухе;

2 - под навесами и другими полуоткрытыми сооружениями;

3 - в закрытых неотапливаемых помещениях;

4 - в закрытых отапливаемых помещениях;

5 - в сырых помещениях;

Контрольные вопросы:

1. Источники электрического света, их типы и характеристики.
2. Светильники, их характеристики и классификация.
3. Дайте полную характеристику видов освещения.
4. Дайте полную характеристику систем освещения.
5. Устройство и применение ламп накаливания.
6. Устройство и схема включения люминесцентной лампы.
7. Устройство дуговых ртутных ламп высокого давления.
8. Основные методы расчетов осветительных установок.

Практическая работа «Правила и нормы искусственного освещения.»

Цель работы: изучение правил и нормы искусственного освещения

Ход работы:

1. Изучить теорию

2. Составить опорный конспект на заданную тему

3. Выполнить практическую работу в виде таблицы с указанием норм искусственного освещения жилого помещения. Построить кривую падения света.

Таблица 3.

Помещение	Размер помещения м ²	Норма искусственного освещения
квартиры		
коридор		
кухня		
зал		
спальня		
Туалет		
Ванная комната		

Теория:

Нормированные уровни освещенности квартир

Вид помещения и выполняемой работы в жилых помещениях	Наименьшая освещённость рабочей поверхности*, лк
Приём пищи	200 / 100
Приготовление пищи	200 / 100
Занятия	
работа за письменным столом	300 / 150
чтение в кресле	200 / 100
ориентирование ночью	5 / 5
Отдых	
чтение	200 / 100
рукоделие (шитьё, вязание и т.п.)	100 / 50
приём гостей, беседы, игры	100 / 50
Туалет и косметика	200 / 100
Туалет в ванной	
умывание, бритьё	200 / 100
мытьё, стирка	150 / 100
Внешний осмотр, косметика в передней у зеркала	200 / 100
Хозяйственные работы	
ручное шитьё	
кройка, шитьё на швейной машине	400 / 200
глажение	400 / 200
Любительский труд	300 / 150
слесарные и столярные работы	
моделирование и рисование	300 / 150
игра на музыкальных инструментах	500 / 300
	300 / 150

Нормы искусственного освещения приведены в СНиП П - А. Наружное освещение кварталов, улиц и площадей также регламентируется указанными нормами в зависимости от интенсивности движения транспорта и пешеходов. [1]

Нормы искусственного освещения предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения и др., соответствующие условиям производства, отраслевые и общепромышленные Правила и Нормы. [2]

Нормы искусственного освещения предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения и другие, соответствующие условиям производства, отраслевые и общепромышленные правила и нормы. [3]

Нормами искусственного освещения для образовательных школ предусматривается освещённость в спортивных залах, равная 150 лк при использовании ламп накаливания и 200 лк - люминисцентных ламп. [4]

Выбор требуемых по нормам искусственного освещения параметров (минимальной или средней освещённости, средней яркости дорожных покрытий) и параметров качества освещения (показателей ослепленности и дискомфорта, цилиндрической освещённости, коэффициента пульсации освещённости) проводится, как правило, на основании отраслевых норм искусственного освещения, разработанных для многих отраслей промышленности, видов производств, общественных зданий различного назначения (см. разд. [5]

Освещенность должна соответствовать Нормам искусственного освещения предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения. [6]

С 1971 г. действуют нормы искусственного освещения (СНиП II-А. Они устанавливают наименьшие значения освещенности, при которых обеспечивается успешное выполнение работы, при этом одновременно с освещенностью регламентируется и коэффициент отражения фона. Кроме того, учитывается длительность напряженной зрительной работы. [7]

Величину коэффициента запаса согласно нормам искусственного освещения выбирают в зависимости от условий эксплуатации установки. В производственных помещениях в зависимости от содержания в воздушной среде темной пыли, дыма и копоти (10 мг / м³) коэффициент запаса принимают 2 для газоразрядных ламп и 1,7 - для ламп накаливания. При содержании в воздушной среде темной пыли, дыма и копоти от 5 до 10 мг / м³ коэффициент запаса принимают 1,8 для газоразрядных ламп и 1,5 для ламп накаливания. [8]

Правил, должно удовлетворять нормам искусственного освещения согласно нормам, предусмотренным гл. [9]

Нормы освещенности основных объектов нефтебазы. Нормы освещенности основных объектов нефтебазы.

Согласно действующим правилам и нормам искусственного освещения промышленных предприятий осветительная аппаратура внутренних помещений и рабочих установок должна обеспечивать: необходимую освещенность помещений и рабочих мест; равномерность освещения; отсутствие теней на рабочих поверхностях; постоянство освещенности; ослабление слепимости; требования техники безопасности. [10]

Нормы освещенности основных объектов нефтебазы. Нормы освещенности основных объектов нефтебазы.

Согласно действующим правилам и нормам искусственного освещения промышленных предприятий осветительная аппаратура внутренних помещений и рабочих установок должна обеспечивать: необходимую освещенность помещений и рабочих мест; равномерность освещения; отсутствие теней на рабочих поверхностях; постоянство освещенности; ослабление слепимости; требования техники безопасности. [11]

Во всех правилах и нормах искусственного освещения предусматриваются меры для ограничения блескости. [12]

Освещенность складов металла должна соответствовать Нормам искусственного освещения для предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения. [13]

Контрольные вопросы:

1. Привести пример величину коэффициента запаса согласно нормам искусственного освещения
2. Какова норма освещенности складов металла должна соответствовать Нормам искусственного освещения

Практическая работа. Основные методы расчета освещённости.

Цель работы: произвести расчёт электрического освещения производственного помещения

Ход работы:

1. Изучить теорию

2. Написать опорный конспект привести примеры методов расчета освещенности.

Теория.

Методы расчета освещения

Светотехническим расчетом могут быть определены:

- мощность ламп, необходимая для получения заданной освещенности при выбранном типе, расположении и числе светильников,
- число и расположение светильников, необходимых для получения заданной освещенности при выбранном типе светильников и мощности ламп в них,
- расчетная освещенность при известном типе, расположении светильников и мощности ламп в них.

Основными при проектировании являются задачи первого вида, поскольку тип светильников и их расположение должны выбираться исходя из качества освещения и его экономичности.

Решение задач при расчете освещения второго вида производится, если мощность ламп точно задана, например необходимо применить светильники с люминесцентными лампами мощностью 80 Вт.

Задачи третьего вида решаются для существующих установок, если освещенность невозможно измерить, и для проверки проектов и расчетов, например, для проверки точечный методом расчетов, выполненных методом коэффициента использования.

Выполнение светотехнических расчетов возможно методами:

- 1) методом коэффициента использования светового потока,
- 2) методом удельной мощности,
- 3) точечным методом.

Метод коэффициента использования применяется для (расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при светильниках любого типа.

Метод удельной мощности применяется для приближенного предварительного определения установленной мощности осветительной установки.

Точечный метод расчета освещения применяется для расчета общего равномерного и локализованного освещения, местного освещения независимо от расположения освещаемой поверхности при светильниках прямого света.

Кроме вышеуказанных методов расчета освещения, имеется комбинированный метод, который применяется в тех случаях, когда неприменим метод коэффициента использования, а светильники не относятся к классу прямого света.

Для некоторых видов помещений (коридоров, лестниц и т. д.) существуют прямые нормативы, задающие мощность ламп для каждого такого помещения.

Рассмотрим методику проведения расчетов по каждому из описанных методов.

Метод коэффициента использования светового потока

В результате решения по методу коэффициента использования светового потока находится световой поток лампы, по которому она подбирается из числа стандартных. Поток выбранной лампы не должен отличаться от расчетного более чем на +20 или -

10%. При большем расхождении корректируется намеченное число светильников. Расчетное уравнение для определения необходимого светового потока одной лампы:

$$F = (E_{\text{мин}} \times S \times k_z \times z) / (n \times \eta)$$

где F - световой поток лампы (или ламп) в светильнике, лм; $E_{\text{мин}}$ - нормируемая освещенность, лк, k_z - коэффициент запаса (зависит от типа ламп и степени загрязненности помещения), z - поправочный коэффициент, учитывающий, что средняя освещенность в помещении больше, чем нормируемая, минимальная, n - число светильников (ламп), η - коэффициент использования светового потока, равный отношению светового потока, падающего на рабочую поверхность, к суммарному потоку всех ламп; S — площадь помещения, м².

Коэффициент использования светового потока - справочное значение, зависит от типа светильника, параметров помещения (длины, ширины и высоты), коэффициентов отражения потолков, стен и полов помещения.

Порядок расчета освещения по методу коэффициента использования светового потока:

1) определяется расчетная высота H_p , тип и количество светильников в помещении.

Расчетная высота подвеса светильника определяется исходя из геометрических размеров помещения

$$H_p = H - h_c - h_r, \text{ м,}$$

где H - высота помещения, м, h_c – расстояние светильника от перекрытия ("свес" светильника, принимается в пределах от 0, при установке светильников на потолке, до 1,5 м), м, h_r – высота рабочей поверхности над полом (обычно $h_r = 0,8$ м).

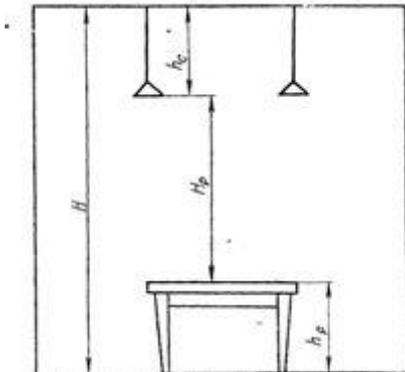


Рис. 1. Определение расчетной высоты при расчетах электрического освещения

Подробнее про определение расчетной высоты смотрите здесь: [Размещение светильников в помещении при расчете освещения](#)

2) по таблицам находятся: коэффициент запаса k_z поправочный коэффициент z , нормированная освещенность $E_{\text{мин}}$,

3) определяется индекс помещения i (он учитывает зависимость коэффициента использования светового потока от параметров помещения):

$$i = (A \times B) / (H_p \times (A + B)),$$

где A и B - ширина и длина помещения, м,

4) коэффициент использования светового потока лампы η в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения стен, потолка и рабочей поверхности ρ_c, ρ_p, ρ_r ;

5) находится по формуле необходимый поток одной лампы F ;

6) выбирается стандартная лампа с близким по величине световым потоком.

Если в результате расчета окажется, что лампа больше по мощности, чем применяемые в выбранном светильнике, или если требуемый поток больше, чем

могут дать стандартные лампы, следует увеличить количество светильников и повторить расчет или отыскать необходимое количество ламп, задавшись их мощностью (а следовательно и световым потоком лампы F):

$$n = (E_{\text{мин}} \times S \times k_3 \times k_z) / (F \times \eta)$$

Метод удельной мощности

Удельной установленной мощностью называют частное от деления общей установленной в помещении мощности ламп на площадь помещения:

$$P_{\text{уд}} = (P_{\text{л}} \times n) / S$$

где $P_{\text{уд}}$ - удельная установленная мощность, Вт/м², $P_{\text{л}}$ - мощность лампы, Вт; n - число ламп в помещении; S — площадь помещения, м².

Удельная мощность - это справочное значение. Для того, что бы правильно выбрать величину удельной мощности необходимо знать тип светильников, нормированную освещенность, коэффициент запаса (при его значениях, отличающихся от указанных в таблицах, допускается пропорциональный пересчет значений удельной мощности), коэффициенты отражения поверхностей помещения, значения расчетной высоты и площадь помещения.

Расчетное уравнение для определения мощности одной лампы:

$$P_{\text{л}} = (P_{\text{уд}} \times S) / n$$

Порядок расчета освещения по методу удельной мощности:

- 1) определяется расчетная высота H_p , тип и количество светильников и в помещении;
- 2) по таблицам находятся нормированная освещенность для данного вида помещений $E_{\text{мин}}$, удельная мощность $P_{\text{уд}}$;
- 3) рассчитывается мощность одной лампы и подбирается стандартная.

Если расчетная мощность лампы оказывается большей чем применяемая в принятых светильниках, следует определить необходимое количество светильников, приняв величину мощности лампы в светильнике $P_{\text{л}}$.

Точечный метод расчета освещения

Этим методом находят освещенность в любой точке помещения.

Порядок расчета для точечных источников света:

- 1) Определяется расчетная высота H_p , тип и размещение в светильников в помещении и чертится в масштабе план помещения со светильниками,
- 2) на план наносится контрольная точка A и находятся расстояния от проекций светильников до контрольной точки - d ;

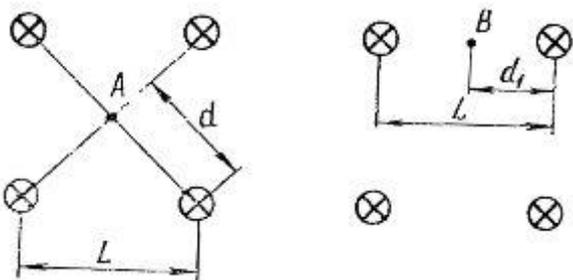


Рис. 2. Расположение контрольной точки A при размещении светильников по углам квадрата и B по сторонам прямоугольника

- 3) по пространственным изолюксам горизонтальной освещенности находится освещенность e от каждого светильника;
- 4) находится общая условная освещенность от всех светильников $\sum e$;
- 5) рассчитывается горизонтальная освещенность от всех светильников в точке A :

$$E_a = (F \times \mu / 1000 \times k_z) \times \sum e,$$

где μ - коэффициент, учитывающий дополнительную освещенность от удаленных светильников и отраженного светового потока, k_z - коэффициент запаса.

Вместо пространственных изолюкс условной горизонтальной освещенности возможно использование таблиц значений горизонтальной освещенности при условной дапке 1000 лм.

Порядок по точечному методу расчета для светящихся полос:

- 1) определяется расчетная высота H_p , тип светильников и люминесцентных ламп в них, размещение светильников в полосе и полос в помещении. Затем полосы наносятся на план помещения, вычерченный в масштабе;
- 2) на план наносится контрольная точка A и находятся расстояния от точки A до проекции полос r . По плану помещения находится длина половины полосы, которую принято в точечном методе обозначать L . Ее не следует путать с расстоянием между полосами, обозначенным также L и определяемым по наивыгоднейшему соотношению (L/H_p);

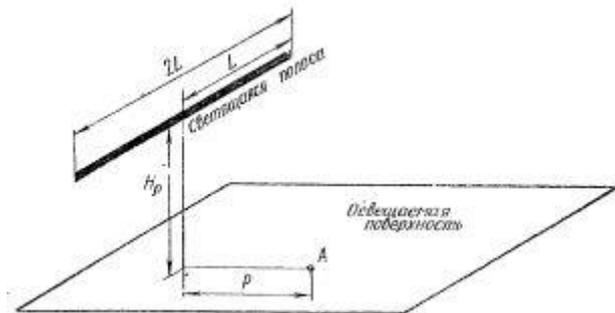


Рис. 3. Схема к расчету освещения точечным методом полосами светильников

- 3) определяется линейная плотность светового потока

$$F' = (F_{св} \times n) / 2L,$$

где $F_{св}$ - световой поток светильника, равный сумме световых потоков ламп, светильника; n - количество светильников в полосе;

- 4) находятся приведенные размеры $r' = r/H_p$, $L' = L/H_p$

5) по графикам линейных изолюксов относительной освещенности для люминесцентных светильников (светящихся полос) находится для каждой полуполосы в зависимости от типа светильника r' и L'

$$E_a = (F' \times \mu / 1000 \times k_z) \times \sum e$$

Контрольные вопросы

1. Системы естественного освещения.
2. Понятие светового климата.
3. Каким показателем оценивается естественное освещение? Дайте определение.
4. Что учитывает коэффициент запаса?
5. Виды производственного освещения.
6. Как определяется разряд зрительной работы?
7. Особенности нормирования естественного освещения.
8. Цель расчета естественного освещения.
9. Как осуществляется выбор нормативного коэффициента естественного освещения?
10. Какие требования предъявляются к системе искусственного освещения?
11. Какие методы используются для расчета искусственного освещения и в

каких случаях?

12. От каких факторов зависит освещенность рабочего места?

13. Системы и виды искусственного освещения.

14. Источники света, применяемые в промышленности, и их характеристики.

15. Классификация светильников.

16. Нормирование искусственного освещения. Нормируемая характеристика освещения, и от каких факторов зависит ее выбор?

17. Что такое контраст объекта с фоном и как он определяется?

18. Дайте объяснение коэффициенту использования светового потока.

19. Порядок расчета освещения по методу удельной мощности.

20. В каких случаях для расчета освещения применяется точечный метод?

21. Что такое «условная освещенность»?

22. От каких факторов зависит условная освещенность?

Практическая работа. Составление расчета схемы электрического освещения.

Цель работы: произвести расчёт электрического освещения производственного помещения

Ход работы:

1. Изучить теорию

2. Составить опорный конспект на тему расчет производственного помещения методом светового потока.

Теория. Метод светового потока

Метод светового потока (метод коэффициента использования светового потока) применяется для расчета общего освещения при горизонтальной рабочей поверхности. Расчет производится по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (2.1.)$$

где $E_{\text{н}}$ – выбранная по табл. 2 освещенность, лк; S – площадь помещения; Z – коэффициент минимальной освещенности принимается в пределах 1,1 – 1,5; k – коэффициент запаса применяется по специальной таблице, для условий лаборатории $k = 1,5$ при люминесцентных лампах, $k = 1,3$ при лампах накаливания; N – число ламп в помещении, принимается из предварительного решения; η – коэффициент использования светового потока ламп относительно данной плоскости (в долях единицы).

Величина коэффициента η зависит от коэффициента полезного действия светильника, коэффициентов отражения рабочих поверхностей ρ_p , стен ρ_c , потолка ρ_n и индекса помещения, определяемого по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)},$$

где A , B , H_p – соответственно длина, ширина помещения и высота подвеса светильника.

Таблица 5

Коэффициент использования светового потока ламп, η

По рассчитанному световому потоку Φ выбирают тип лампы по табл. 6 из группы стандартных (типовых) источников света.

Таблица 6

Типовые источники света

Параметры ламп		
Лампы 220 В	накаливания,	Люминесцентные лампы

Лампы люминесцентные																		
Тип светиль- ника	ОД			ДР и ПВЛ-6			ОДО			ОДОР			ШОД			ШЛП		
	$r_p, \%$	$r_c, \%$																
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
	50	50	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	50	30	50	50	30
i	Значение коэффициента использования, %																	
0,5	30	25	20	28	24	21	29	21	26	26	20	17	22	16	14	22	20	17
0,6	34	29	25	32	27	24	32	26	30	30	24	20	28	21	18	27	25	21
0,7	38	33	29	35	30	27	36	29	34	34	28	23	32	24	21	30	28	24
0,8	41	36	33	38	33	29	40	33	37	37	31	26	35	27	24	33	30	27
0,9	45	39	35	41	36	32	42	36	40	40	33	28	38	30	27	35	32	29
1,0	47	42	38	44	38	34	46	38	42	42	35	30	41	32	29	37	34	31
1,1	50	44	40	46	41	36	48	41	45	45	37	33	43	34	31	39	36	32
1,25	53	48	43	48	44	39	51	44	48	48	40	35	46	37	34	42	38	34
1,5	57	52	47	52	47	43	54	48	51	51	43	38	50	40	37	45	40	37
1,75	60	54	51	54	50	46	59	51	54	54	46	41	53	43	40	47	42	40
2,0	62	57	54	56	52	49	61	53	56	56	48	43	55	45	42	48	44	42
2,25	64	59	56	58	54	51	63	55	58	58	50	45	57	47	44	50	46	43
2,5	65	60	57	60	55	52	65	56	59	59	51	46	59	48	45	51	47	44
3,0	67	63	60	62	58	55	67	59	61	61	53	48	61	50	48	53	49	46
3,5	69	65	62	63	59	57	69	61	63	63	55	50	63	52	50	55	51	48
4,0	70	66	64	64	61	58	70	62	64	64	56	51	65	54	51	56	52	49
5,0	72	69	66	65	62	60	72	65	66	66	58	53	67	56	53	58	53	51

Тип и мощность	Световой поток, лм	Тип	Φ , лм	Тип	Φ , лм	Тип	Φ , лм
В-15	105	ЛДЦ 15-4	475	ЛДЦ 30-4	1375	ЛДЦ 65-4	2900
В-25	220	ЛД 15-4	650	ЛД 30-4	1560	ЛД 65-4	3390
Б-40	400	ЛХБ 15-4	640	ЛХБ 30-4	1605	ЛХБ 65-4	3630
БК-40	460	ЛТБ 15-4	665	ЛТБ 30-4	1635	ЛТБ 65-4	3780
Б-60	715	ЛБ 15-4	720	ЛБ 30-4	1995	ЛБ 65-4	4320
БК-60	790	ЛДЦ 20-4	780	ЛДЦ 40-4	1995	ЛДЦ 80-4	3380
Б-100	1350	ЛД 20-4	870	ЛД 40-4	2225	ЛД 80-4	3865
Г-150	2000	ЛХБ 20-4	890	ЛХБ 40-4	2470	ЛХБ 80-4	4220

Г-200	2800	ЛТБ 20-4	925	ЛТБ 40-4	2450	ЛТБ 80-4	4300
Б-200	2920	ЛБ 20-4	1120	ЛБ 40-4	2850	ЛБ 80-4	4960
Г-300	4600					ЛБ 80	5220
Г-500	8300					ЛД 80	4070
Г-750	13100						
Г71000	18600						

Порядок расчета:

1. На основании данных варианта из табл. 8 на стр. 39 – 41 определить норму освещенности E_H по табл. 2 стр. 17.

2. Выбрать источник света (люминесцентные лампы, лампы накаливания или ДРЛ) и тип лампы (ЛДЦ, ЛБ, ЛД, ЛХБ) на основании рекомендаций, приведенных выше.

3. Выбрать светильник для установленного вида источника света и типа лампы, исходя из выше приведенных рекомендаций выбора.

4. Вычертить в масштабе план помещения.

5. Принять решение по размещению светильников на плане (при общем равномерном освещении светильники с люминесцентными лампами можно располагать рядами, параллельными стенам с окнами, с лампами накаливания и ДРЛ в шахматном порядке или по углам прямоугольников как показано на рис. 2.1.).

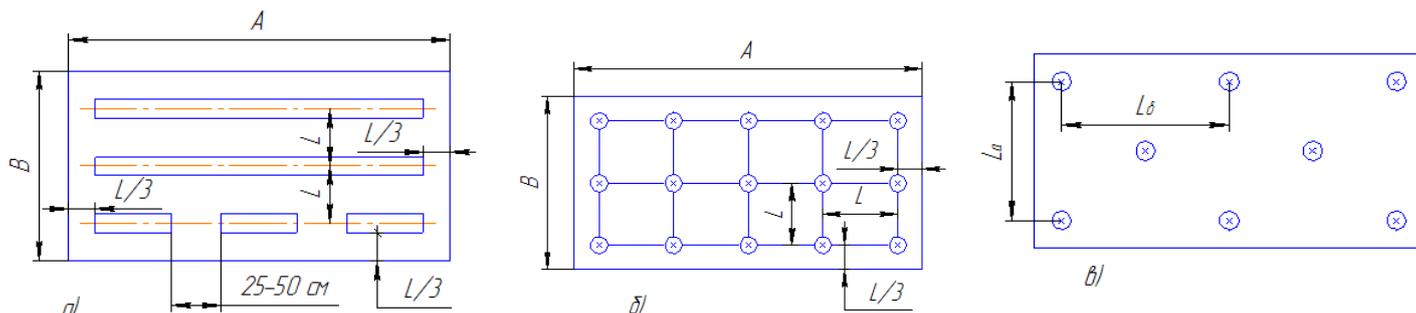


Рис. 2.1 План помещения с размещением:
а) люминесцентных ламп;
б) ламп накаливания или ДРЛ по углам квадрата;
в) в шахматном порядке.

Расстояние между лампами накаливания при размещении по углам прямоугольника лучше принимать равным ($L_a = L_{\delta}$), при расположении ламп в шахматном порядке ($L_{\delta} = \sqrt{3}$). Величину L для люминесцентных ламп и ламп накаливания определить из оптимального отношения

$$\lambda = \frac{L}{h},$$

где h – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, минимальные значения приведены в табл.7, при расчете освещенности принимать $h = H - (h_p + h_c)$; где H – высота помещения; h_p – высота рабочей поверхности ($\approx 0,8$ м); h_c – расстояние от потолка до светильника ($\approx 0,2$ м); λ – оптимальное отношение расстояния, различают оптимальное светотехническое расстояние (λ_c) и энергетическое (λ_{ϵ}), их значение

принимать по табл.7, в зависимости от принятого светильника. Расстояние от стен до светильников принимать $\frac{1}{3}L$.

Светильники с люминесцентными лампами рекомендуется размещать или сплошными рядами или с разрывом 0,25 – 0,5м (рис. 2.1.). В каждом ряду располагается по одному или два светильника. Длина люминесцентных ламп зависит от их мощности: 20 Вт – 920мм; 40,65 Вт – 1300 мм; 80 Вт – 1530 мм.

6. Определить количество светильников на плане N.

7. Принятые предварительно решения проверить расчетом, при котором определяется нужный световой поток одной лампы (методом светового потока) по формуле (1).

8. В соответствии с полученным значением подбирают ближайшую стандартную лампу по табл. 6. При этом допускается отклонение светового потока выбранной лампы от расчетного на – 10 % и + 20 %. В противном случае меняется схема расположения и число ламп, т.е. расчет повторяется.

9. Определить мощность всей осветительной установки по формуле:

$$P_{\Sigma} = P_{л} \cdot n^1,$$

где $P_{л}$ – мощность одной принятой лампы, Вт; n^1 – общее число ламп.

Таблица 7

Характеристики светильников с условной лампой

Тип светильника													
	I	ГС	КС		ШМ	ПУ с отр.	СХ	Н4Б-300 с отраж.	В4Б-200 с отраж.	ОД	ОДОР	ПВЛ-I	СЗ-ДРЛ
			В продольной плоскости	В поперечной плоскости						В попереч. плоскости			
КПД, %	75	84	7	70	67	75	80	60	48	65	68	68	–
Защит. угол	15	30	–	–	15	15	15	15	15	15	15	–	–
Высота подвеса	3–4	3–4	–	–	2,5 – 3	3	4	3	4	3,5	3,5 – 4	–	3,5–4,5
$\lambda_{\text{с}}$	1,5	0,9	–	–	2,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	–
$\lambda_{\text{э}}$	1,9	1,1	–	–	2,8	1,8	1,8	1,8	1,8	–	–	–	–

Таблица 8

Варианты заданий для расчета искусственного освещения

Вариант	Производственное освещение	Габаритные размеры помещения, м			Наименьший размер объекта различения	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Характеристика помещения по условиям среды
		длина А	ширина В	высота Н				
01	Вычислительный центр	60	30	5	0,4	Малый	Светлый	Небольшая запыленность
02	Вычислительный центр	40	20	5	0,45	Средний	Средний	Небольшая запыленность
03	Дисплейный зал	35	20	5	0,35	Малый	Средний	Небольшая запыленность
04	Дисплейный зал	20	15	5	0,32	Большой	Темный	Небольшая запыленность
05	Архив хранения носителей информации	25	10	5	0,5	Средний	Светлый	Небольшая запыленность
06	Лаборатория технического обслуживания ЭВМ	25	12	5	0,31	Средний	Средний	Небольшая запыленность
07	Аналитическая лаборатория	20	10	5	0,48	Средний	Средний	Небольшая запыленность
08	Литейное производство; участок подготовки шихты	36	12	5	0,49	Большой	Средний	Большая запыленность
09	Участок плавки металла	60	24	8	0,5	Средний	Светлый	Небольшая запыленность

Продолжение таблицы 8

10	Механизированный участок получения заготовок	46	24	8	0,5	Средний	Светлый	Небольшая запыленность
11	Участок шлифовальных станков	40	18	6	0,4	Большой	Светлый	Небольшая запыленность, высокая влажность
12	Участок полировальных станков	50	24	6	0,38	Средний	Светлый	Небольшая запыленность, высокая влажность
13	Механический цех; металлорежущие станки	90	24	6	0,28	Средний	Светлый	Небольшая запыленность
14	Прецизионные металлообрабатывающие станки	36	18	5	0,3	Средний	Светлый	Небольшая запыленность
15	Прецизионные металлообрабатывающие станки	54	12	5	0,35	Большой	Средний	Небольшая запыленность
16	Станки с ЧПУ	60	24	5	0,2	Средний	Светлый	Небольшая запыленность
17	Автоматические линии	80	36	5	0,34	Большой	Светлый	Небольшая запыленность
18	Инструментальный цех	60	18	5	0,18	Средний	Светлый	Небольшая запыленность
19	Инструментальный цех	76	24	6	0,23	Большой	Средний	Небольшая запыленность

Окончание таблицы 8

20	Участок сборки	50	18	6	0,25	Большой	Светлый	Небольшая запыленность
21	Участок сборки	56	24	5	0,28	Большой	Средний	Небольшая запыленность
22	Производство печатных плат, гальванический цех: ванны (травление, мойка, металлопокрытие)	65	18	8	0,45	Большой	Средний	Высокая влажность, небольшая запыленность
23	Автоматические линии металлопокрытий	60	24	8	0,48	Средний	Средний	Небольшая запыленность, высокая влажность
24	Участок контрольно-измерительных приборов	24	12	5	0,46	Средний	Светлый	Небольшая запыленность
25	Рабочие места ОТК с визуальным контролем качества изделий	30	12	5	0,2	Большой	Средний	Небольшая запыленность
26	Участок сварки	40	12	7	0,4	Средний	Средний	Средняя запыленность
27	Участок контроля сварных соединений	66	18	5	0,35	Большой	Средний	Небольшая запыленность
28	Участок импульсно-дуговой сварки	56	18	8	0,4	Средний	Светлый	Средняя запыленность
29	Участок автоматизированных установок	90	24	8	0,45	Большой	Средний	Средняя запыленность
30	Лаборатория для металлографических исследований	36	12	5	0,49	Средний	Средний	Небольшая запыленность

Контрольные вопросы

1. Какие методы используются для расчета искусственного освещения и в каких случаях?
2. От каких факторов зависит освещенность рабочего места?
3. Системы и виды искусственного освещения.
4. Источники света, применяемые в промышленности, и их характеристики.
5. Классификация светильников.
6. Нормирование искусственного освещения. Нормируемая характеристика освещения, и от каких факторов зависит ее выбор?
7. Что такое контраст объекта с фоном и как он определяется?
8. Дайте объяснение коэффициенту использования светового потока.
9. Порядок расчета освещения по методу удельной мощности.
10. В каких случаях для расчета освещения применяется точечный метод?
11. Что такое «условная освещенности.»

Практическая работа. Расчет схемы производственного помещения.

Цель работы: произвести расчёт электрического освещения производственного помещения

Ход работы:

1. Изучить теорию
2. Выполнить расчет производственного помещения

Теория.

При расчёте электрического освещения определяют количество, тип и расположение светильников и мощность ламп, обеспечивающих требуемую нормами общую и местную освещённость рабочих мест. Для этого должны быть известны размеры освещаемой площади, требуемая нормами освещённость и характеристика окружающей среды (влажность, пыльность, наличие химически агрессивных паров, пожар опасность, взрывоопасность).

Для расчёта освещения используют следующие светотехнические величины: освещённость - E , выражаемую в люксах (лк), и световой поток - Φ , выражаемый люменах (лм).

Требуемые нормами минимальные освещённости в люксах различных производственных, административных, бытовых помещений и наружных территорий приведены в таблице 1 (Приложение 1). Требуемая нормами освещённость определяется в зависимости от разряда зрительной работы (Приложение 2)

При освещении люминесцентными лампами создаётся эффект некоторой сумеречности, вследствие чего в нормах освещённость от люминесцентных ламп задаётся выше, чем от ламп накаливания. Величина светового потока в люменах, излучаемого электрическими лампами, приводится в таблице 2 (Приложение 1).

Расчёт электрического освещения может выполняться различными методами, из которых наиболее простыми являются метод коэффициента использования светового потока и метод удельной мощности ($Вт/м^2$).

Метод коэффициента использования светового потока применяют для расчёта общего равномерного освещения помещений. Расчёт ведут по формуле:

$$\Phi = \frac{E * k * s * z}{N * \eta};$$

где Φ – световой поток одной лампы, лм;

E – нормируемая наименьшая освещённость, лк;

s – освещаемая площадь, м²;

z – коэффициент минимальной освещённости; $z = 1,1 - 1,15$;

N – количество светильников, шт.;

k – коэффициент запаса; в зависимости от загрязнения воздушной среды принимается: для ламп накаливания $k = 1,3 - 1,7$;

для люминесцентных ламп $k = 1,5 - 2$;

η – коэффициент использования светового потока – принимается по таблице 3 (Приложение 1) с учётом индекса помещения

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)};$$

где h – высота подвеса светильника, м;

A, B – длина и ширина помещения, м;

При расчёте освещения от люминесцентных светильников, расположенных рядами, под N надо понимать количество рядов, а под Φ – общий световой поток одного ряда.

