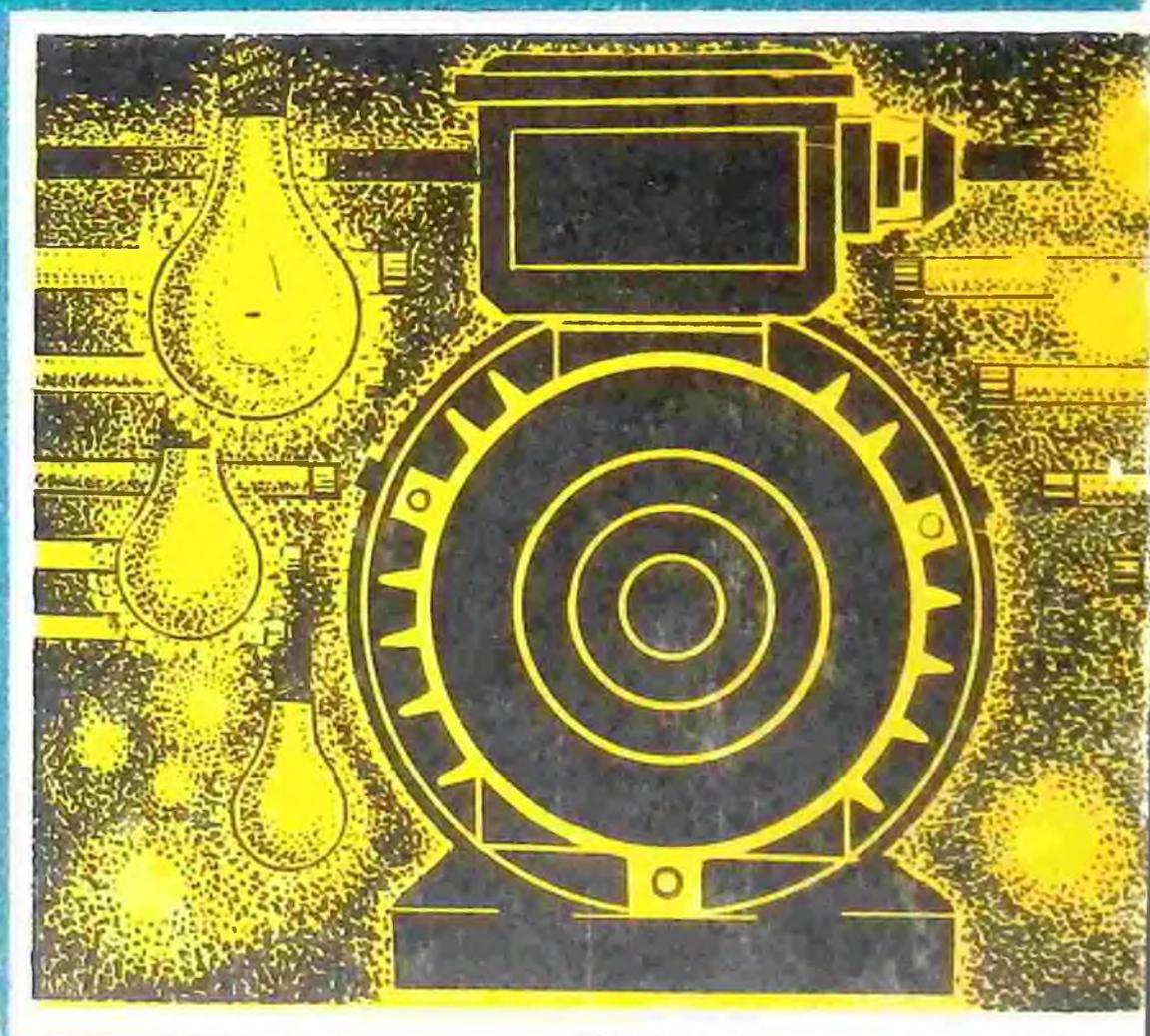


ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ББ. 013

Ссс 96

Г. Д. ШУМИЛИН
Н. П. КРАЕВСКАЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „ВЫСШАЯ ШКОЛА“

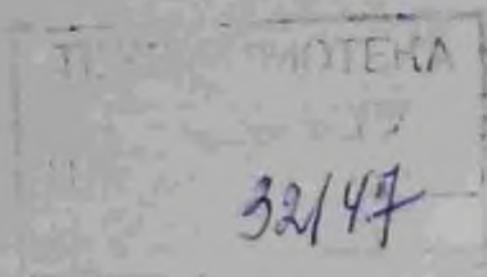
Сток

ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЕ
КАПИТАЛЬНЫЕ
ПРОИЗВОДСТВА

Г. Д. ШУМИЛИН, Н. П. КРАЕВСКАЯ

ошд

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ



Издательство „Вышэйшая школа“
Минск 1970

6П2.1

Ш96

УДК 621.3:66.013 (075.8)

Одобрено Министерством высшего и среднего специального образования БССР в качестве пособия по дипломному и курсовому проектированию для химико-технологических специальностей втузов

Шумилин Г. Д., Краевская Н. П.

Ш 96 Электрооборудование химических производств.

Минск, «Вышэйш. школа», 1970.

276 с. с илл.

Учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей втузов по курсу общей электротехники. В книге собрано большое количество материалов по электрооборудованию различных химических производств, по нормативам потребления электроэнергии, по проектированию электрического освещения применительно к химическим предприятиям.

3-3-8

40-70

6П2.1

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современные химические предприятия являются крупными потребителями электроэнергии, которая необходима для работы приводов, электронагревательных установок, освещения, электрохимических процессов и др. Расход электроэнергии существенно влияет на себестоимость продукции. Нередки случаи, особенно при электрохимических процессах, когда ее доля в себестоимости доходит до 40—50%. Увеличение производства продукции на химических предприятиях приводит к неуклонному росту потребления электроэнергии. Эти обстоятельства требуют углубленного изучения потребления электроэнергии на отдельных операциях и по всему технологическому процессу. Такой анализ поможет выявить наиболее энергоемкие участки производства и неизбежно приведет к разработке мероприятий по снижению удельных расходов электроэнергии, а следовательно, и себестоимости продукции.

В современных условиях знание методов расчета мощности различных потребителей электроэнергии становится обязательным не только для электриков, но и для самых широких кругов инженеров различных специальностей и прежде всего технологов.

Накопленный опыт показывает, что студенты химико-технологических специальностей, а также инженеры-технологи испытывают определенные трудности при выполнении подобных расчетов. Это объясняется тем, что в обширной литературе по различным химическим производствам не уделяется достаточного внимания расчету потребителей электроэнергии. При наличии таких данных часто отсутствуют цифровые примеры, что затрудняет использование приведенных формул. При этом почти во всех случаях отсутствуют рекомендации по выбору типов приемников электроэнергии и их использования по условиям окружающей среды.

Перед авторами была поставлена сложная задача сбора методов расчета основных потребителей электроэнергии химических производств в одном пособии. В таком плане настоящий материал излагается впервые, и совершенно естественны те трудности, которые пришлось преодолевать при создании рукописи. Несмотря на значительное количество литературы, изданной в последние годы по некоторым химическим производствам, наблюдается ограниченное количество материала, отражающего специфику производства и расчет электрооборудования. Кроме того, некоторые методы базируются на приближенных формулах и требуют дальнейшей научной разработки.

В книге нашли отражение некоторые справочные данные, отыскание которых, в связи с их разбросанностью по различным источникам, затруднено. Это относится к коэффициентам спроса, удельным расходам электроэнергии и др.

В одной книге невозможно представить все необходимые данные. Поэтому при использовании пособия следует обращаться к каталогам, ГОСТам и другим материалам, рекомендованным в списке литературы.

Авторы выражают глубокую признательность доценту, кандидату технических наук В. Л. Анхимюку, доценту, кандидату технических наук К. К. Шелешкову и доктору технических наук Л. А. Жуниной, давшим много ценных советов при рецензировании рукописи.

Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

§ 1. 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Современные химические предприятия отличаются высокой электроемкостью технологических процессов и значительной установленной мощностью потребителей. Это объясняется большими объемами продукции, созданием современных химических автоматизированных производств, применением электролизных и электротермических процессов и наличием мощных водоснабжающих и очистных сооружений. Мощности крупнейших химических комбинатов достигают сотен тысяч киловатт при большой концентрации электрических нагрузок. Мощности электрических печей в химических производствах нередко достигают 80 тыс. кВт, установленная мощность серии электролизеров достигает 50 тыс. кВт, мощность электродвигателей компрессоров — 8—12 тыс. кВт и т. д. Расход электроэнергии на водоснабжение отдельных химических предприятий достигает 25% от общей потребности предприятия в электроэнергии [54].

Химические предприятия из-за специфичности технологии и непрерывности процессов предъявляют повышенные требования к качеству электроэнергии и к электрообеспечению. В ряде случаев даже кратковременные перерывы, исчисляемые долями секунды, могут привести к нарушению технологии и браку продукции. Например, для электролизных производств перерыв питания более чем на 6—9 сек приводит к глубокому нарушению производственного процесса и даже к повреждению технологических агрегатов. Перерыв в электрообеспечении более чем на 0,5 сек приводит к нарушению технологического процесса и необходимости раскручивания оборудования, как при первоначальном запуске.