Пример. В помещении площадью $S = 98$ м² со сторонами $14 * 7$ м, на высоте $h = 3,5$ м подвешено 12 светильников типа Уз с рассеивателем. Рассчитать необходимую мощность ламп, чтобы получить освещённость $E = 40$ лк. Коэффициент минимальной освещённости $z = 1,1$.

Рассчитаем индекс помещения:

$$i = \frac{14 * 7}{3,5 * (14 + 7)} = 1,3.$$

По индексу помещения $i = 1,3$ в таблице 3 (Приложение 1) для светильника Уз с рассеивателем находим величину коэффициента использования светового потока $\eta = 0,38$. Принимая коэффициент запаса $k = 1,4$ по формуле находим световой поток необходимой лампы.

$$\Phi = \frac{40 * 1,4 * 98 * 1,1}{12 * 0,38} = 1323 \text{ лм.}$$

Такой световой поток соответствует лампе мощностью 100 Вт (см. табл. 2).

Пример. То же помещение, что и в примере 1, освещается двумя рядами ($N = 2$) люминесцентных светильников ШОД. Необходимо определить мощность ламп ЛД, чтобы получить освещённость $E = 300$ лк. При вычислении коэффициента

использования светового потока η были учтены коэффициенты отражения потолка и стен соответственно 50 и 30%.

По индексу помещения $i = 1,3$ в таблице 3 для светильника ШОД находим коэффициент использования светового потока $\eta = 0,46$. При коэффициенте запаса $k = 1,5$ общий световой поток одного ряда составит

$$\Phi = \frac{300 * 1,5 * 98 * 1,1}{2 * 0,46} = 52728 \text{ лм.}$$

Принимаем лампы ЛБ мощностью по 40 Вт со световым потоком 3000 лм (табл. 2). Световой поток двух ламп светильника ШОД составит $2 * 3000 = 6000$ лм. Для того чтобы в помещении создать освещённость 300 лк в ряду должно быть:

$$\frac{52728}{6000} = 9 \text{ светильников.}$$

Метод удельной мощности заключается в том что для расчёта освещения используют готовые таблицы, в которых приводится удельная мощность освещения, приходящаяся на единицу освещаемой площади ($\text{Вт}/\text{м}^2$) для различных типов светильников и различной величине требующейся освещённости. Расчёт ведётся по формуле:

$$p = \frac{S * W}{N};$$

где p – мощность одной лампы, Вт;

S – площадь помещения, м^2 ;

W – удельная мощность освещения, $\text{Вт}/\text{м}^2$ (табл. 4);

N – число светильников при лампах накаливания или число рядов при люминесцентных лампах.

При расчёте намечается число N светильников с люминесцентными лампами. В дальнейшем это число корректируется в соответствии с результатами расчёта. По формуле рассчитывается мощность p лампы накаливания каждого светильника или общая мощность всех люминесцентных ламп ряда и выбирается количество ламп и светильников в ряду

Пример. Рассчитаем по методу удельной мощности необходимую мощность ламп для освещения того же помещения, что и в примере 1.

Дано: площадь помещения $S = 98 \text{ м}^2$; количество светильников 12; высота подвеса 3,5 м; тип светильника Уз с рассеивателем, требуемая освещённость 40 лк. Этим данным в таблице 4 соответствует удельная мощность $12,7 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Рассчитаем нужную мощность ламп:

$$p = \frac{98 * 12,7}{12} = 103 \text{ Вт.}$$

Ближайшая по мощности лампа 100 Вт.

Раздел 2. «Электрическое освещение».

Практическая работа «Правила и нормы искусственного освещения.»

Цель работы: изучение правил и нормы искусственного освещения

Ход работы;

1. Изучить теоретический материал

2. Выполнить опорный конспект

Практическая часть: Выполнить работу в виде таблицы где необходимо указать норму искусственного освещения в складах металла согласно

СНиП П - А привести ряд примеров.

Теория;

Нормы искусственного освещения приведены в СНиП П - А. Наружное освещение кварталов, улиц и площадей также регламентируется указанными нормами в зависимости от интенсивности движения транспорта и пешеходов. [1]

Нормы искусственного освещения предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения и др., соответствующие условиям производства, отраслевые и общепромышленные Правила и Нормы. [2]

Нормы искусственного освещения предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения и другие, соответствующие условиям производства, отраслевые и общепромышленные правила и нормы. [3]

Нормами искусственного освещения для образовательных школ предусматривается освещенность в спортивных залах, равная 150 лк при использовании ламп накаливания и 200 лк - люминесцентных ламп. [4]

Выбор требуемых по нормам искусственного освещения параметров (минимальной или средней освещенности, средней яркости дорожных покрытий) и параметров качества освещения (показателей ослепленности и дискомфорта, цилиндрической освещенности, коэффициента пульсации освещенности) проводится, как правило, на основании отраслевых норм искусственного освещения, разработанных для многих отраслей промышленности, видов производств, общественных зданий различного назначения (см. разд. [5])

Освещенность должна соответствовать Нормам искусственного освещения предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения. [6]

С 1971 г. действуют нормы искусственного освещения (СНиП П-А. Они устанавливают наименьшие значения освещенности, при которых обеспечивается успешное выполнение работы, при этом одновременно с освещенностью регламентируется и коэффициент отражения фона. Кроме того, учитывается длительность напряженной зрительной работы. [7]

Величину коэффициента запаса согласно нормам искусственного освещения, выбирают в зависимости от условий эксплуатации установки. В производственных помещениях в зависимости от содержания в воздушной среде темной пыли, дыма и копоти (10 мг / м³) коэффициент запаса принимают 2 для газоразрядных ламп и 1,7 - для ламп накаливания. При содержании в воздушной среде темной пыли, дыма и копоти от 5 до 10 мг / м³

коэффициент запаса принимают 1,8 для газоразрядных ламп и 1,5 для ламп накаливания. [8]

Правил, должно удовлетворять нормам искусственного освещения согласно нормам, предусмотренным гл. [9]

Нормы освещенности основных объектов нефтебазы. Нормы освещенности основных объектов нефтебазы.

Согласно действующим правилам и нормам искусственного освещения промышленных предприятий осветительная аппаратура внутренних помещений и рабочих установок должна обеспечивать: необходимую освещенность помещений и рабочих мест; равномерность освещения; отсутствие теней на рабочих поверхностях; постоянство освещенности; ослабление слепимости; требования техники безопасности. [10]

Нормы освещенности основных объектов нефтебааы. Нормы освещенности основных объектов нефтебааы.

Согласно действующим правилам и нормам искусственного освещения промышленных предприятий осветительная аппаратура внутренних помещений и рабочих установок должна обеспечивать: необходимую освещенность помещений и рабочих мест; равномерность освещения; отсутствие теней на рабочих поверхностях; постоянство освещенности; ослабление слепимости; требования техники безопасности. [11]

Во всех правилах и нормах искусственного освещения предусматриваются меры для ограничения блескости. [12]

Освещенность складов металла должна соответствовать Нормам искусственного освещения для предприятий машиностроения, точного приборостроения и судостроения. [13]

Контрольные вопросы:

1. Привести пример величину коэффициента запаса согласно нормам искусственного освещения
2. Какова норма освещенности складов металла должна соответствовать Нормам искусственного освещения

Практическая работа. Основные методы расчета освещённости.

Цель работы: Изучить методы расчета освещенности

Ход работы; Определить при расчёте электрического освещения количество, тип и расположение светильников и мощность ламп, обеспечивающих требуемую нормами общую и местную освещённость рабочих мест в аудитории кабинета.

Пример. В помещении площадью $S = 98 \text{ м}^2$ со сторонами $14 \times 7 \text{ м}$, на высоте $h = 3,5 \text{ м}$ подвешено 12 светильников типа УЗ с рассеивателем. Рассчитать необходимую мощность ламп, чтобы получить освещённость $E = 40 \text{ лк}$. Коэффициент минимальной освещённости $z = 1,1$.

Рассчитаем индекс помещения:

$$i = \frac{14 * 7}{3,5 * (14 + 7)} = 1,3.$$

По индексу помещения $i = 1,3$ в таблице 3 (Приложение 1) для светильника Уз с рассеивателем находим величину коэффициента использования светового потока $\eta = 0,38$. Принимая коэффициент запаса $k = 1,4$ по формуле находим световой поток необходимой лампы.

$$\Phi = \frac{40 * 1,4 * 98 * 1,1}{12 * 0,38} = 1323 \text{ лм.}$$

Такой световой поток соответствует лампе мощностью 100 Вт (см. табл. 2).

Контрольные вопросы:

- 1 Определение мощности осветительной установки при напряжении питания 220 В.
- 2 Определение места расположения групповых щитков и выбор их типа.
- 3 Выбор схемы питания установки и трассы сети.
- 4 Выбор марки и сечения проводов, способа прокладки, аппаратуры управления и защиты.
- 5 Выполнение плана сети освещения.

Практическая работа: Составление расчета схемы электрического освещения.

Цель работы; Изумить материал научиться производить расчеты по электрическому освещению

Ход работы: Для расчёта освещения используют следующие светотехнические величины: освещённость - E , выражаемую в люксах (лк), и световой поток - Φ , выражаемый люменами (лм).

Пример. Рассчитаем по методу удельной мощности необходимую мощность ламп для освещения того же помещения, что и в примере 1.

Дано: площадь помещения $S = 98 \text{ м}^2$; количество светильников 12; высота подвеса 3,5 м; тип светильника Уз с рассеивателем, требуемая освещённость 40 лк. Этим данным в таблице 4 соответствует удельная мощность 12,7 Вт/м².

Рассчитаем нужную мощность ламп:

$$p = \frac{98 * 12,7}{12} = 103 \text{ Вт.}$$

Ближайшая по мощности лампа 100 Вт.

Контрольные вопросы:

- 1 Выбор источников света и типа светильников.
- 2 Выбор освещенности и коэффициента запаса по нормам СНиП.
- 3 Размещение и установка светильников. Определение светового потока и мощности лампы.
- 4 Определение освещенности в контрольной точке точечным методом.
- 5 Определение мощности осветительной установки при напряжении питания 220 В.

Практическая работа. Расчет схемы производственного помещения.

Цель: Изучить методику расчёта освещённости

Ход работы.

1. Изучить теорию
2. Составить опорный конспект на заданную тему
3. Произвести расчет производственного помещения

Теория.

При расчёте электрического освещения определяют количество, тип и расположение светильников и мощность ламп, обеспечивающих требуемую нормами общую и местную освещённость рабочих мест. Для этого должны быть известны размеры освещаемой площади, требуемая нормами освещённость и характеристика окружающей среды (влажность, полнота, наличие химически агрессивных паров, пожар опасность, взрывоопасность).

Для расчёта освещения используют следующие светотехнические величины: освещённость - E , выражаемую в люксах (лк), и световой поток - Φ , выражаемый люменами (лм).

Требуемые нормами минимальные освещённости в люксах различных производственных, административных, бытовых помещений и наружных территорий приведены в таблице 1 (Приложение 1). Требуемая нормами освещённость определяется в зависимости от разряда зрительной работы (Приложение 2)

При освещении люминесцентными лампами создаётся эффект некоторой сумеречности, вследствие чего в нормах освещённость от люминесцентных ламп задаётся выше, чем от ламп накаливания. Величина светового потока в люменах, излучаемого электрическими лампами, приводится в таблице 2

(Приложение 1).

Расчёт электрического освещения может выполняться различными методами, из которых наиболее простыми являются метод коэффициента использования светового потока и метод удельной мощности ($Вт/м^2$).

Метод коэффициента использования светового потока применяют для расчёта общего равномерного освещения помещений. Расчёт ведут по формуле:

$$\Phi = \frac{E * k * s * z}{N * \eta};$$

где Φ – световой поток одной лампы, лм;

E – нормируемая наименьшая освещённость, лк;

s – освещаемая площадь, $м^2$;

z – коэффициент минимальной освещённости; $z = 1,1 - 1,15$;

N – количество светильников, шт.;

k – коэффициент запаса; в зависимости от загрязнения воздушной среды принимается: для ламп накаливания $k = 1,3 - 1,7$;

для люминесцентных ламп $k = 1,5 - 2$;

η – коэффициент использования светового потока – принимается по таблице 3 (Приложение 1) с учётом индекса помещения

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)};$$

где h – высота подвеса светильника, м;

A, B – длина и ширина помещения, м;

При расчёте освещения от люминесцентных светильников, расположенных рядами, под N надо понимать количество рядов, а под Φ – общий световой поток одного ряда.

Пример. То же помещение, что и в примере 1, освещается двумя рядами ($N = 2$) люминесцентных светильников ШОД. Необходимо определить мощность ламп ЛД, чтобы получить освещённость $E = 300$ лк. При вычислении коэффициента использования светового потока η были учтены коэффициенты отражения потолка и стен соответственно 50 и 30%.

По индексу помещения $i = 1,3$ в таблице 3 для светильника ШОД находим коэффициент использования светового потока $\eta = 0,46$. При коэффициенте запаса $k = 1,5$ общий световой поток одного ряда составит

$$\Phi = \frac{300 * 1,5 * 98 * 1,1}{2 * 0,46} = 52728 \text{ лм.}$$

Принимаем лампы ЛБ мощностью по 40 Вт со световым потоком 3000 лм (табл. 2). Световой поток двух ламп светильника ШОД составит $2 * 3000 = 6000$ лм. Для того чтобы в помещении создать освещённость 300 лк в ряду должно быть:

$$\frac{52728}{6000} = 9 \text{ светильников.}$$

Метод удельной мощности заключается в том что для расчёта освещения используют готовые таблицы, в которых приводится удельная мощность освещения, приходящаяся на единицу освещаемой площади ($\text{Вт}/\text{м}^2$) для различных типов светильников и различной величине требующейся освещённости. Расчёт ведётся по формуле:

$$P = \frac{S * W}{N};$$

где P – мощность одной лампы, Вт;

S – площадь помещения, м^2 ;

W – удельная мощность освещения, $\text{Вт}/\text{м}^2$ (табл. 4);

N – число светильников при лампах накаливания или число рядов при люминесцентных лампах.

При расчёте намечается число N светильников с люминесцентными лампами. В дальнейшем это число корректируется в соответствии с результатами расчёта. По формуле рассчитывается мощность лампы накаливания каждого светильника или общая мощность всех люминесцентных ламп ряда и выбирается количество ламп и светильников в ряду

Раздел 3. Электрооборудование термических установок

практическая работа: «Конструкция термических установок».

Цель работы; Познакомить обучающихся с конструкциями термических установок

Ход работы;

1. Изучить теорию, ответить на поставленные поставленные вопросы раздела

2.Выполнение заданной работы с использованием методической, учебной и справочной литературы

3. Дать классификацию термических установок в форме таблицы

Тип термической установки	Наименование термической установки	Применение термической установки
<i>конвейерные термические установки</i>	ЖК 40.07	предназначены преимущественно для проведения процессов на кремниевых пластинах

Теория: По каким признакам классифицируют *термические установки*.

Для сплавления обычно используют *конвейерные термические установки*, например, ЖК 40.07, а для диффузии - двухзонные СДД-13А и однозонные СДО-13 и СДО-125 термические установки периодического действия. Технологической средой обычно служит очищенный водород, а температура в рабочем канале поддерживается автоматически с высокой точностью. Сплавление проводят в кассетах, изготовленных из графита, керамики или нержавеющей стали, а для диффузии применяют лодочки (подставки) или боксы, в которые устанавливают полупроводниковые пластины. [3]

Как уже отмечалось, *термические установки СДО-125А* предназначены преимущественно для проведения процессов на кремниевых пластинах. [4]

Принцип действия одной из *термических установок* (рис. 9.4) состоит, во вспенивании эмульсии с помощью ПАВ в сборнике 1 и подаче пены в па-регенераторный реактор 4, где она сгорает при 1500 - 1600 С. Дымовые газы, проходя через барботажный аппарат 5, отдают тепло для упаривания СОЖ. [5] Примерами такого оборудования могут служить *термические установки*, в которых точность поддержания температуры в рабочей зоне длиной 400 мм в течение длительного времени составляет 0,5 С, установки совмещения фотошаблона с полупроводниковой пластиной, обеспечивающие точность 1 мкм, автоматы для сортировки кристаллов по толщине, разбраковывающие кристаллы с точностью до 1 мкм, и др. Кроме отдельных установок в производстве полупроводниковых приборов широко применяют специализированные агрегаты, предназначенные для выполнения процессов фотолитографии, травления, финишной очистки, значительно повышающие производительность труда. [6] $PO = \frac{L + P + \frac{M}{A} + \frac{C}{k}}{Q}$ - расходы по эксплуатации *термической установки*, приходящиеся на 1 шт. P , $Нlucv t [C_v$, - себестоимость 1 ч работы установки, равная C , $L P \frac{M}{A} + \frac{C}{k}$ (к) (50в), где L - амортизация установки, P - расходы по ее текущему ремонту, $\frac{M}{A}$ - расходы на моторную электроэнергию, $\frac{C}{k}$ - расходы на вспомогательные материалы, связанные с работой установки, в частности - смазочные, изолирующие и др., A - амортизация площади здания, занимаемой установкой, и k - коэффициент, учитывающий расходы по содержанию и эксплуатации здания по отношению к расходам по его амортизации; все эти расходы исчислены на 1 ч работы установки]; Π - годовая производственная программа в шт. [7] Предлагаемая книга предназначена для термистов-операторов *передвижных термических установок*, занятых на термической обработке сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением, на

монтаже объектов Минмонтажспецстроя СССР, и для электромонтеров по обслуживанию электрооборудования этих установок. [8]

Прибор предназначен для разжигания топок *различных термических установок*, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе, и благодаря наличию контролируемого пламени запальной горелки также для предохранения топки от взрывного хлопка в случае аварийного погасания пламени рабочих горелок. Действие прибора основано на явлении электропроводимости пламени. [9]

При автоматическом регулировании температуры в *термической установке* объектом регулирования является камера печи, в которой регулятор автоматически поддерживает заданную температуру, включая или выключая подачу электрического тока в нагреватель. [10]

Большое количество энергии, потребляемой *нагревательными термическими установками* и устройствами, преобразуется в теплоту и рассеивается в биосфере в виде потерь или при охлаждении нагретых изделий. Для уменьшения бесполезного рассеивания теплоты необходимо улучшить теплоизоляцию и сократить все виды потерь, использовать для технологических целей или бытовых нужд теплоту отходящих газов и охлаждающей воды. [11]

Для регистрации температуры в рабочем канале *термической установки* установлена термопара 6 типа ТХА, являющаяся датчиком высокочувствительного прибора. [12]

Контрольные вопросы: Какие преимущества дают термические установки

1. Очень простое и точное осуществление заданного температурного режима.
2. Возможность концентрации высоких мощностей в малом объеме.
3. Получение высоких температур (3000 °С и выше против 2000 ° при топливном нагреве).
4. Возможность получения высокой равномерности теплового поля.
5. Отсутствие воздействия газов на обрабатываемое изделие.
6. Возможность вести обработку в благоприятной среде (инертный газ или вакуум).
7. Малый угар легирующих присадок.
8. Высокое качество получаемых металлов.
9. Легкость механизации и автоматизации электротермических установок.
10. Возможность использования поточных линий.
11. Лучшие условия труда обслуживающего персонала.

Практическая работа; «Общие сведения о термических нагревательных установках».

Цель работы; Дать понятие и общие сведения обучающимся о термических нагревательных установках.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть материала
2. Дать определение термических для установок, составить опорный конспект

Теория: Электронагрев широко применяется на предприятиях электромашиностроения при производстве фасонного литья из металлов и сплавов, нагрева, заготовок перед обработкой давлением, термической обработки деталей и узлов электрических машин, сушки изоляционных материалов и т. д.

Электротермической установкой (ЭТУ) называют комплекс, состоящий из электротермического оборудования: электрической печи или электротермического устройства (отсутствует камера нагрева), в которых электрическая энергия

преобразуется в тепловую, и электрического, механического и другого оборудования, обеспечивающего осуществление рабочего процесса в установке.

Электротермическое оборудование весьма разнообразно по принципу действия, конструкции и назначению. В наиболее общей форме все электрические печи и электротермические устройства можно разделить по назначению на *плавильные печи* для выплавки или перегрева расплавленных металлов и сплавов и *термические* (нагревательные) *печи и устройства* для термообработки изделий из металла, нагрева материалов под пластическую деформацию, сушки изделий и т. д. По способу преобразования электрической энергии в тепловую различают, в частности, печи сопротивления, дуговые печи, индукционные печи и устройства.

В электропечах и электротермических устройствах сопротивления используется выделение тепла электрическим током при прохождении его через твердые и жидкие тела. Электропечи этого вида преимущественно выполняются как печи косвенного нагрева. Превращение электроэнергии в тепло в них происходит в твёрдых нагревательных элементах, от которых тепло путем излучения, конвекции и теплопроводности передается нагреваемому телу, либо в жидком теплоносителе - расплавленной соли, в которую погружается нагреваемое тело, и тепло передается ему путём конвекции и теплопроводности. Печи сопротивления - самый распространенный и многообразный вид электропечей.

Плавильные печи сопротивления применяют преимущественно при производстве литья из легкоплавких металлов и сплавов. Термические печи используются для термообработки металлов и сушки материалов и изделий. Электротермические устройства сопротивления работают по принципу прямого нагрева: подлежащее нагреву тело непосредственно служит проводником тока и в нём выделяется тепло.

Работа плавильных дуговых электропечей основана на выделении тепла в дуговом разряде. В электрической дуге концентрируется большая мощность и разввивается температура свыше 3500°C . В дуговых печах косвенного нагрева дуга горит между электродами, а тепло передается расплавляемому телу в основном излучением. Печи такого рода используют при производстве фасонного литья из цветных металлов, их сплавов и чугуна. В дуговых печах прямого нагрева одним из электродов служит само расплавляемое тело. Эти печи предназначены для выплавки стали, тугоплавких металлов и сплавов. В дуговых печах прямого нагрева, в частности, выплавляют большую часть стали для фасонного литья.

У термических печей сопротивления вторая основная буква характеризует основной конструктивный признак; А — карусельная; Б — барабанная; В — ванная; Д — с выдвижным подом; К — конвейерная; К — камерная; Р — рольганговая; Т — толкательная; Ш — шахтная и др. Третья основная буква для этих печей показывает характер среды в печном пространстве: А — азотирующая; З — защитная; О — окислительная (воздух); С — соль, селитра; Ц — цементационная и т. д. После букв, следуют размеры рабочего пространства в дециметрах. У всех печей через дробь указывается максимальная температура в сотнях градусов. Для агрегатов из нескольких печей обозначение агрегата соответствует обозначению первой печи с добавлением, буквы А, знаменатель соответствует температуре последней печи агрегата. К обозначениям печей с камерами охлаждения добавляется буква Х и цифра, определяющая длину камеры в дециметрах.

Контрольные вопросы:

1. Где применяют плавильные печи сопротивления
2. Что характеризует у термических печей сопротивления вторая основная буква

3. Начем основана работа плавильных дуговых электропечей.

Практическая работа: «Конструктивные особенности, технические характеристики и принципы действия термических установок».

Цель работы;

1. Изучить конструктивные особенности, технические характеристики и принцип действия термических установок.

2. Изучить теорию и произвести анализ на какие группы можно разделить по технологическому назначению печи косвенного нагрева. Составить опорный конспект. Нарисовать схему классификации установок.

Теория: Общие сведения о печах. Электрический нагрев и его применение в промышленности. Достоинства электрического нагрева. Теплопередача в печах. Экономия электроэнергии в печах.

Классификация электрических печей. Материалы для электрических печей. Особенности электрооборудования печей сопротивления и схемы управления. Регулирование мощности печей сопротивления с тиристоры преобразователем.

Классификация индукционных печей, их назначение, достоинства и недостатки. Устройство индукционных печей с железным сердечником. Особенности устройства тигельных печей. Схемы питания индукционных печей. Особенности электрооборудования индукционных печей и их работа. Диэлектрический поверхностный нагрев заготовок. Регулирование мощности индукционных печей с помощью бесконтактных регуляторов.

Классификация, устройство и работа дуговых печей. Схемы питания печей. Особенности электрооборудования дуговых печей, его работа. Электрический режим работы дуговых печей. Автоматическое регулирование мощности дуговых печей с тиристоры регулятором.

Краткие теоретические сведения:

Изучать этот раздел лучше всего по книге Шеховцова В. П. «Электрическое и электромеханическое электрооборудование». Стр. 8 – 58. Для более глубокого усвоения материала и для ответов на теоретические вопросы домашней контрольной работы рекомендуется познакомиться с книгами Свенчанского А. Д. «Электрические промышленные печи» и «Электротехнологические промышленные установки», которые представлены в электронном виде на сайте автора методических указаний.

Большинство вопросов этого раздела также изложено на сайте автора методических указаний «Школа для электрика» - <http://electricalschool.info> В разделе «Электротехнологические установки».



Рис. Классификация электротермических установок

Электрические печи нагрева сопротивления – это установки, в которых электрическая энергия превращается в тепло в твердых или жидких телах при протекании через них тока.

Электрические печи сопротивления **по способу превращения электрической энергии в тепловую** разделяются на печи косвенного действия и установки прямого нагрева.

По технологическому назначению печи сопротивления косвенного нагрева можно разделить на три группы:

- 1) термические печи для различных видов термической и термохимической обработки черных и цветных металлов, стекла, керамики, металлокерамики, пластмасс и других материалов;
- 2) плавильные печи для плавки легкоплавких цветных металлов и химически активных тугоплавких металлов, и сплавов;
- 3) сушильные печи для сушки лакокрасочных покрытий, литейных форм, обмазок сварочных электродов, металлокерамических изделий, эмалей и т. п.

В каждой из этих групп печи **по характеру работы**, в свою очередь, можно разделить на печи периодического и непрерывного действия.

Классификация печей сопротивления по температуре: высокотемпературные, среднетемпературные и низкотемпературные.

Общая классификация электротехнологических установок приведена в книге на стр. 7 (рис. 1.1-1).

Выбор материала и конструкции нагревательных элементов определяется особенностями технологического процесса и конструкции установки. Наиболее распространенными материалами являются нихромы. Другие материалы: фехрали, хромоникелевые жаропрочные стали, карборунды, графит, тугоплавкие металлы и др. Для низкотемпературного нагрева широко применяются трубчатые нагреватели – ТЭНы.

К **силовому электрооборудованию печей сопротивления** относятся силовые понижающие трансформаторы и регулировочные автотрансформаторы, силовые электропривода вспомогательных механизмов, силовая коммутационная и защитная аппаратура.

К **аппаратуре управления** относятся комплектные станции управления с коммутационной аппаратурой.

К **КИП** относятся приборы (устройства) контроля, измерения и сигнализации.

Регулирование рабочей температуры в печи производится изменением подводимой мощности и может быть дискретным или непрерывным. Процесс двухпозиционного

регулирования температуры в печи сопротивления представлен в книге на рис. 1.2-1. – стр. 11.

При непрерывном регулировании изменяется подводимое напряжение, чаще всего, с помощью импульсного регулирования с использованием тиристоры регуляторов. Схема тиристорного регулятора температуры электрической печи сопротивления показана на рис. 1.2-2 – стр. 13.

Индукционный нагрев проводящих тел основан на поглощении ими электромагнитной энергии, возникновении наведенных вихревых токов, нагревающих тело по закону Джоуля-Ленца. Принципиальная схема индукционного нагрева включает: индуктор, зазор и нагреваемое тело.

Индукционные электротермические установки подразделяются на плавильные, нагревательные и закалочные. Плавильные установки разделяются по конструкции на индукционные каналные печи и индукционные тигельные печи.

Индукционные каналные печи работают только на промышленной частоте. Схема и конструкция индукционной каналной печи показана на рис. 1.2.-7. –стр. 24.

Индукционные тигельные печи работают на промышленных, средних и высоких частотах. Схема и конструкция однофазной индукционной тигельной печи представлена на рис. 1.2-8. – стр. 25.

Индукторы изготавливают из медной трубки, охлаждаемой водой.

Индукционные закалочные установки применяют для подготовки детали под последующую термохимическую обработку (закалка, цементация, азотирование и др.). Индукционная закалка заключается в быстром нагреве поверхности изделия с последующим быстрым охлаждением в воздухе или масле..

Электродуговые печи разделяются на дуговые печи прямого действия, дуговые печи косвенного действия, дуговые печи сопротивления. Эскиз электродуговой печи прямого и косвенного действия показан на рис. 1.2-18.- стр. 45. Электрические характеристики и показатели электродуговой печи показаны на рис. 1.2-19. – стр. 47.

Основное электрооборудование дуговых печных установок представлено на рис. 1.2-20 – стр. 49.

Для обеспечения нормальной и высокопроизводительной работы дуговые печи имеют **автоматический регулятор мощности (АРМ)**, который предназначен для поддержания положения электродов относительно загрузки (в печах прямого действия) или друг относительно друга (в печах косвенного действия). Принципиальная электрическая схема регулятора мощности дуги на одну фазу показана на рис. 1.2-21 – стр. 53.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные преимущества и недостатки электрического нагрева по сравнению с топливным?
2. Какие материалы применяются в электропечестроении? Какие требования предъявляются к материалам нагревательных элементов и чем эти требования вызваны?
3. Дайте характеристику (преимущества, недостатки, рациональные области применения) основных типов конструкций электрических печей сопротивления.
4. Перечислите элементы электрооборудования входящие в комплект печи сопротивления. В каких случаях применяют специальные печные трансформаторы? Каким образом регулируют вторичное напряжение печных трансформаторов и автотрансформаторов?

5. Какие физические законы лежат в основе индукционного нагрева, какие для этого используют частоты, каковы его основные области применения?

Практическая работа; «Установки электролучевой сварки».

Цель работы; Познакомить обучающихся с видами установок электроннолучевой сварки.

Ход работы; Изучить теоретическую часть материала. Нарисовать схему последовательность построения оборудования электролучевой сварки.

Теория: Установка ЭЛУ-27 предназначена для электронно-лучевой сварки кольцевых, продольных швов на цилиндрических изделиях из нержавеющей стали, жаропрочных и титановых сплавов, а также щеточных уплотнений.

Состав установки «ЭЛУ-27»:

- рабочая камера;
- электронно-лучевая пушка;
- механизм перемещения пушки в вертикальном направлении;
- вращательно;
- механизм продольного перемещения;
- механизм поперечного перемещения;
- вакуумная станция;
- блок энергетический высоковольтный стабилизированный БЭС-60/15;
- пневматическая система;
- блок водяного охлаждения;
- система управления.

Рабочая камера, предназначена для создания вакуумной среды в зоне сварки изделий электронным лучом. Камера имеет форму параллелепипеда со следующими размерами: длина – 1300 мм, ширина – 1200 мм, высота – 1500 мм, размер дверного проема – 1200´1500 мм.

Камера имеет три смотровых окна: по одному на камере и двери – для визуального наблюдения; одно – на верхней стенке камеры, для установки контрольно-измерительных приборов. Смотровые окна изнутри камеры защищены от напыления, а так же оснащены двойными стеклами повышенной прочности для защиты от рентгеновского излучения.

К днищу камеры приварены опоры, которые крепятся к башмакам, с помощью которых осуществляется регулировка по уровню.

На боковой стенке камеры, противоположной смотровому окну, расположены патрубки для подсоединения вакуумной системы.

Отличительной особенностью сварной конструкции камеры установки «ЭЛУ-27» от обычных сварных конструкций является наличие двух вакуумноплотных и прочных оболочек, внешней – сваренной из простой листовой стали толщиной 12 мм и внутренней рабочей – сваренной из нержавеющей стали 12Х18Н10Т толщиной 8 мм.

Внешняя оболочка изнутри ребрена ребрами жесткости толщиной 16 мм. Между ребрами и внутренней оболочкой имеется зазор – 2...3 мм.

Все присоединительные патрубки и гермовводы герметично связаны с внешней и внутренней оболочками.

В рабочей камере размещены:

- манипулятор изделия, состоящий из вращателя и механизмов продольного и поперечного перемещений;
- система освещения камеры;
- система защиты стекол от напыления.

Манипулятор предназначен для установки изделия на планшайбе и его перемещения. Привод продольного перемещения расположен вне камеры. Приводы поперечного перемещения и вращения планшайбы расположены внутри камеры. Направляющие, двигатели, шестерни, ходовые винты надежно защищены от напыления. Точность перемещения по 3-м координатам обеспечивается за счет применения винтовых шариковых пар, линейных шариковых направляющих и сверхточных редукторов.

Расположение электронно-лучевой пушки – накамерное. Дверь камеры открывается вручную, прижим двери осуществляется пневматическим приводом.

Вакуумная станция установки обеспечивает получение вакуума в рабочей камере не ниже $1,33 \cdot 10^{-2}$ Па ($1 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст). Напуск воздуха в рабочую камеру осуществляется через пылевлагоуловительный фильтр, расположенный на соединительном фланце вакуумной системы к камере.