В зависимости от специфичности технологии и важности производственного процесса электрооборудование химических производств относят к категориям, указанным в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Классификация некоторых электроприемников по категориям электроснабжения взрывоопасных установок

Наименование производств	Категория бесперебойности
Нефтеперерабатывающие заводы	
а) Технологические установки и цехи	
Насосы различного назначения	1
Воздуходувки, компрессоры, вентиляторы, газодувки различного назначения	1
Аварийное внутреннее освещение на технологических установках	1—2
Этиломесительная установка, общее реагентное хозяйство, тарный цех, разливающая	2
б) Общезаводские установки	
Нефтеловушки, нефтеотделители при водяных блоках	2
Насосные фекальной канализации, блок промканализации с перекачкой сточных вод завода	1
Газгольдеры и аварийные резервуары	2
Санитарно-техническая вентиляция во вредных химических производствах	1
Насосные сливно-наливных эстакад	2
Коксохимические заводы	
Коксовый блок, основные химические цехи	1
Углеподготовка и углеобогадательные фабрики	2
Производство азотной промышленности и продуктов органического синтеза	
а) Производство аммиака	
Конверсия метана и окиси углерода, очистка от углекислоты (наружная установка, насосные станции противопожарного водопровода, электроприводы запорной арматуры)	0(1)
Электроосветительные установки (аварийные)	0
Очистка от углекислоты (помещения насосных установок с вынесенной технологической аппаратурой), очистка от окиси углерода, предкатализ и отделение синтеза, насосные станции производственного водопровода, сантехнические вентиляторы, электроосвещение (рабочее)	1
б) Производство ацетилена термокислотным пиролизом метана	
Отделение пиролиза	0(1)

Наименование производств	Категория бесперебойности
Помещение насосной растворителя, отделение компрессии газов пиролиза, отделение концентрирования, сантехнические вентиляторы	1
в) Производство капролактама гидрированием бензола Бензотаялка	2
Насосная станция базисного склада, цех лактама, промежуточный склад	1
г) Отделение гидрирования бензола и получения циклогексана, отделение окисления циклогексана воздухом, отделение ректификации продуктов окисления циклогексана, отделение дегидрирования	0(1)
д) Производство разбавленной азотной кислоты	2
е) Производство нитрат аммония (аммиачная селитра)	2

Данные в скобках — допускаемая категория бесперебойности электропитания.

1) электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждения оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса;

2) электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недоотпуском продукции, простоям рабочих механизмов;

3) все остальные электроприемники, не подходящие под определения 1 и 2-й категории (например, электроприемники вспомогательных цехов и т. п.).

Недавно Государственный научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза ввел нулевую категорию для электрооборудования предприятий данного профиля [20].

Ряд производств химической, газовой, нефтяной промышленности связан с применением в технологических процессах горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и пыли, способных при определенных условиях образовывать взрывоопасные газо-паро- или пылевоздушные смеси. На некоторых предприятиях, особенно при «мокрых» процессах, наблюдается повышенная

влажность или, наоборот, высокая запыленность и загрязненность воздуха. К этому следует добавить наличие участков и цехов со значительным выделением тепла, что приводит к существенному повышению температуры среды, в которой работает технологическое оборудование. Наконец, предприятия этого профиля имеют участки с высоким содержанием в воздухе химических элементов и их соединений, чаще всего реактивных, оказывающих химическое воздействие на детали электрооборудования [64].

Приведенные особенности предприятий химического профиля выдвигают целый ряд требований к электрооборудованию. Этим требованиям удовлетворяет специальное исполнение общепромышленного электрооборудования и электрооборудование особого исполнения. Возникает задача правильного выбора электрооборудования из богатого арсенала того, что выпускает отечественная электропромышленность. Электрооборудование химического производства должно обеспечить не только нормальную работу агрегатов, но также быть приспособленным к бесперебойной эксплуатации в течение длительного времени.

§ 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

По общей характеристике среды различают следующие категории производственных помещений [18]:

сухие нормальные (относительная влажность не выше 60%); к ним относятся воздуходувные станции, цехи воздушной компрессии, механические мастерские и т. п.;

влажные (относительная влажность 60—75%); к ним относятся, например, водяные насосные станции;

сырые (относительная влажность более 75%) и *особо сырые* (относительная влажность близка к 100%) (потолок, пол, стены и предметы в помещении покрыты влагой); к ним относятся, например, дегазационные установки;

жаркие, в которых температура длительно превышает +30°C;

пыльные, в которых технологическая пыль по условиям производства выделяется в таких количествах, что не только оседает на приводах, но и проникает внутрь машин и аппаратов. Пыльные помещения топливоподачи,

газогенераторных станций, ряда котельных и т. п. могут быть с проводящей и с непроводящей пылью.

Помещения химических производств в зависимости от проникновения в их среду (через неплотности в аппаратах и коммуникациях) химически активных веществ и степени активности этих веществ могут быть разделены на следующие категории:

с высокоактивной химической средой, например помещения предприятий по производству концентрированных кислот — азотной, серной, соляной и др.;

с активной химической средой, в которых могут находиться газы, образующие в воздухе слабые кислоты или химически активные вещества, например сернистый, нитрозные (окислы азота);

со слабоактивной химической средой, в которых могут находиться в небольших количествах разбавленные кислоты и щелочи или химически малоактивные вещества, например аргон, ксенон, криптон, азот, углекислота и др.

Степень взрывоопасности помещений различна. Она зависит от производственных факторов, физико-химических свойств взрывоопасных газов, паров, их смесей.

Взрывоопасные помещения делятся на опасные по взрыву газов и паров и по взрыву пыли. Кроме того, взрывоопасные помещения различаются и по степени вероятности возникновения взрывоопасных концентраций и смесей. Существует положение, по которому в производственных помещениях в условиях нормальной эксплуатации не должны длительно сохраняться взрывоопасные концентрации газов, паров или пыли.

Взрывоопасными называются помещения и наружные установки, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси. Все взрывоопасные помещения и наружные установки делятся на следующие классы.

В-1. Помещения, в которых выделяются горючие газы или пары, могущие образовывать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы (загрузка или разгрузка технологических аппаратов, хранение или переливание легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, находящихся в открытых сосудах, и т. п.).

В-1а. Помещения, в которых при нормальной эксплуа-

тации взрывоопасные смеси горючих паров и газов с воздухом или иными окислителями не образуются; они возможны только в результате аварий или неисправностей.

В-1б. Те же помещения, что и класса В-1а, но отличающиеся одной из следующих особенностей:

а) горючие газы обладают нижним пределом взрываемости (15% и выше), а также резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях (машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок и т. п.);

б) в помещении возможна лишь местная взрывоопасная концентрация (помещение электролиза воды и поваренной соли и т. п.);

в) легковоспламеняющиеся горючие газы и горючие жидкости содержатся в помещениях в небольших количествах, не создающих общей взрывоопасной концентрации, и работа с ними производится без применения открытого пламени. Эти помещения относятся к невзрывоопасным, если работа в них выполняется в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

В-1г. Наружные установки, имеющие ту же характеристику, что и помещения класса В-1а (газгольдер-емкости, сливно-поливные эстакады и т. п.).

В-11. Помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыль или волокна, способные образовать с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных длительных режимах работы (загрузка и выгрузка технологических аппаратов и т. п.).

В-11а. Помещения, в которых опасные состояния, характерные для помещений класса В-11, возможны только в результате аварий или неисправностей.

Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам отражено в табл. 1 приложения.

Характеристики некоторых распространенных взрывоопасных газов, легковоспламеняющихся жидкостей, горючих жидкостей и смесей паров их с воздухом см. в табл. 2 приложения.

Группы взрывоопасных смесей приведены в табл. 1 и 2 приложения.

Пожароопасными считают помещения или наружные

установки, в которых применяют или хранят горючее вещество. Они разделены на следующие классы.

П-I. Помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°C . К таким помещениям относятся, например, склады минеральных масел и т. п.

П-II. Помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние, но не образующие взрывоопасных смесей. Таким образом, здесь основную опасность будет представлять пожар. Характерными примерами подобных помещений являются малозапыленные помещения мельниц, деревообделочные цехи и т. п.

П-IIa. Производственные и складские помещения, в которых содержатся твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани), причем пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние, в этих помещениях отсутствуют.

П-III. Наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°C , а также твердые горючие вещества. К ним относятся, например, открытые склады минеральных масел, угля, торфа, дров и т. п.

§ 1. 3. ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО СПОСОБУ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДЫ

Характер окружающей среды производственного помещения предъявляет определенные требования к форме исполнения электрического оборудования.

В соответствии с правилами устройства электротехнических установок (ПУЭ) машины и аппаратура управления по защите их от воздействия окружающей среды имеют следующие формы исполнения [62]:

- а) открытое, при котором отсутствуют специальные защитные приспособления;
- б) защищенное, при котором имеются приспособления, предохраняющие от случайных прикосновений к вращающимся и токоведущим частям и от попадания внутрь брызг и посторонних предметов (рис. 1.1);
- в) каплезащищенное — с приспособлениями, защищающими внутренние части от попадания падающих отвесно капель влаги;

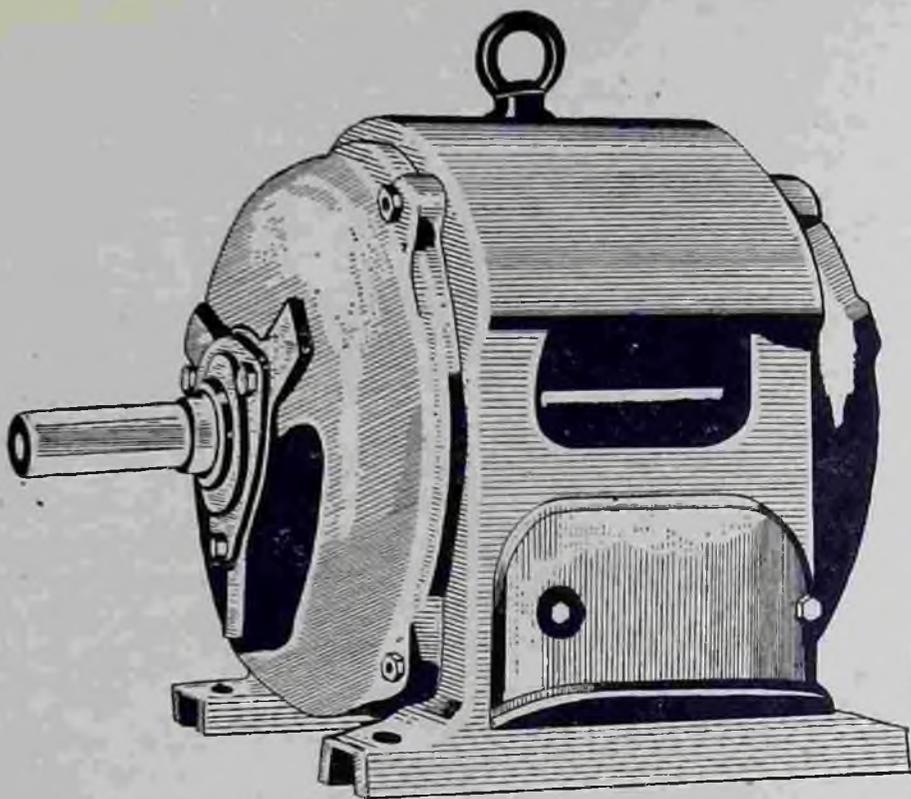


Рис. 1.1. Асинхронный электродвигатель защищенного исполнения серии А.