Узел откачки пушки состоит из безмасляного турбомолекулярного насоса ВВН-150 и клапана.

Для подготовки сжатого воздуха применяется пневматический блок, состоящий из выходного двухпозиционного трехлинейного вентиля, маслораспылителя и выпускного клапана. На корпусе фильтра-регулятора расположено реле давления, имеющее электрический разъем и настроенное на рабочее давление. Давление на выходе из блока в систему контролируется манометром.

Система водяного охлаждения предназначена для охлаждения насосов вакуумной станции. Контроль наличия воды в каналах охлаждения осуществляется на выходе датчиками индукционными бесконтактными. При отсутствии воды на сливе выдается аварийный сигнал.

Система освещения камеры обеспечивает освещенность зоны сварки, необходимую для нормального функционирования системы наблюдения и визуального контроля оператором, имеет два вида освещения: с помощью ламп, закрепленных на потолке камеры, при атмосферном давлении в камере, и двумя вольфрамовыми открытыми спиралями при рабочем давлении.

В состав энергетического комплекса установки «ЭЛУ 27» входят: электронно-оптическая система – электронная пушка («ЭПН-60/15»), высоковольтный источник питания («ИВС-60/15»), источники питания магнитных линз и накала катода, системы управления и контроля. Основные параметры энергетического комплекса определяются толщиной и теплофизическими характеристиками свариваемых материалов, требованиями к коэффициенту формы проплавления.

Энергетический комплекс состоит из следующих конструктивных узлов:

- электронно-лучевая пушка;
- силовой шкаф;
- шкаф управления;
- высоковольтный бак с СВН;
- турбомолекулярный насос ВВ-150;
- комплект жгутов.

Установка оснащается прямонакальной пушкой «ЭПН-60/15», питание которой осуществляется от высоковольтного стабилизированного источника питания «ИВС-60/15М».

Электронно-оптическая система пушки формирует луч электронов с заданными параметрами, является одним из основных рабочих элементов оборудования электроннолучевой сварки.

Электронно-оптическая схема сварочной пушки состоит из следующих основных элементов:

- катод;
- корригирующий электрод;
- анод;
- фокусирующая электромагнитная линза;
- отклоняющая электромагнитная система.

Катод является источником электронов. Используются прямонакальный катод. Прямонакальные вольфрамовые или танталовые катоды изготавливаются из металлических лент и нагреваются до 2400...2600°C за счет непосредственного пропускания через них электрического тока. Мощность электронного луча регулируется за счет тока луча ($I_{л}$) путем изменения эмиссии катода вследствие его нагрева.

Корригирующий электрод является электростатической линзой, изменение потенциала которой позволяет сформировать требуемый угол схождения пучка.

Анод вместе со свариваемым изделием заземляется. На него подается от высоковольтного источника питания положительный относительно катода заряд, благодаря чему электроны получают высокую кинетическую энергию (60 kV). Ускоряющее или анодное напряжение ($U_{уск}$): одна из основных характеристик электронной пушки, влияющая на остальные параметры, такие как мощность, ток, минимальный диаметр луча. Чем больше ускоряющее напряжение, тем больше проникающая способность электронов, меньше диаметр луча в фокусе можно получить и тем больше плотность тока, а следовательно и удельная мощность луча. Поэтому в электроннолучевых установках особое внимание уделяется ускоряющему анодному напряжению. Отверстие анода строго центрируется с осью катода и фокусирующей линзой.

Наиболее совершенными являются пушки с комбинированной фокусировкой луча: предварительная электростатическая фокусировка управляющим электродом и вторичная – электромагнитной фокусирующей линзой.

Электромагнитная линза представляет собой катушку из достаточно большого количества витков, ось которой совпадает с осью луча. Для повышения эффективности работы ее помещают в ферромагнитный экран, где магнитное поле концентрируется в узком немагнитном зазоре. Фокусное расстояние линзы (f , см) – расстояние от середины этого зазора до минимального сечения прошедшего сквозь линзу луча – определяется конструкцией линзы, $U_{уск}$ и током ($I_{мл}$), протекающем по обмотке линзы.

Наличие электромагнитной линзы дает возможность получить рабочую фокусировку в месте сварки, изменять диаметр луча и, следовательно, плотность энергии в широких пределах путем изменения тока в катушке, а, следовательно, напряженности магнитного поля линзы.

Отклоняющая магнитная система изготавливается в виде четырех катушек, соединенных последовательно попарно и расположенных под углом 90° друг к другу. Магнитное поле направлено поперек движения электронов, а сила, отклоняющая траекторию электрона, действует перпендикулярно оси луча и направлению магнитного поля.

Изменяя ток в катушках можно устанавливать луч в любой заданной точке, колебать луч вдоль и поперек стыка, перемещать луч по сложным кривым: кругу, эллипсу, квадрату и т.д.

Для повышения работоспособности и срока службы катода применяется дифференциальная откачка. Получение вакуума в катодном узле пушки выполнено с применением турбомолекулярного насоса типа ВВ-150.

Источник питания «ИВС-60/15» предназначен для питания постоянным током электронно-лучевой пушки. «ИВС-60/15» является полупроводниковым выпрямителем с жёсткой вольтамперной характеристикой.

Конструктивно в состав источника «ИВС-60/15» входят:

- высоковольтный масляный бак с блоком стабилизатора высокого напряжения;
- силовой шкаф с вариатором;
- шкаф управления.

Для выпрямления тока в высоковольтных источниках используется трехфазная мостовая схема. Источник обеспечивает плавную регулировку ускоряющего напряжения, для этих целей в источнике применен регулятор напряжения - автотрансформатор. Рабочее напряжение фиксированное и равно 60 кВ. Источник обеспечивает высокую стабильность выходных параметров, так как даже небольшие изменения ускоряющего напряжения приводят к получению различной глубины проплавления и удельной мощности луча. Для получения стабильного качества сварных соединений необходимо, чтобы изменение ускоряющего напряжения находилось в пределах $\pm 0,5\%$ от номинального значения. Для устранения колебания напряжения электрической сети в источниках применяются стабилизаторы напряжения. Процесс электронно-лучевой сварки оказывается также чувствительным к пульсации выпрямленного напряжения. В зависимости от типа пушки коэффициент пульсации не должен превышать 0,5%.

Стабилизатор высокого напряжения источника «ИВС-60/15М» представляет собой блок, состоящий из усилителя тока и регулирующих ламп ГМИ-2Б. Питание экранных сеток осуществляется от специальных источников питания на 300 Вольт. На управляющие сетки ламп подаётся отрицательное напряжение до 900 ... 1000 Вольт.

Работа осуществляется следующим образом: любое изменение напряжения на электронно-лучевой пушке, обусловленное колебаниями напряжения питающей сети или тока нагрузки, вызывает изменение напряжения на измерительной цепочке и, следовательно, на входе элемента сравнения. Снижением напряжения ниже опорного вызывает увеличение тока через лампу ГМИ-2Б, что, в свою очередь, приводит к увеличению напряжения на нагрузке. В момент равенства опорного напряжения и напряжения обратной связи повышение напряжения на нагрузке прекращается.

Шкаф управления рассчитан на эксплуатацию в производственных условиях. В шкафу находится вытяжной блок вентиляторов, для охлаждения электронных устройств.

В состав шкафа управления входят следующие блоки:

- индикации и ручного управления;
- источник накала катода и управления током луча;
- источники питания отклонения луча и развёртки по координатам X и Y;
- источник питания фокусирующей линзы;
- источник управления коррегирующим потенциалом (смещение);

сопряжения с управляющим устройством.

Блок индикации предназначен для визуализации оператору режимов сварки: тока сварки, тока фокусировки, ускоряющего напряжения, тока отклонения по координатам X и Y.

Комплект блоков согласования и управления реализован на базе печатных плат с применением современных комплектующих.

Электрическая схема источника питания накала катода определяется способом его нагрева. Для питания катода используется источник постоянного тока, который своими выходными клеммами соединяется с трансформатором накала. Блок управления накалом осуществляет стабилизацию и регулирование тока сварки.

Размеры сварочной ванны и шва во многом зависят от стабильности тока в фокусирующей линзе. Даже небольшое его изменение приводит к изменению фокусного расстояния. Источник питания электромагнитных линз обеспечивает выходной ток в диапазоне от 0 до 1000 мА с минимальной пульсацией (0,1%), возможность регулирования тока в линзе.

Источник питания фокусирующей линзы реализован на печатной плате по схеме «стабилизатор тока» на базе операционных усилителей и транзистора.

Источники питания отклонения луча и развёртки по координатам X и Y реализованы на печатных платах по схеме «стабилизатор тока» на базе операционных усилителей и транзистора. Источник имеет переменный входной сигнал для задания необходимой по технологии развёртки и постоянный вход для отклонения луча. Функции развертки луча выполняет генератор, реализованный на базе микросхем ППЗУ (перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство), цифроаналоговых преобразователей. Максимальный постоянный ток в отклоняющих катушках составляет до 3000 мА, максимальный угол отклонения - 20°.

Источник управления коррегирующим потенциалом предназначен для подачи напряжения смещения на управляющий электрод пушки. Источник реализован по схеме «стабилизатор напряжения» на базе операционных усилителей и трансформаторной схемы разделения по высоковольтному потенциалу.

Система управления распределением энергии по площади.

Перемещение луча сварочной пушки по заданному контуру в плоскости изделия с помощью изменения магнитного поля в отклоняющих катушках. Такое управление положением луча выполняется вручную или автоматически. Траектория луча в автоматических системах определяется программируемыми устройствами

Система управления «ЭЛУ-27», выполненная на базе программируемого логического контроллера семейства DirectLogic DL-205, обеспечивает выполнение следующих функций:

- трёх осевое позиционирование изделия во время технологического процесса сварки;
- программное управление энергетическими характеристиками;
- возможность регистрации параметров технологического процесса и архивирования результатов.

Система управления обеспечивает работу установки в нескольких режимах: «Наладка», «Ручное управление», «Автоматизированный».

В режиме «Наладка» управление механизмами установки осуществляется от мнемопанели пульта оператора. Режим реализован аппаратно, без контроллера, используется только при пуско-наладочных, ремонтно-профилактических работах и внештатных ситуациях.

Режим «Ручное управление» реализован на базе контроллера и обеспечивает безопасную эксплуатацию установки с соблюдением всех блокировок. Режим обеспечивает завершение автоматизированного цикла в случае его сбоя.

Автоматизированный режим реализует макро операции технологического процесса сварки в контролируемой среде.

Контроллер DL-205 выполняет управление процессом сварки (технологическая задача), управление перемещениями станочного комплекса (геометрическая задача), оценку состояния технологической системы (диагностическая задача) и диспетчеризацию приведенных выше задач (системная задача).

Контроллер системы управления включает следующие модули:

- D2-260 (центральный процессор);

- H2-CTRIO (обработка информации от фотодатчиков)
- D2-32ND3 (ввод дискретных сигналов элементов электрической автоматики);
- D2-32TD1 (дискретный вывод сигналов управления механизмами);
- F2-04AD-2 (ввод аналоговых сигналов от датчиков давления);
- F2-02DA-2 (аналоговые сигналы для управления электрическими приводами механизмов перемещения);
- D2-08ND3 (ввод дискретных сигналов элементов электрической автоматики).

Контроллер DL-205 с процессором D2-260 обеспечивает управление станочным комплексом (геометрическая задача) и задание режима работы энергетического комплекса (технологическая задача). В качестве устройств обратной связи по положению применяются фотодатчики типа ЛИР-158В.

Контроллер выполняет все функции управления технологическим процессом сварки, компьютер - визуализацию процесса, цифровую и графическую индикацию параметров процесса (ток, напряжение на дуге, скорость сварки и подачи присадочного материала и др.), документирование параметров процесса сварки.

Для ряда технологий электронно-лучевой сварки (кольцевые, продольные швы) достаточно применение позиционных систем управления, обеспечивающих перемещение пушки в реальном масштабе времени по одной из координат. В этом случае, аппаратная реализация системы управления процессом электроннолучевой сварки может быть выполнена на базе ПЛК DL-205 семейства Direct Logic. Контроллер DL-205, содержащий модуль обработки сигналов от фотодатчиков по осям X, Y, Z.

Управляющий сигнал с помощью цифроаналогового модуля F2-02DA-2 преобразовывается в пропорциональный аналоговый сигнал 0...10V, который подается на сервоприводы Mitsubishi.

Управление процессом сварки производится через человеко-машинный интерфейс оператора (ЧМИ). Экран панели оператора разделен на функциональные окна:

- мнемосхемы механической, вакуумной и энергетической систем комплекса установок;
- текущее состояние системы управления установки (ручное, автоматическое, редактирование управляющей программы и т.д.);
- оперативная информация по контролируемым параметрам в виде фрагментов мнемосхем, таблиц и графиков с сигнализацией отклонений параметров от допустимых значений;
- сигнальной информации о работе оборудования при нарушениях нормального хода технологического процесса.

Сенсорная панель CMORE типа EA7-S6C позволяет решить задачи ЧМИ «малых и средних» технологических систем и по своим возможностям близки современным SCADA-системам:

- разрешение до 1024 x 768;
- наличие развитой системы архивирования на базе энергонезависимой внутренней и внешней памяти (карты CF, USB-накопители);
- передача архивов по сети Ethernet;
- отображение до 16 графиков;
- формирование файлов событий и аварийных сообщений;
- поддержка рецептурных сообщений;
- наличие FTP-сервера для передачи информации к компьютерам, подключенным к интернету.

Удобное представление оператору информации о текущем состоянии элементов технологической системы и значений параметров в текстовом и графическом виде, или

терминальная задача управления, во многом определяет функциональные возможности и оперативность управления. Сенсорная панель SMORE типа EA7-S6C обеспечивает индикацию технологических параметров, управление рабочим циклом и проведение отладочных операций.

С лицевой стороны камеры смонтирована площадка обслуживания для размещения всех рабочих органов управления установкой и оборудования рабочей зоны оператора.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом происходит управление процессом сварки
2. Производится через человеко-машинный интерфейс оператора (ЧМИ).
3. Экран панели оператора разделен на функциональные окна:

Практическая работа Установки электронно – лучевой сварки

Цель работы; Определить знания обучающихся по теме «[Оборудование для электронно-лучевой сварки](#)».

Ход работы

1. Изучить теоретический материал составить конспект.
2. Ответить на вопросы раздела письменно.

Теория: [Оборудование для электронно-лучевой сварки](#)

Основной узел для ЭЛС — это электронно-лучевая пушка с системами электропитания и управления, формирующая электронный луч (рис. 4.3). В первых пушках для ЭЛС пучок электронов формировался только с помощью прикатодного электрода без применения дополнительных фокусирующих систем (рис. 4.3, а). Анодом служила сама деталь 4. Простота такой пушки является ее достоинством. Но однокаскадная электростатическая система фокусирования, особенно в сочетании с низким ускоряющим напряжением (10...20 кВ), не обеспечивала формирования интенсивного электронного пучка с высокой плотностью энергии.

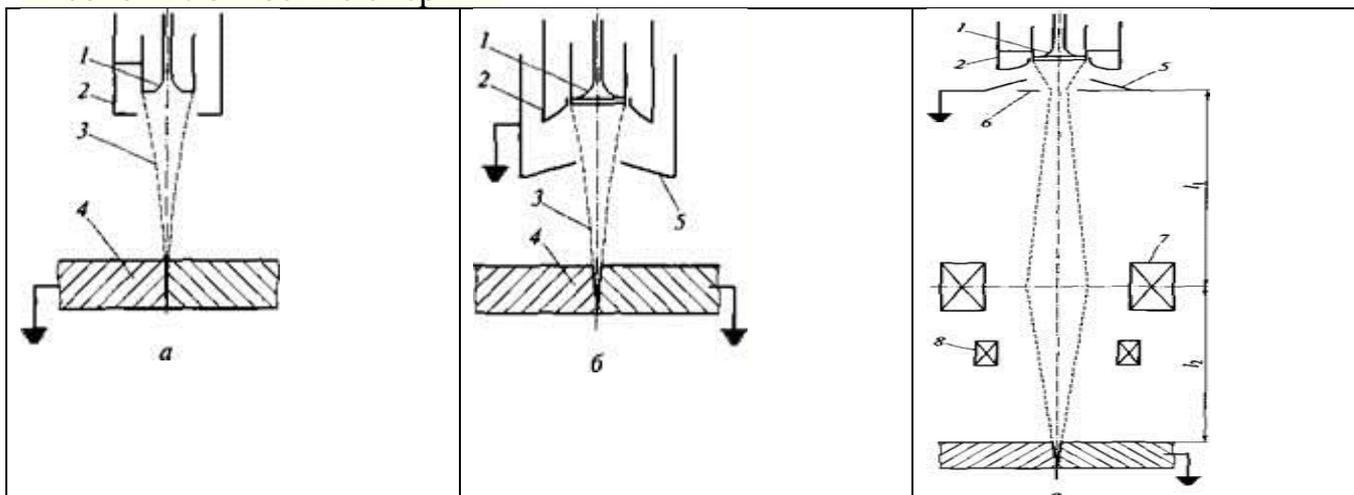


Рис. 4.3. Способы формирования электронного пучка:

а, б — однокаскадные системы без ускоряющего и с ускоряющим электродами соответственно; в — система с комбинированной электростатической и электромагнитной фокусировкой; 1 — катод; 2 — прикатодный электрод; 3 — траектория крайних электронов пучка; 4 — деталь; 5 — ускоряющий электрод (анод); 6 — кроссовер; 7 — фокусирующая электромагнитная линза; 8 — система отклонения

электронного пучка; l , — расстояние кроссовер—линза; $l/2$ — расстояние ; линза—деталь
■f

Поэтому с ее помощью было невозможно соединение тугоплавких Металлов толщиной 1...2 мм и более. Технологические и элект — ронно-оптические характеристики пушки с однокаскадной электростатической фокусировкой были повышены введением в конструкцию ускоряющего электрода 5, находящегося под потенциалом анода (рис. 4.3, б). Такая конструкция пушки имеет преимущества при необходимости достижения высокостабильных параметров сварных соединений. Это объясняется возможностью формирования в такой электронно-оптической системе пучка электронов с очень малым углом сходимости (10⁻³ рад), что снижает требования к точности установки изделия относительно пушки и уменьшает влияние изменения параметров электронного пучка на размеры сварных соединений. Наиболее широко распространены пушки с комбинированной фокусировкой: в электростатическом поле эмиссионной системы осуществляется предварительное формирование пучка, а в области электромагнитной фокусирующей линзы 7— окончательное (рис. 4.3, в). Прикатодный электрод 2 и ускоряющий электрод (анод) 5 создают условия для электростатической фокусировки и разгона электронов под действием ускоряющего напряжения. Расходящийся затем под действием ку — лоновских сил электронный пучок фокусируется электромагнитной линзой 7, на фокусном расстоянии от которой размещается свариваемая деталь 4. Система отклонения электронного пучка 8 состоит из четырех (реже шести) электромагнитов и служит для управления процессом сварки, настройки электронного пучка на свариваемый стык, сообщения пучку колебательных движений по заданной программе. Источником электронов в пушке является катод k , изготавливаемый из металлов с малым значением работы выхода электронов, допускающих нагрев до высокой температуры при сравнительно низкой скорости испарения. Наиболее полно этим требованиям отвечают вольфрам и тантал. В некоторых конструкциях пушек применяют катоды косвенного нагрева, изготовленные из лантаноборидных соединений (LaB6), нагреваемые специальным источником теплоты. Они обладают лучшими эмиссионными характеристиками по сравнению с металлическими катодами. Температура катода должна быть такой, чтобы сила тока эмиссии была несколько больше, чем сила тока электронного пучка. Для этого при фиксированном значении ускоряющего напряжения выбирается такая сила тока накала катода, дальнейшее повышение которой не приводит к заметному повышению силы тока пучка. Ускоряющее напряжение меняется в широком диапазоне значений: 20...50 кВ — низковольтные пушки, 50...60 кВ — пушки со средним ускоряющим напряжением, 100...200 кВ — высоковольтные пушки. Сравнительно невысокий уровень рентгеновского излучения при ускоряющих напряжениях 50...60 кВ, с одной стороны, и широкие технологические возможности пушек этого класса — с другой, обуславливают их перспективность. Принцип каскадного ускорения электронов был применен в сварочных пушках с ускоряющим напряжением до 250 кВ. В этих пушках подавлен эффект полного напряжения (снижение пробивной напряженности поля с ростом приложенного напряжения). Напряжение между ускоряющими электродами распределяет размещенный в корпусе пушки объемный делитель напряжения на столбе проточной воды.

При этом стабилизируется температурный режим всех электродов пушки, в том числе катодный, что также повышает электричес — Jjujo прочность ускоряющих промежутков пушки.

В Научно-исследовательском и конструкторском институте монтажной технологии (НИКИМТ), г. Москва, создана база для разработки и поставки на производство

установок для ЭЛС широкого круга изделий, в том числе унифицированных узлов, источников питания, электронно-лучевых пушек, программаторов процесса сварки и управления работой узлов установок, откачных и шлюзовых систем, систем визуального и телевизионного наблюдения, наведения и ведения луча по стыку, i Первый тип установок создавался для нужд атомной энергетики — ки, в частности для герметизации тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ), сварки технологических каналов и других элементов активных зон атомных реакторов в условиях массового производства. К этому типу относят установки СА-330, СА-340, СА-413.

Установка СА-330 предназначена для сварки трубчатых изделий диаметром 6... 14 мм и длиной до 4000 мм с концевыми деталями того же диаметра. Конструктивно установка состоит из водо — охлаждаемой цилиндрической вакуумной камеры, в которой помещен выкатываемый барабан емкостью 120 деталей, вакуумной стойки, стойки автоматики, энергоблока и системы регистрации технологического процесса сварки. Все системы установки работают в автоматическом режиме.

Технические характеристики установки СА-330

Диаметр свариваемых деталей, мм.....	6... 14
Длина свариваемых деталей, мм.....	600...3 860
Частота вращения детали, мин-1.....	3...45
Емкость барабана, деталей.....	120
Цикл работы.....	Автоматический
Ускоряющее напряжение, кВ.....	75
Ток электронного луча, мА.....	0,5...50
Объем рабочей камеры, м ³	2
Давление в камере и пушке, мм рт. ст.....	(2...5)-10~5
Потребляемая мощность, кВт.....	40
Производительность, сварок/ч.....	5
Расход охлаждающей воды при температуре (15 ± 5) °С, дм ³ /ч.....	2 500
Габаритные размеры, мм.....	8 900×5 000×2 300
Масса, кг.....	8 000

Установка СА-340 рассчитана на герметизацию ТВЭЛ реакторов РБМК (реактор быстрый многоканальный) и ВВЭР (вода — Водяной энергетический реактор). Отличительными особенностями установки являются непрерывный (роторный) цикл работы; ступенчатое, золотниковое вакуумирование только зоны сварного шва; малая металлоемкость; небольшая занимаемая площадь; высокая производительность; наличие встроенной транспортной системы.

Конструктивно установка состоит из четырехступенчатой камеры с торцовым уплотнением и золотника, на котором смонтировано 15 вакуумных вводов с возможностью вращения и перемещения относительно осей; стенда для загрузки и выгрузки деталей, вакуумной стойки, стойки автоматики, энергоблока, телевизионной системы наведения пучка на стык и системой регистрации параметров технологического процесса сварки. Сварка изделий осуществляется в водоохлаждаемой цанге.

Ко второму типу установок относят универсальные установки для ЭЛС деталей из тугоплавких, химически активных и цветных металлов, специальных сталей и сплавов. Наличие координатного стола с числовым программным управлением, энергоблока с широкими технологическими возможностями и систем управления технологическим циклом делают этот тип установок универсальным для сварки широкой номенклатуры

изделий и различных типов сварных швов и соединений с заданными геометрическими параметрами. К этому типу относят установки СА-424, СА-445, СА-451.

К третьей группе оборудования относят специализированные установки для ЭЛС конкретных деталей или сварных узлов различных отраслей промышленности.

В зависимости от свариваемых материалов и требований к качеству сварного соединения установки оснащают безмасляными системами откачки, ионными пушками для очистки изделий перед сваркой, датчиками активного контроля и управления параметрами технологического процесса, устройствами параллельного переноса пучка.

Для повышения производительности в установках предусмотрены шлюзовые устройства загрузки-выгрузки, позиционеры, питатели, накопители и другие устройства. К этой группе относят установки СА-252, СА-508, СА-613, СА-472.

Правила безопасности при проведении ЭЛС имеют ряд особенностей.

Взаимодействие электронного луча с обрабатываемым материалом приводит не только к расплавлению металла шва, но и вызывает такие нежелательные эффекты, как тепловое и рентгеновское излучения.

Рентгеновские лучи воздействуют на организм человека и при интенсивности, превышающей допустимую дозу, вредны.

В большинстве сварочных установок при ускоряющем напряжении $U = 10 \dots 70$ кВ для защиты от рентгеновского излучения достаточно толщины стальных стенок рабочих камер, выбранных конструктивно. Разъемные соединения и вакуумные уплотнения располагают в местах, не совпадающих с направлением максимальной интенсивности рентгеновских лучей. Для того чтобы при удельной мощности до $1 \text{--} 5$ Вт/см³ процесс ЭЛС был подобен процессу обычной электродуговой сварки, в смотровых окнах установок применяют специальные стекла с добавками свинца.

В соответствии с Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП) задача защиты от ионизирующих излучений сводится к уменьшению поглощенной дозы. Этого можно добиться удалением облучаемого персонала на безопасное расстояние от источника излучения или сокращения времени облучения. В тех случаях когда «защиту расстоянием» или «защиту временем» обеспечить невозможно, прибегают к сооружению экранов или других ограждений из различных материалов.

Передвижные экраны для защиты от рентгеновского излучения часто делают из свинца; при создании стационарной защиты удобно использовать бетон с добавлением в него барита или баритовой штукатурки. Расчет толщины экранов и ограждений в зависимости от энергии излучения производят по специальным таблицам или номограммам. Электронно-лучевые установки, работающие при напряжении $10 \dots 100$ кВ, относят к группе источников рентгеновского излучения, не используемого для технологических целей.

Установки, предназначенные для сварки, должны размещаться в отдельных помещениях на первом этаже. Подвальные помещения, над которыми размещены электронно-лучевые установки, использовать под служебные помещения с местами постоянного пребывания людей запрещается. Расположение электронно-лучевых установок в отведенных для них помещениях должно удовлетворять следующим основным требованиям: свободная площадь, не занятая электронно-лучевыми установками, должна составлять не менее половины общей площади помещений; расстояние от Верха установок до потолка должно быть не менее 1 м; пульт управления должен размещаться на расстоянии не более 1,5 м от установки; на сварочных установках допустимо иметь дублирующее управление на камере.

Дозиметрический контроль защиты должен проводиться не реже 1 раза в год, а также после монтажа или внесения изменений в конструкцию действующих установок и выполняться ответственным обученным и аттестованным лицом, выделенным администрацией предприятия или фирмы.

Контрольные вопросы

1. На чем основана ЭЛС?
2. Какие типы соединений характерны для ЭЛС?
3. Что представляет собой электронно-лучевая пушка?
4. Каковы функции фокусирующей системы электронно-лучевой пушки?
4. С какой целью процесс ЭЛС осуществляется в вакууме?
5. Каковы основные параметры режима ЭЛС?
6. Какие требования предъявляют к подготовке кромок и сборке соединений под ЭЛС?
7. Какие технологические приемы используют при ЭЛС?
8. В чем состоят особенности формирования шва при ЭЛС?
9. Какие дефекты присущи сварным швам, выполненным ЭЛС?
10. Насколько опасен процесс ЭЛС для человека и окружающей среды?

«Раздел №4 Электрооборудование во взрывоопасных и пожароопасных помещениях».

Практическая работа: Классификация взрывоопасных и пожароопасные зон.

Цель работы; Ознакомление обучающихся с классификацией взрывоопасных и пожароопасные зон.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть.
2. Составить таблицу по классификации взрывоопасных и пожароопасные зон.

Таблица

Зона класс	Расположение зон	Температура вспышки	Материалы	примечания

3. Написать вывод.

Выполнение заданной работы с использованием методической, учебной и справочной литературы

Теория: Классификация пожароопасных зон

1. Комментируемая статья в [ч. 1](#) предусматривает классификацию пожароопасных зон. В данную часть статьи вошли несколько измененные следующие положения [п. 7.4.3-7.4.6 гл. 7.4](#) "Электроустановки в пожароопасных зонах" Правил устройства электроустановок (ПУЭ)*[\(44\)](#) (глава утверждена Главтехуправлением и Госэнергонадзором Минэнерго СССР 5 марта 1980 г.) о классификации пожароопасных зон:

зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C;

зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха;

зоны класса П-III - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;

зоны класса П-III - расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

Как определено в [п. 7.4.2](#) названного документа, пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях. Однако, следует иметь в виду, что в [п. 30 ст. 2](#) комментируемого Закона дано определение более общего понятия "пожароопасная (взрывоопасная) зона": часть замкнутого или открытого пространства, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном режиме технологического процесса или его нарушении (аварии);

2. [Часть 2](#) комментируемой статьи в отношении методов определения классификационных показателей пожароопасной зоны отсылает к нормативным документам по пожарной безопасности. В этой связи следует отметить, что в [п. 7.4.7-7.4.13 гл. 7.4](#) "Электроустановки в пожароопасных зонах" Правил устройства электроустановок (ПУЭ) определено следующее:

зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих паров, пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным. Класс среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде. Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным;

зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с применением рециркуляции воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-II, относятся также к пожароопасным зонам класса П-II. Зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона. Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих пожароопасные зоны класса П-II и пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-III;

определение границ и класса пожароопасных зон должно производиться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации. В помещениях с производствами (и складами) категории В электрооборудование должно удовлетворять, как правило, требованиям [гл. 7.4](#) к электроустановкам в пожароопасных зонах соответствующего класса;

при размещении в помещениях или наружных установках единичного пожароопасного оборудования, когда специальные меры против распространения пожара не предусмотрены, зона в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от этого оборудования является пожароопасной;

при выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, необходимо учитывать также условия окружающей среды (химическую активность, атмосферные осадки и т.п.);

неподвижные контактные соединения в пожароопасных зонах любого класса должны выполняться сваркой, опрессовкой, пайкой, свинчиванием или иным равноценным способом. Разборные контактные соединения должны быть снабжены приспособлением для предотвращения самоотвинчивания;

защита зданий, сооружений и наружных установок, содержащих пожароопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений, а также заземление установленного в них оборудования (металлических сосудов, трубопроводов и т.п.), содержащего горючие жидкости, порошкообразные или волокнистые материалы и т.п., для предотвращения искрения, обусловленного статическим электричеством, должны выполняться в соответствии с действующими нормативами по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений и защиты установок от статического электричества. В пожароопасных зонах любого класса должны быть предусмотрены меры для снятия статических зарядов с оборудования.

Статья 19. Классификация взрывоопасных зон

1. Длительное время в СССР, а затем и в России действовала классификация взрывоопасных зон, предусмотренная положениями [п. 7.3.40-7.3.46 гл. 7.3](#) "Электроустановки во взрывоопасных зонах" Правил устройства электроустановок (ПУЭ) (глава утверждена Главтехуправлением и Госэнергонадзором Минэнерго СССР 4 марта 1980 г.).

В частности, в [п. 7.3.40-7.3.43](#) предусматривалось четыре класса взрывоопасных зон:

зоны класса В-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ), находящихся в открытых емкостях, и т.п.;

зоны класса В-Ia - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей;

зоны класса В-Iб - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей: 1) горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по [ГОСТ 12.1.005-88](#) "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок); 2) помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например, помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и статерных аккумуляторных батарей). Пункт 2 не распространяется на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при условии обеспечения электромашинного помещения вытяжной вентиляцией с естественным побуждением; эти электромашинные помещения имеют нормальную

среду. К классу В-Іб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами; зоны класса В-Іг - пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок, выбор электрооборудования для которых производится согласно [7.3.64](#)), надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т.п. К зонам класса В-Іг также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа и В-ІІ (исключение - проемы окон с заполнением стеклоблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Однако, постановлением Госстандарта России от 9 декабря 1999 г. N 499-ст принят и введен в действие [ГОСТ Р 51330.9-99](#) "Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон" ^{*(45)}, содержащий полный аутентичный текст международного стандарта МЭК 60079-10-95 "Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон" с дополнительными требованиями, учитывающими потребности экономики страны.

ГОСТ Р 51330.9-99 (МЭК 60079-10-95) устанавливает классификацию взрывоопасных зон, отличающуюся от предусмотренной в [гл. 7.3](#) Правил устройства электроустановок (ПУЭ). Так, согласно [п. 2.4](#) ГОСТ Р 51330.9-99 (МЭК 60079-10-95) взрывоопасные зоны в зависимости от частоты и длительности присутствия взрывчатой газовой смеси подразделяют на три класса:

зона класса 0: зона, в которой взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени.