г) брызгозащищенное, имеющее приспособления, защищающие внутренние части от попадания водяных брызг, падающих с любой стороны под углом до 45° к вертикали;

д) закрытое, при котором внутренние части отделены от внешней среды оболочкой, защищающей их от проникновения пыли (рис. 1.2);

е) обдуваемое — то же, что и закрытое, но имеющее вентиляционные устройства, охлаждающие оборудование путем обдува наружных его частей;

ж) продуваемое — брызгозащищенное исполнение, при котором имеется возможность охлаждения внутренних частей посторонним воздухом (или иным агентом);

з) пыленепроницаемое, при котором имеется уплотненная оболочка, не допускающая проникновения внутрь ее тонкой пыли;

и) взрывозащищенное, при котором обеспечивается безопасность применения в условиях взрывоопасных помещений и наружных установок (рис. 1.3—1.6).

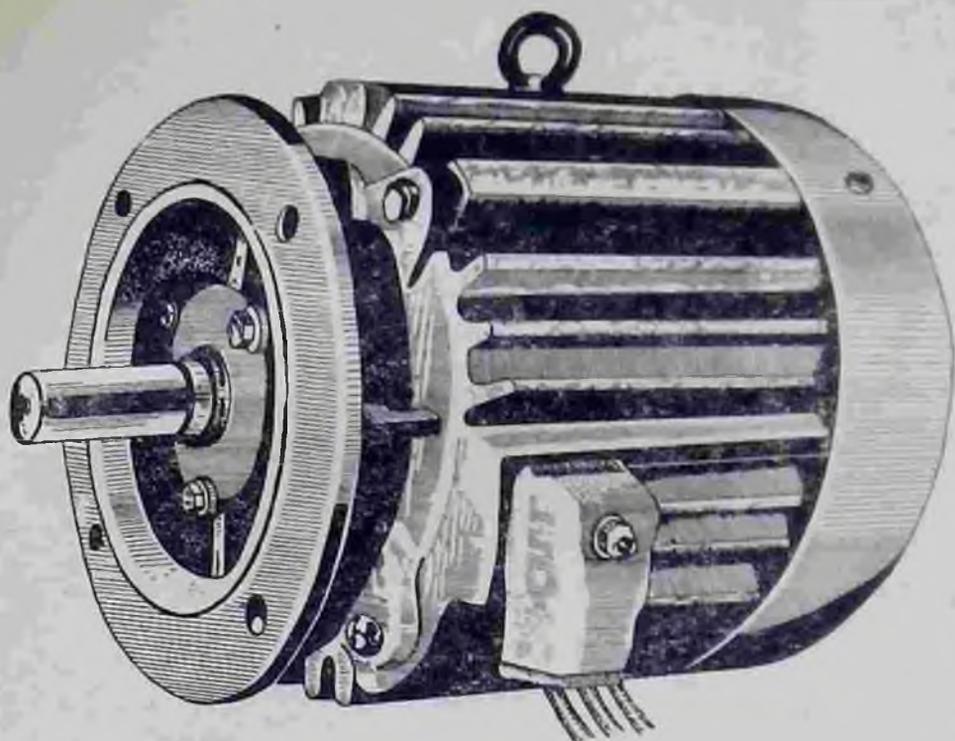


Рис. 1.2. Асинхронный электродвигатель закрытого исполнения серии АО.

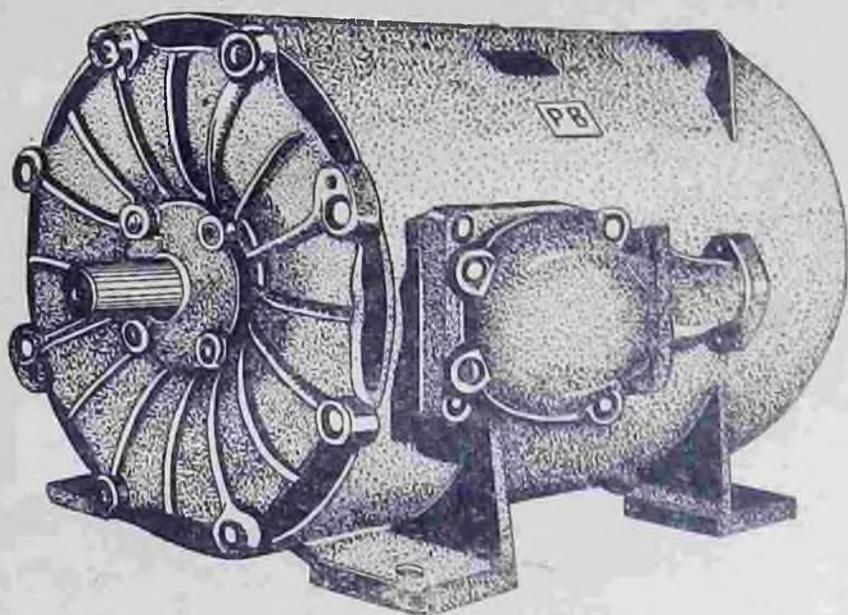


Рис. 1.3. Асинхронный взрывонепроницаемый электродвигатель серии МА-36 с короткозамкнутым ротором.

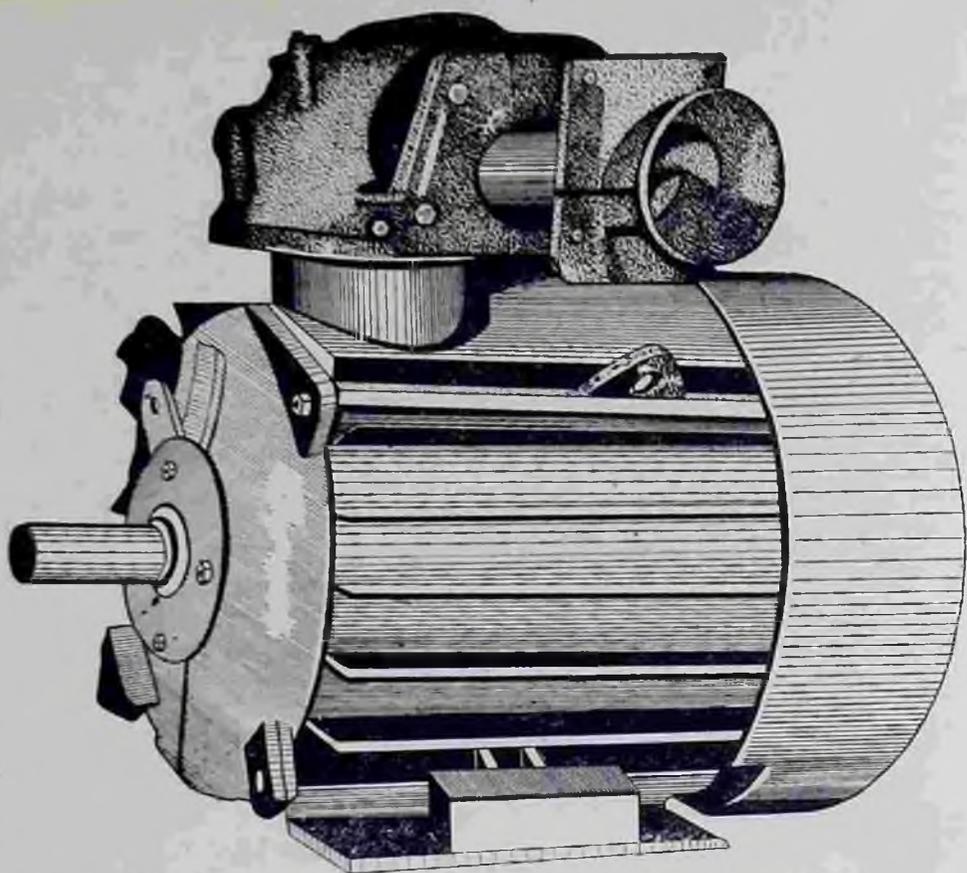


Рис. 1.4. Асинхронный взрывонепроницаемый электродвигатель серии ВАО.

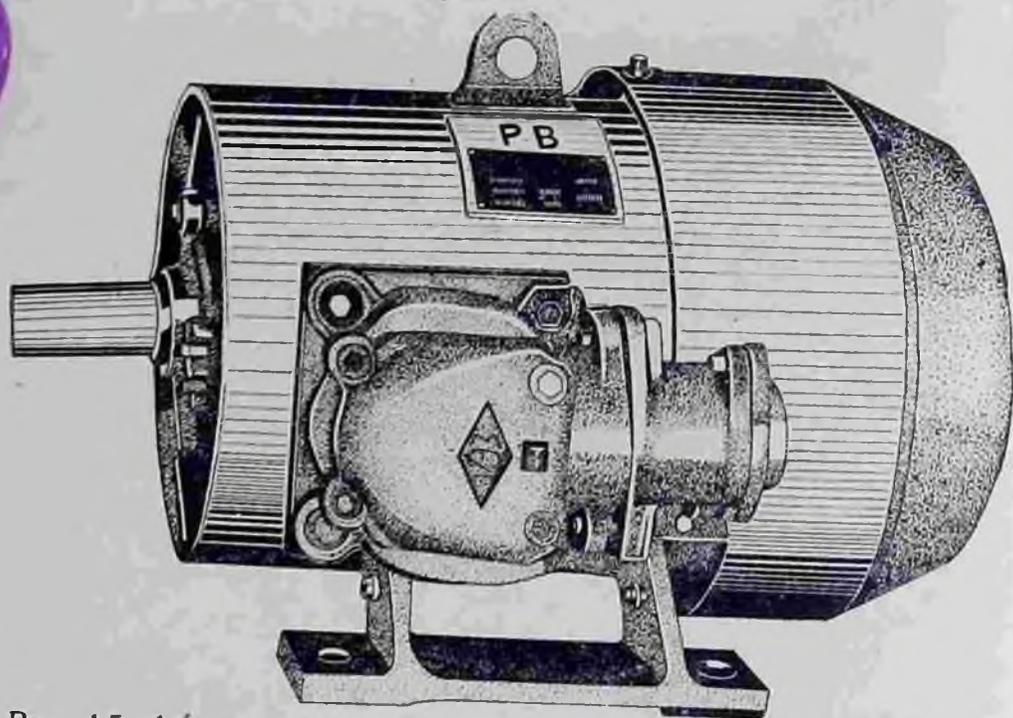


Рис. 1.5. Асинхронный взрывонепроницаемый электродвигатель серии КО.