зона класса 1: зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации.

зона класса 2: зона, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко, и существует очень непродолжительное время (в примечании указано, что частоту возникновения и длительность присутствия взрывоопасной газовой смеси допускается определять по правилам (нормам) соответствующих отраслей промышленности).

Согласно определениям, данным в [ГОСТ Р 51330.9-99 \(МЭК 60079-10-95\)](#):

взрывоопасная газовая смесь: смесь горючих газов или паров с воздухом при нормальных атмосферных условиях, у которой при воспламенении горение распространяется на весь объем несгоревшей смеси. Примечание. Несмотря на то, что смесь, концентрация которой превышает верхний концентрационный предел воспламенения (ВКПР), не является взрывоопасной газовой смесью, она может стать таковой. В ряде случаев рекомендуется рассматривать ее как взрывоопасную, в частности, при классификации зон;

взрывоопасная зона: зона, в которой имеется или может образоваться взрывоопасная газовая смесь в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении и эксплуатации электроустановок. Однако, следует иметь в виду, что в [п. 30 ст. 2](#) комментируемого Закона дано определение более общего понятия "пожароопасная (взрывоопасная) зона": часть замкнутого или открытого пространства, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном режиме технологического процесса или его нарушении (аварии);

взрывобезопасная зона: зона, в которой не может образоваться взрывоопасная газовая смесь в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении и эксплуатации электроустановки

Контрольные

вопросы

1. Классификация взрывоопасных зон

2. Классификация взрывоопасных зон

Практическая работы; «Виды исполнения оборудования от степени их защиты от воздействия окружающей среды».

Цель работы; Познакомить обучающихся с видами исполнения оборудования от степени их защиты от воздействия окружающей среды.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть материала.

2. Составить опорный конспект на заданную тему ответить на контрольные вопросы письменно.

Теория: Расшифровка индекса защиты "IP" и климатического исполнения изделий

Расшифровка индекса защиты "IP" (International Protection, "внутренняя защита").

При выборе оборудования и определении места его установки очень важно обеспечить соответствие степени защиты устройства условиям, в которых это оборудование будет эксплуатироваться. Любой прибор автоматики должен одновременно удовлетворять двум требованиям защиты:

- обеспечивать электробезопасность обслуживающего персонала,
- защищать электронные компоненты, расположенные в устройстве от воздействия окружающей среды.

Производители приборов и устройств предназначенных для монтажа в жилых и производственных зданиях, как правило, приводят степень защиты корпусов приборов согласно международному нормативу International Protection или просто IP. Этот норматив несёт информацию о защите обслуживающего персонала от поражения электрическим током при работе с прибором и о степени защиты расположенных внутри прибора электронных компонентов от проникновения пыли и влаги. Норматив IP признан во всём мире и используется гораздо чаще, чем ссылки на национальные стандарты. Поэтому, выбирая приборы автоматики для конкретных условий эксплуатации необходимо обращать внимание не только на внешний вид приборов, но и на степень его защиты по IP. В настоящее время норматив IP активно используется и в России. В документации и на корпусах приборов многих фирм указывается степень защиты с помощью букв IP и последующих двух цифр, например, IP20 или IP65. В ниже

приведённой таблице показана расшифровка этого обозначения и приведена характеристика степени защиты.

Структура обозначения Степень защиты

Первая цифра защита от проникновения твердых частиц	0	Защита отсутствует
1	Защита от проникновения твердых частиц размером не менее 50 мм (случайное касание рукой)	
2	Защита от проникновения твердых частиц размером не менее 12 мм (палец руки)	
3	Защита от проникновения твердых частиц размером не менее 2.5 мм (инструменты, кабели)	
4	Защита от проникновения твердых частиц размером не менее 1 мм (тонкие инструменты, провод)	
5	Защита от проникновения пыли в количествах, не влияющих на работоспособность изделия	
6	Полная защита от проникновения пыли	

Вторая цифра защита от проникновения жидкостей	0	Защита отсутствует
1	Защита от вертикально падающих капель воды (конденсат)	
2	Защита от капель воды, падающих под углом не более 15° от вертикали	
3	Защита от капель дождя, падающих под углом не более 60° от вертикали	
4	Защита от брызг воды со всех направлений	
5	Защита от струй воды со всех направлений	
6	Защита от воздействия воды, идентичного морским волнам	
7	Защита от проникновения воды при погружении на глубину до 1 м	

Третья цифра защита от механических повреждений	0	Защита отсутствует
1	Энергия удара 0.225 Дж (груз 150 г, с высоты 15 см)	
3	Энергия удара 0.5 Дж (груз 250 г, с высоты 20 см)	
5	Энергия удара 2 Дж (груз 500 г, с высоты 40 см)	
7	Энергия удара 6 Дж (груз 1.5 кг, с высоты 40 см)	
9	Энергия удара 20 Дж (груз 5 кг, с высоты 40 см)	

В нормативе IP не учитывается защита от агрессивных сред и другие серьёзные требования к оборудованию. В этих случаях надо пользоваться специальными стандартами. Норматив IP даёт представление о пылевлагозащищённости изделия и его электробезопасности.

Климатическое исполнение и категория размещения изделий.

Стандарт распространяется на все виды машин, приборов и других технических изделий и устанавливает макроклиматическое районирование земного шара, исполнения, категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования изделий в части воздействия климатических факторов внешней среды. Климатическими факторами внешней среды являются: температура, влажность воздуха, давление воздуха или газа

(высота над уровнем моря), солнечное излучение, дождь, ветер, пыль (в том числе снежная), смены температур, соляной туман, иней, гидростатическое давление воды, содержание в воздухе коррозионно-активных агентов.

Структура обозначения Характеристика Буквенные обозначения климатического исполнения У Изделия предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным климатом

УХЛ Изделия предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом

ТВ Изделия предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах с влажным тропическим климатом

ТС Изделия предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах с сухим тропическим климатом

Т Изделия предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах как с сухим, так и с влажным тропическим климатом

О Изделия предназначены для эксплуатации во всех макроклиматических районах, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (общеклиматическое исполнение)

М Изделия, предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренно-холодным морским климатом

ТМ Изделия, предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с тропическим морским климатом

ОМ Изделия, предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах как с умеренно-холодным, так и тропическим морским климатом

В Изделия, предназначенные для эксплуатации во всех макроклиматических районах, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (всеклиматическое исполнение)

ХЛ Изделия, преимущественно предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с холодным климатом

Цифровые обозначение категории 1 Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района)

2 Для эксплуатации под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в оболочке комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков)

3 Для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например, в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)

4 Для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых

производственных и других, в т. ч. хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)

5 Для эксплуатации в помещениях с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в т. ч. шахтах, подвалах в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности, в некоторых трюмах, в некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т. п.)

Контрольные вопросы:

1. Опишите цифровое обозначение категории 1 для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района).

Практическая работа; «Электропроводки во взрыва и пожароопасных помещениях».

Цель работы; Познакомить обучающихся применением электропроводок во взрыво и пожароопасных помещениях.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть материала
2. Составить опорный конспект ответить на контрольные вопросы
3. Написать вывод.

Теория: Особенности электропроводок во взрывоопасных зонах

Взрывоопасные зоны в зависимости от обращающихся в них взрывоопасных смесей и температуры их воспламенения разделяют на следующие классы:

В-I — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать в соединении с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при погрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ и т.и.);

В-Iа — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ не образуют, но возможны в результате неисправностей или аварии;

В-Iб — зоны, в которых при нормальном режиме работы взрывоопасные смеси с воздухом горючих газов или паров ЛВЖ не образуют, но возможны только в результате неисправностей или аварии при следующих условиях: горючие газы обладают низким пределом воспламенения и резким запахом при предельно допустимых концентрациях (например, машинные залы аммиачных компрессорных станций); лабораторные и другие помещения, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в количествах, недостаточных для образования взрывоопасных смесей, и в которых работы производят без применения открытого пламени. Такие зоны не относят к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится под вытяжными зонтами или в вытяжных шкафах;

В-1г — зоны наружных установок, содержащие горючие газы или ЛВЖ (в ПУЭ приведены данные о расстояниях пространства, относящихся к зоне В-1г в зависимости

от места размещения взрывоопасных установок);
 В-II —зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыль или волокна в количествах, способных образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальном режиме работы;
 В-IIa — зоны помещений, в которых горючие пыли или волокна в нормальном режиме не образуют взрывоопасные смеси, но могут их образовать в результате неисправностей или аварии.

Присвоение зонам классов взрывоопасности производят технологи совместно с проектировщиками. Классы взрывоопасности должны быть в обязательном порядке обозначены на чертежах электротехнической части проекта. Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia запрещается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами. Во взрывоопасных зонах других классов применение алюминиевых жил допустимо. Во взрывоопасных зонах любого класса запрещается применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой. Сечения токопроводящих жил проводов и кабелей должны быть не менее указанных в табл. 7.

Таблица 7

Электропроводки	Сечение жилы, мм ² , для классов взрывоопасных зон	
	медные, В-I, В-1a	алюминиевые, В-Iб, В-1г. В-II, В-II a
Осветительные сети	1,5	2,5
Силовые сети	1,5	2V5
Цепи управления, сигнализации, измерения, блокировки	1,5	2*5
Вторичные цепи трансформаторов тока	2,5	4

Виды электропроводок, допустимых для применения во взрывоопасных зонах, в зависимости от класса взрывоопасности в соответствии с ПУЭ приведены в табл. 8. В помещениях всех классов взрывоопасности запрещается применение неизолированных проводов, а применение стальных труб допускается только водогазопроводных обыкновенных. Запрещается применение некондиционных, легких водогазопроводных, тонкостенных стальных и пластмассовых труб. В сырых и особо сырых помещениях, где возможно образование внутри труб конденсата, прокладку их ведут с уклоном не менее 0,003 к местам сборки конденсата.

Таблица 8

Кабель, провод	Способ прокладки	Сети		
		выше 1 кВ	Силовые сети и вторичные цепи до 1 кВ	Осветительные сети до 380 В
Бронированный кабель	Открыто	по В зонах любого класса		

	стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях, в коробах, лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах, в каналах, скрыто в траншеях, в блоках			
Небронированный кабель в резиновой поливинилхлоридной и металлической оболочках	Открыто при отсутствии механических химических воздействий, по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях, в лотках на тросах	В-1б, В-1а, В-1г	В-1б, В-1а, В-1г	В-1а, В-1б, В-1а, В-1г
	В каналах пылеуплотненных (например, покрытых асфальтом или засыпанных песком)	в-и, В-1а	В-И, В-1а	В-И, В-1а
	Открыто в коробах	В-1б, В-1г	В-1а, В-1б, В-1а, В-1б, В-1г	
	Открыто и скрыто в стальных водопроводных трубах	В зонах любого класса		
Изолированный провод	То же	То же		

Стальные трубы соединяют муфтами на резьбе с уплотнением паклей на сурике, разведенном в олифе, или лентой ФУМ (фтористый уплотнительный материал). Для уплотнения резьбовых соединений запрещают применять изоляционные ленты всех видов и не допускают соединение и крепление стальных труб с помощью сварки. Для соединений и ответвлений в стальном трубопроводе электропроводки применяют взрывозащищенные литые чугунные коробки (рис. 56). В зонах класса В-І ответвительные коробки выносят за пределы зоны.

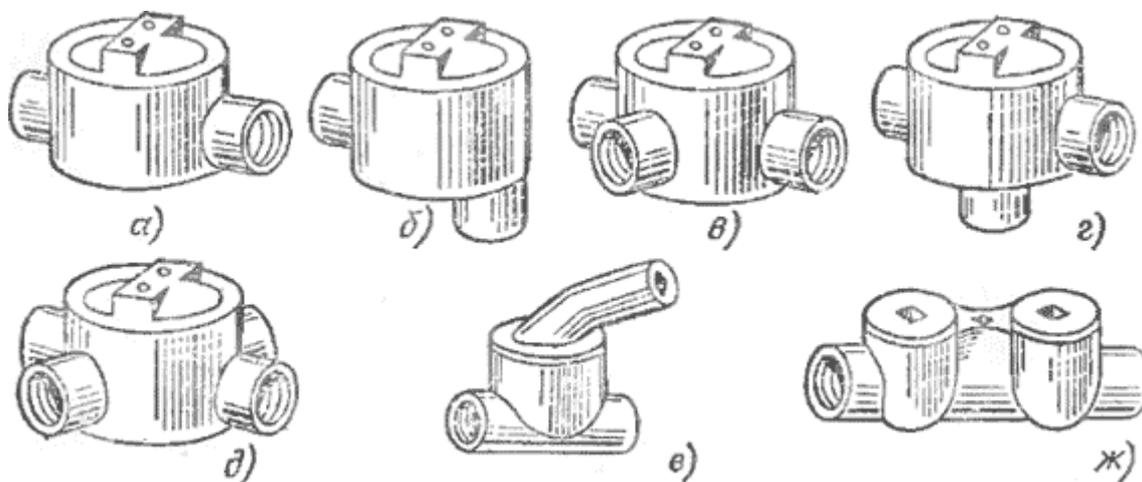


Рис. 56. Коробки взрывозащищенные чугунные:

а — КПП проходная прямая; б — КПД проходная через дно; в — КТО тройниковая ответвительная; г — КТД тройниковая с ответвлением в дно; д — ККО крестовая ответвительная; е — КПП проходная разделительная; ж — КПЛ проходная разделительная для локальных испытаний

Для помещений всех классов, кроме классов В-I и В-II, допускают применение стальных ответвительных и проходных коробок в пылеводозащищенном исполнении, а также пластмассовых коробок, изготовленных из негорючей пластмассы (например, типа У-409).

К вибрирующим и перемещаемым на небольшие расстояния машинам и аппаратам в зонах В-I, В-Ia и В-II подключение электропроводок выполняют герметичными металлорукавами с резьбовой соединительной арматурой; в зонах других классов допускают применение резиноканевых рукавов, устойчивых к воздействию среды прокладки.

При переходе труб электропроводки из помещений взрывоопасных зон В-I и В-Ia в помещение взрывоопасной зоны другого класса или наружу труба с проводами в местах прохода через стены должна иметь разделительное уплотнение коробками типов КПЛ, КПП (рис. 56, е, ж), заполняемых уплотняющим составом У-65. В помещениях других классов установка разделительных уплотнений не требуется.

Разделительные уплотнения подвергают испытаниям избыточным давлением воздуха 250 кПа (2,5 ат) в течение 3 мин (рис. 57). При этом допускают падение давления не более чем до 200 кПа (2 ат). Примеры расстановки разделительных уплотнений показаны на рис. 58.

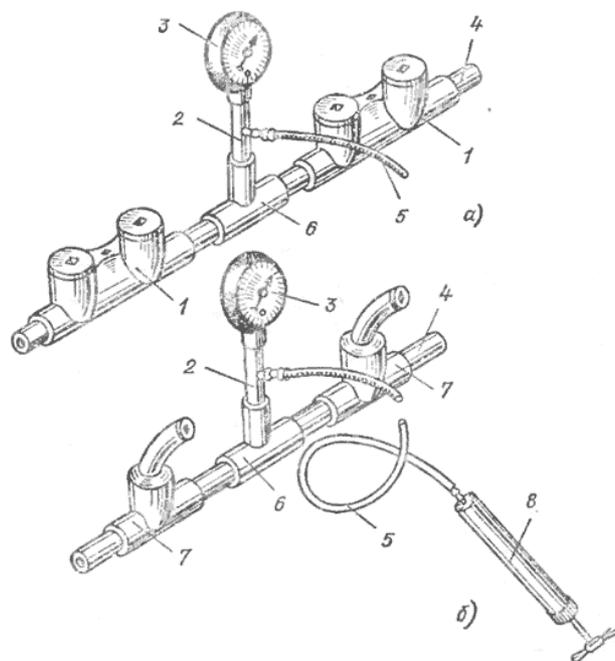


Рис. 57. Испытание разделительного уплотнения для коробок КПЛ(в) и КПР(б):
 I — коробка КПЛ; 2 — патрубок с ниппелем; 3 — манометр; 4 — труба; 5 — шланг; 6 —
 тройник; 7 — коробка КПР; 8 — велосипедный насос с обратным клапаном

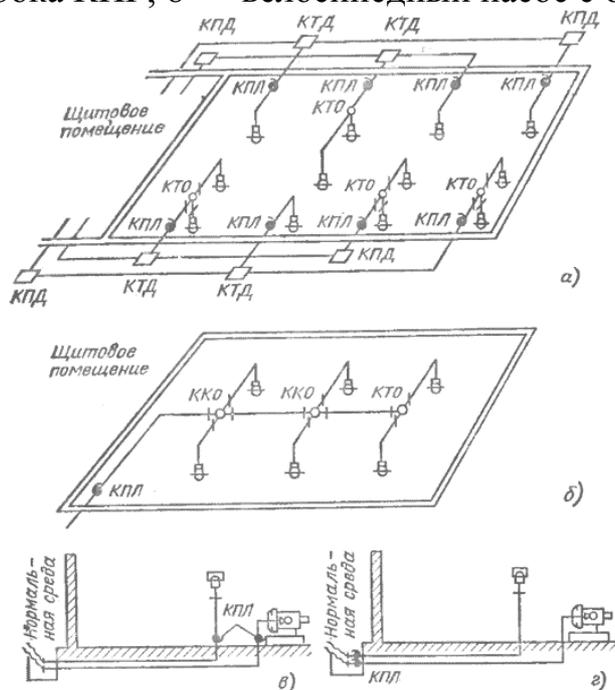


Рис. 58. Примеры выполнения осветительных и силовых электропроводок в стальных трубах во взрывоопасных зонах:

а — осветительная сеть в зонах В-I; б — осветительная сеть в зонах В-1а и В-II; в —
 силовая сеть в полу для зоны В-Iа; г — то же для зоны В-I

Ввод проложенных в трубе проводов в машины, аппараты и светильники выполняют вместе с трубой, причем перед вводом устанавливают разделительное уплотнение, если оно отсутствует внутри вводного устройства. Ввод труб с проводами в машины и аппараты, имеющие вводное устройство только для кабелей, не допускается. В таких случаях применяют переход с трубы на кабель через концевую заделку кабеля, размещаемую в стальном шкафу с уплотнением.

В силовых и осветительных сетях взрывоопасных зон рекомендуют открытую прокладку бронированных кабелей повышенной надежности марки ВБВ с медными жилами в зонах классов В-I и В-Iа, а в зонах других классов — марки АВБВ с алюминиевыми жилами.

Эти кабели имеют поливинилхлоридную изоляцию жил и такую же внутреннюю

оболочку, броню из двух стальных лент и поверх брони поливинилхлоридный шланг. В наружных установках для кабелей с наружным поливинилхлоридным шлангом необходима защита от воздействия прямых солнечных лучей. Радиус изгиба кабелей должен быть не менее 10 диаметров кабеля. Устройство соединительных муфт на кабелях, проложенных во взрывоопасных зонах, не допускается.

Прокладку одиночных кабелей через стены и междуэтажные перекрытия во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II выполняют в отрезках водогазопроводных труб с уплотнением кабеля составом У-65 и трубы — цементным раствором (рис. 59,а). В зонах класса В-I уплотнение выполняют с обеих сторон прохода; в зонах В-Ia и В-II с одной стороны взрывоопасной зоны. Вместо уплотнения составом У-65 может быть применено сальниковое уплотнение (см. рис. 66,б). При прокладке через стены группы кабелей применяют заделанные в стены стальные плиты с приваренными к ним патрубками (кассеты) или стальные коробки, заполненные песком.

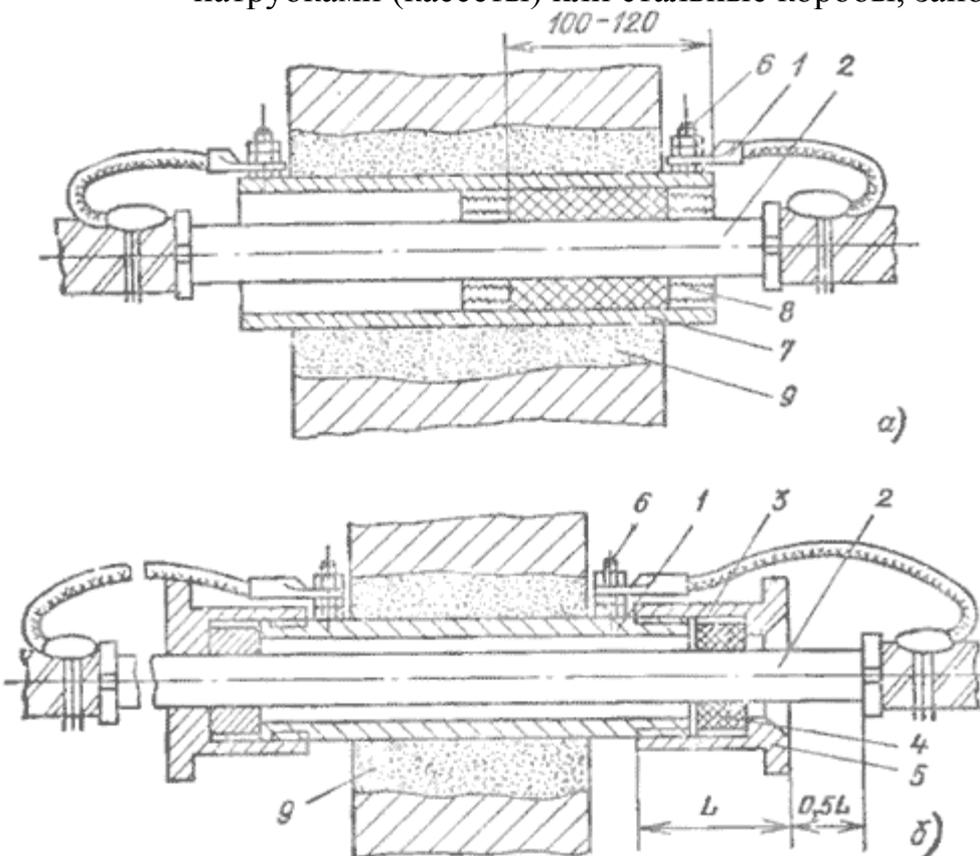


Рис. 59. Проходы кабелей через стены взрывоопасных помещений: а — с уплотнением составом УС-65; б — с сальниковым уплотнением; L — длина сальника; 1 — отрезок трубы; г — кабель; 8 — сальник; 4 — уплотнительное резиновое кольцо; 5 — шайба; б — болт заземления; 7 — уплотнительный состав УС-65: 8 — уплотнения из кабельного джута или асбестового шнура; У — цементный раствор
Запрещают применение шинопроводов во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Тг, В-II и В-IIa. Применение шинопроводов в зонах В-Ia и В-Iб допускают при следующих условиях:

токопроводящие шины должны быть медными и изолированными; неразъемные соединения шин должны быть выполнены сваркой или опрессовкой; все болтовые соединения между секциями и в местах присоединения аппаратов должны иметь приспособления, не допускающие самоотвинчивания гаек; шинопроводы должны быть защищены металлическими кожухами; крышки на них должны открываться только при помощи специальных (торцевых) ключей. Следует учесть, что выше была приведена только часть требований ПУЭ к

электропроводкам взрывоопасных зон, которые необходимо знать электромонтерам, выполняющим работы по чертежам утвержденной проектной документации, и электромонтерам, обслуживающим взрывоопасные зоны по местным инструкциям. Для электромонтеров выше 4-го разряда рекомендуется, а для инженерно-технического персонала является обязательным знание требований ПУЭ к взрывоопасным электроустановкам в полном объеме.

Контрольные вопросы:

1. Виды электропроводок, допустимых для применения во взрывоопасных зонах, в зависимости от класса взрывоопасности в соответствии с ПУЭ.
2. Почему в помещениях всех классов взрывоопасности запрещается применение неизолированных проводов, а применение стальных труб допускается только вод газопроводных обыкновенных.
3. Почему запрещается применение некондиционных, легких вод газопроводных, тонкостенных стальных и пластмассовых труб. В сырых и особо сырых помещениях, где возможно образование внутри труб конденсата,

Практическая работа; «Маркировка выбор электрооборудования».

Цель работы; Познакомить обучающихся с маркировкой электрооборудования.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть
2. Составить опорный конспект
3. Привести алгоритм выбора оборудования

Теория: Правила выбора электрооборудования с маркировкой взрывозащитные

Отличие общепромышленного электрооборудования от взрывозащищенного состоит в применении при изготовлении последнего определенных средств взрывозащитные. Конструктивные решения взрывобезопасности оборудования и электротехнических установок позволяют полностью исключить или минимизировать вероятность взрыва.

Существующие средства разделяются на три основные группы:

1. По оболочке, в которую заключается электротехническая установка или оборудование.
2. По изоляции электрических частей от контакта с окружающей средой.
3. По исключению возможности возникновения искры или опасного повышения температуры, которые могут привести к возгоранию окружающей среды.

Каждая группа в перечислении предусматривает какой-то один, а в некоторых случаях и несколько способов защиты от взрыва, или взрывозащищенных исполнений, или видов взрывозащиты.

В самом начале выбора **взрывозащищенного оборудования, устанавливаемого во взрывобезопасных зонах**, следует учитывать требования ГОСТ Р51330.0-99 и Правил устройства электроустановок (ПУЭ), главы 7.3., определяющих требования к классификации опасных зон и смесей.

Алгоритм правильного выбора

После определения классификации взрывоопасной зоны устанавливается необходимый для безопасной работы уровень взрывозащиты.

На основании ПУЭ, а именно имеющейся в правилах таблицы 7.3.10 определяется его степень:

2 – повышенная надежность электрооборудования, обеспеченная при нормальном, не аварийном режиме работы;

1 - электрооборудование, полностью взрывобезопасное при нормальном, штатном режиме эксплуатации и при возможных повреждениях, за исключением повреждений одного или нескольких средств взрывозащиты;

0 – электрооборудование особо взрывобезопасное с дополнительными средствами взрывозащиты.

Если в зоне опасность ниже значения 2, то он считается неопасным, с последующим применением обычных правил установки и эксплуатации.

Далее, нужно определить один из восьми существующих видов взрывозащиты устанавливаемого во взрывоопасной зоне оборудования.

На основании ПУЭ п.7.3.33 определяется вид:

d – оболочка, непроницаемая для взрыва;

p - продувка или наполнение оболочки воздухом или инертным газом;

i – электрическая цепь в искробезопасном исполнении;

q – заполнение оболочки кварцем;

o – заполнение оболочки масляными средами;

s – специальная взрывозащита;

e - "e" защита.

Следующий шаг – определение знака категории и группы по типу вещества или взрывоопасной смеси. Классификация газовых смесей соответствует указанному выше ГОСТ Р 51330.0-99, части 12.

Группы разделяются по температуре самовоспламенения газа, а категории по величине безопасный экспериментальный максимальный зазор между фланцами оболочки, обозначаемый в специальной литературе как БЭМЗ, или по критическому зазору.

При наличии в зоне, опасной для взрыва, нескольких видов газа, электрооборудование необходимо подбирать по тому, чей уровень взрывоопасности выше.

Климатические условия по ГОСТ 15150 являются еще одним важным критерием для выбора оборудования. Макроклиматические участки суши и воды имеют разные температурные характеристики, которые необходимо учитывать для надежной и эффективной работы деталей и элементов. При маркировке они обозначаются латинскими и русскими буквами. Подробная информация в статье **«Климатические зоны РФ и категории размещения взрывозащищенного оборудования»**.

И наконец, определяется температурный класс взрывоопасной смеси и взрывозащищенного оборудования. Класс взрывоопасного газа и пара в маркировке электрооборудования соответствует значениям от T1 до T6. Каждая группа разделена по температуре воспламенения, выраженной в градусах по Цельсию. Предельная температура по классам:

T1 – 450°C;

T2 – 300°C;

T3 - 200 °C;

T4 - 135°C;

T5 - 100°C;

T6 - 85°C.

Из изложенного выше следует, что выбор электрооборудования с элементами взрывозащиты включает в себя два основных момента:

- исполнение по взрыв защите;

- соответствие взрывоопасной смеси маркировке оборудования.

Полная информация об изделии

Закрепленный на взрывозащищенном электрооборудовании металлический шильдик имеет маркировку, образуемую последовательным перечислением в одну строку нижеследующих знаков взрывозащиты:

1. Обозначение ее уровня.
2. Ex - знак соответствия стандартам ГОСТ 12.2.020-76.
3. Обозначение ее вида.
4. Обозначение подгруппы или группы взрывозащищенного оборудования.
5. Обозначение ее температурного класса.

Например, **взрывозащищенная коробка АКВ-01А.80x80x52**, выпускаемая нашим предприятием, имеет вид взрывозащиты 2ExeПТ6Х, что означает 2 уровень (повышенную надежность), Ex (соответствие стандарту), e (вид защиты e), П (группа), Т6 (температурный класс), Х (дополнительный знак).

Допускается наличие дополнительных надписей и знаков в соответствии со стандартами на отдельные виды взрывозащиты.

Контрольные вопросы:

1. Какие существующие средства разделяются на три основные группы
2. По оболочке, в которую заключается электротехническая установка или оборудование.
3. Что происходит с изоляции электрических частей от контакта с окружающей средой.
4. По исключению возможности возникновения искры или опасного повышения температуры, которые могут- ли привести к возгоранию окружающей среды.
5. Какая группа в перечислении предусматривает какой-то один, а в некоторых случаях и несколько способов защиты от взрыва, или взрывозащищенных исполнений, или видов взрывозащитные.

Раздел №5 Электрооборудование и электрические схемы управления для нанесения покрытий

Практическая работа; «Область применения и типа установок для нанесения покрытий; конструкция и принцип действия установок».

Цель работы; Изучение область применения и типа установок для нанесения покрытий; конструкция и принцип действия установок.

Ход работы;

1. Изучить теоретический материал
2. Написать опорный конспект по заданному разделу.
3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ:
 - а) деловая игра "В чём причина дефекта лакокрасочного покрытия?" – лабораторные и практические занятия;
 - б) деловая игра "Электроосаждение" – лабораторные и практические занятия.

Теория:

СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗДЕЛИЯ

Классификация способов нанесения жидких лакокрасочных материалов, их распространённость в промышленности. Характеристика потерь лакокрасочных материалов при нанесении различными способами. Немеханизированные (ручные) способы нанесения лакокрасочных материалов кистью, валиком, шпателем. Сущность,

достоинства и недостатки способов. Пневматическое распыление лакокрасочных материалов.

Теоретические основы способа, его достоинства и недостатки. Технологические режимы пневматического распыления лакокрасочных материалов. Туманообразование и законтурные потери лакокрасочных материалов, факторы, влияющие на их величину.

Оборудование для нанесения лакокрасочных материалов пневматическим распылением: краскораспылители, красконагнетательные баки, масло водоотделители. Приёмы работы с пневматическим краскораспылителем.

Распыление лакокрасочных материалов в подогретом состоянии. Сущность, достоинства и недостатки способа. Стационарные установки для нанесения лакокрасочных материалов в подогретом состоянии и портативные нагреватели.

Автоматическое окрашивание; проблемы, решаемые при этом. Окрасочные роботы, их основные параметры.

Способы очистки загрязнённого воздуха от частиц лакокрасочного материала. Распылительные камеры, их назначение, классификация и устройство. Форсуночные, каскадные, барботажно-вихревые гидрофилтры; сухие филтры. Их устройство, принцип действия, основные характеристики, достоинства и недостатки. Установки для бескамерного окрашивания крупногабаритных изделий.

Очистка воды от краски в ваннах распылительных камер. Применение коагулянтов, электрокоагуляции, флотации, ультрафилтрации. Механизированные устройства для удаления отходов лакокрасочных материалов из ванн распылительных камер. Переработка отходов лакокрасочных материалов.

Возможные дефекты лакокрасочных покрытий, полученных методом пневматического распыления. Причины их возникновения, способы предупреждения и устранения.

Гидравлическое распыление лакокрасочных материалов. Сущность, достоинства и недостатки способа.

Безвоздушное распыление без нагрева и с нагревом лакокрасочных материалов. Используемое оборудование: краскораспылители и насосы высокого давления. Установки безвоздушного распыления без нагрева и с нагревом лакокрасочных материалов.

Комбинированное распыление лакокрасочных материалов. Сущность, достоинства и недостатки способа, применяемое оборудование.

Нанесение лакокрасочных материалов распылением в электрическом поле высокого напряжения.

Сущность, достоинства и недостатки способа. Электрофизические процессы, протекающие при распылении: образование и зарядка частиц лакокрасочного материала, перемещение и коагуляция красочного аэрозоля. Требования, предъявляемые к лакокрасочным материалам и растворителям. Факторы, влияющие на качество лакокрасочных покрытий.

Оборудование для нанесения лакокрасочных материалов распылением в электрическом поле высокого напряжения. Типы и устройство краскораспылителей. Электроокрасочные камеры, система их вентиляции.