Взрывозащищенное исполнение может быть [34, 67] *взрывонепроницаемым*, когда оболочки электрооборудования могут выдержать максимальное давление внутреннего взрыва газов, паров или пыли (они могут проникнуть извне или образоваться внутри оболочек) без повреждения оболочек и распространения внутреннего воспламенения через зазоры или отверстия в окружающую взрывоопасную среду;

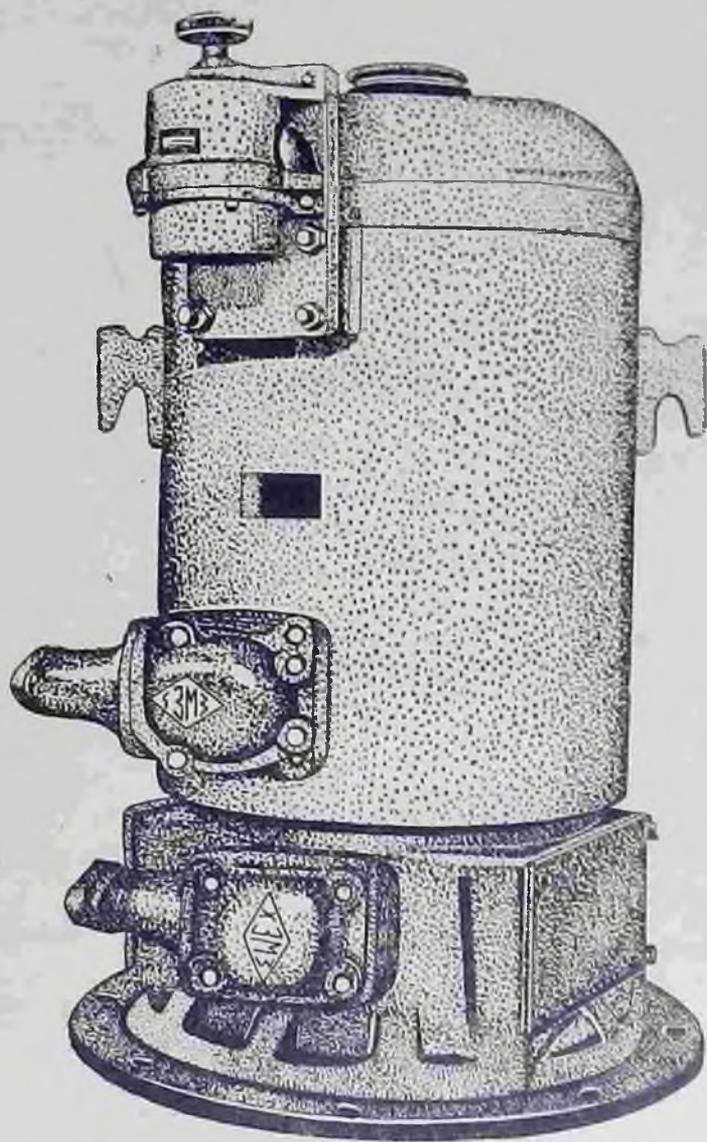


Рис. 1.6. Электродвигатель серии МА-35-41/6ФВ.

повышенной надежности против взрыва, когда электрооборудование должно быть изготовлено таким образом, чтобы исключалась возможность возникновения искр, электрической дуги или опасных температур в тех

местах, где они не должны иметь места при нормальной работе и в пусковом режиме, а нормально искрящие части должны быть в любом другом взрывозащищенном исполнении;

маслонаполненным, в котором все нормально искрящие и неискрящие части погружены в масло таким образом, что исключается возможность соприкосновения между этими частями, с одной стороны, и взрывоопасными смесями газов, паров или пыли с воздухом — с другой. При невозможности погружения всех частей машины, аппарата или прибора в масло отдельные неискрящие части, температура которых не превышает на поверхности допустимых значений, должны быть заключены во взрывонепроницаемую оболочку или оболочку в другом взрывозащищенном исполнении;

продуваемым под избыточным давлением, в котором электрооборудование заключается в плотно закрытые оболочки, продуваемые чистым воздухом нормального состава по замкнутому или разомкнутому циклу вентиляции. Внутри оболочек во все время работы установки поддерживается избыточное давление, предотвращающее засасывание в них взрывоопасных смесей из окружающей среды. В случае невозможности продувания воздухом всех частей электрооборудования неискрящие части их (например, присоединительные зажимы электрических машин) должны быть заключены во взрывонепроницаемую оболочку или оболочку в другом взрывозащищенном исполнении;

искробезопасным, в котором искры, возникающие при нормальной работе или при любых возможных повреждениях (обрыв, короткое замыкание и т. п.), не могут воспламенить взрывоопасную среду. При невозможности выполнения всех частей электрооборудования в искробезопасном исполнении отдельные его части могут быть заключены во взрывонепроницаемую оболочку;

специальным, которое основано на иных принципах, чем указанные выше исполнения, например электрооборудование заключено в оболочку с избыточным давлением воздуха или инертного газа без продувки, заливкой эпоксидными смолами, засыпкой кварцевым песком и т. п.

Выбор электродвигателей по способу защиты от воздействия окружающей среды производят в соответствии с условиями, в которых они будут работать (табл. 1.2).

Исполнение электродвигателей по условиям защиты от воздействия окружающей среды

Таблица 1.2

Группа исполнения	Исполнение	Тип двигателя				постоянного тока
		асинхронный		синхронный		
		с короткозамкнутым ротором	с фазным ротором			
1	Открытое	ДА	АТД, ДАФ	МО320, ДС, СДН, СДП, СДК	МП	
2	Защищенное	А, АЛ, АП, АС, А2, Т, ДАД, ДДП, ФТ, АТД, ДА	АК, АФН	СД, ДС, ДСР, ВДС СДВ	П	
3	Каплезащищенное	—	—	—	П	
4	Брызгозащищенное	ДАМБ, МР, МПК	АМВЭ	—	КГ	
5	Закрытое	—	—	СДЗ, СДН, СДС, ДП, ДСЗ, ДСК, ВДС	МПБ, МП, ДП	
6	Продуваемое	А, АТД, АТК, ДАЗ ДДП	АТМФ, ДАФЗ, МТ, МТВ	МС320, ДП, ДСЗ, СГМ, ТМ, М	П, ДП	
7	Обдуваемое	АО, АОП, АОС, АОГ АОЛ, АОБ, АОЭ, АО2 МТК, ДАЗО, МД, МДУ	МТ, МТВ	—	П	
8	Взрывозащищенное	ВЛА	МА140, МА36.К, КОМ	МА140, МА36	—	
9		В2Б	КОМ, МА35, МА36	—	—	
10		В3Г	КОМ	—	—	

32147

§ 1. 4. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО СЕРИЯМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. 4. 1. Асинхронные машины

Основным типом нерегулируемого привода производственных механизмов в химической промышленности являются асинхронные машины. При низкой стоимости асинхронные двигатели обладают высоким к. п. д. и коэффициентом мощности.

Кроме основной модификации, они могут быть с повышенным пусковым моментом, с повышенным скольжением, с фазным ротором и многоскоростные.

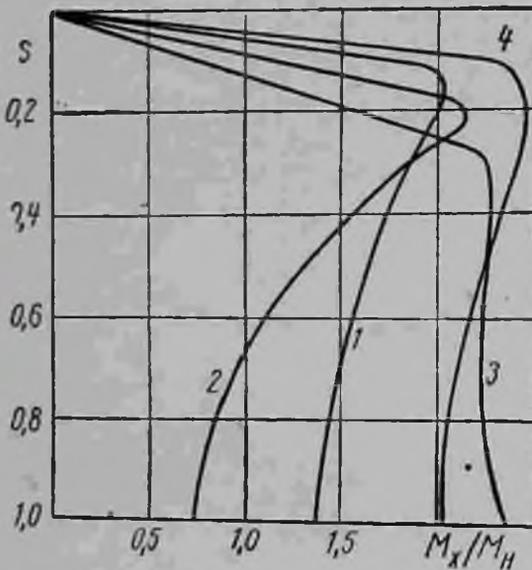


Рис. 1.7. Механические характеристики асинхронных двигателей:

1 — с короткозамкнутым ротором; 2 — с фазным ротором и замкнутыми накоротко кольцами; 3 — с повышенным скольжением; 4 — с повышенными моментами.

Двигатели общепромышленного применения А, АО (рис. 1.7) основной модификации имеют жесткую механическую характеристику (рис. 1.7, 1), поэтому изменение скорости при изменении нагрузки мало. Практически считают, что такие двигатели работают с постоянной скоростью вращения. Они безболезненно переносят кратковременные, но значительные по величине перегрузки:

$$M_{кр} = (1,7 \div 2,5) M_n \text{ н.м}$$

где $M_{кр}$ — критическое (максимальное) значение момента, н.м;

M_n — номинальный момент двигателя, н.м;

— вместе с тем обладают значительным пусковым моментом:

$$M_n = (1,0 \div 1,5) M_n \text{ н.м.}$$

Двигатели с повышенным пусковым моментом (рис. 1.7, 2) предназначаются для механизмов с тяжелыми условиями пуска, когда велик момент трогания производственного механизма, а также значительны статические сопротивления при раскручивании. Пусковой момент у них больше, чем у обычных двигателей, и составляет

$$M_{\text{п}} = (1,7 \div 2,5) M_{\text{н}} \text{ н} \cdot \text{м}.$$

Эта характеристика остается жесткой при скольжении

$$s_{\text{н}} = \frac{n_{\text{с}} - n_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} \cdot 100\% = 3 \div 4\%,$$

где $n_{\text{с}}$ — синхронная скорость вращения, об/мин;

$n_{\text{н}}$ — номинальная скорость вращения вала, об/мин.