Возможные дефекты лакокрасочных покрытий, полученных в электрическом поле высокого напряжения. Причины их возникновения, способы предупреждения и устранения.

2.6. Нанесение жидких лакокрасочных материалов неаэрозольными способами.

Нанесение лакокрасочных материалов способами окунания и облова. Теоретические основы способов, достоинства и недостатки, области применения. Установки для

окрашивания изделий окунанием и обливом со стоком лакокрасочного материала в ванну и с выдержкой окрашенных изделий в парах растворителей.

Окрашивание наливом. Принцип работы лаконаливных машин. Типы наливочных головок.

Электроосаждение из водных растворов лакокрасочных материалов. Сущность, достоинства и недостатки способа.

Анодное электроосаждение: применяемые материалы, механизм формирования осадка лакокрасочного материала; факторы, влияющие на процесс и качество образующихся покрытий.

Катодное электроосаждение: преимущества и недостатки по сравнению с анодным электроосаждением. Применяемые материалы, механизм процесса.

Установки для нанесения лакокрасочных материалов методом электроосаждения. Система контроля и регулирования технологических параметров процесса электроосаждения. Оборудование для приготовления и ультрафильтрации рабочего раствора лакокрасочного материала, для очистки сточных вод.

Возможные дефекты лакокрасочных покрытий, полученных способом электроосаждения. Причины их возникновения, способы предупреждения и устранения.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

5.1. Нормативно-техническая документация по технологии нанесения лакокрасочных покрытий. Принципы и методика составления технологического процесса подготовки поверхности и окрашивания изделий.

5.2. Нормирование расхода лакокрасочных и вспомогательных материалов. Нормативы и нормы расхода. Пути сокращения материальных затрат в производстве лакокрасочных покрытий.

ФОРМИРОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Особенности протекания химических реакций в плёнке. Факторы, влияющие на скорость и степень отверждения лакокрасочных покрытий. Типы реакций, протекающих при плёнообразовании различных лакокрасочных материалов.

СВОЙСТВА ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

2.1. Технологические свойства лакокрасочных материалов.

Свойства жидких лакокрасочных материалов: цвет, содержание нелетучих веществ, вязкость, дисперсность, обрывистость, растекаемость, жизнеспособность. Свойства порошковых лакокрасочных материалов: дисперсность, сыпучесть.

Степень отверждения лакокрасочных покрытий. Методы определения: по поглощению кислорода, по содержанию гель-золь фракции, по относительной твёрдости.

2.2. Физико-механические свойства лакокрасочных покрытий.

Прочностные показатели покрытий и факторы, влияющие на них: прочность при ударе, при изгибе, эластичность. Определение износостойкости.

Адгезия покрытий. Факторы, влияющие на адгезионную прочность покрытий. Методы определения адгезии лакокрасочных покрытий.

Декоративные свойства лакокрасочных покрытий: цвет, блеск, меление, грязеудержание. Методы их определения. Обобщённая характеристика декоративных свойств лакокрасочных покрытий.

2.3. Защитные свойства лакокрасочных покрытий.

Теории защитного действия лакокрасочных покрытий: барьерно-диффузионная, адгезионная, электрическая. Классификация покрытий по механизму защитного действия.

Методы определения антикоррозионных свойств: визуальный, импедансный, гальванометрический.

Проницаемость покрытий. Методы определения проницаемости лакокрасочных покрытий. Водо-, влаго- и солестойкость покрытий. Масло- и бензостойкость покрытий. Химическая стойкость покрытий.

2.4. Прогнозирование срока службы лакокрасочных покрытий.

Действие различных факторов на свойства лакокрасочных покрытий. Построение программ испытаний лакокрасочных покрытий для различных типов климата. Обобщённая оценка атмосферостойкости покрытий.

1. Подготовка поверхности металлов перед окрашиванием.

2. Получение и испытание многослойных лакокрасочных покрытий.

Контрольные вопросы:

1.1. Сущность процесса отверждения лакокрасочных покрытий. Превращаемые и непревращаемые лакокрасочные материалы.

1.2. Плёнкообразование из растворов лакокрасочных материалов.

Механизм процесса: конвективный и диффузионный перенос растворителя, градиент концентраций, студнеобразование, структурная неоднородность плёнки. Кинетика процесса отверждения.

1.3. Плёнкообразование из водных, органических и аэродисперсий.

Основные стадии процесса. Факторы, определяющие скорость плёнкообразования.

1.4. Плёнкообразование, осуществляемое в результате химических превращений.

Практическая работа; «Понятия технологии и режима работы установок для нанесения покрытий».

Цель работы; Сформировать и закрепить знания на поставленные вопросы раздела

Ход работы;

1. Познакомить обучающихся с понятиями о технологии и режима работы установок для нанесения покрытий

2. Изучение теории заданного материала написание опорного конспекта.

Теория: Способы подготовки поверхности деталей перед покрытием и применяемое оборудование.

Механическая подготовка поверхности деталей. Химическое обезжиривание. Электрохимическое обезжиривание. Ультразвуковая очистка. Способы травления и активирования металлов.

Приспособления и способы монтажа деталей. Назначение и устройство подвесных приспособлений. Дополнительные аноды и экраны.

Оборудование гальванических цехов. Ванны для нанесения гальванических покрытий, их устройство и характеристики. Оборудование для покрытия мелких деталей. Полуавтоматические и автоматические установки для нанесения гальванических покрытий. Вспомогательное оборудование. Электрическое оборудование гальванических цехов.

Общие сведения о технологическом процессе. Выбор технологии нанесения гальванических покрытий. Технологический процесс нанесения гальванических покрытий.

Защитно-декоративные покрытия. Назначение и область применения медных покрытий. Сравнительная характеристика электролитов меднения. Кислые электролиты меднения. Цианистые и пирофосфатные электролиты меднения. Электролиты блестящего меднения. Контактное меднение. Оксидирование меди и ее сплавов. Аноды для меднения. Снятие дефектных медных покрытий. Назначение и область применения никелевых покрытий. Катодный и анодный процессы при никелировании. Серноокислые электролиты никелирования. Борфтористоводородные и сульфаминовые электролиты никелирования. Черное никелирование. Электролиты блестящего никелирования. Химическое никелирование. Многослойное никелирование. Назначение и область применения хромовых покрытий. Стандартный электролит хромирования. Саморегулирующийся и тетрахроматный электролиты хромирования. Интенсификация процесса хромирования. Снятие дефектных хромовых покрытий. Область применения железных покрытий. Состав ванн и режим работы.

Защитные покрытия. Свойства и область применения цинковых покрытий. Кислые электролиты цинкования. Цианистые электролиты цинкования. Хлораммиакатные, цинкатные и пиродифосфатные электролиты цинкования. Электролиты блестящего цинкования. Обработка цинковых покрытий. Свойства и область применения кадмиевых покрытий. Состав ванн и режим работы. Назначение и область применения оловянных покрытий. Сравнительная характеристика электролитов. Состав ванн оловянирования и режим работы. Покрытие "Кристаллит". Контактное оловянирование. Снятие дефектных оловянных покрытий. Назначение и область применения свинцовых покрытий. Состав ванн и режим работы. Гальванические покрытия и пасты для защиты поверхности деталей от науглероживания.

Виды гальванических покрытий для увеличения износостойкости деталей. Назначение и область применения пористого хромирования. Состав ванн и режим работы для пористого хромирования.

Электроосаждение сплавов. Условия совместного осаждения металлов. Латунирование. Бронзирование. Покрытия сплавом олово-свинец. Покрытие сплавом олово-висмут. Покрытия сплавами олово-цинк, олово-никель, олово-кадмий, цинк-кадмий. Осаждение магнитных сплавов.

Покрытие драгоценными металлами. Назначение и область применения серебряных покрытий. Серебрение стальных деталей для антифрикционных целей. Твердое и контактное серебрение. Туснение серебряных покрытий и методы борьбы с ним. Область применения золочения. Состав ванн и режим работы. Область применения платинирования. Состав ванн и режим работы. Область применения палладирования. Состав ванн и режим работы. Область применения родирования. Состав ванн и режим работы.

Оксидирование и фосфатирование черных металлов.

Назначение и область применения оксидирования. Щелочное оксидирование. Бесщелочное оксидирование. Назначение и область применения фосфатирования. Состав растворов фосфатирования и режим работы.

Методы нанесения покрытий на алюминий и его сплавы. Процесс нанесения покрытий на алюминий и его сплавы. Особенности и методы подготовки алюминия под покрытие. Технология покрытия алюминия и его сплавов. Анодное оксидирование алюминия. Сущность процесса и область применения. Состав электролитов анодирования и режим работы. Эматалирование. Твердое анодирование. Методы декоративной отделки алюминия. Химическое фрезерование алюминия.

Технологический процесс нанесения гальванических покрытий.

Требования ГОСТа к обозначению покрытий на чертежах. Последовательность операций подготовки поверхности перед покрытием. Технологический процесс механической подготовки поверхности. Технология травления черных металлов. Особенности травления нержавеющей стали. Технология травления цветных металлов. Технология одновременного травления и обезжиривания поверхности. Электрохимическое и химическое полирование металлов. Особенности технологического процесса покрытия внутренних поверхностей при хромировании. Способы промывки и просушивания деталей. Область применения гальванопластики. Выбор материала формы и технология ее изготовления. Способы нанесения разделительных и проводящих слоев. Режим работы и состав электролитов для наращивания металлов. Частные случаи гальванопластики. Осаждение металлов в электровакуумных установках.

Стандартизация и контроль качества продукции. Государственная система стандартизации и ее основные задачи. Контроль качества продукции. Метрологическая служба. Виды дефектов и брака металлопокрытий. Способы определения толщины покрытия. Методы определения прочности сцепления и пористости гальванических покрытий. Коррозионная устойчивость гальванических покрытий.

Регенерация отработанных растворов. Продолжительность использования электролитов. Методы регенерации отработанных электролитов.

Способы обезвреживания концентрированных гальванических растворов.

Отработанные растворы, их свойства. Способы нейтрализации кислых и щелочных растворов. Способы обезвреживания цианистых растворов. Способы обезвреживания хромосодержащих растворов.

Обезвреживание сточных вод.

Сточные воды гальванического производства и их свойства. Технологическая схема обезвреживания цианистых сточных вод. Технологическая схема обезвреживания хромовых сточных вод. Технологическая схема нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод.

Охрана труда и пожарная безопасность Основные положения законодательства по охране труда. Безопасность труда при проведении гальванических работ. Электробезопасность. Пожарная безопасность.

Механизация и автоматизация производства.

Основные понятия о механизации и автоматизации производства. Технические средства механизации. Элементы автоматических устройств. Системы автоматических устройств. Автоматическое регулирование процесса нанесения гальванических покрытий. Автоматизация шлифовально-полировальных работ. Автоматические гальванические линии.

Контрольные вопросы по теме:

1. Стандартизация и контроль качества продукции.
2. Способы обезвреживания концентрированных гальванических растворов.
3. Охрана труда и пожарная безопасность.

Практическая работа; «Обработка металлов световым лучом».

Цель работы; сформировать и закрепить знания обучающихся по обработке металлов световым лучом

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть
2. Написать опорный конспект дать характеристику установке по обработке металлов световым лучом.
3. Написать вывод.

Теория: Обработка световым лучом {лазером) применяется для заготовок из труднообрабатываемых материалов. Лазер — это оптический квантовый генератор, вырабатывающий в определенных условиях световые лучи с высокой плотностью энергии, строго направленные на очень малый участок обрабатываемого материала, который мгновенно нагревается, плавится и испаряется. Лазером осуществляется резка металла, получение очень малых отверстий и выполнение других видов размерной обработки. Лазеры работают в импульсном режиме с частотой до 1 кГц и сосредоточением луча в пучок диаметром до 0,01 мм при длительности импульса, равной тысячным долям секунды. Обработка материалов с помощью лазеров не требует вакуумных камер. К электрохимическим методам обработки металлов и сплавов, получившим в промышленности наибольшее применение, относят электрохимическую очистку от загрязнений, электрохимическое полирование, размерную обработку в проточном электролите, а также химико-механическую притирку, чистовую доводку, шлифование поверхности и другие операции. Электрохимическая обработка металлов основана на анодном растворении металла (анода) при пропускании через раствор электролита постоянного тока. Электрохимическое травление используют в промышленности для очистки поверхности металлов и сплавов от окислов, ржавчины, жировых пленок и других загрязнений. Сущность процесса заключается в том, что в ванну 2 (рис. 40, а), заполненную электролитом, погружают обрабатываемое изделие 3 и катоды /, которые включают в цепь постоянного электрического тока. В качестве электролита применяют растворы кислот.

Контрольные вопросы:

1. Что такое комбинированные методы обработки?
2. Охарактеризуйте анодно-абразивную обработку.

3. Поясните способ электро-абразивного шлифования электроэрозионным инструментом.
4. Какие факторы влияют на съем металла при использовании свободного абразива или наполнителя?
5. В чем сущность электроэрозионно-химической обработки?
6. Какое влияние на технологические показатели процесса УЗО оказывает анодное растворение металла?
7. Как влияет световой луч на процесс ЭХО?
8. Какие технологические показатели имеет электроэрозионно-химическая обработка по сравнению с ЭЭО и ЭХО?

Раздел 6. «Электрооборудование обрабатывающих установок».

Практическая работа; «Общие сведения об обрабатывающих установках».

Цель работы; сформировать и закрепить знания об обрабатывающих установках.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть материала
2. Написать опорный конспект.

Теория: Токарные станки по металлу предназначены для обработки главным образом тел вращения. При точении с них снимается стружка, и заготовка приобретает нужную форму. Доказано, что токарный станок является одним из древнейших, созданных человеком. Впоследствии именно на его основе были сконструированы сверлильные, расточные и другие станки.

Современные токарные станки очень разнообразны и составляют значительную часть всего выпускаемого металлорежущего оборудования. Токарный станок позволяет выполнять токарную обработку практически любого вида, в том числе — отрезку, растачивание, развертывание и сверление отверстий, обтачивание поверхностей фасонной, конической и цилиндрической формы, нарезание резьбы и т.д. Кроме того, при установке на токарный станок специальных приспособлений на нем можно нарезать зубья, шлифовать, фрезеровать и т.д. Также существуют специализированные токарные станки по металлу для обработки труб различного диаметра, муфт, колесных пар и прочих изделий.

Стремление максимально автоматизировать производство привело к появлению на рынке токарных станков с ЧПУ — числовым программным управлением. Наряду с традиционной, в станках с ЧПУ используется несколько иная компоновка, которая подразумевает наличие у станины наклонных направляющих. Это существенно упрощает процесс удаления стружки и лучше защищает рабочее пространство. Зону резания закрывают специальные кожухи. В станках с ЧПУ программируются следующие параметры:

- поворот револьверной головки;
- продольное и поперечное перемещение суппорта с бесступенчатым регулированием подачи;
- быстрое перемещение суппорта;
- переключение скоростей шпинделя;
- пуск, реверс и остановка привода главного движения;

- автоматическая смена рабочего инструмента (для станков с многоинструментальным магазином).

При необходимости токарные станки оснащаются автоматизированными задними бабками и самозажимными поводковыми патронами. Многие современные [токарные станки по металлу](#) комплектуются поворотными револьверными головками с индивидуальным гидро- или электроприводом. Для подачи используются двигатели постоянного тока, гидродвигатели или шаговые электродвигатели с гидроусилителями; также применяются и ходовые (шаровые) винты качения. Наладка инструментов выполняется вне станка, при помощи различных оптических приспособлений либо устройств для настройки резцов по шаблонам или индикаторам. Непосредственно на станке осуществляется только сама смена и закрепление налаженных блоков или резцедержателя целиком.

На современных станках чаще используется датчик привязки инструмента. Привязка инструмента является одним из самых ответственных видов работ, за который отвечает наладчик станка. Безаварийное функционирование станка во многом определяется правильностью выполнения привязки. На сегодняшний день большинство токарных станков оборудовано датчиками фирмы Renishaw.

В современных станках широко применяются различные компьютерные технологии. Их внедрение производится на базе систем САМ/CAD/CAE. Основное предназначение данных систем — моделирование работы механизмов станка и управление разнообразными видами ЧПУ-обработки. Также использование систем САМ/CAD/CAE позволяет значительно сократить сроки проектирования и изготовления изделий.

Токарные станки с ЧПУ обладают многими преимуществами. Наиболее важными из них являются:

- высокий уровень автоматизации производственного процесса и его автономности.
- вмешательство наладчика в работу станка сводится к минимуму и в основном ограничивается исключительно визуальным контролем;
- высокая производственная гибкость и простота наладки. Для обработки деталей того или иного типа в станке с ЧПУ необходимо всего лишь произвести замену программы;
- высокий уровень точности ЧПУ-обработки и ее повторяемость. При необходимости по одной и той же программе на современном токарном станке можно изготавливать тысячи деталей, практически идентичных между собой;
- продолжительный срок работы до капитального ремонта, высокая надежность, износостойкость и долговечность.

Таким образом, токарные станки с ЧПУ — современное и многофункциональное оборудование, призванное решать самый широкий круг задач, связанных с металлообработкой. Его установка позволяет оптимизировать производственный процесс предприятия, наладить выпуск конкурентоспособной продукции, отвечающей самым высоким требованиям потребителей.

Контрольные вопросы:

1. - принципы построения схем управления электрооборудования станков, машин и механизмов;
2. - режимы работы электрооборудования;
3. - типовые схемы управления электродвигателями;
4. - электрооборудование и типовые электрические схемы электротермических и сварочных установок;
5. - электрооборудование и типовые электрические схемы металлообрабатывающих станков, автоматических станочных линий

Практическая работа; «Классификация обрабатывающих установок, их типовые конструкции и принципы действия».

Цель работы; Сформировать знания и понятия по классификации обрабатывающих установок, их типовые конструкции и принципы действия.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть раздела
2. Написать опорный конспект
3. Оставить таблицу классификации металлообрабатывающих установок
4. Написать вывод.

Теория. Классификация металлорежущих станков

Станки классифицируются по характеру производимой обработки, по степени универсальности, по точности и по массе.

В соответствии с классификационной таблицей ЭНИМСа станки по характеру производимой обработки (по технологическому признаку) подразделяются на 9 групп.

1. Токарные станки, основным признаком которых является главное вращательное движение заготовки и поступательное движение подачи инструмента. На станках этой группы обрабатываются тела вращения.

2. Сверлильные и расточные станки. Характерным признаком станков этой группы является главное вращательное движение инструмента. Поступательное движение подачи могут осуществлять как заготовка, так и инструмент. Станки предназначены в основном для обработки отверстий.

3. Шлифовальные станки, основной характерной особенностью которых является применяемый абразивный инструмент.

4. Комбинированные станки. Станки этой группы отличаются тем, что имеют на одной станине устройства, позволяющие производить точение, сверление, фрезерование, шлифование, а иногда и строгание.

5. Резьбо - и зубообрабатывающие станки. В эту группу выделены зубообрабатывающие и резьбообрабатывающие станки независимо от способа осуществления этих операций в силу общности кинематических особенностей.

6. Фрезерные станки, основным признаком которых является применяемый инструмент — фреза, совершающий главное вращательное движение. Станки применяются для обработки плоскостей и фасонных поверхностей.

7. Строгальные и протяжные станки. В эту группу сконцентрированы станки с главным поступательным движением. Строгальные станки предназначены для обработки плоскостей и фасонных линейчатых поверхностей, а протяжные - для обработки линейчатых поверхностей, определяемых формой режущей кромки инструмента — протяжки.

8. Разрезные станки, предназначенные для отрезки заготовок от целого куска металла.

9. Разные станки.

Внутри каждой группы станки подразделяются на 9 подгрупп т.е. на типы станков по более узким технологическим и конструктивным признакам. При изучении станков соответствующих групп эта классификация будет раскрыта.

По степени универсальности станки подразделяются на станки:

- общего назначения;
- специализированные;
- специальные.

Станки общего назначения (универсальные, широкоуниверсальные) позволяют обработку широкой номенклатуры деталей и применяются преимущественно в единичном и мелкосерийном производстве.

Специализированные станки предназначаются для обработки ограниченной номенклатуры деталей. Область их применения - серийное производство.

Специальные станки изготавливаются для обработки одного или весьма ограниченного числа наименований деталей или даже для выполнения одной операции при обработке какой-либо детали. Эти станки применяются в массовом производстве.

По точности станки подразделяются на пять классов:

- Н – нормальной точности;
- П – повышенной точности;
- В – высокой точности;

- А – особо высокой точности;
- С – спец-мастер станки.

По массе различают:

- легкие – до 1 тонны;
- средние – 1...10 тонн;
- тяжелые – свыше 10 тонн.

Тяжелые подразделяются:

- на крупные – 10...30 тонн;
- собственно тяжелые – 30...100 тонн;
- уникальные – свыше 100 тонн.

Обозначения станков строятся на буквенно-цифровой основе. При обозначении станков общего назначения первая цифра показывает принадлежность к группе классификации. Вторая цифра определяет отношение станка к соответствующей подгруппе, типу, последняя или две последние цифры обозначают размерную характеристику станка (например: для токарных станков – это высота центров, для сверлильных – диаметр сверла и т.д.). Буквы русского алфавита, размещаемые между цифрами, указывают на соответствующую модификацию станка данного типоразмера.

Например, станок модели 2Н135:



В обозначениях специальных станков первые буквы указывают на индекс завода - изготовителя, а следующие за ними цифры – порядковый номер модели.

Например, ЕЗ-24 – станок Егорьевского станкостроительного завода "Комсомолец".

Прецизионные станки обозначаются соответствующей буквой в конце, например, 1И611П – токарный станок повышенной точности, 1К62В – токарный станок высокой точности.

Станки с ЧПУ в обозначениях имеют букву Ф и цифру, указывающую на тип системы управления (1 – с индикацией отработанной геометрической информации, 2 – позиционная, 3 – контурная, 4 – комбинированная система управления) например, 6П13Ф3; 3М151Ф2; ИР-500МФ4.

Примеры обозначения станков

1124 – токарно-револьверный автомат с максимальным диаметром заготовки 24 мм.

1Б124 – модернизация автомата модели 1124 (привода)

1620 – токарный станок с высотой центров 200 мм.

16К20 – модернизированный токарный станок модели 1620.

2А150 – модернизированный вертикально-сверлильный станок с максимальным диаметром сверла 50 мм.

6Н12 – вертикально-фрезерный модернизированный.

Контрольные вопросы.

1. По каким признакам классифицируются станки?
2. Назовите группы станков и виды основных движений в них.
3. Как разделяются станки по степени универсальности? Дайте краткую характеристику каждой группы станков.

4. Как разделяются станки по точности и массе?
5. Как обозначаются модели станков? Приведите пример.

Практическая работа; «Станки с числовым программным управлением и промышленные роботы».

Цель работы; Сформировать знания обучающихся по вопросам о станках с числовым программным управлением.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть раздела
2. Составить опорный конспект
3. Ответить на контрольные вопросы

**Теория; Агрегатные и многоцелевые станки
и автоматические линии**

Достоинства агрегатных станков:

- высокая производительность благодаря многоинструментной обработке;
- меньшая занимаемая площадь;
- стабильность точности обработки (6...10 квалитет);
- невысокая квалификация операторов;
- многократное использование нормализованных узлов;
- сокращаются сроки и затраты на проектирование и изготовление станков;
- возможность автоматизации цикла обработки и переналадки на обработку заготовок нескольких типоразмеров.

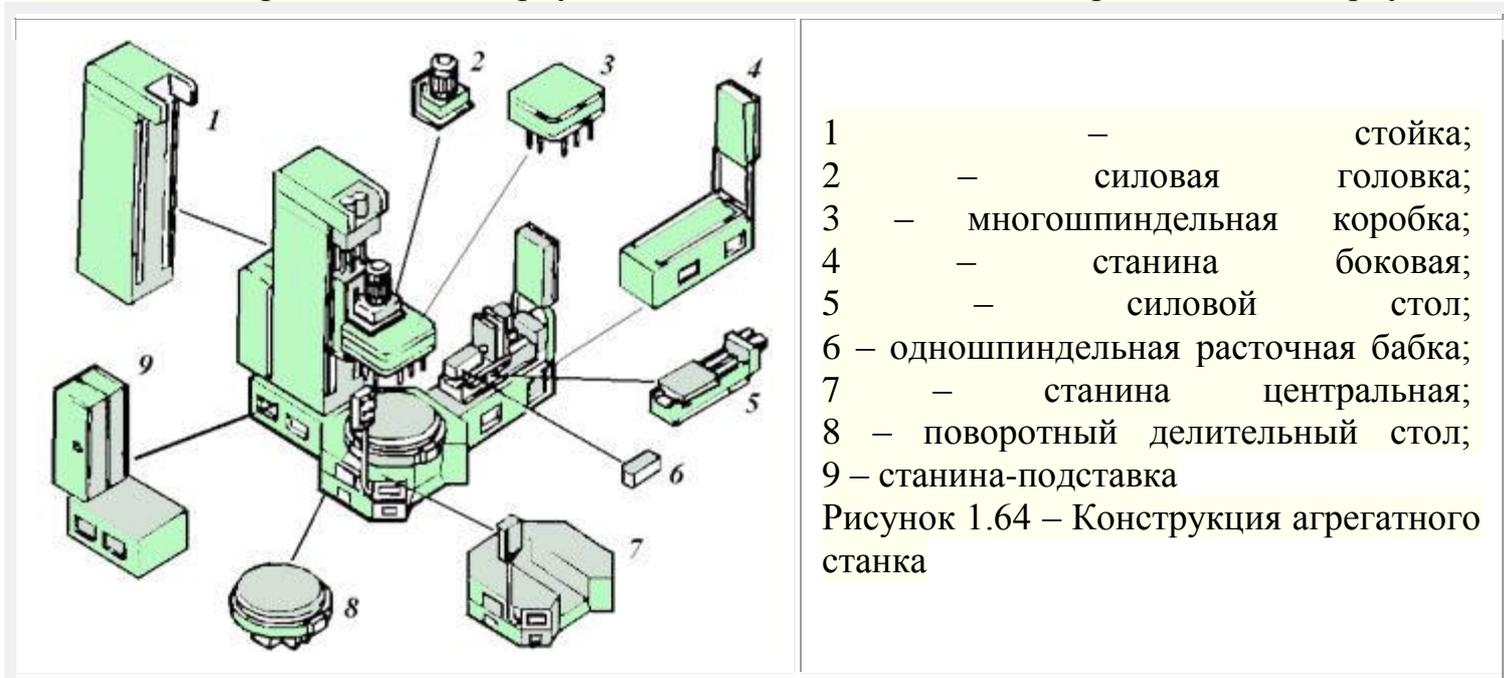
Основными унифицированными единицами агрегатных станков являются (рисунок 1.64):

- силовые узлы (головки) и столы;
- транспортные устройства;
- шпиндельные узлы;
- зажимные устройства;
- базовые корпусные детали и др.

Станина 9 – основная несущая часть станка, на которую устанавливаются поворотный делительный стол 8 и силовые головки 2

Для установки на станке силовых головок служат стойки 1 и проставочные плиты (подвижные, неподвижные) 4,9, выполненные в виде коробчатой формы, которые в неподвижном варианте жестко крепятся на станке, а в подвижном – перемещаются по направляющим станка. При многошпиндельной обработке отверстий или фрезеровании плоскостей к силовым головкам крепятся сверлильные или фрезерные многошпиндельные коробки 3. Управление станком осуществляется с пульта.

Силовая головка – унифицированный узел, предназначенный для сообщения инструменту главного движения и движения подачи. Головки бывают с выдвигной пинолью, с перемещаемым корпусом, с выдвигной пинолью и перемещаемым корпусом.



Поворотный делительный стол и поворотные барабаны служат для обработки деталей в разных плоскостях и имеют соответственно вертикальную и горизонтальную ось поворота.

Силовые головки, поворотные делительные столы и барабаны, станины и стойки являются нормализованными узлами.

Агрегатно-модульный принцип предусматривает применение в одной и той же системе нескольких повторяющихся узловых модулей или их частей, выполняющих самостоятельную функцию, например, инструментальные модули (узловые модули).

Модуль – это узел, который автономен конструктивно и функционально и может быть использован в устройствах различного назначения.

Кроме узловых модулей **разработаны также станочные модули**, представляющие собой многоцелевые станки (МЦС), имеющие автоматизированный накопитель приспособлений – спутников с обрабатываемыми заготовками, которые обеспечивают непрерывную автоматическую работу станка в течение нескольких часов.

Основное преимущество станочного модуля – использование унифицированных и взаимозаменяемых столов-спутников в сочетании с универсально-сборной оснасткой, что позволяет обрабатывать заготовки, отличающиеся как по форме, так и по размерам, и производить их установку и закрепление вне рабочей зоны станка в процессе обработки. При этом отпадает надобность в специальных установочных и зажимных приспособлениях.

Таким образом, в настоящее время используются как станочные, так и узловые модули. Основные преимущества агрегатно-модульного принципа (АМП) построения МЦС заключаются в следующем.

- увеличение гибкости при построении компонентов и комплексов и целом, наиболее полно и эффективно решающих конкретные технологические и производственные задачи;
- - возможность перехода к типовому проектированию, сокращающему объем и сроки разработки конструкторской документации;
- сокращение сроков создания комплексов благодаря запуску и производство основных его унифицированных компонентов параллельно с разработкой конструкторской документации;
- снижение стоимости изготовления компонентов комплексов вследствие серийного изготовления унифицированных элементов на специализированных заводах;
- расширение фронта работ по автоматизации производства в машиностроении путем привлечения мощностей заводов-потребителей для сборки и монтажа агрегатов и систем из унифицированных элементов, поставляемых специализированными заводами;
- увеличение надежности работы комплексов в связи с применением апробированных конструкций унифицированных элементов.

Любая агрегатно-модульная система может быть представлена как набор агрегатных узлов (силовых агрегатов, инструментальных модулей, носителей заготовок и др.) и как номенклатура станков – модификаций, которая может быть скомпонована из этих узлов. Оптимальное построение агрегатно-модульной системы заключается в максимальном сокращении разнообразия узлов при одновременном увеличении модификации станков.

Виды агрегатирования. Построение агрегатно-модульных систем может производиться на основе анализа технологических возможностей систем агрегатирования и их конструктивных признаков.

Различают следующие виды агрегатирования:

- компоновочное – создание различных компоновок станков из унифицированных узлов. Например, по расположению шпинделя в пространстве, количестве шпиндельных бабок и т.д.;
- размерное (параметрическое) – создание станков с различными размерами в пределах одной компоновки. Например, мощность привода, размеры стола, диапазон подач и т.д.;

- модификационное – создание модификаций в пределах одного размера станка. Например, емкость инструментального магазина, наличие устройств смены инструмента и т.д.
- гибкий производственный модуль (ГПМ) помимо целевого станка включает в своем составе дополнительные устройства и приспособления для реализации следующих основных функций:
 - - автоматизации переналадки, осуществляемой по вызову необходимой управляющей программы по коду обрабатываемой детали;
 - - самодиагностирование с помощью устройства ЧПУ, и выработка необходимых действий, а также индикация информации о состоянии технологической системы;
 - - поддержание функционирования модуля путем автоматической подачи заготовок в необходимых количествах, инструментов-дублеров и их автоматического ввода в работу, автоматической поднастройки инструментов по результатам контроля обрабатываемых поверхностей, поддержания заданных параметров работы систем и механизмов станка, адаптации режима обработки применительно к условиям процесса резания.

На рисунке 1.65 показан ГПМ, выполненный на базе двухшпиндельного токарного станка для обработки деталей типа тел вращения. В состав ГПМ входят станок 1, оснащенный автоматизированными зажимными патронами для крепления заготовок и магазином 2 инструментов с устройством 4 для их автоматической замены (при износе, поломке). Промышленный робот (ПР), оснащенный четырьмя манипуляторами 5 предназначен для автоматической смены заготовок 6. Он может производить смену в двух шпинделях: снять обработанные детали и установить новые заготовки, взятые с поддонов 9 транспортно-накопительной системы 8, оснащенной манипуляторами 7 и 10 для перемещения поддонов, может устанавливать заготовки на призмы поворотного стола 11, где они кантуются и одновременно контролируются, что позволяет сократить вспомогательное время. Устройство 4 и промышленный робот перемещаются вдоль станка по порталу 3.