Двигатели с повышенным скольжением (АС, АОС) предназначены для механизмов с ударной и другой нагрузкой, когда необходимо улучшить использование энергии маховых масс. Номинальное скольжение этих двигателей выше, чем у других модификаций, и составляет

$$s_{\text{н.АС}} = 8 \div 14\%.$$

При этом пусковые моменты сохраняются на уровне значений для двигателей с повышенным моментом (рис. 1.7, 3).

Двигатели с фазным ротором (АК, АОК) применяют в сочетании с пусковым реостатом в тех случаях, когда требуется пуск механизма при высоком пусковом моменте и пониженном пусковом токе. В отличие от двигателей с повышенным моментом имеется возможность изменять величину пускового сопротивления и регулировать кратность пускового момента, а следовательно, и продолжительность запуска привода. Двигатель с фазным ротором обладает способностью в небольшом диапазоне регулировать скорость вращения механизма:

$$n_{\text{рег}} = (30 \div 40)\% n_{\text{н}},$$

где $n_{\text{рег}}$ — регулируемая скорость двигателя, об/мин;

$n_{\text{н}}$ — номинальная скорость двигателя, об/мин.

Для этого пусковой реостат заменяют регулируемым, рассчитанным на длительное протекание тока.

При замыкании щеток накоротко двигатель с фазным ротором можно использовать как короткозамкнутый (рис. 1.7, 4), но это считают нецелесообразным из-за более высокой стоимости и пониженного на 1—2% к. п. д. и $\cos \varphi$ по сравнению с короткозамкнутым двигателем той же мощности.

Номенклатура серии А, АО приведена в табл. 1.3.

Многоскоростные асинхронные двигатели предусмотрены на две, три и четыре синхронные скорости: 1500/3000; 1000/1500; 750/1500; 500/1000/3000; 750/1000/1500; 500/750/1000/1500 об/мин.

Двухскоростные двигатели имеют одну полюснопереключаемую обмотку на статоре, трех- и четырехскоростные — по две обмотки, каждая из которых переключается поочередно.

Малогабаритные электродвигатели представлены сериями АОЛ, АОЛБ, УЛ, УМТ. Серия АОЛ охватывает трехфазные короткозамкнутые электродвигатели специального назначения мощностью 18—600 вт, со скоростью вращения 1500 и 3000 об/мин. Они изготавливаются на напряжение 220/127, 380/220 в, промышленная частота 50 гц.

АОЛБ — однофазные короткозамкнутые электродвигатели общетехнического назначения мощностью 18—270 вт; скорость вращения вала 1500 и 3000 об/мин, напряжение 127, 220, 380 в, промышленная частота 50 гц.

Серия электродвигателей УЛ, УМТ представляет собой универсальные коллекторные электродвигатели переменного однофазного и постоянного тока, последовательного возбуждения, неспециального назначения, мощностью 5—270 в. Электродвигатели изготавливаются на напряжение 110/127 и 220 в постоянного и переменного тока промышленной частоты 50 гц; скорость вращения 1800—8000 об/мин.

Новая серия трехфазных асинхронных электродвигателей А-2 и АО-2 заменяет существующую единую серию электродвигателей А и АО мощностью от 0,6 до 100 кВт (рис. 1.8).

Электродвигатели новой серии предназначены для работы от сети переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 гц с номинальным напряжением 380 в

при соединении обмотки статора треугольником и 660 в при соединении обмотки статора звездой. По способу защиты от воздействия окружающей среды в серии предусматриваются:

- 1) электродвигатели в защищенном исполнении А-2;
- 2) электродвигатели в закрытом обдуваемом исполнении АО-2;

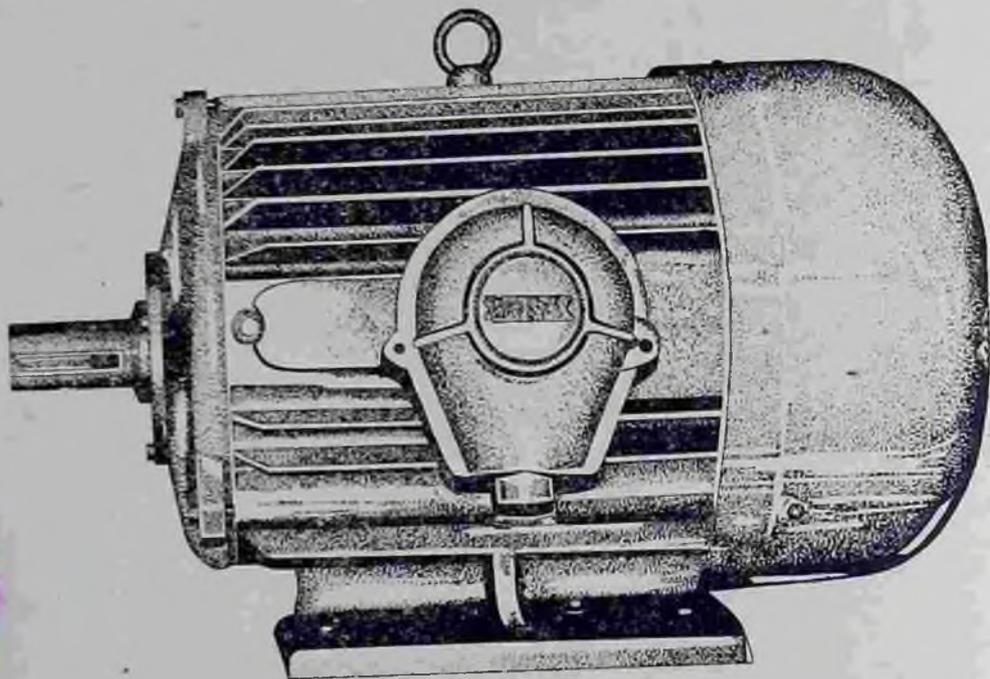


Рис. 1.8. Трехфазный асинхронный электродвигатель химстойкого исполнения серии АО-2-52-4-Х.

3) электродвигатели в химстойком исполнении АО-2-Х.

По своим основным показателям электродвигатели серии А-2 и АО-2 находятся на уровне лучших зарубежных образцов и превосходят электродвигатели серии А и АО по всем основным показателям.

В табл. 1.3, 1.4 приведены некоторые данные электродвигателей серий А-2 и АО-2.

Взрывозащищенные асинхронные двигатели серии КОМ, К и МА имеют области применения, приведенные в табл. 1.5.

Обозначение двигателей расшифровывается следующим образом: К — серия «Кузбасс»; О — исполнение обдуваемое; М — машина (для КОМ — модернизированная); А — асинхронная; Ф — после буквенного обо-

Единая серия асинхронных двигателей общего применения*

Параметры	Число полюсов			
	2	4	6	8
Число электродвигателей, входящих в серию и имеющих указанное число полюсов, шт.	14	14	12	8
Номинальная мощность электродвигателей, квт	0,6—100	0,6—100	1—75	4,5—55
Скорости вращения при номинальной нагрузке, об/мин	2850—2950	1410—1460	930—975	730
Ток статора (в а) при напряжении:				
220 в	3,8—388	2,8—320	4,8—141	18—188
380 в	2,5—225	1,6—185	2,8—92	11—109
К. п. д., %	79—92	0,74—92	77—92	83,5—91
cos φ	0,86—0,92	0,76—0,89	0,72—0,88	0,75—0,84

* Электродвигатели единой серии имеют буквенное и цифровое обозначения, которые расшифровываются следующим образом. Буквенное обозначение: А — защищенное исполнение (т. е. двигатель предохраняет от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, от попадания внутрь машины посторонних предметов и др.), чугунная оболочка; АЛ — защищенное исполнение, алюминиевая оболочка; АО — закрытое обдуваемое исполнение; АОЛ — закрытое обдуваемое исполнение, алюминиевая оболочка. Число, помещенное после букв, означает: первая цифра — наружный диаметр сердечника статора (габарит), вторая цифра — порядковую длину сердечника, цифра после тире — число полюсов. Все электродвигатели единой серии имеют короткозамкнутый ротор.

значения указывает на исполнение фланцевое для серии К); Ф — после цифрового обозначения указывает на наличие фазного ротора (для серии МА); 35, 36, 140 — условные номера серии; В — вертикальное исполнение.

Цифры после обозначений, приведенных выше (кроме МА-140), обозначают: первая (в числителе или перед тире) — габарит; вторая — условную длину сердечника; цифра в знаменателе или после черточки — число полюсов; для двигателей серии МА-140 числитель обозначает длину сердечника, знаменатель — число полюсов.

Для взрывозащищенного электрооборудования применяется следующая маркировка [67]: В — взрывоне-

Применимость взрывозащищенных электродвигателей для категорий и групп взрывоопасных смесей

Типы электродвигателей	Условный знак	Взрывоопасные смеси							
		категория				группы			
		1	2	3	4	А	Б	Г	Д
КО, КОМ, К, МА-36, МА-140, МА-191, МАД-191, МА-36Ф, МА-140	В-1А	+	-	-	-	+	-	-	-
ДСКЗ-260, ДСК30-260	В-2Б	+	+	-	-	+	+	-	-
КО, КОМ, МА-35, МА-36, МА-36Ф	В-3Г	+	+	+	-	+	+	+	-
КО, КОМ, МА-36, МА-36Ф, АСВ	ПОД	+	+	+	+	+	+	+	+
АТД, АТО									

Примечание. Знак «+» показывает допустимость, а знак «-» — недопустимость применения.