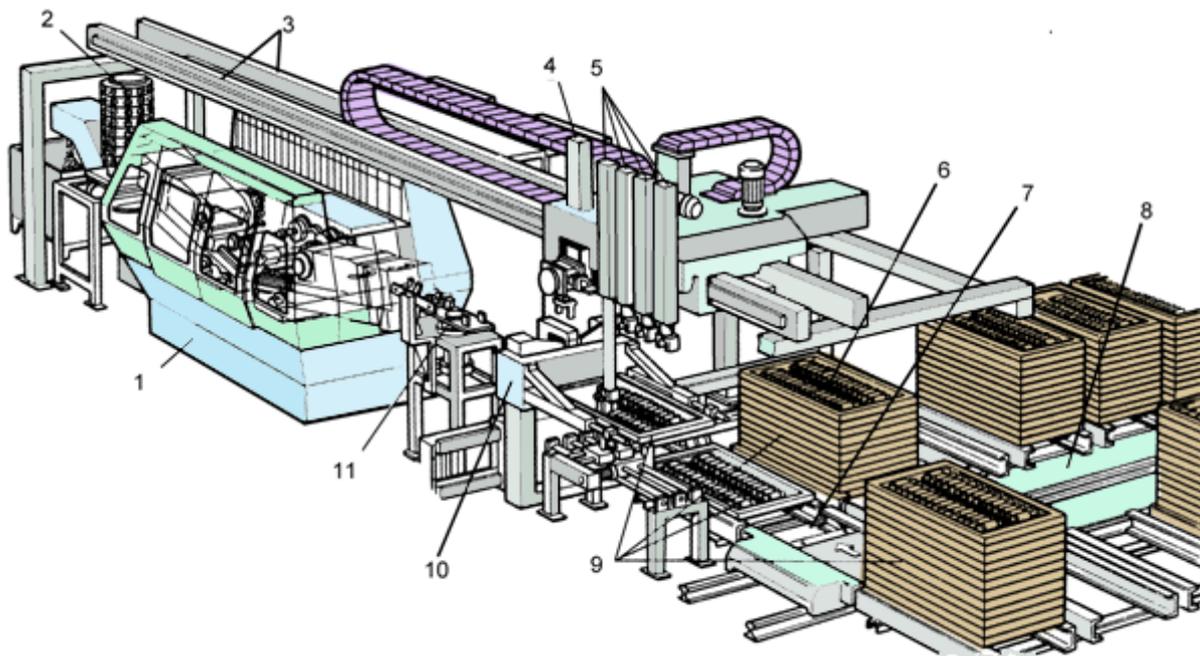


Рисунок 1.65 – ГПМ для обработки деталей типа тел вращения

Агрегатные станки с ЧПУ. Станки, построенные из унифицированных элементов, управляемых по числовой программе, и оснащенные устройствами ЧПУ, получили название агрегатных станков с ЧПУ. Пример компоновки агрегатного станка с ЧПУ

представлен
рисунке 1.66.

на

Агрегатный станок с ЧПУ состоит из следующих унифицированных элементов:

- поворотного стола 1;
- центральной станины 2;
- стойки 3 (три стойки) со шпиндельной бабкой 4;
- механизма автоматической смены инструмента (три механизма) 5;
- крестового стола 6;
- крестово-поворотного стола (два стола) 7.

Обрабатываемая деталь закрепляется на планшайбе поворотного стола, установленного на центральной станине, вокруг стола расположены три силовых агрегата (силовой агрегат состоит из стойки со шпиндельной бабкой, установленной подвижно на крестовом либо крестово-поворотном столе), осуществляющих одновременно обработку детали.

На всех трех силовых агрегатах шпиндельные бабки перемещаются по направляющим стоек в вертикальном направлении (координаты Y, Q, V).

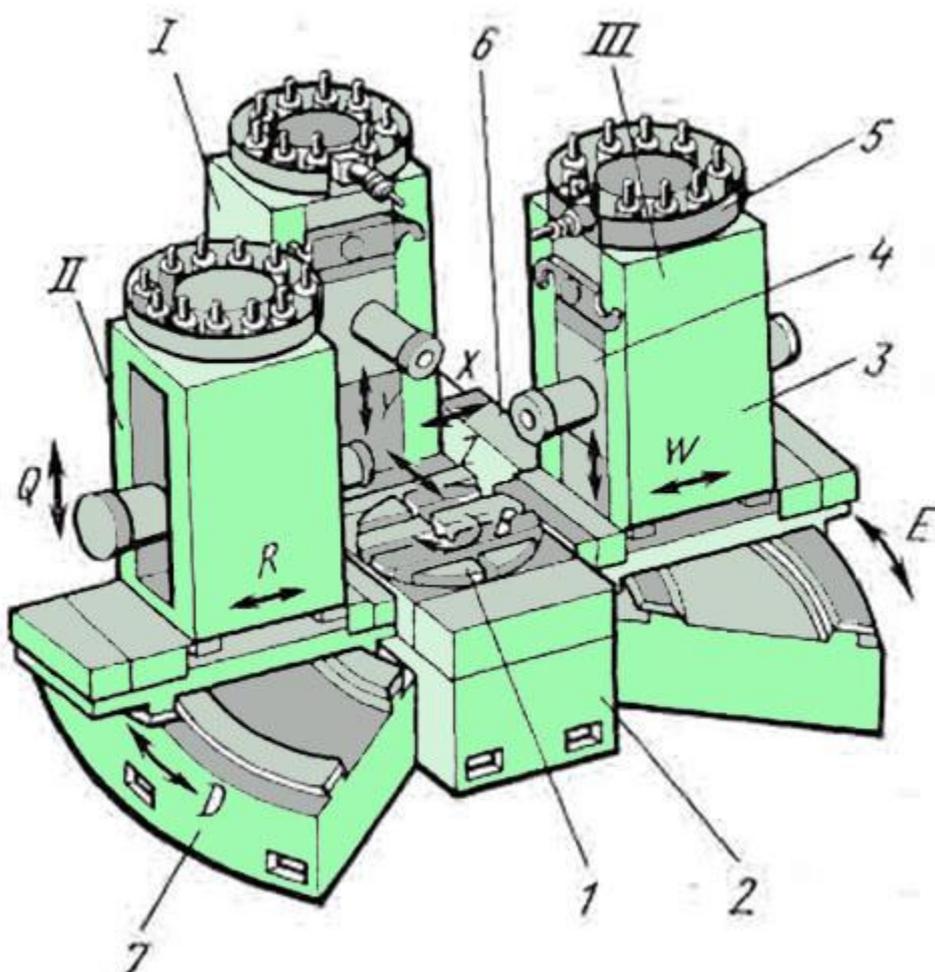


Рисунок 1.66 – Компоновка агрегатного станка с ЧПУ

Стойка со шпиндельной бабкой установлена на агрегате I на крестовом столе и перемещается в направлениях оси шпинделя (координата Z) и перпендикулярно к этому направлению (координата X). На агрегатах II и III стойки со шпиндельными бабками установлены на крестово-поворотные столы и перемещаются в направлении оси шпинделя (координаты R и W) и по дуге, центр которой совпадает с осью планшайбы поворотного стола (координаты D и E).

Таким образом, на агрегате I шпиндельная бабка перемещается по трем прямолинейным координатам X, Y, Z, а на агрегатах II и III – по двум прямолинейным (соответственно Q,

R и V, W) и по одной поворотной (соответственно D и E). Наличие возможности перемещения по координатам D и E составляет существенную особенность конструкции станка, позволяющую изменять угол между осями трех шпинделей, и тем самым позволяет обрабатывать поверхности детали одновременно тремя агрегатами, расположенные друг к другу под различными углами.

Каждая силовая головка (шпиндельная бабка) агрегатного станка с ЧПУ может перемещаться по трем координатам, что обеспечивает резкое увеличение операционного поля станка; силовые агрегаты станка оснащены магазинами инструментов и механизмами автоматической смены инструментов, что обеспечивает выполнение на станке при автоматическом цикле его работы большое число технологических операций; управление координатными перемещениями подвижных органов станка, работой шпиндельных бабок, сменой инструмента, технологическими командами осуществляется от устройства ЧПУ.

На этих агрегатных станках можно автоматически выполнить комплексную обработку детали *за один установ и быстро их переналаживать на обработку других деталей*. Переналадка станка заключается в замене управляющей программы и – в случае необходимости – приспособления для установки детали и инструментальных наладок в магазинах силовых агрегатов. Таким образом, агрегатные станки с ЧПУ по своим технологическим возможностям можно отнести к классу многооперационных многошпиндельных станков. На агрегатных станках с ЧПУ выполняются следующие технологические операции: сверление, зенкерование, развертывание, растачивание отверстий, нарезание резьбы метчиком, а также прямолинейное и контурное фрезерование.

В зависимости от конфигурации детали и геометрии обрабатываемых поверхностей, рабочий стол станка может быть поворотным с вертикальной и горизонтальной осями вращения планшайбы, наклонно-поворотным и прямолинейного перемещения.

К станине рабочего стола могут быть пристыкованы крестовые, крестово-поворотные столы и столы прямолинейного перемещения в различных комбинациях.

Контрольные вопросы:

1. В чем суть метода агрегатирования? Какие операции выполняются на агрегатных станках?
2. Какие преимущества имеют агрегатные станки?
3. Перечислите основные унифицированные единицы агрегатных станков. Укажите их назначение и выполняемые функции.
4. Перечислите группы агрегатных станков в зависимости от габаритов обрабатываемых заготовок.
5. Как классифицируются агрегатные станки отсутствию или наличию транспортного устройства для перемещения обрабатываемой заготовки?
6. Назовите и дайте эскиз компоновки агрегатных станков со стационарными приспособлениями.
7. Назовите и дайте эскиз компоновки агрегатных станков с поворотным делительным столом.
8. Назовите и дайте эскиз компоновки агрегатных станков с поворотным делительным барабаном.
9. Дайте эскиз компоновки агрегатных станков с прямолинейным перемещением заготовок.
10. В чем состоит суть агрегатно-модульного принципа создания станков?
11. Что понимается под модулем? Назовите виды модулей.

12. Перечислите основные преимущества агрегатно-модульного принципа построения станков.
13. Перечислите основные виды агрегатирования.
14. Назовите основные особенности агрегатных станков с ЧПУ. В чем их отличие от обычных агрегатных станков?
15. Изобразите на эскизе основные схемы компоновок агрегатных станков с ЧПУ.
16. Назовите и поясните на эскизах основные принципы построения многооперационных автоматов и автоматических линий.
17. Что такое автоматическая линия?
18. Какие устройства, агрегаты и механизмы входят в состав автоматизированного комплекса с гибкой перенастраиваемой технологией?

Практическая работа; «Выбор типа электропривода. Выбор схемы автоматизации».

Цель работы; Сформировать у обучающихся знания по типу электропривода и схемам автоматизации.

Ход работы;

1. Изучить материал
2. Сформулировать ответы на контрольные вопросы
3. Составить алгоритм схем автоматизации производства
4. Ответить на контрольные вопросы
5. Написать вывод.

Теория. Приводы станков

Привод станка предназначен для передачи движения от источника движения (двигателя) конечным кинематическим звеньям. Современные станки имеют, как правило, по несколько самостоятельных приводов:

- привод главного движения;
- привод подачи;
- привод вспомогательных и установочных перемещений.

Основные технические характеристики приводов:

- диапазон регулирования частоты вращения;
- точность поддержания частоты вращения;
- чувствительность привода к изменению параметров;
- динамические характеристики привода при возмущении по управлению и нагрузке;
- КПД.

Диапазон регулирования частоты вращения выбирают в зависимости от размеров обрабатываемых заготовок и режимов резания. Для приводов главного движения диапазон регулирования принимают в пределах от $D = 1:10$ до $D = 1:1000$. Для приводов подачи – от $D = 1:1000$ до $D = 1:30000$. Точность поддержания скорости зависит от диапазона частоты вращения: для $D < 1:200$ точность равна 3...5%; для $D > 10000$ – в пределах 10...20%.

Динамические характеристики привода главного движения жестко не регламентируются, за исключением станков с резьбонарезанием, в которых необходимо обеспечить высокое быстродействие во избежание поломки инструмента.

Приводы подачи должны обеспечивать бесступенчатое регулирование частоты вращения во всем диапазоне и минимальное время переходных процессов при пуске и торможении.

К этим приводам предъявляются более жесткие требования к динамическим характеристикам при возмущении по нагрузке.

Источниками движения в приводах могут быть асинхронные электродвигатели, в том числе и высокоскоростные, электродвигатели постоянного тока, гидродвигатели в виде обратимых гидронасосов для вращательного и в виде гидроцилиндров для поступательного движения. Настраиваемый орган привода, позволяющий регулировать параметры главного движения, может состоять из различных элементов, обеспечивающих ступенчатое и бесступенчатое регулирование.

Наиболее распространенные элементы привода для ступенчатого регулирования показаны на Рисунке 1.27, 1.28, 1.29. Регулирование может осуществляться сменными зубчатыми колесами (Рисунок 1.27). Основным достоинством такого привода является простота. Однако его применение целесообразно лишь в том случае, когда не требуется частых переключений, так как время, потребное на настройку, сравнительно велико.

На рисунке 1.27 показан привод главного движения с регулированием скорости сменными зубчатыми колесами.

Передача движения от электродвигателя 1 к шпинделю 2 осуществляется через систему зубчатых передач. Изменение частоты вращения шпинделя 2 осуществляется сменой зубчатой пары А, Б.

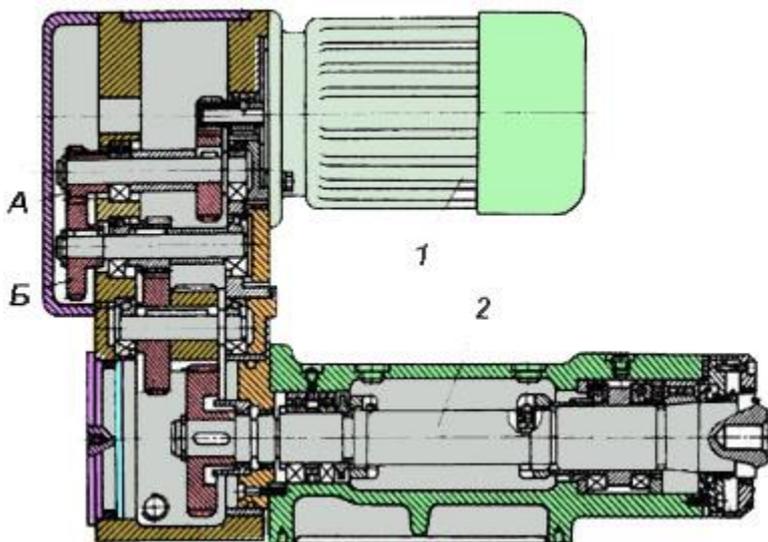


Рисунок 1.27 – Привод главного движения

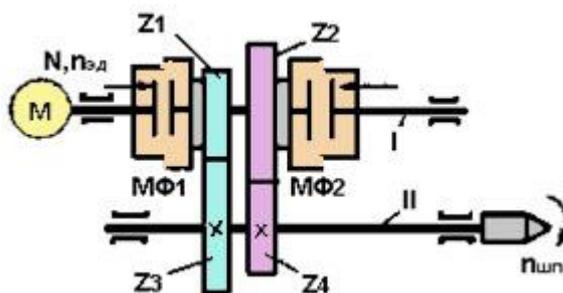


Рисунок 1.28 – Регулирование с помощью зубчатых колес и муфт.

Ступенчатое регулирование можно осуществлять при помощи муфт и зубчатых колес, находящихся в постоянном зацеплении (Рисунок 1.28).

При включении муфты МФ1 влево крутящий момент на шпиндель передается через

пару Z_1 / Z_2 , а при включении вправо – через пару Z_3 / Z_4 . На основе переключения муфтами созданы автоматические коробки скоростей (АКС), применяемые в станках с ЧПУ.

В приводах главного движения станков широко применяется регулирование при помощи передвижных блоков зубчатых колес (Рисунок 1.29).

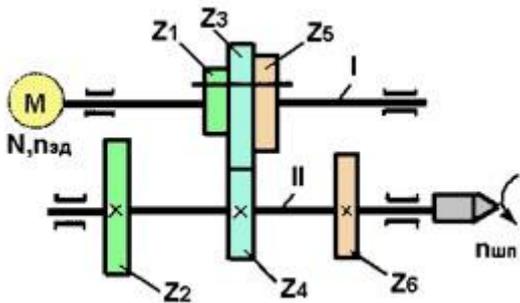


Рисунок 1.29 – Регулирование с помощью передвижных блоков зубчатых колес.

Блок колес $z_1; z_3$ и z_5 может перемещаться на скользящей шпонке или по шлицам вдоль оси вала I и обеспечить поочередное

зацепление $\frac{z_1}{z_2}; \frac{z_3}{z_4}; \frac{z_5}{z_6}$.

Переключение подвижными блоками колес применяется в коробках скоростей токарных, сверлильных, фрезерных и других станков.

При бесступенчатом регулировании частоты вращения в приводе главного движения применяют электродвигатели постоянного тока.

Для бесступенчатого регулирования в станках широко применяют также вариаторы.

В качестве источника движения в приводах подач могут быть как отдельные электродвигатели, асинхронные (регулируемые ступенчато, и нерегулируемые), и постоянного тока (регулируемые бесступенчато), так и вращающиеся валы других механизмов станков, чаще всего шпиндели. В приводе подач широко применяются гидравлические двигатели.

Изменение скорости выходного звена привода подач осуществляется аналогично, как и в приводе главного движения: передвижными блоками колес и муфтами, бесступенчато вариаторами и др., однако наибольшее применение нашли электродвигатели постоянного тока и гидравлический привод.

В современных станках все большее распространение получает привод подач, управляемый автоматически по программе. На рисунке 1.30 показана схема точения фасонного тела вращения. Заготовка 1 получает главное вращательное движение B_1 . Резец вместе с кареткой 2 получает равномерное поступательное движение Π_2 от ходового винта, а каретка 3, имеющая возможность перемещаться в поперечном направлении, связана шупом 4 с копиром 5. При перемещении Π_3 вершина резца будет повторять траекторию движения шупа, скользящего по копиру. Сменив копир, можно изменить форму обрабатываемой поверхности.

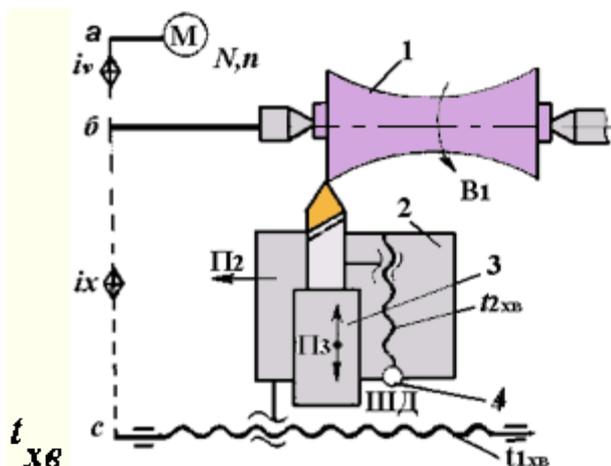
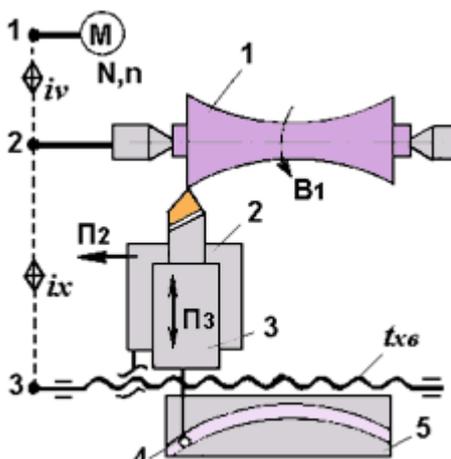


Рисунок 1.30 – Обработка фасонной поверхности с помощью копира

Рисунок 1.31 – Схема привода подач управляемого от устройства ЧПУ

Таким образом, здесь программносителем является копир, форма которого повторяется на обработанной поверхности. По такому методу работают все копировальные станки. Аналогичную задачу точения фасонного тела вращения можно решить и по схеме, представленной на рисунке 1.31. Здесь поперечное перемещение P_3 осуществляется от отдельного двигателя ШД, включение и изменение скорости вращения которого производится по программе так, чтобы обеспечивалась необходимая зависимость $P_3 = f(P_2)$.

Такое управление называется числовым программным управлением (ЧПУ). Применение в приводах подач шаговых электродвигателей объясняется простотой конструкции и их надежностью в работе. Шаговые электродвигатели бывают как силовые (Рисунок 1.31) с крутящим моментом более 100 Нм, так и маломощные с крутящим моментом менее 1 Нм. В последнем случае привод снабжается гидроусилителем, установленным между выходным валом ШД и ходовым винтом.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие узлы образуют базовую систему станка?
2. Какие элементы и механизмы станка относятся к основным? Какие детали относятся к корпусным? Перечислите требования, предъявляемые к корпусным деталям.
3. Поясните служебное назначение станин. Какие требования предъявляются к конструкции станин? Назовите и изобразите графически основные формы станин в поперечном и продольном направлениях. Как станины устанавливаются на фундамент?
4. Поясните служебное назначение направляющих. Какие требования предъявляются к конструкции направляющих? Виды и конструкции, направляющих скольжения. Ответ поясните рисунком.

Раздел № 7 Электрооборудование компрессоров вентиляторов и насосов.

Практическая работа; «Общие сведения применения компрессоров, воздухопроводов, вентиляторов».

Цель работы; Сформировать знания обучающихся по вопросам раздела по применению компрессоров, воздухопроводов, вентиляторов.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть
2. Сформировать опорный конспект
3. Написать вывод.

Теория: Компрессоры

1. Общие сведения

Компрессорами называются нагнетатели, служащие для подачи сжатого воздуха или газа под избыточным давлением более 0,2-0,3 МПа. Повышенная степень сжатия в компрессорах обуславливает изменение термодинамических условий состояния воздуха или газов.

Области применения поршневых и центробежных компрессоров различны и соответствуют особенностям этих машин. Так, поршневые компрессоры, воздействующие с помощью поршня на определенный замкнутый объем воздуха в цилиндре в период нагнетания, могут создавать значительную степень сжатия p_2/p_1 при относительно ограниченной подаче воздуха или газа. Поршневые компрессоры обладают высоким коэффициентом полезного действия и применение их наиболее целесообразно при давлениях более 1 МПа и при малых подачах (не более 100-150 м³/мин).

Центробежные компрессоры (турбокомпрессоры) конструктивно и по принципу действия сходны с многоступенчатыми центробежными насосами. Отличие заключается в том, что рабочим телом является сжимаемый газ и поэтому имеют место тепловые процессы. Использование центробежных компрессоров наиболее целесообразно при подаче больших количеств воздуха (не менее 50 м³/мин) при сравнительно невысоком давлении (0,7-0,8 МПа).

Классификация компрессоров:

У каждого из типов компрессорных машин имеются свои преимущества и недостатки, которые должны быть учтены при выборе установки в каждом конкретном случае.

Центробежные машины имеют ряд существенных преимуществ перед поршневыми. У центробежных машин отсутствуют быстро изнашивающиеся части - поршни, клапаны и т. д. Они не требуют внутренней смазки и поэтому не загрязняют сжатый воздух или газ, что очень важно в пищевых производствах. Благодаря большой частоте вращения роторов центробежных компрессоров их можно непосредственно соединять с электродвигателями или паровыми турбинами.

Установки с турбокомпрессорами более компактны - они имеют меньший вес, занимают меньшую производственную площадь. Так как воздух или газ проходит равномерно через компрессор в одном направлении, отпадает необходимость установки ресиверов между отдельными ступенями. При работе турбокомпрессоров не возникают инерционные усилия, а поэтому их фундаменты легче, чем фундаменты поршневых компрессоров.

Существенным недостатком турбокомпрессоров является их меньший КПД и невозможность получения высоких давлений при относительно малых подачах.

2.2 Поршневые компрессоры

Принцип действия поршневого компрессора такой же, как и поршневого насоса. Отличием является только то, что поршень насоса выталкивает жидкость в течение всего нагнетательного хода, а компрессор выталкивает воздух или газ лишь после того, как давление в цилиндре компрессора превысит давление в нагнетательной линии.

В зависимости от способа действия поршневые компрессоры бывают простого и двойного действия. По расположению цилиндров подразделяются на горизонтальные, вертикальные и с наклонными цилиндрами; по числу ступеней сжатия подразделяются на одно-, двух- и многоступенчатые, а по способу охлаждения - с воздушным и водяным охлаждением.

По своему назначению различают компрессоры воздушные, кислородные, аммиачные, углекислотные и др. В пищевых предприятиях применяются стационарные и передвижные компрессоры.

Основные элементы компрессорной установки.

Обычная компрессорная установка производственного назначения должна обладать также некоторым вспомогательным оборудованием, необходимым для нормальной работы компрессора (рис. 1.).

Рис. 1. Схема установки воздушного поршневого компрессора.

Непосредственно за воздушным компрессором обычно устанавливается газосборник. Его назначение - выравнять неравномерную синусоидальную подачу воздуха поршнем компрессора. Газосборник должен быть оборудован приспособлениями для улавливания масла и отделения сконденсировавшейся влаги. Газосборник - это закрытый резервуар 5, чаще всего цилиндрический, оборудованный предохранительным клапаном 4 и спускным краном 6, а также манометром 3. При нагревании смазки, подаваемой в цилиндр компрессора, наиболее летучие фракции ее испаряются и поступают с воздухом в газосборник, в результате чего может образовываться взрывчатая смесь, которая представляет особую опасность при недостаточном охлаждении компрессора.

Между компрессором и газосборником устанавливается обратный клапан 2 для предотвращения обратного течения газа в случае разрыва труб у компрессора. Перед воздушным поршневым компрессором обязательно устанавливается фильтр / (обычно масляного типа) для очистки всасываемого снаружи воздуха. Попадание в компрессор запыленного загрязненного воздуха приводит к быстрому загоранию и износу цилиндра.

Установки поршневых компрессоров отличаются многообразием схем выполнения и компоновки. В значительной степени это обусловлено:

- а) подачи, которая колеблется в пределах от 1-2 л/мин до 500 м³/мин;
- б) давлений, изменяются в пределах от сотых долей МПа до 150 МПа;
- в) расхода мощности, которая зависит от подачи и давления и меняется от десятых долей киловатт до 7000 кВт и более.

3. Поршневые вакуум-насосы

Насосы, всасывающие газ или воздух при давлении ниже атмосферного и выталкивающие их в атмосферу, называются вакуум-насосами.

В пищевой промышленности вакуум-насосы применяются, главным образом, для отсасывания не сконденсировавшихся паров и газов в выпарных станциях, варочных станциях заводов и фабрик, оборудованных вакуум-аппаратами, а также для создания вакуума в секциях вакуум-фильтров. Чаще применяются вакуум-насосы низкого вакуума, которые создают у своего всасывающего патрубка вакуум до 93,3-96 кПа, т. е. до 92-95% от атмосферного давления (абсолютный вакуум 101,3 кПа).

По принципу действия вакуум-насосы являются компрессорами, всасывающими газ при пониженном давлении, сжимающими, а затем и нагнетающими его. Хотя практически давление нагнетания не намного превышает атмосферное, степень сжатия p_2/p_1 в вакуум-насосах оказывается значительно большей, нежели в обычных компрессорах.

2.4 Ротационные компрессоры

Ротационные компрессоры работают по тому же принципу, что и поршневые машины, т. е. по принципу вытеснения. Основная часть энергии, передаваемой газу, сообщается при непосредственном сжатии.

Сущность действия ротационного компрессора (рис. 2.) заключается в том, что, независимо от его конструктивных особенностей, всасывание газа или воздуха производится той полостью компрессора, объем которой увеличивается при вращении ротора. Засосанный газ попадает в замкнутую камеру, объем которой, перемещаясь при вращении ротора, уменьшается. Сжатие за счет уменьшения объема приводит к увеличению давления и выталкиванию газа в нагнетательный патрубок.

Ротационные нагнетатели, развивающие избыточное давление до 0,28-0,3 МПа (при атмосферном давлении на входе), называются воздуходувками, а создающие более высокое давление - компрессорами. Ротационные компрессоры и воздуходувки имеют ряд преимуществ перед поршневыми: уравнишенный ход из-за отсутствия возвратно-поступательного движения; возможность непосредственного соединения с электродвигателем; равномерная подача газа; меньший вес конструкции, отсутствие клапанов и т. д. Вместе с тем, по сравнению с поршневыми, ротационные компрессоры имеют более низкий механический КПД, развивают более низкое давление,

Рис.2. Ротационный пластинчатый компрессор.

2.5 Турбокомпрессоры

Турбокомпрессоры - это центробежные компрессорные машины, работающие по такой же схеме, как центробежные насосы. Применяют их преимущественно при подаче относительно больших количеств газа или воздуха под небольшим давлением (0,15- 1,0 МПа).

Ввиду того, что плотность воздуха значительно меньше плотности капельных жидкостей, степень сжатия p_2/p_1 в одной ступени турбокомпрессора не превышает значений 1,2-1,3 при обычно применяемых окружных скоростях на ободу рабочих колес $v = 150-200$ м/с.

Для получения более высоких степеней сжатия 1,6-1,8 необходимо довести окружную скорость до 400 м/с, что связано с применением стали высокого качества для изготовления рабочих колес. Часто для увеличения степени сжатия воздуха применяют многоступенчатые машины с сохранением обычных окружных скоростей.

3. Насосы

3.1 Общие сведения

Насосы в настоящее время являются самым распространенным видом машин.

По принципу действия насосы подразделяются на:

- а) центробежные, у которых перекачка и создание напора происходят вследствие центробежных сил, возникающих при вращении рабочего колеса;
- б) осевые (пропеллерные) насосы, рабочим органом у которых служит лопастное колесо пропеллерного типа. Жидкость в этих насосах перемещается вдоль оси вращения колеса;
- в) поршневые и скальчатые насосы, в которых жидкость перемещается при возвратно-поступательном движении поршня или скалки. К этой группе можно отнести простейший вид поршневых насосов - диафрагмовые насосы, у которых рабочим органом служит резиновая или кожаная диафрагма, совершающая возвратно-поступательные движения;
- г) тараны, работающие за счет энергии гидравлического удара;

д) струйные насосы, в которых перемещение жидкости осуществляется за счет энергии потока вспомогательной жидкости, пара или газа;

е) эрлифты (воздушные водоподъемники), в которых рабочим телом является сжатый воздух.

Насосы, применяемые в различных производственных установках, должны выполнять одну, две или все три перечисленные функции. Насосная установка состоит из собственно насоса 3; резервуара 5, из которого насос всасывает жидкость при помощи всасывающего трубопровода 4; напорного резервуара 2, в который подается жидкость с помощью нагнетательного трубопровода 1.

Расходом или подачей насоса Q называют объемное количество жидкости, подаваемое насосом в единицу времени в нагнетательный трубопровод. Следовательно, под расходом понимают то количество жидкости, которое получает потребитель. В действительности, через рабочие органы насоса, его проточную часть проходит большее количество жидкости Q_0 , которое учитывает объемные потери жидкости, например, через сальниковое или другое уплотнения.

Манометрическим называют напор, создаваемый насосом для преодоления геометрической высоты всасывания Z_1 и высоты нагнетания Z_2 , для преодоления разности давлений на концах трубопровода $p_2 - p_1$, т.е. разности между внешним давлением над поверхностью жидкости в нагнетательном резервуаре p_2 и внешним давлением на поверхности жидкости во всасывающем резервуаре p_1 . Кроме того, манометрический напор затрачивается на преодоление гидравлических сопротивлений трубопроводов насосной установки на всасывающей линии h_w и нагнетательной линии h_w . Поэтому манометрический напор, создаваемый насосом, можно выразить так:

Одним из основных параметров работы насоса является расход мощности N , т. е. количество затрачиваемой насосом энергии для подъема, перемещения и нагнетания жидкости в единицу времени.

Различают теоретическую мощность N_T , т. е. такую, которую необходимо было бы затратить для подачи жидкости, преодолевая необходимый манометрический напор при полном отсутствии потерь энергии в самом насосе.

Очевидно, теоретическая мощность (кВт) определяется величиной

В действительности, полная мощность, затрачиваемая двигателем, т. е. мощность на валу насоса или эффективная мощность N больше теоретической $N > N_T$. Поэтому отношение $N_T:N$ всегда меньше единицы. Это отношение показывает, какая часть из всей использованной насосом энергии затрачивается полезно. Вследствие этого указанное отношение принято называть общим коэффициентом полезного действия насоса и обозначать

откуда следует, что

3.2 Устройство и принцип действия поршневых насосов

Поршневые насосы относятся к числу объемных насосов, в которых перемещение жидкости осуществляется путем ее вытеснения из неподвижных рабочих камер вытеснителями. Рабочей камерой объемного насоса называют ограниченное пространство, попеременно сообщающееся со входом и выходом насоса. Вытеснителем называется рабочий орган насоса, который совершает вытеснение жидкости из рабочих камер (плунжер, поршень, диафрагма).

Классифицируются поршневые насосы по следующим показателям:

-) по типу вытеснителей: плунжерные, поршневые и диафрагменные;
-) по характеру движения ведущего звена: возвратно-поступательное движение ведущего звена; вращательное движение ведущего звена (кривошипные и кулачковые насосы);
-) по числу циклов нагнетания и всасывания за один двойной ход: одностороннего действия; двухстороннего действия.
-) по количеству поршней: однопоршневые; двухпоршневые; многопоршневые.

Рис. 3. Насос поршневой простого действия

3.3 Насос простого действия

Схема насоса простого действия изображена на рис. 3. Поршень 2 связан с кривошипно-шатунным механизмом через шток 3, в результате чего он совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре 1. Поршень при ходе вправо создает разрежение в рабочей камере, вследствие чего всасывающий клапан 6 поднимается и жидкость из расходного резервуара 4 по всасывающему трубопроводу 5 поступает в рабочую камеру 7. При обратном ходе поршня (влево) всасывающий клапан закрывается, а нагнетательный клапан 8 открывается, и жидкость нагнетается в напорный трубопровод 9.

Так как каждому обороту двигателя соответствует два хода поршня, из которых лишь один соответствует нагнетанию, то теоретическая производительность в одну секунду будет

где F - площадь поршня, m^2 ; s - ход поршня, m ; n - число оборотов двигателя, $об/мин$.

Для повышения производительности поршневых насосов их часто выполняют сдвоенными, строеными и т.д. Поршни таких насосов приводятся в действие от одного коленчатого вала со смещением колен.

Действительная производительность насоса Q меньше теоретической, так как возникают утечки, обусловленные несвоевременным закрытием клапанов, неплотностями в клапанах и уплотнениях поршня и штока, а также неполнотой заполнения рабочей камеры.

Отношение действительной подачи Q к теоретической Q_T называется объемным КПД поршневого насоса:

Объемный КПД - основной экономический показатель, характеризующий работу насоса.

3.4 Дифференциальный насос

Рис. 4. Схема поршневого насоса с дифференциальным поршнем

Дифференциальный насос. В дифференциальном насосе (рис. 4) поршень 4 перемещается в гладко обработанном цилиндре 5. Уплотнением поршня служит сальник 3 или малый зазор со стенкой цилиндра. Насос имеет два клапана: всасывающий 7 и нагнетательный 6, а также вспомогательную камеру 1. Всасывание происходит за один ход поршня, а нагнетание за оба хода. Так, при ходе поршня влево из вспомогательной камеры в нагнетательный трубопровод 2 вытесняется объем жидкости, равный $(F - f)l$; при ходе поршня вправо из основной камеры вытесняется объем жидкости, равный fl . Таким образом, за оба хода поршня в нагнетательный трубопровод будет подан объем жидкости, равный

$$(F - f)l + fl = Fl$$

т.е. столько же, сколько подается насосом простого действия. Разница лишь в том, что это количество жидкости подается за оба хода поршня, следовательно, и подача происходит более равномерно.

3.5 Насос двойного действия

Рис. 5. Насос поршневой двойного действия

Насос двойного действия. Более равномерная и увеличенная подача жидкости, по сравнению с насосом простого действия, может быть достигнута насосом двойного действия (рис. 5), в котором каждому ходу поршня соответствуют одновременно процессы всасывания и нагнетания. Эти насосы выполняются горизонтальными и вертикальными, причем последние наиболее компактны. Теоретическая производительность насоса двойного действия будет

где f - площадь штока, м².

3.6 Диафрагменные насосы

Насосы представляет собой мембрану, поршнем, выполненную из эластичного материала (резины, кожи, ткани, пропитанной лаком, и др.).

Мембрана отделяет рабочую камеру от пространства, в которое жидкость не должна проникнуть.

В диафрагменном насосе, представленном на рисунке 6, а, клапанная коробка с всасывающим 4 и нагнетательным 5 клапанами расположена отдельно, а прогиб диафрагмы 3 осуществляется благодаря возвратно-поступательному движению плунжера 2 в цилиндре насоса 1, заполненном специальной жидкостью. Диафрагменные насосы подобного типа часто применяются для перекачки жидкостей, загрязненных различными примесями (песком, илом, абразивными материалами), а также химически активных жидкостей и строительных растворов.

Рис. 5. Схемы диафрагменного насоса с плунжерным приводом диафрагмы

Диафрагму можно приводить в движение не только с помощью плунжера, но и обычным рычажным механизмом.

3.7 Устройство и классификация центробежных насосов

Центробежные насосы классифицируют по:

-) числу колес (одноколесные многоколесные); кроме того, одноколесные насосы выполняют с консольным расположением вала - консольные;
-) напору (низкого напора до 2 кгс/см² (0,2 МН/м²), среднего напора от 2 до 6 кгс/см² (от 0,2 до 0,6 МН/м²), высокого напора больше 6 кгс/см² (0,6 МН/м²));
-) способу подвода воды к рабочему колесу (с односторонним входом воды на рабочее колесо, с двусторонним входом воды (двойного всасывания));
-) расположению вала (горизонтальные, вертикальные);
-) способу разъема корпуса (с горизонтальным разъемом корпуса, с вертикальным разъемом корпуса);
-) способу отвода жидкости из рабочего колеса в спиральный канал корпуса (спиральные и турбинные). В спиральных насосах жидкость отводится непосредственно в спиральный канал; в турбинных жидкость, прежде чем попасть в спиральный канал, проходит через специальное устройство - направляющий аппарат (неподвижное колесо с лопатками);
-) степени быстроходности рабочего колеса (тихоходные, нормальные, быстроходные);
-) роду перекачиваемой жидкости (водопроводные, канализационные, кислотные и щелочные, нефтяные, землесосные и др.);
-) способу соединения с двигателем (приводные (с редуктором или со шкивом), непосредственного соединения с электродвигателем с помощью муфт). Насосы со шкивным приводом встречаются в настоящее время редко.

Основными частями центробежного насоса (рис. 6) являются: корпус 6 насоса со всасывающим 1 и нагнетательным 3 патрубками. Внутри корпуса имеется рабочее колесо 4, жестко посаженное на вал 2. В корпусе вокруг рабочего колеса смонтирован направляющий аппарат 5.

Рис. 6. Центробежный насос.

Корпус насоса с патрубками служит для подхода жидкости к рабочему колесу и для отвода жидкости после воздействия на нее рабочего колеса в нагнетательный трубопровод. При вращении рабочее колесо своими лопастями непосредственно воздействует на жидкость, а также создает внутри насоса поле центробежных сил за счет энергии двигателя.

Рис. 7. Рабочее колесо.

Обычно рабочее колесо центробежного насоса (рис. 7) представляет собой два диска: один плоский со втулкой, а второй имеет вид широкого кольца 2. Между дисками смонтированы лопасти 3 рабочего колеса, образующие расширяющиеся каналы. В центральной части колеса имеется втулка 4, при помощи которой оно монтируется на валу. Все перечисленные элементы рабочего колеса изготавливаются в виде единой отливки либо при помощи сварки.

Принцип работы центробежного насоса состоит в следующем. При пуске корпус насоса должен быть заполнен капельной жидкостью. При быстром вращении рабочего колеса его лопасти оказывают непосредственное силовое воздействие на частицы жидкости.

Кроме того, создается поле центробежных сил в жидкости, находящейся в межлопастном пространстве рабочего колеса. Таким образом, жидкость, подвергаясь силовому воздействию лопастей рабочего колеса, с большой скоростью перемещается от центра к периферии, освобождая межлопастные каналы рабочего колеса. Поэтому в центральной части рабочего колеса давление снижается и под действием внешнего, чаще всего атмосферного давления, жидкость входит во всасывающий патрубок и вновь подводится к центральной части рабочего колеса.

Жидкость, выходящая из каналов рабочего колеса по его выходному диаметру, попадает в межлопастное пространство неподвижного направляющего аппарата. В направляющем аппарате жидкость, имеющая большую скорость, как бы тормозится и ее кинетическая энергия частично преобразуется в потенциальную энергию давления в благоприятных условиях течения через плавно изменяющиеся каналы. Если направляющий аппарат отсутствует, то преобразование кинетической энергии потока в потенциальную энергию давления происходит в спиральном корпусе насоса в условиях менее благоприятных.

Спиральная форма корпуса насоса и эксцентричное расположение в нем рабочего колеса обусловлены следующим. В корпусе насоса по направлению вращения рабочего колеса собирается все больший объем жидкости, выходящей из межлопастных каналов. Вся эта жидкость направляется к нагнетательному патрубку и отводится в нагнетательный трубопровод. Спиральная форма обеспечивает увеличение внутреннего объема корпуса насоса, примерно пропорциональное количеству жидкости, направляющейся к нагнетательному патрубку. Поэтому скорость жидкости, проходящей через корпус насоса, во всех сечениях примерно одинакова.

Очень часто нагнетательный патрубок насоса имеет вид диффузора. В этом случае преобразование кинетической энергии в потенциальную продолжается и при движении жидкости через нагнетательный патрубок. В принципе, при отсутствии специального направляющего аппарата, преобразование кинетической энергии, приобретенной жидкостью в рабочем колесе центробежного насоса, должно происходить именно в этом диффузоре.

Вентиляторы

.1 Конструкция Типы вентиляторов. В общем случае вентилятор - ротор, на котором определенным образом закреплены лопатки, которые при вращении ротора, сталкиваясь с воздухом, отбрасывают его. От положения и формы лопаток зависит направление, в котором отбрасывается воздух. Существует несколько основных видов по типу конструкции вентиляторов, используемых для перемещения воздуха:

- осевые (аксиальные);
- центробежные (радиальные);
- диаметральные (тангенциальные);
- безлопастные (принципиально новый тип).

В "безлопастном вентиляторе" воздушный поток формирует нагнетатель, спрятанный в основании и подающий воздух сквозь узкие щели в большой рамке, через которую проходит основной поток перемещаемого воздуха. За счет аэродинамических эффектов, истекающий из щелей воздух увлекает за собой соседние слои. В основном, окружающий воздух засасывается с тыльной стороны за счет возникающего разрежения из-за формы профиля рамки. В результате поток воздуха усиливается до 15-18 раз по сравнению с прокачиваемым нагнетателем объемом. Направление потока может быть изменено путем регулировки положения рамки. Достоинство такой схемы - отсутствие доступных извне корпуса движущихся деталей, а недостаток - шумность. Форма рамки может быть в виде кольца или в виде вытянутого овала.

Также вентиляторы разделяют по способу исполнения:

- многозональные;
- канальные;
- крышные;
- потолочные;

Многозональные вентиляторы

Многозональные центробежные вытяжные вентиляторы имеют специальный корпус, позволяющий подключить несколько всасывающих воздуховодов, вытягивающих воздух из разных зон. Зоной может быть отдельный вентканал, комната или даже часть большого помещения. Такие вентиляторы могут быть незаменимы на объектах, где следует сделать вытяжку из нескольких мест, а канал для выброса воздуха всего один. Многозональные вытяжные вентиляторы позволяют оптимизировать сеть воздуховодов, сократить количество дорогих фасонных изделий, используя при этом однотипные гибкие воздуховоды.

Канальные вентиляторы (прямоточные)

Предназначены для монтажа в вентиляционный канал круглого или прямоугольного сечения. Вентиляторы этого типа устанавливаются на одном валу с электродвигателем в едином корпусе с использованием виброизолирующих прокладок. Вентилятор может быть осевым, многолопастным или радиальным, с лопатками, загнутыми как вперед так и назад, одностороннего или двухстороннего всасывания. Корпус канальных вентиляторов может изготавливаться из специального пластика, из гальванизированной стали и даже быть смешанным. Из-за небольших габаритных размеров канальные вентиляторы могут устанавливаться непосредственно в сети воздуховодов, встраиваться в канальные системы вентиляции и кондиционирования воздуха и скрываться за подшивным потолком или в специальных вертикальных шкафах. Возможно любое (горизонтальное, вертикальное или наклонное) положение вентилятора при его установке. Основные преимущества канального вентилятора связаны с его компактностью при значительных расходах воздуха.

Вентиляторы крышные радиальные

Крышные вентиляторы монтируются непосредственно на крыше здания, обычно имеют специальную раму для обеспечения долговечности и стойкости к атмосферным воздействиям. В связи с тем, что они практически весь срок службы находятся на улице, к ним предъявляются особые требования по влаго- и пылеустойчивости. Обычно они выполняются из высококачественной стали с эпоксидным коррозиестойким покрытием, либо гальванизированной. Существуют крышные вентиляторы как для систем общей вентиляции, так и специальные жаропрочные вентиляторы для высокотемпературных систем, например, систем дымоудаления при пожаре, организация вытяжки для камина или газового котла.

Контрольные вопросы:

1. Классификация нагнетателей по конструктивным особенностям и по принципу действия.

2. Область применения, классификация, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов радиальных нагнетателей.
3. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов осевых нагнетателей.
4. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов вихревых нагнетателей.
5. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов диаметральных нагнетателей.
6. Область применения, классификация, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов поршневых нагнетателей.
7. Область применения, классификация, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов струйных нагнетателей.
8. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов ротационных (пластинчатых) нагнетателей.
9. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов шестеренных и винтовых нагнетателей.
10. Виды и конструктивные схемы радиальных насосов. Назначение различных видов насосов.
11. Кинематика частицы жидкости в колесе осевого нагнетателя.
12. Кинематика частицы жидкости в колесе радиального нагнетателя.
13. Типы вентиляторов. Классификация их по конструктивным особенностям. Вентиляторы с поворотным кожухом.
14. Особенности устройства вентиляторов для перемещения агрессивных, взрыво- и пожароопасных газов.
15. Формулы для расчета производительности разных типов нагнетателей.
16. Уравнение Л. Эйлера (вывод). Коэффициенты давления и закрутки.
17. Угол установки лопатки радиального нагнетателя на выходе из колеса и его влияние на развиваемое давление (статическое и динамическое).
18. Угол установки лопатки радиального нагнетателя на входе в колесо и его влияние на развиваемое давление. Безударный вход.
19. Направляющие аппараты. Их виды и влияние на работу лопастных нагнетателей.
20. Характеристики лопастных нагнетателей (радиальных и осевых) при постоянном и переменном числе оборотов.
21. Формулы для пересчета параметров лопастных нагнетателей при изменении размеров рабочего колеса.
22. Формулы для пересчета параметров лопастных нагнетателей при изменении числа оборотов рабочего колеса и объемной массы перемещаемой жидкости.
23. Устойчивость работы лопастных нагнетателей. Помпаж.
24. Методы управления работой нагнетателей путем воздействия на сеть и способы их реализации.
25. Методы управления работой нагнетателей путем воздействия на нагнетатель и способы их реализации.
26. Параметры совместной работы нагнетателя и сети. Анализ совместной работы нагнетателя и сети.
27. Правила пуска и останова различных типов нагнетателей.
28. Классификация объемных нагнетателей, их схемы и принцип действия.
29. Графики и степень неравномерности подачи поршневых нагнетателей. Методы сглаживания пульсации подачи. Управление работой поршневых нагнетателей.

30. Явление кавитации. Причины и последствия возникновения. Как определяется допустимая высота всасывания насосов?
31. Балансировка рабочих колес и шкивов нагнетателей.
32. Полезная, потребляемая и установленная мощность привода нагнетателей. Энергетический баланс нагнетателей.
33. Причины возникновения осевого усилия у радиальных нагнетателей и меры борьбы с ним.
34. Полное техническое описание вентилятора в проектных материалах.
35. Шум нагнетателей. Параметры шума. Методы снижения уровня шума нагнетателей.
36. Вибрация нагнетателей. Причины возникновения. Методы снижения уровня вибрации нагнетателей.
37. Правила выбора нагнетателей и требования нормативных документов, которые необходимо соблюдать при выборе нагнетателей.
38. Требования к подводящим и отводящим каналам радиальных вентиляторов и их влияние на рабочие параметры.
39. Краткие сведения о характерных конструктивных особенностях вентиляторов Ц4-70 (ВР 80-70), 06-300 или ВО-14-320, ВР-100-45, ВКР.
40. Краткие сведения и характерные конструктивные особенности циркуляционных насосов, применяемых в отоплении

Практическая работа; «Типы устройства и принципы действия компрессоров, воздухопроводов и вентиляторов, режимы работы».

Цель работы; предусматривает ответы на поставленные вопросы раздела

Ход работы;

1. Изучить теорию

Написать опорный конспект

Теория;

Устройство и принцип действия центробежных вентиляторов

Вентилятор представляет собой механическое устройство, предназначенное для перемещения воздуха по воздуховодам систем кондиционирования и вентиляции, а также для осуществления прямой подачи воздуха в помещение либо отсоса из помещения, и создающее необходимый для этого перепад давлений (на входе и выходе вентилятора).

По конструкции и принципу действия вентиляторы делятся на осевые (аксиальные), радиальные (центробежные) и диаметральные (тангенциальные). В зависимости от величины полного давления, которое они создают при перемещении воздуха, вентиляторы бывают низкого давления (до 1 кПа), среднего давления (до 3 кПа) и высокого давления (до 12 кПа).

По направлению вращения рабочего колеса (если смотреть со стороны всасывания) вентиляторы могут быть правого вращения (колесо вращается по часовой стрелке) и левого вращения (колесо вращается против часовой стрелки).

В зависимости от состава перемещаемой среды и условий эксплуатации вентиляторы подразделяются на:

Обычные – для воздуха (газов) с температурой до 80 °С;

Коррозионостойкие – для коррозионных сред;

Термостойкие – для воздуха с температурой выше 80 °С;

Взрывобезопасные – для взрывоопасных сред;

Пылевые – для запылённого воздуха (твёрдые примеси в количестве более 100 мг/м³).

По способу соединения крыльчатки вентилятора и электродвигателя вентиляторы могут быть:

С непосредственным соединением с электродвигателем;

С соединением на эластичной муфте;

С клиноременной передачей;

С регулирующей бесступенчатой передачей.

По месту установки вентиляторы делят на:

Обычные, устанавливаемые на специальной опоре (раме, фундаменте и т.д.);

Канальные, устанавливаемые непосредственно в воздуховоде;

Крышные, размещаемые на кровле.

Основными характеристиками вентиляторов являются следующие параметры:

Расход воздуха, м³/ч;

Полное давление, Па;

Частота вращения, об/мин;

Потребляемая мощность, затрачиваемая на привод вентилятора, кВт;

КПД – коэффициент полезного действия вентилятора, учитывающий механические потери мощности на различные виды трения в рабочих органах вентилятора, объёмные потери в результате утечек через уплотнения и аэродинамические потери в проточной части вентилятора;

Уровень звукового давления, дБ.

Различают уровни звукового давления в воздуховоде со стороны всасывания и нагнетания, а также передаваемые в окружающую среду.

Вентилятор радиальный

Радиальный вентилятор представляет собой расположенное в спиральном кожухе лопаточное (рабочее) колесо, при вращении которого воздух, попадающий в каналы между его лопатками, двигается в радиальном направлении к периферии колеса и сжимается. Под действием центробежной силы он отбрасывается в спиральный кожух и далее направляется в нагнетательное отверстие.

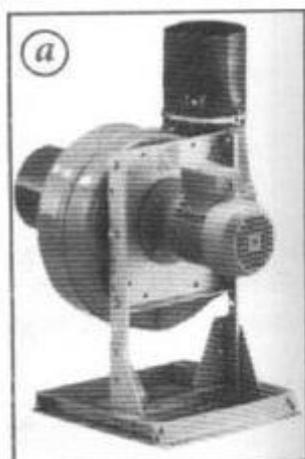


Рисунок 2.1 – Радиальный вентилятор:

а – на одном валу с электродвигателем;

б – с клиноременной передачей

Рабочее колесо – основной элемент радиального вентилятора, представляет собой пустотелый цилиндр, в котором по всей боковой поверхности, параллельно оси вращения, установлены на равных расстояниях лопадки. Лопадки скреплены по окружности с помощью переднего и заднего дисков, в центре которых находится ступица для насаживания рабочего колеса на вал. В зависимости от назначения вентилятора, лопадки рабочего колеса изготавливают загнутыми вперед или назад. Количество лопаток бывает различным, в зависимости от назначения и типа вентилятора. Вентиляторы выпускаются с восемью положениями кожуха. Могут иметь правое и левое вращение.

В системах вентиляции и кондиционирования применяются радиальные вентиляторы: Одностороннего или двустороннего всасывания;

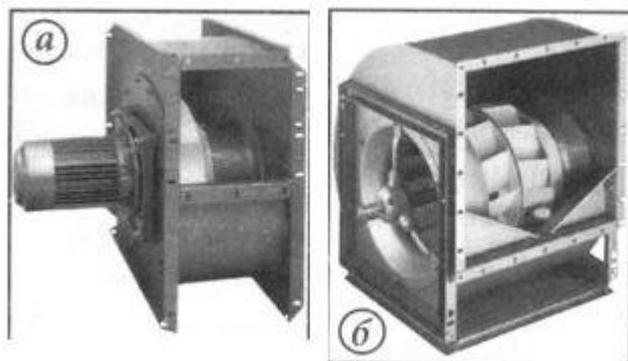


Рисунок 2.2 – Вентилятор:

а – одностороннего всасывания;

б – двустороннего всасывания.

На одном валу с эл. двигателем или с клиноременной передачей;

С лопатками, загнутыми назад или вперед.

Применение радиальных вентиляторов с лопатками, загнутыми назад, дает экономию электроэнергии примерно 20%. Другое весьма важное достоинство вентиляторов с лопатками, загнутыми назад, заключается в том, что они относительно легко переносят перегрузки по расходу воздуха. Радиальные вентиляторы с лопатками, загнутыми вперед, обеспечивают одни и те же расходные и напорные характеристики, что и вентиляторы с лопатками, загнутыми назад, при меньшем диаметре колеса и более низкой частоте вращения. Таким образом, они могут достичь требуемого результата, занимая меньше места и создавая меньший шум.

Турбокомпрессоры ТВ и ТГ

Турбокомпрессоры ТВ и ТГ – это машины динамического типа. Сжатие газа в них происходит за счет отбрасывания газа быстро вращающимся рабочим колесом (турбиной) из центра периферии, производительность от 60 до 500 м³/мин. Перепад давлений от 0,08 до 0,8 атм.

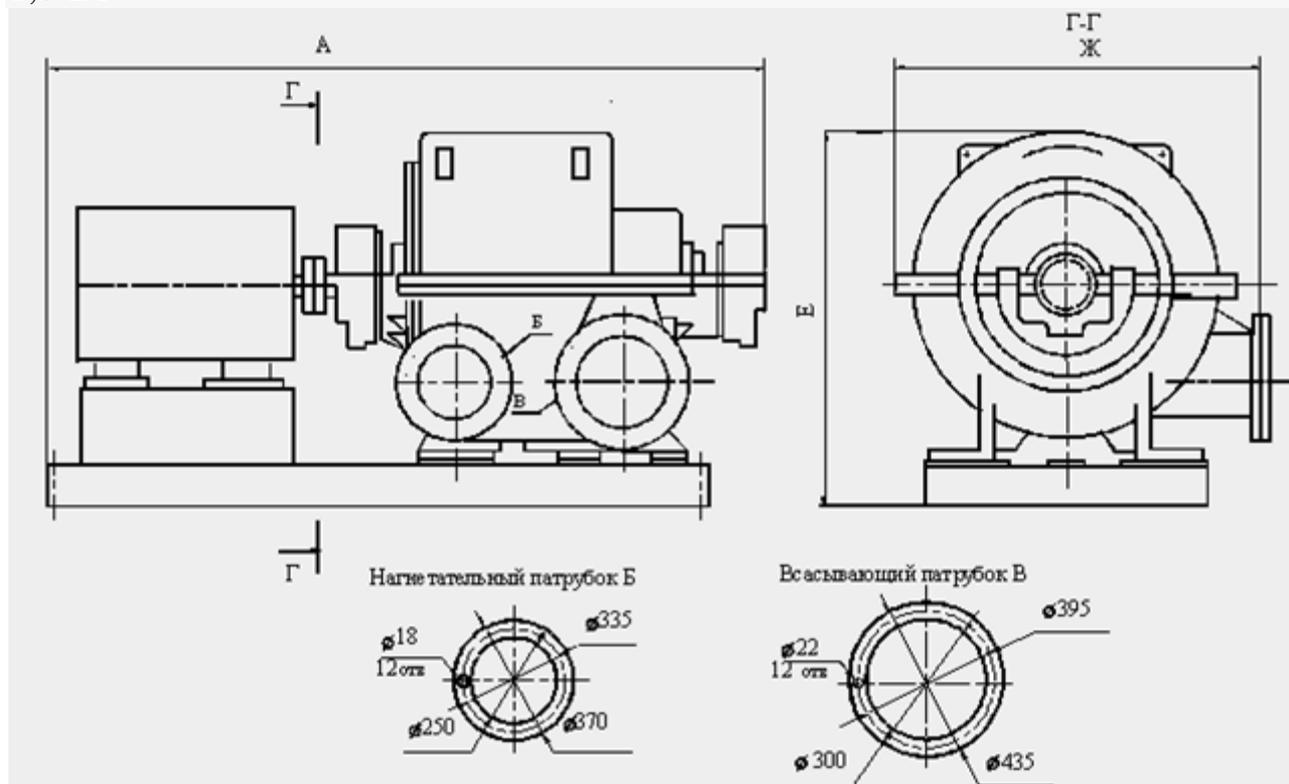
Пример обозначения: ТГ (ТВ) – газовые турбокомпрессоры – турбогазодувки (воздушные турбокомпрессоры - воздуходувки), 300 – производительность (м³/мин) 1,6 – конечное абсолютное давление (кгс/см²).

Турбокомпрессоры ТВ и ТГ укомплектованы двигателями общепромышленного исполнения. Турбокомпрессоры ТВ 175-1, 6М1-В2 и ТВ 300-1, 6М1-В2 укомплектованы взрывозащищенными двигателями ВА02 мощностью 250 кВт и 400 кВт, ТВ 300-1, 6М1 укомплектованы эл/двигателями напряжением 6000 В.

Турбокомпрессоры ТВ и ТГ предназначены для сжатия и подачи воздуха и неагрессивных газов.

Применяются на предприятиях угольной, металлургической, газовой, коксохимической, пищевой, энергетической и других отраслях промышленности.

Многоступенчатые турбогазодувки 2ТГ-80-1,4-В1 2ТГ-80-1,6-В1 ТГ-80-1,8-01 2ТГ-80-1,8-В1



Турбокомпрессор или газотурбинный нагнетатель – центробежный или осевой компрессор, работающий в паре с турбиной. Являются основным конструктивным элементом газотурбинных двигателей.

Газотурбинные двигатели

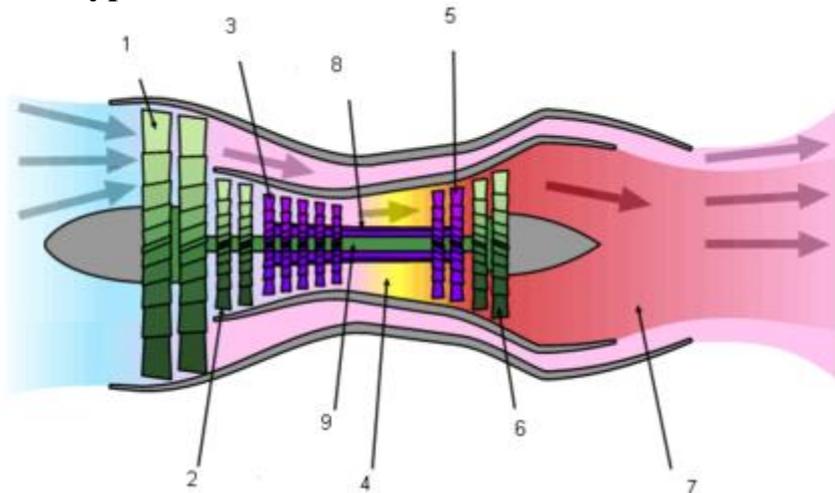


Рисунок 3.1 – Схема двигателя с турбовентилятором.

Схема двигателя с турбовентилятором:

- 1 – Вентилятор;
- 2 – Компрессор низкого давления;
- 3 – Компрессор высокого давления;

- 4 – Камера сгорания;
- 5 – Турбина высокого давления;
- 6 – Турбина низкого давления;
- 7 – Сопло;
- 8 – Вал ротора высокого давления;
- 9 – Вал ротора низкого давления.

Основной агрегат, состоящий из центробежного или осевого компрессора и газовой турбины для его привода, установленных на одном валу, называется турбокомпрессором. Основным назначением турбокомпрессора является повышения давления рабочего тела газотурбинного двигателя за счет его нагнетания компрессором, который получает мощность от турбины. Турбокомпрессор в совокупности с камерой сгорания, расположенной между турбиной и компрессором, называется газогенератором. Турбокомпрессор низкого давления турбореактивного двигателя (ТРДД), состоящий из компрессора низкого давления (вентилятора) и турбины, иногда называют турбовентилятором.

Область применения и подбор вентиляторов

Вентиляторы могут поставляться как самостоятельно, так и в составе вентиляторного агрегата или вентиляторной секции. В этом случае вентилятор встраивается вместе с электродвигателем в специальный корпус. Кроме того, они могут использоваться в составе агрегатированных приточных установок, в кондиционерах, в воздушных завесах, в воздухоочистителях, фанкойлах, сплит-системах, шкафных кондиционерах и других вентиляционных установках. Как уже отмечалось выше, в системах вентиляции и кондиционирования применяются осевые, радиальные и диаметральные вентиляторы. Диаметральные вентиляторы, как правило, поставляются в составе оборудования (кондиционеров, фанкойлов и пр.) и характеризуются не только конкретным расположением (компоновкой), но и жесткой привязкой к определенной модели этого оборудования. В вентиляционных сетях диаметральные вентиляторы используются крайне редко. Осевые и радиальные вентиляторы могут использоваться как в определенных моделях оборудования (вентиляционных агрегатах, конденсаторных установках и пр.), так и в составе систем вентиляции и кондиционирования. В последнем случае конкретные модели вентиляторов подбираются расчетом. При установке вентилятора в вентиляционную сеть рекомендуется предусматривать прямые участки стабилизации воздушного потока с обеих сторон от вентилятора, для уменьшения аэродинамических потерь, связанных с турбулизацией потока. Минимальные длины стабилизирующих участков составляют 1,5 диаметра колеса вентилятора на всасывании и 3 диаметра колеса вентилятора на нагнетании. У всех вентиляторов генерация шума увеличивается с возрастанием окружной скорости вращения колеса, в связи с этим при одном и том же числе оборотов больший шум исходит от вентиляторов больших размеров. Кроме того, шум у одного и того же вентилятора больше при уменьшении его КПД. Уменьшение шума вентиляторных установок может быть достигнуто непосредственно в самой установке и предотвращением его распространения в окружающее пространство. Снижение шума самого вентилятора возможно: при уменьшении скорости вращения рабочего колеса, повышении КПД вентилятора, улучшении аэродинамических характеристик подводящих и отводящих воздухопроводов. Для уменьшения шума в сети воздухопроводов устанавливаются шумоглушители, возможна облицовка корпусов вентиляторов звукоизоляционными материалами, установка

вентилятора в специальном звукоизолирующем кожухе. Подбираются вентиляторы по индивидуальным характеристикам (каталогам фирм-производителей). Характеристики приводятся в пределах допустимых частот вращения рабочих колес вентилятора из условий обеспечения их прочности, поэтому превышать частоту вращения вентилятора нельзя. Кроме того, при выборе частоты вращения рабочего колеса исходят из ограничений создаваемого вентилятором шума. Типоразмер (номер) вентилятора определяют из каталога таким образом, чтобы заданным значениям подачи L и полного давления P соответствовал максимальный КПД вентилятора (но не ниже 0,9 максимального). При выборе типоразмера вентилятора и режима его работы следует учитывать тип соединения крыльчатки вентилятора с электродвигателем и способ регулирования числа оборотов. Подбор осуществляется в следующем порядке: по заданным значениям подачи L и давления P на графике (характеристике) находят точку пересечения координат L - P (рабочую точку). Если эта точка располагается между рабочими характеристиками, то ее переносят по вертикали на ту из них, которой соответствует больший КПД вентилятора. После этого пересчитывают вентиляционную сеть на новое давление вентилятора.

Контрольные вопросы

1. Устройство центробежного вентилятора.
2. Принцип действия.
3. На какие виды подразделяются вентиляторы.
4. Область применения турбокомпрессоров и турбогазодувок.
5. Область применения вентиляторов.

Тема практической работы; «Электрическое оборудование компрессоров, воздухопроводов, вентиляторов. Выбор типа Электропривода».

Цель работы; Сформировать знания у обучающихся по типу и устройству вентиляторов и насосов.

Ход работы;

1. Изучить теоретическую часть
2. Выполнить конспект
3. Ответить на контрольные вопросы

Теория; Процесс выбора вентилятора начинается с изучения физических, технических, экологических и санитарно-гигиенических характеристик, а также параметров взрыва- и пожароопасности перемещаемого воздуха или газа. Особое влияние на показатели перемещаемых сред могут оказывать примеси: пыль, аэрозоли, пары, газы. Важное влияние на характеристики вентилятора и привода оказывает также характеристики места его установки: геометрические параметры помещения, где предполагается его размещение; температура окружающей среды; категория помещения и т.д. Категории исполнения вентиляторов и электродвигателей по климатическим параметрам окружающей среды их размещения определяются в соответствии с ГОСТ 15150.