пронипцаемое; М — маслonaполненное; Н — повышенной надежности против взрыва; П — продуваемое под избыточным давлением; И — искробезопасное; С — специальное.

Далее, за знаком исполнения, ставится обозначение физических свойств взрывоопасной смеси (категория и группа горючей смеси), для которых электрооборудование предназначено.

Для электрооборудования маслonaполненного, продуваемого под избыточным давлением, повышенной надежности против взрыва и специального ставится цифра, соответствующая категории смеси, только в случае, когда конструкция содержит взрывонепроницаемые элементы. Когда же конструкция не имеет таких элементов, то взамен категории ставится 0 (нуль).

Условные знаки взрывозащищенности электрооборудования либо отлиты заодно с основными частями оболочек (кожухов) в виде выпуклых знаков, либо отлиты (выштампованы) рельефно на отдельной пластинке, надежно прикрепленной к корпусу.

Электрооборудование, не имеющее условных знаков взрывозащищенности, не является взрывозащищенным.

В табл. 1.5 приведены примеры условных обозначений взрывозащищенного электрооборудования.

Кроме перечисленных выше, наша промышленность выпускает большое количество серий асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором мощностью более 100 кВт. В открытом исполнении выпускается серия ДА, АДД, ДАФ; в защищенном — Т, ДАД, ФТ, АДД, ДА, АФН; в обдуваемом исполнении — МТК, ДАЗО, МД, МДУ, МТ, МТВ.

Имеются двигатели больших мощностей в брызгозащищенном, продуваемом и взрывонепроницаемом исполнении [90].

1. 4. 2. Машины постоянного тока

Машины постоянного тока значительно дороже асинхронных, имеют больший вес. На их изготовление идет больше дефицитных металлов. Вместе с тем они широко применяются для привода машин и механизмов, требующих регулирования скорости. Особенно это относится к приводам большой мощности [23]. Диапазон регулирования скорости двигателя постоянного тока при ослаблении потока, как правило, составляет $1 \div 2$, в случае изменения подведенного напряжения в сочетании с ослаблением потока можно плавно регулировать скорость в диапазонах $1 \div 100$, $1 \div 200$. Для этого применяют специальную систему Г—Д (генератор-двигатель).

В последние годы вместо питающего генератора начинают применять специальные статические полупроводниковые устройства, которые обеспечивают регулирование напряжения и более просты в эксплуатации.

Машины постоянного тока выпускают крупными сериями [53].

Новая серия машин постоянного тока мощностью 0,3—200 кВт заменила в производстве машины серии ПН и МП-540.

Кроме основного исполнения, в серии предусмотрены электродвигатели с широким диапазоном регулирования скорости и генераторы для зарядки аккумуляторных батарей.

Серия состоит из 11 габаритов по наружному диаметру якоря. В каждом габарите имеется по две длины сердечника. Таким образом, серия имеет 22 типоразмера, именуемых П-11; П-12; П-21; П-22; ... П-91; П-92; П-101; П-102; П-111; П-112.

Здесь П — наименование единой серии машин постоянного тока, первое число — габарит, последняя цифра — длина. Например, П-112 означает 11-й габарит и 2-ю длину.

Коэффициент мощностей в серии ПН нарастает от 1,36 до 1,54. Скорости вращения электродвигателей 3000; 1500; 1000; 750 и 600 об/мин. Скорости вращения генераторов соответствуют скоростям асинхронных двигателей с учетом скольжения.

Генераторы меньших мощностей рассчитаны на скорость вращения 1450 и 2850 об/мин, а больших мощностей — только на 1450 об/мин.

Машины 1—3-го габаритов имеют изоляцию класса А. Для обмоток применены эмалипровода марки ПЭВ-2 с допустимым превышением температуры 65°C. Машины 4—11-го габаритов имеют теплостойкую стекло-слодяную изоляцию класса В и ВС. Для обмоток этих машин применены провода марки ПЭТСО и ПСД. Допустимое превышение температуры обмотки 90°C.

Электродвигатели серии П имеют параллельное возбуждение с облегченной последовательной обмоткой. Выводы этих обмоток присоединены к отдельным зажимам.

Электродвигатели нормального исполнения допускают регулирование скорости вращения вверх (но не более 1:2) путем ослабления поля главных полюсов. Номинальное напряжение электродвигателей 110 и 220 в. Все они пригодны для реверсивной работы.

Возбуждение генераторов смешанное, рассчитанное на обеспечение постоянного напряжения в пределах от холостого хода до номинальной нагрузки. Номинальные напряжения генераторов приняты 115 и 230 в.

Выводы параллельной и последовательной обмоток присоединены к отдельным зажимам.

Для зарядки аккумуляторных батарей и других целей в серии предусмотрено исполнение генераторов с регулированием напряжения в пределах 110—160 и 270—320 в. Номинальное напряжение таких генераторов соответственно равно 135 и 270 в.

В пределах от номинального до максимального напряжения (135—160 и 270—320 в) машины сохраняют номинальную мощность при всех напряжениях. В пределах от номинального до минимального напряжения (135—110 и 270—220 в) мощность их снижается про-

порционально напряжению при неизменном токе. Возбуждение их параллельное, режим работы продолжительный.

Монтажные размеры новой серии П не совпадают с габаритными размерами старой серии ПН. Они уменьшены.

Подшипниковые щиты 1—3-го габаритов выполняются из алюминия, а 4—11-го — из чугуна.

Машины небольших габаритов (1—3) имеют 2 главных и 1 дополнительный полюс, а остальных (4—11-й габариты) — 4 главных и 4 добавочных полюса.

В машинах 1—6-го габаритов принята полузакрытая форма пазов со всыпной обмоткой из круглого провода, в остальных (7—11-й габариты) — прямоугольные пазы с катушками из прямоугольной меди.

Таблица 1.6

Шкала мощностей электродвигателей единой серии

Тип	Мощность (квт) при скорости вращения, об/мин				
	3300	1500	1000	750	600
П-11	0,7	0,3	0,13	—	—
П-12	1,0	0,45	0,2	—	—
П-21	1,5	0,7	0,3	0,2	—
П-22	2,2	1,0	0,45	0,3	
П-31	3,2	1,5	0,7	0,45	
П-32	4,5	2,2	1,0	0,7	
П-41	6,0	3,2	1,5	1,0	
П-42	8,0	4,5	2,2	1,5	
П-51	11,0 14,0 19,0 25,0 32,0 42,0	6,0	3,2	2,2	
П-52		8,0	4,5	3,2	
П-61		11,0	6,0	4,5	
П-62		14,0	8,0	6,0	
П-71		19,0	11,0	8,0	
П-72		25,0	14,0	11,0	
П-81		32,0	19,0	14,0	
П-82		42,0	25,0	19,0	
П-91		55,0 75,0	32,0	25,0	19,0
П-92			42,0	32,0	25,0
П-101		100 125	55	42	32
П-102	75		55	42	
П-111	160 200	100	75	55	
П-112		125	85	70	

Примечание. Мощности двигателей, обведенные рамкой, выполняются на напряжение 110 и 220 в. Остальные выполняются только на напряжение 220 в.

В серии П для подавления радиопомех (по требованию потребителя) предусматриваются симметрирование обмоток и фильтрация помех в проводах внешнего подключения якорных цепей.

Расход меди и активной стали в машинах серии П ниже, чем в серии ПН и в машинах большинства иностранных фирм. Среднее снижение веса составляет 25%. Маховой момент также ниже в среднем на 34%, так как при одинаковой мощности диаметр якоря у машин серии П меньше. К. п. д. машин серии П в среднем на уровне современных серий. Данные по машинам постоянного тока приведены в табл. 1.6 [53].

1. 4. 3. Синхронные машины

Находят широкое применение для привода отдельных механизмов и установок. Скорость вращения этих двигателей строго стабильная и при частоте 50 гц может быть 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500, 375, 300, 250, 214, 187, 167, 150, 125, 94 об/мин.

Диапазон мощности синхронных двигателей очень широк и изменяется от 56 квт (серия СМ) до 8700 квт (серия ДСЗ). Напряжение сети может быть 220, 380, 500, 3000, 6000, 10 000 в (см. рис. 1.9).

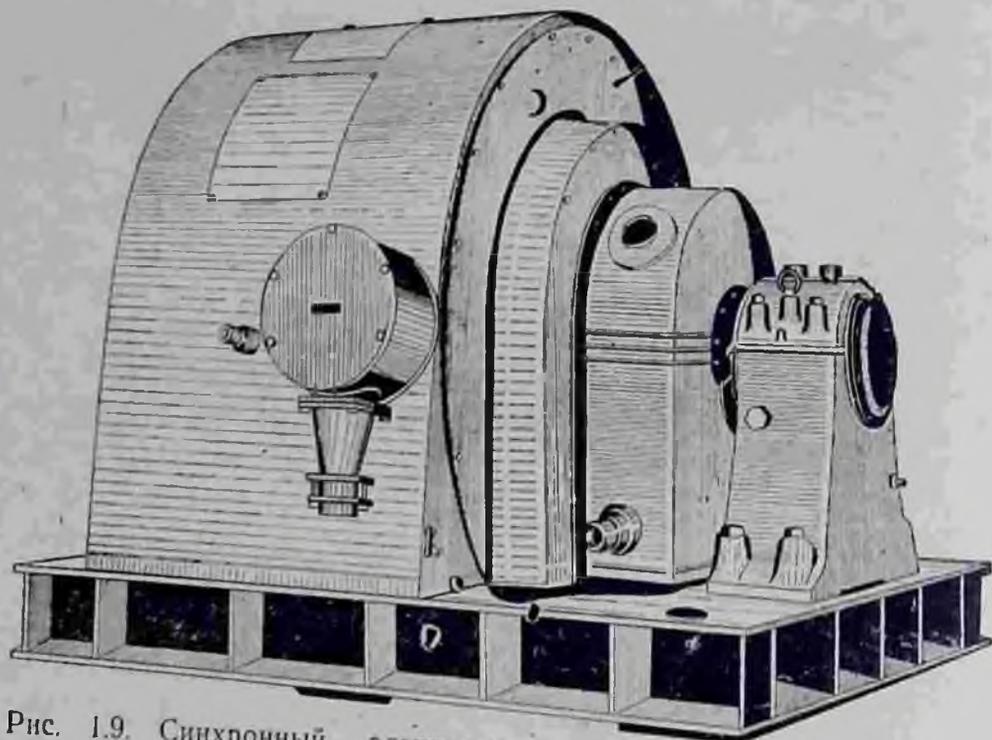


Рис. 1.9. Синхронный электродвигатель СДВ-34-12 мощностью 7000 квт, напряжением 6 кв, $n=500$ об/мин, $\cos \varphi = -0,9$.