ГОСТ 15150 определяет исполнения машин, приборов и других технических изделий для различных климатических районов, категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

Республика Беларусь относится к макроклиматическому району с умеренным климатом - $45^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{абс. max}} \leq +40^{\circ}\text{C}$. Климатическое исполнение для этого района обозначается идентификатором «У». В зависимости от места расположения вентилятора и электродвигателя исполнения могут быть:

- на открытом воздухе – исп. «1»;
- под навесом - исп. «2»;
- в неотапливаемых помещениях - исп. «3»;
- в отапливаемых помещениях - исп. «4»; - в помещениях с повышенной влажностью - исп. «5».

В соответствии с широким спектром свойств перемещаемых газовых сред промышленно-стью выпускается и обширная номенклатура вентиляторов, предназначенных обеспечить выполнение предъявляемых требований. Всю номенклатуру выпускаемых вентиляторов можно разделить на две группы: **вентиляторы общего назначения (общетехнические) и специальные вентиляторы.**

Вентиляторы общего назначения предназначены для перемещения воздуха и других газопаровоздушных смесей, свойства которых должны удовлетворять следующим требованиям:

- агрессивность по отношению к углеродистым сталям обыкновенного качества не выше агрессивности воздуха;
- температура перемещаемых сред не выше 80°C ;
- не содержатся липкие вещества, волокнистые материалы, взрывающиеся газы и пары жидкостей;
- концентрация невзрывающейся пыли и других твердых примесей не более 100 мг/м^3 . Для вентиляторов двухстороннего всасывания с размещением клиноременной передачи в

перемещаемой среде предельная температура перемещаемых газов не должна превышать 60°C . Температура газовых сред, перемещаемых осевыми вентиляторами, в которых электродвигатель размещается в перемещаемом потоке, не должна превышать 40°C .

К вентиляторам специального назначения относятся **коррозионностойкие, взрывоза-**

щищенные, пылевые, крышные, мельничные, теплостойкие вентиляторы, **дымососы, вентиляторы в тропическом исполнении** и т.д.

Коррозионностойкие вентиляторы применяются для перемещения воздуха и не взрывающихся газовых сред, содержащих агрессивные примеси. Изготавливаются по аэродинамическим схемам общетехнических вентиляторов из материалов, стойких к агрессивному воздействию перемещаемой среды. В качестве конструкционных материалов применяются титановые сплавы, нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы, полимерные материалы (например, винилпласт, полипропилен и т.д.). В отдельных случаях успешная защита от воздействия слабо агрессивных сред достигается и путем применения антикоррозийного покрытия проточных частей вентиляторов общетехнического назначения.

Взрывозащищенные вентиляторы применяются для перемещения не агрессивных газо-вых сред, содержащих взрывающуюся пыль (древесную, сахарную, табачную и т.д.), горючие газы и пары легковоспламеняющихся жидкостей. Изготавливаются в соответствии со специальными требованиями. Материал и конструктивные элементы этих вентиляторов позволяют с высокой степенью вероятности исключить загорание перемещаемой вентилятором взрыво-пожароопасной смеси. И даже в этих условиях нормативные документы (ПУМБЭВВ) требуют, чтобы фактическая концентрация взрыво-пожароопасных примесей в перемещаемой смеси не превышала 50% нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКРП).

Пылевые вентиляторы применяются при содержании механических примесей в перемещаемой среде свыше 100 мг/м^3 . Изготавливаются по специальным аэродинамическим схемам, рабочее колесо чаще всего содержит 6 или 8 лопастей. Максимальная концентрация механических примесей в перемещаемом воздухе устанавливается производителем.

Крышные вентиляторы (ГОСТ 24814) применяются для удаления воздуха из верхней зоны помещения через перекрытие. Промышленностью выпускаются радиальные и осевые крышные вентиляторы. Допускается работа крышных радиальных вентиляторов с короткими участками сетей.

Следует отметить, что промышленностью выпускаются и вентиляторы с **комбинированными свойствами**, например, взрывозащищенные коррозионностойкие, взрывозащищенные пылевые и т.д.

Теплостойкие вентиляторы, предназначенные для перемещения газовых сред с температурой не выше 200°C .

Все типы вентиляторов должны выпускаться **левого и правого вращения**. Большинство типов вентиляторов имеют **поворотный кожух**. На монтажной площадке кожух может поворачиваться относительно оси на угол кратный 45° . По конструктивной форме передачи вращательного движения от привода к рабочему колесу может быть непосредственная посадка рабочего колеса на вал привода или использоваться промежуточные регулируемые и нерегулируемые устройства (передачи). Каждой схеме передачи вращательного движения на рабочее колесо присвоен **номер конструктивного исполнения**. Рабочие параметры вентиляторов зависят от числа оборотов и размеров рабочего колеса. Диаметр рабочего колеса, выраженный в дециметрах, **называется номером вентилятора**.

Общие методические указания к выбору вентиляторов.

Во всех случаях при выборе вентиляторов следует неукоснительно выполнять требования государственных нормативных документов, а также технических условий на их применение, представляемые производителем принятого к установке изделия.

При невозможности обеспечить требуемые параметры в сети с помощью одного вентилятора к установке следует принимать несколько установленных на совместную работу желательного одинаковых нагнетателей. При этом, при невозможности обеспечить требуемый расход в сети (L) применяется параллельное соединение вентиляторов. Производительность каждого из них равна $L_k L / n$, где n – число принятых к установке

вентиляторов. Развиваемое каждым вентилятором давление будет равно аэродинамическим потерям в обслуживаемой сети плюс аэродинамические потери в воздуховодах, объединяющих вентиляторы в групповую установку. Групповая установка различных вентиляторов на параллельную работу требует дополнительного обоснования.

При невозможности обеспечить требуемое давление в сети (P) с помощью одного вентилятора к установке следует принимать несколько последовательно установленных одинаковых вентиляторов. При этом, давление каждого из них должно быть равно $P_k = P/n$, где n – число принятых к установке вентиляторов. Производительность каждого вентилятора будет равна расходу в обслуживаемой сети. При применении совместной работы вентиляторов и в этом случае необходимо учитывать дополнительные аэродинамические потери в воздуховодах, объединяющих вентиляторы в групповую установку. Групповая установка различных вентиляторов на последовательную работу тоже требует дополнительного обоснования.

Перед выбором вентилятора необходимо знать характеристику места его установки и знать трассировку воздуховодов. Эти сведения позволяют установить требуемое вращение рабочего колеса вентилятора и рабочее положение кожуха. При этом следует учесть, что некоторые типы вентиляторов изготавливаются с неповоротным кожухом. При отсутствии у выбранного типа вентилятора требуемого направления вращения колеса или положения кожуха следует применить другой тип вентилятора или поменять трассировку вентиляционной сети.

Наличие в перемещаемом вентилятором воздухе примесей со специфическими свойствами приводит к необходимости применения вентиляторов специального назначения.

При выборе вентиляторов следует помнить, что для расширения диапазона характеристик, соответствующих условию $\delta \leq 0,9$, промышленностью при сохранении размеров корпуса один и тот же номер вентилятора может комплектоваться колесами с промежуточными диаметрами. Например, вентилятор №8 может иметь колеса: $0,9 D_n$ ($0,9 \cdot 0,8 = 7,2 \text{ дм}$); $0,95 D_n$ ($7,6 \text{ дм}$);

D_n (8 дм); $1,05 D_n$ ($8,4 \text{ дм}$) и $1,1 D_n$ ($8,8 \text{ дм}$).

Крышные вентиляторы выбираются по расходу удаляемого через перекрытие воздуха.

Требования, обязательные для исполнения при выборе вентиляторов:

- по техническим характеристикам и условиям применения вентилятор полностью должен удовлетворять параметрам перемещаемой среды и месту его установки;
- вентилятор должен обеспечивать безопасное ведение технологического процесса, удовлетворять требованиям охраны окружающей среды, охраны труда и техники безопасности;
- вентилятор должен обеспечивать эффективное использование потребляемой энергии; в соответствии с требованиями ГОСТ 10616 его действительный к.п.д. должен удовлетворять условию

$$\delta \leq 0,9_{\max} \cdot \quad (5)$$

Производительность вентилятора следует определять с учетом потерь или подсоса воздуха

в воздуховодах и в вентиляционном оборудовании установки,

т.е.

$$L \geq L_{расч} \cdot L \cdot \quad (6)$$

При выборе расчетной величины L учитывается ее большее значение, полученное при определении подсоса в воздуховодах до вентилятора или потерь воздуха в воздуховодах после вентилятора. Величина подсоса (потерь) воздуха в воздуховодах определяется на основании данных табл. 7.1 СНБ 4.02.01 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» или по данным СНиП 2.04.05. Ориентировочно можно принимать $L \geq 0,1L_{расч}$ при суммарной длине

воздуховодов до 50м и $L \geq 0,15L_{расч}$ при суммарной длине воздуховодов более 50м.

Характеристики вентиляторов, приведенные в каталогах производителей или в справочной литературе, представлены для стандартных условий: $t = 20^{\circ}\text{C}$; $\phi = 50\%$; $B = 0,101\text{МПа}$ (760 мм.рт.ст.) и $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$. По этой причине расчетную величину аэродинамических потерь давления в сети ($P_{расч}$) перед выбором вентилятора необходимо приводить к нормальным условиям, т.е.

$$P_{расч} = \frac{273}{273} \cdot \frac{t}{0,101} \cdot \frac{1,2}{B_{расч}} \cdot P_{расч} \quad (7)$$

При этом требуется и расчет установленной мощности привода, которая может отличаться от комплектации вентилятора двигателем для стандартных условий

$$N_{э} = \frac{1}{k_{п}} \cdot \frac{k_{PL}}{3600} \cdot \frac{P_{расч}}{1000} \cdot B \quad (8)$$

В формулах 6,7,8:

$P_{расч}$ - аэродинамические потери давления (Па) в сети, определяемые из условий течения в трубопроводах воздуха (газа), имеющего параметры, соответствующие стандартным;

$L_{расч}$ - расход воздуха (газа) в сети, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяемый как сумма расчетных расходов его

у потребителей без учета утечек (подсоса) через неплотности; L - расчетный подсос воздуха в сети, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{расч}$, $B_{расч}$, $\rho_{расч}$ - расчетная температура ($^{\circ}\text{C}$), барометрическое давление (МПа) и объемная масса перемещаемого газа, кг/м^3 ;

$N_{э}$ - установленная мощность привода вентилятора, кВт;

k_3 - коэффициент запаса, вводимый на снижение негативного воздействия на электродвигатель пускового момента и на температурные условия эксплуатации электродвигателя /9,10/;

k - коэффициент, учитывающий вид механических примесей в перемещаемом газе;

- концентрация механических примесей в долях единицы; ν , η - коэффициенты полезного действия вентилятора и передачи, выраженные в долях

единицы.

При определении развиваемого вентилятором давления необходимо учитывать влияние на его аэродинамический режим подводящих и отводящих каналов (**лит.1, стр. 94-100**).

Вентиляторной установкой называют вентилятор с присоединенными элементами сети, находящимися на расстоянии 5 калибров от входного и 3 калибра от выходного патрубков вентилятора /25/. Эти участки сети имеют собственное аэродинамическое сопротивление и, кроме того, влияют на характер течения жидкости в нагнетателе, изменяя параметры его работы (P , L ,). Течение перемещаемой газовой среды в проточных частях вентилятора, и особенно

характер распределения её по периметру рабочего колеса, наиболее существенно зависит от поля скоростей во всасывающем патрубке, которое формируется в подводящих каналах. Например, при подводе воздуха к вентилятору с помощью отвода (рис.2) и при производительности вентилятора равной L^* (соответствует \max по каталожной характеристике) часть периметра

колеса работает на режиме $L > L^*$, а часть периметра на режиме $L < L^*$. Естественно, что действительный к.п.д. вентилятора будет в этом случае меньше максимального. Это видно по характеру зависимости $f(L)$ на рис. 3.

Параметры отводящего канала тоже оказывают влияние на характер распределения скоростей в рабочем колесе, а значит, и влияют на его характеристику. По указанным выше причинам характеристики $N f(L)$, $P f(L)$, $f(L)$ в условиях конкретной вентиляционной системы могут отличаться от сведений, представленные в каталогах и справочниках.

Особо значимо влияние подводящих каналов на параметры вентиляторов с загнутыми вперед лопатками. У вентиляторов данного типа снижение развиваемого давления может быть до уровня 50% от значения, представленного в каталогах и справочниках. По этим причинам при выборе вентиляторов необходимо учитывать указанные обстоятельства и вносить корректировку в каталожные характеристики вентиляторов, а также осознанно назначать конфигурацию подводящих и отводящих каналов.

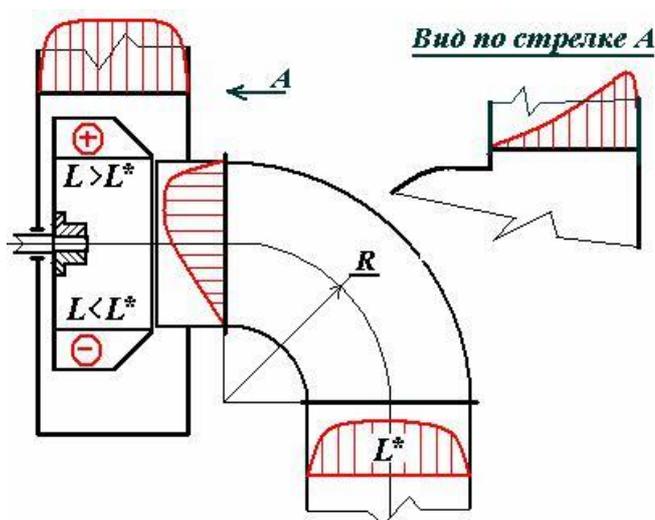


Рис.2. Схема эпюр скоростей воздушных потоков при перемещении воздуха вентилятором.

Снижение давления, развиваемого вентилятором вследствие влияния подводящих и отводящих каналов на аэродинамический режим проточных частей, определяется по выражению.

$$P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}} = P_{\text{дв}}, \quad (9)$$

где динамическое давление потока в нагнетающем патрубке вентилятора $P_{\text{д.вент}}$ определяется по зависимости

$$\frac{P_d}{V} = \frac{L_i^2}{3600ab} = \frac{L^2}{3600F_{вых}} \quad (10)$$

Здесь: L_i – производительность нагнетателя, $\text{м}^3/\text{ч}$; a, b – размеры выходного патрубка вентилятора; $F_{вых} = ab$ – площадь выходного патрубка вентилятора, м^2 ; $\alpha_{вх}, \alpha_{вых}$ – коэффициенты мест-

ных сопротивлений соответственно подводящего и отводящего каналов вентилятора.

При определении P значение L_i назначается для режимов, соответствующих $\alpha_{вх, \max}$ и $\alpha_{вых, \max}$

$0,9 \alpha_{вх, \max}$, которым соответствует производительность вентилятора $L_i = L_1, L^*$ и L_2 (см. рис. 3).

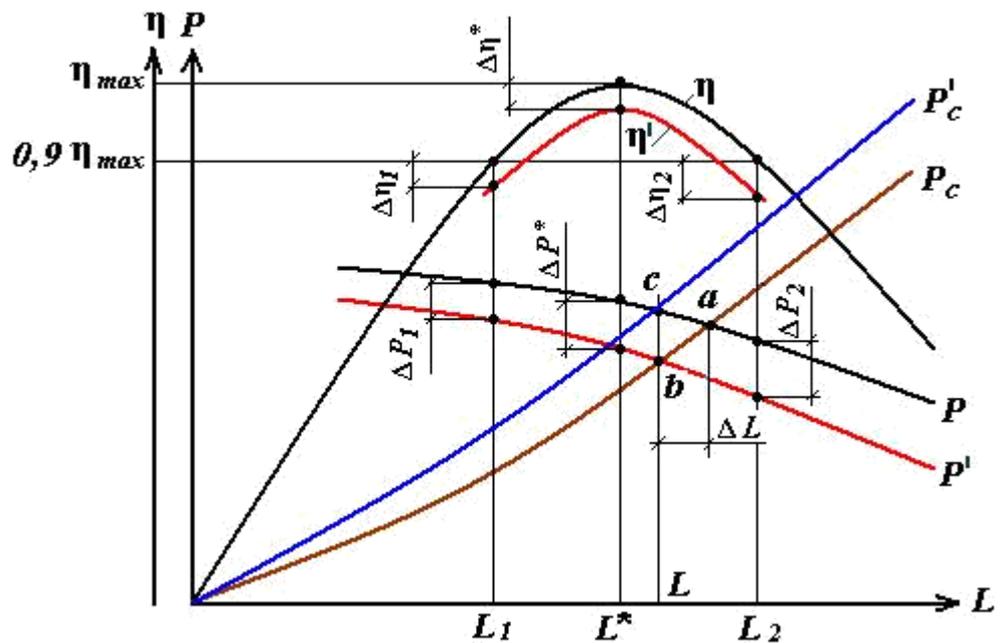


Рис.3. Каталожные (P , η) параметры вентилятора и параметры вентилятора с учетом влияния на режим работы подводящих и отводящих каналов (P' , η').

Влияние подводящих и отводящих каналов на величину снижения к.п.д. вентилятора можно определить по зависимости

$$\eta' = \eta \left(\frac{P_c}{P} \right)^{\frac{P_d}{P}}, \quad (11)$$

где η' - к.п.д. вентиляторной установки (с учетом влияния подводящего и отводящего каналов); η - каталожное значение к.п.д. вентилятора; P - каталожное значение полного давления вентилятора.

Значение η' определяется тоже для трех значений производительности, т.е. L_1 , L^* и L_2 (см. рис. 3).

Параметры η' , η и P представлены в приводимых в приложении таблицах в зависимости от вида подводящего и отводящего канала и формы лопаток на выходе из рабочего колеса.

Пример выбора вентилятора.

Исходные данные (вариант 1):

- вентилятор предназначен для перемещения условно чистого воздуха, без волокнистых, агрессивных и взрыво- пожароопасных примесей;

- место установки вентилятора по ГОСТ 15150: умеренные климатические условия (открыто, не защищен от воздействия атмосферных осадков; под навесом; в техническом помещении и т.д. по выбору студента);
- сведения по трассировке воздуховодов, позволяющие назначить положение кожуха вентилятора и исполнение вентилятора по вращению рабочего колеса;
- расчетные аэродинамические потери в сети (без учета влияния на работу системы подводящих и отводящих каналов) – 920 Па;
- расчетный расход воздуха $L_{расч} = 27\,275 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- суммарная длина магистральных воздуховодов и ответвлений вентиляционной системы – 45 м;
- расчетное барометрическое давление наружного воздуха – 0,099 МПа (745 мм.рт.ст.);
- относительная влажность перемещаемого воздуха – 50 %;
- температура перемещаемого воздуха $30 \text{ }^\circ\text{C}$; воздух без механических, взрывопожаро-опасных и агрессивных примесей, объемная масса воздуха при этой температуре – $1,165 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- подводящий канал вентилятора выполнен по схеме 2 (табл. П2.1, П2.2), отводящий по схеме 1 (рис. П2.1) приложения 2.

Решение задачи.

Производительность вентилятора с учетом потерь воздуха в нагнетающих воздуховодах и подсоса его во всасывающих воздухопроводах (/8/, стр. 288-291; /9/, стр.245-249):

$$L = 27275 + 0,1 * 27275 = 30\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Давление вентилятора, приведенное к нормальным условиям (/8/, стр. 288-291; /9/, стр.245-249):

$$P = 920 * \frac{273}{293} * \frac{1,16}{1,2} * \frac{0,10}{0,099} = 1000 \text{ Па.}$$

Пересчет давления обусловлен отличием температуры, барометрического давления и объемной массы перемещаемого воздуха от условий, для которых построены каталожные характеристики вентиляторов (/8/, стр. 288-291; /9/, стр.245-249).

Предварительно по сводному графику характеристик вентиляторов, например, по /8/, стр. 381, установлено, что эти параметры могут обеспечить вентиляторы Ц4-70 №10 и №12,5. Далее по каталогу производителя этой серии вентиляторов (современная маркировка ВР-80-70-10 и ВР-80-70-12,5) находим их характеристики (рис.4). Последняя цифра в данной буквенно-цифровой маркировке представляет номер (типоразмер) вентиляторов (диаметр рабочих колес у этих вентиляторов равен соответственно 10дм и 12,5дм). В этом же каталоге в прилагаемых графических материалах представлены размеры основных элементов вентиляторов.

При отсутствии сводных графиков следует путем перебора назначить один или несколько типоразмеров вентиляторов, которые могут обеспечить заданные значения L и P .

При выполнении контрольной работы студент может использовать и другие справочные материалы, в том числе и информацию по /8-10/.

На характеристики вентиляторов ВР-80-70-10 и ВР-80-70-12,5 наносим точки с координатами $L = 30\ 000\text{ м}^3/\text{ч}$ и $P = 1000\text{ Па}$. Точки обозначены буквой «а» (рис.4). Устанавливаем, что вентилятор ВР-80-70 №10 может обеспечить заданные параметры при $n = 865$ об/мин, а вентилятор ВР-80-70 №12,5 при $n = 685$ об/мин.

Выбранные к установке вентиляторы имеют загнутые назад лопатки (см. рис. П1.1). По рис. 4 устанавливаем, что их максимальный к.п.д. равен $\eta_{\max} = 0,82$, соответственно $0,9_{\max} = 0,9 * 0,82 = 0,74$. Значение $0,74$ является минимально допустимым при эксплуатации

данных вентиляторов (ГОСТ 10616). На характеристиках вентиляторов (рис. 4) представлена, таким образом, только зона параметров, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 10616, а именно $0,9_{\max}$.

Исходя из уравнения, применяемого для описания зависимости сопротивления вентиляционной сети от расхода в ней воздуха, $P_c \propto L^2$, для значений $L = 30\ 000\text{ м}^3/\text{ч}$ и $P_c = 1000\text{ Па}$ находим значение коэффициента $k = P_c / L^2 = 1000 / 30000^2 = 1,111 * 10^{-6}$. Далее, например, для значения $L = 40\ 000\text{ м}^3/\text{ч}$ вычисляем $P_c = 1,111 * 10^{-6} * 40000^2 = 1778\text{ Па}$. Точку с этими координатами

(точки «с» на рис.4) тоже наносим на характеристики этих вентиляторов. Линия «ас» на данных графиках в первом приближении показывает участок характеристики сети, для работы на которой подбирается вентилятор. Пересечение характеристики сети с характеристиками вентиляторов (точки «b») и позволяет предварительно определить рабочие точки данных вентиляторов при эксплуатации их в данной сети (без учета влияния на режим работы подводящих и отводящих каналов).

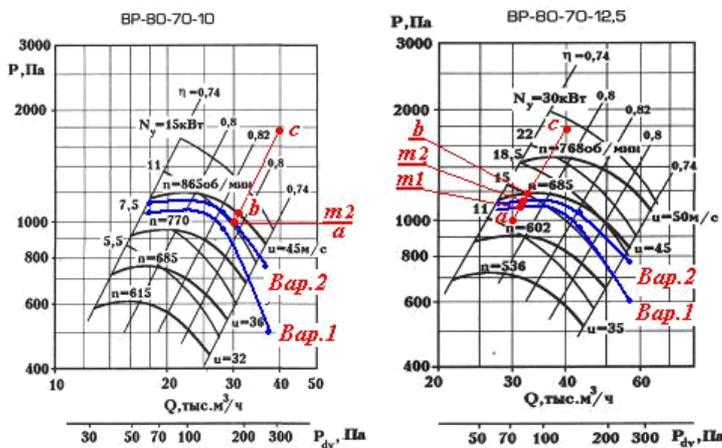


Рис.4. Характеристики вентиляторов ВР-80-70-10 и ВР-80-70-12,5 с нанесением характеристики сети (линия *a-c*); скорректированные характеристики вентиляторов ВР-80-70-10 и ВР-80-70-12,5 в соответствии с вариантами 1 и 2 исходных данных по схемам подвода и отвода воздуха.

Для вентиляторов ВР-80-70-10 и ВР-80-70-12,5 и принятых для анализа чисел оборотов рабочего колеса для режимов L_1 , L^* и L_2 с учетом назначенных схем подвода и отвода воздуха

(вариант 1) определим по таблицам П2.1 и П2.3 приложения 2 значения $v_{вх}$, $v_{вых}$ и ρ . Для вентилятора ВР-80-70-10, например, $L_1=18000$, $L^*=28000$ и $L_2=38000$ м³/ч. Результаты этой работы сведены в таблицу 5.

Снижение давления вентилятора ВР-80-70-10 для режима работы $L=L_1$ определим по формулам / 9,10/

$$P_{вхвых} P_{dV} = (1 - 0,6) \frac{18000}{3600 * 0,49} \frac{1,6 * 62,5}{2} \frac{100 Па}{1150}$$

а к.п.д. вентиляторной установки по формуле (11)

$$\eta = \frac{P_{вх} - P_{dV}}{P_{вх}} = \frac{0,74 - 0,08}{0,6} = 0,66$$

Здесь «0,49» - площадь выхлопного отверстия вентилятора ВР-80-70-10. Устанавливается по каталогу производителя или по справочной литературе.

Значение P_{dV} можно определить и по шкале, расположенной в нижней части рис.4.

Результаты проведенного расчета значений P и η , а также определение этих параметров для режимов L^* и L_2 вентилятора ВР-80-70-10 и для режимов L_1 , L^* и L_2 вентилятора ВР-80-70-12,5 сведены в таблицу 5. Полученные результаты позволили по аналогии с рис. 3 получить скорректированные характеристики вентиляторов ВР-80-70-10 и ВР-80-70-12,5 (рис. 4) для варианта 1 конфигурации подводящих и отводящих каналов.

Таблица 5.

Венти-	<i>a</i> ,	<i>b</i> ,	$F_{вых}$,	Пара-	Вариант 1	Вариант 2
--------	------------	------------	-------------	-------	-----------	-----------

Вентилятор	мм	мм	м ²	метр	L ₁ η=0,74	L* η _{max} =0,82	L ₂ η=0,74	L ₁ η=0,74	L* η _{max} =0,82	L ₂ η=0,74
ВР-80				L, м ³ /ч	18 000	28 000	38 000	18 000	28 000	38 000
				P, Па	1150	1100	850	1150	1100	850

	700	700	0,49	вх	1	1	1	0,2	0,3	0,3
				вых	0,6	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1
					0,08	0,08	0,2	0,01	0,04	0,07
				P, Па	100	181	362	19	60	111
				'	0,66	0,73	0,52	0,73	0,78	0,66
				L, м ³ /ч	28 000	42 000	48 000	28 000	42 000	48 000
ВР-80-70-12,5,685об/мин				P, Па	1150	1100	840	1150	1100	840
	875	875	0,766	вх	1	1	1	0,2	0,3	0,3
				вых	0,6	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1
					0,08	0,08	0,2	0,01	0,04	0,7
				P, Па	99	167	236	19	56	73
				'	0,66	0,73	0,54	0,73	0,78	0,67

Приведенные на рис. 4 результаты показывают, что вентилятор ВР-80-70-10 при назначенных подводящих и отводящих каналах по варианту 1 не может обеспечить требуемый расход воздуха в данной сети, т.к. точка «а» лежит выше скорректированной характеристики работы вентилятора. Вентилятор ВР-80-70-12,5 (рабочая точка «т»)) при $n=685$ об/мин с некоторым запасом обеспечит подачу требуемого количества воздуха в данную вентиляционную систему.

Определим параметры работы вентиляторов при другой конфигурации подводящих и отводящих каналов (**вариант 2**). Принято, что подводящий канал вентилятора выполнен по схеме

—

3 при $n=1,5$ и $l=1,4$ (табл. П2.1 приложения 2), а отводящий по схеме 3 (рис. П2.1 приложения 2). В остальном исходные данные не менялись.

Результаты расчетов, аналогичные вышеприведенным, тоже представлены в таблице 5, а скорректированные характеристики - на рис. 4. Параметры работы вентиляторов (рабочие точки m_2) для этого варианта конфигурации подводящих и отводящих каналов представлены в табл. 5.

Результаты определения реальных параметров работы данных вентиляторов в сети при различных вариантах подводящих и отводящих каналов представлены в таблице 6. Здесь же даны результаты расчета затрат на оплату электроэнергии, потребляемой вентиляторами за 1 год эксплуатации при односменной работе 250 дней в году. Количество потребляемой электроэнергии определяется по зависимости

$$N_{\text{дн см}} = \frac{PL}{100 * 3600}, \text{ кВт*час}, \quad (11)$$

а затраты на ее оплату ($C N * C_{\text{э}}$) исходя из действующего на момент решения задачи тарифа оплаты за электроэнергию $C_{\text{э}}$, руб/кВт*час. В таблице 6 представлены результаты расчета «С» для $C_{\text{э}}=240$ руб/кВт*час.

Анализ соответствия параметров данных вентиляторов требованиям ГОСТ 10616, а именно $\delta_{\text{max}} = 0,9 * 0,82 = 0,738$, показывает, что оба они соответствуют требованиям данного нормативного документа.

Затраты на оплату потребляемой приводом вентиляторов электроэнергии имеют существенные отличия. И объясняется это, прежде всего, превышением реальных потерь давления P и расхода воздуха L в сети над требуемыми значениями этих параметров. Цена вентилятора ВР-80-70 №10 с двигателем 11 кВт в г. Минске составляет ≈ 5 млн. руб. По данным табл. 6 видно, что при односменной эксплуатации ежегодные затраты на оплату потребляемой электро-энергии примерно равны стоимости вентилятора. Вентилятор ВР-80-70 №10 имеет минимальные показатели по потреблению электроэнергии и стоимость его на 3 млн. руб. ниже стоимости ВР-80-70 №12,5 требуемой комплектации.

Таблица 6.

Вентилятор	Характер подводящих и отводящих каналов	Цена вентилятора в РБ, млн. руб.	P , Па	L , $m^3/ч$	\max	*	N_y , кВт	$N_{номр}$, кВт	L , %	P , %	$C_э$, млн.руб
ВР-80-70 №10 $n=865$ об/мин	В предположении, что $v_{ex}=0$, $v_{вых}=0$ и $=0$.	4,2	1070	31000	0,82	0,81	15	11,45	3,3	7	5,46
ВР-80-70 №12,5 $n=685$ об/мин		6,6	1200	32500	0,82	0,77	18,5	14,07	8,3	20	6,753
ВР-80-70 №10 $n=865$ об/мин	Вариант 1: подвод воздуха по схеме 2, отвод по схеме 5.	4,2	Не обеспечивает требуемый расход воздуха в сети.								
ВР-80-70 №12,5 $n=685$ об/мин		6,6	1080	31000	0,82	0,74	15	12,56	3,3	8	6,032
ВР-80-70 №10 $n=865$ об/мин	Вариант 2: подвод воздуха по схеме 3 при $n=1,5$ и $l=1,4$, отвод по схеме 7.	4,2	1000	30000	0,82	0,76	11	10,96	0	0	5,263
ВР-80-70 №12,5 $n=685$ об/мин		4,2	1150	32000	0,82	0,74	15	13,81	6,7	15	6,631

* - определяется путем интерполяции по строкам значений η в таблице 5 в зависимости от значения L , приведенного в колонке 5 таблицы 6. Например,

по варианту 1 конфигурации подводящих и отводящих каналов вентилятор ВР-80-70 №12,5 имеет производительность $31\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$, которая находится в интервале $L_1=28\ 000 \dots L^*=42\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$. Интерполяция между соответствующими значениями к.п.д. ($\eta = 0,73$ и $0,78$) позволила установить действительный к.п.д. вентилятора для этого режима работы, $\eta \approx 0,74$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация нагнетателей по конструктивным особенностям и по принципу действия.
2. Область применения, классификация, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов радиальных нагнетателей.
3. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов осевых нагнетателей.
4. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов вихревых нагнетателей.
5. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов диаметральных нагнетателей.

Заключение

В заключение отметим, что данное пособие разработано в соответствии с рабочей программой ПМ.01. «Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования» для студентов техникума.

– Приобретенные студентами практические навыки практической работы позволяют более глубоко усвоить основные понятия и принципы электрических машин и аппаратов.

– Кроме того, практическая деятельность делает занятия увлекательными и прививает навыки работы с оборудованием электрических машин и аппаратов, развивает наблюдательность и умение логически мыслить.

После проведения данного практикума студенты должны:

– уметь производить настройку оборудования и автоматических выключателей, а также производить пусконаладочные работы по электрическим машинам и аппаратам

– отработать на практическом опыте алгоритмы настройки электрического оборудования;

– подтвердить практическую значимость работы теоретическим материалом.

Список использованной литературы:

1 Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию, М., Высшая школа, 2010.

2 Справочник по автоматизированному электроприводу /под редакцией В.А. Елисеева, М., Энергоатомиздат, 2015.

3 Электротехнический справочник /под редакцией В.Г. Грудзинского, т.3 кн.2, М., Энергоатомиздат, 2015.

4 Княжеский В.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение и электрооборудование предприятий и цехов, М., Энергия, 2014.