Двигатели могут работать с опережающим коэффициентом мощности ($\cos \varphi = 0,8$) или с коэффициентом мощности, равным единице. Таким образом, они, помимо своей основной функции быть приводом механизма, могут выполнять роль генераторов реактивной энергии и наряду со статическими конденсаторами компенсировать реактивную мощность.

Кроме приводов, требующих стабильной скорости, эти двигатели применяют на установках с большим числом часов работы в году. В этом случае рекомендуется обоснование их экономичности по сравнению с более простым асинхронным приводом.

Для ориентировки в табл. 1.7 представлено сравне-

Таблица 1.7

Основные свойства синхронных и асинхронных двигателей

Показатели	Синхронные двигатели	Асинхронные двигатели
Конструктивные особенности и первоначальная стоимость		
Воздушный зазор	Значительный	Малый
Мощность при одинаковых габаритах	100%	100%
Выполнимость на малые скорости	Выполнимы	Затруднительные или невозможные
Стоимость двигателя:		
а) при скорости вращения $n=1000$ об/мин и выше	Дороже	Дешевле
б) при скорости вращения $n=500$ об/мин и ниже (при одинаковых мощностях)	Дешевле	Дороже
Эксплуатационные свойства		
Коэффициент мощности ($\cos \varphi$)	Опережающий или 1,0	Меньше 1,0
К. п. д. при одинаковых данных	На 1—3% выше	На 1—3% ниже
Чувствительность к колебаниям напряжения	$M \sim U$	$M \sim U^2$
M_p / M_n	0,8—1,4	1,0—1,6
I_p / I_n	4,5—6,0	4,2—6,2
$\alpha = \frac{M_p / M_n}{I_p / I_n}$	0,13—0,31	0,16—0,31
Регулирование скорости вращения	Сложнее	Проще

ние некоторых показателей синхронных и асинхронных двигателей.

§ 1. 5. ЭКОНОМИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Основными требованиями при выборе электропривода являются обеспечение необходимых мощностей и моментов, а также соответствие условиям производства и технологическому процессу.

Экономичность эксплуатации при переменном токе зависит от целого ряда показателей электрической машины и прежде всего от коэффициента полезного действия. Производным показателем экономичности привода служит удельный расход электроэнергии на единицу продукции. В последние годы этому показателю на предприятиях придают большое значение. Его величина часто нормируется и поэтому служит некоторой характеристикой экономичности.

К. п. д. современных электрических машин очень высок и почти не зависит от нагрузки. Особенно это относится к наиболее распространенным асинхронным двигателям, у которых уже при нагрузке 30% и выше его значение близко к номинальному [6].

Величине к. п. д. уделяют обычно повышенное внимание в случае напряженно работающих приводов с сильно колеблющейся нагрузкой или при регулировании скорости в широком диапазоне. В этих случаях экономичность работы привода оценивают по величине интегрального или эксплуатационного к. п. д. При переходных режимах и хорошем качестве энергии, в процессе регулирования по напряжению или по частоте эксплуатационный к. п. д. может быть представлен следующим образом:

$$\eta_{\text{э}} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P_{\text{отд}} dt}{\int_{t_1}^{t_2} P_{\text{под}} dt} \quad (1.1)$$

где $P_{\text{отд}}$ — отдаваемая приводу мощность, кВт;
 $P_{\text{под}}$ — подведенная к приводу мощность, кВт.

Подынтегральная функция отдаваемой и подведенной к приводу мощности распространяется не только на

установившиеся режимы, но и на периоды пуска и торможения. В свою очередь

$$W_{\text{под}} = W_p + W_s, \quad (1.2)$$

где $W_{\text{под}}$ — энергия, подведенная к двигателю, *квт·ч*;
 W_p — энергия, отдаваемая приводу от вала двигателя при работе, *квт·ч*;
 W_s — энергия потерь, *квт·ч*.

При переходе от мощностей к энергиям эксплуатационный к. п. д. может быть выражен отношением

$$\eta_{\text{э}} = \frac{W_p}{W_p + W_s}, \quad (1.3)$$

При частых или затяжных пусках следует учитывать пусковой к. п. д.

$$\eta_{\text{пуск}} = \frac{W_n}{W_n + W'_s}, \quad (1.4)$$

где W_n — энергия, отдаваемая приводу от вала двигателя при пуске, *квт·ч.*,
 W'_s — энергия потерь при пуске, *квт·ч.*

С учетом пусковых режимов полное значение эксплуатационного к. п. д. будет

$$\eta_{\text{э}} = \frac{W_n + W_p}{W_n + W_p + W_s + W'_s}. \quad (1.5)$$

Важным показателем электрической машины переменного тока является $\cos \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI}, \quad (1.6)$$

где P — активная мощность на зажимах двигателя, *квт*;

$\sqrt{3}UI$ — кажущаяся мощность всех трех фаз, *квв*.

При переменном характере нагрузки или регулировании скорости для анализа экономичности привода следует, аналогично к. п. д., рассматривать интегральное

или эксплуатационное значение $\cos \varphi$ (средневзвешенный $\cos \varphi$):

$$\cos \varphi = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P dt}{\sqrt{\left(\int_{t_1}^{t_2} P dt\right)^2 + \left(\int_{t_1}^{t_2} Q dt\right)^2}}, \quad (1.7)$$

Это равенство может быть выражено эквивалентными (среднеквадратичными) током и мощностью

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{эк}}}{\sqrt{3} UI_{\text{эк}}}, \quad (1.8)$$

где U — линейное напряжение, в;

$I_{\text{эк}}$, $P_{\text{эк}}$ — эквивалентные ток и мощность, а, вт.

Для удобства совместного рассмотрения к. п. д. и $\cos \varphi$ запишем значение последнего через активную и реактивную энергии:

$$\cos \varphi = \frac{W_n + W_p + W_s + W'_s}{\sqrt{(\sum W_a)^2 + (\sum W_r)^2}}, \quad (1.9)$$

где W_n , W_p , W_s , W'_s — то же, что и в выражении эксплуатационного к. п. д., квт·ч;

$\sum W_a$ и $\sum W_r$ — суммарная (активная и реактивная) энергия, квт·ч., квар·ч.

Каждый из приведенных выше показателей отражает лишь одну сторону работы привода. Для полной оценки рассматривают произведение этих показателей, называемое добротностью,

$$\alpha = \eta \cos \varphi. \quad (1.10)$$

Рассматривая к. п. д. и $\cos \varphi$, как эксплуатационные показатели, получим

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{W_n + W_p}{W_n + W_p + W_s + W'_s} \cdot \frac{W_n + W_p + W_s + W'_s}{\sqrt{(\sum W_a)^2 + (\sum W_r)^2}} = \\ &= \frac{W_n + W_p}{\sqrt{(\sum W_a)^2 + (\sum W_r)^2}}. \end{aligned} \quad (1.11)$$

В случае редких пусков полученное выражение упрощается:

$$\alpha = \frac{W_p}{V(\sum W_a)^2 + (\sum W_r)^2}, \quad (1.12)$$

где W_p — полезная энергия, пропорциональная мощности на валу и времени работы привода.

Согласно полученному выражению, добротностью привода может быть отношение полезной энергии, переданной через вал двигателя производственному механизму, к значению полной (кажущейся) энергии за тот же промежуток времени. Нетрудно доказать, что предельным значением этого отношения является максимальное произведение к. п. д. и $\cos \varphi$.

При одинаковых мощностях, напряжениях и синхронных скоростях вращения экономически более выгодным является тот двигатель, у которого добротность α имеет наибольшее значение. Очевидно, ток такого двигателя будет наименьшим:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \eta_n \cos \varphi_n}, \quad (1.13)$$

где P_n , η_n , $\cos \varphi_n$ — соответственно номинальные значения мощности (квт), к. п. д., $\cos \varphi$.

Для оценки пусковых показателей следует пользоваться коэффициентом качества пуска γ , который определяется выражением

$$\gamma = \frac{M_n/M_n}{I_n/I_n} = \frac{m}{i}, \quad (1.14)$$

где m — удельный (относительный) пусковой момент;

i — удельный (относительный) пусковой ток,

и представляет собой количество единиц развиваемого пускового момента на единицу тока двигателя.

Для одновременной оценки пусковых показателей двигателя, а также к. п. д. и $\cos \varphi$ пользуются понятием универсального коэффициента добротности, представля-

ющего собой произведение показателя добротности на показатель качества пуска

$$\delta = \gamma \alpha = \frac{m}{i} \cos \varphi_{\text{н}} \eta_{\text{м}}. \quad (1.15)$$

Из двух двигателей, имеющих равную мощность, напряжение и скорость вращения лучшим будет тот, у которого показатель δ имеет наибольшее значение.

Глава 2. ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ К ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫМ И СПЕЦИАЛЬНЫМ МЕХАНИЗМАМ

§ 2. 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ И ВЫБОРУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Современные химические производства отличаются большой насыщенностью различным оборудованием. Всевозможные компрессоры, вентиляторы, насосы, дробилки, мельницы, смесители, транспортеры, протяженность которых иногда превышает 1 км — вот неполный перечень механизмов на химических предприятиях. В качестве их привода применяют двигатели постоянного и переменного тока, асинхронные и синхронные. Нередко мощности двигателей достигают двух, трех, пяти тысяч киловатт. Мощность потерь таких двигателей часто составляет десятки и сотни киловатт. В целом по предприятию производственные потери электроэнергии могут достигнуть внушительной цифры.

Поэтому очень важно правильно выбрать двигатель по мощности. Этот вопрос важен как в процессе проектирования, так и при эксплуатации.

Для выбора электродвигателя необходимы следующие исходные данные [40]:

- а) наименование и тип механизма;
- б) максимальная мощность на приводном валу механизма, если режим работы продолжительный и нагрузка постоянна; в остальных случаях — графики изменения мощности или моментов сопротивления во времени;
- в) скорость вращения приводного вала механизма;
- г) способ сочленения механизма с валом электродвигателя (при наличии передач указывают род передачи и передаточное число);
- д) величина момента при пуске, которую должен обеспечить электродвигатель на приводном валу механизма;
- е) характер и качество (плавность, ступенчатость) необходимого регулирования скорости;
- ж) пределы регулирования скорости приводимого механизма с указанием верхнего и нижнего значений ско-

ростей и соответствующих им величин мощности и момента;

з) частота пусков или включений привода в течение часа;

и) характеристика окружающей среды.

Учитывая, что производственные агрегаты имеют различный характер нагрузки, различают три режима ра-

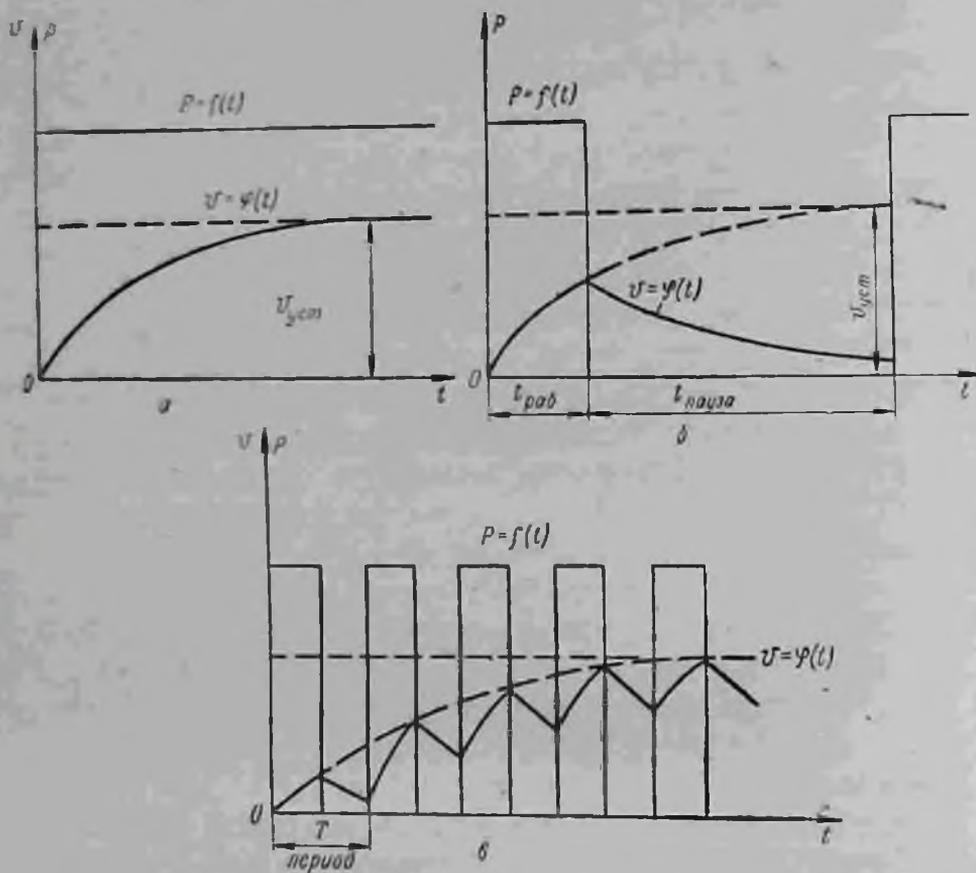


Рис. 2.1. Графики режимов работы двигателя.

боты двигателя: длительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

В *длительном* режиме (рис. 2.1, а) двигатель работает с постоянной мощностью длительное время. Величина этой мощности обычно ниже номинальной, так как выбор привода двигателя осуществляется с учетом коэффициента запаса. В идеальном случае двигатель, загруженный номинальной мощностью, может работать любой промежуток времени. При этом мощность потерь не превышает допустимых пределов.

При *кратковременном* режиме загрузки (рис. 2.1, б) двигатель работает периодически. Длительность работы в течение одного периода при этом такова, что температура двигателя не успевает достигнуть максимально допустимой величины, соответствующей данному классу изоляции, а времени паузы достаточно, чтобы двигатель остыл до температуры окружающей среды.

В *повторно-кратковременном* режиме нагрузка двигателя (рис. 2.1, в) повторяется через короткие промежутки времени. Продолжительность нахождения двигателя под нагрузкой в течение одного периода значительно меньше времени нагрева до установившейся величины, а за время паузы двигатель не успевает остыть до температуры окружающей среды.

Каждому из этих режимов соответствуют определенные методы расчета мощности двигателя, теоретические или с помощью эмпирических формул.

При выборе электродвигателей следует пользоваться номинальными данными, указанными в паспорте двигателя. Паспорт крепится на корпусе двигателя. В нем приведены следующие номинальные данные: завод-изготовитель; тип и режим работы, порядковый номер; напряжение, *в*; ток, *а*; мощность, *квт* и скорость вращения электродвигателя, *об/мин*; частота тока двигателя, *гц*; год выпуска.

Если в паспорте нет указаний о режиме работы, то такой двигатель предназначен для продолжительного режима. Двигатели, изготовленные для других режимов, в паспорте имеют «кратковременный режим» или «повторно-кратковременный режим».

§ 2. 2. ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ К ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫМ МЕХАНИЗМАМ

2. 2. 1. Вентиляторы

Различают *осевые* и *центробежные* вентиляторы. В большинстве случаев вентиляторы имеют прямое соединение с двигателем. В отдельных установках при тихоходных вентиляторах возникает необходимость в промежуточных передачах.

Мощность двигателя для привода вентилятора определяют по формуле (2.1):

$$P = \frac{QH}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ квт}, \quad (2.1)$$

где H — полный напор, н/м^2 ;

Q — производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{сек}$;

η — к. п. д. вентилятора и передачи от двигателя к валу вентилятора (к. п. д. вентилятора берется в пределах 0,2—0,5 для малых и 0,4—0,75 для больших вентиляторов).

Необходимую производительность определяют по формуле [2], [31]

$$Q = Sv \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (2.2)$$

где S — сечение газопровода, м^2 ;

v — линейная скорость движения газа, м/сек .

С другой стороны, производительность может быть определена по следующей формуле:

$$Q = \frac{q}{\gamma} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (2.3)$$

где q — вес газа, перекачиваемого в секунду, н/сек ;

γ — удельный вес газа, н/м^3 .

Необходимо, чтобы характеристика $Q-H$ выбранного вентилятора при номинальной скорости вращения обеспечила заданные величины напора и производительности в точке пересечения характеристики $Q-H$ с характеристикой вентиляционной сети, на которую будет работать вентилятор при условии максимального значения его к. п. д. Характеристика вентиляционной сети выражается уравнением

$$H = \sigma Q^2, \quad (2.4)$$

где σ — удельное сопротивление сети, зависящее от сечения, длины, степени шероховатости, конфигурации и т. д. вентиляционного объекта. Для вентиляционных труб величина σ вычисляется по формуле

$$\sigma = k_a \frac{cl}{S}, \quad (2.5)$$

где k_a — коэффициент аэродинамического сопротивления труб (берется по таблицам [31];
 c — периметр сечения трубопровода, м;
 l — длина трубопровода, м;
 S — площадь сечения трубопровода, м².

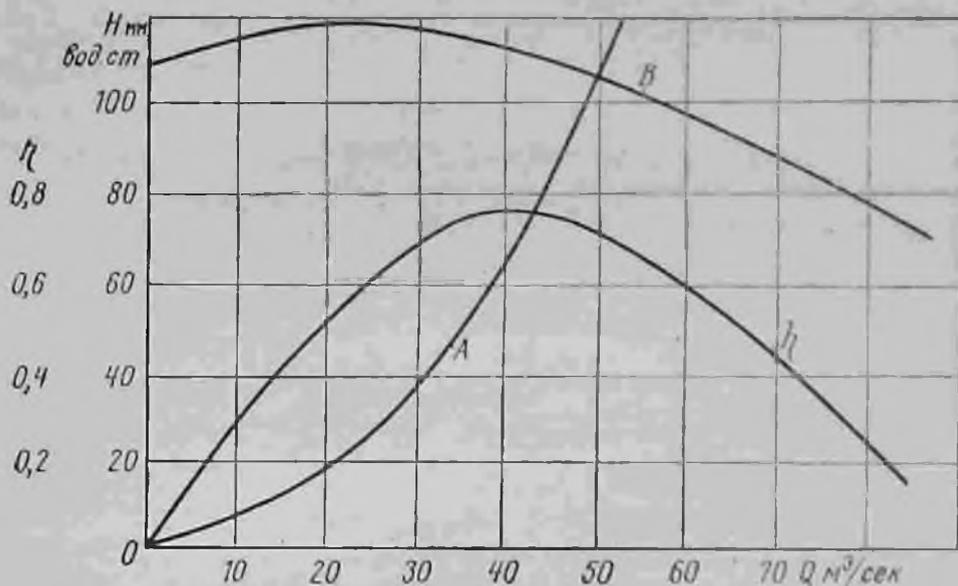


Рис. 2.2. Характеристика вентиляционной сети и вентилятора.

На рис. 2.2. показаны характеристики вентиляционной сети (А) и вентилятора (В). Точка на их пересечении находится в зоне максимального к. п. д. вентилятора (кривая η).

Пример. Определить мощность и выбрать двигатель к вентилятору среднего давления, если $H=2000$ н/м²; $n_{дв}=1450$ об/мин; $Q=8000$ м³/ч.

Решение. По формуле (2.1) необходимая мощность двигателя

$$P = \frac{8000 \cdot 2000}{3600 \cdot 0,7} 10^{-3} \cong 7 \text{ кВт.}$$

Принимаем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором единой серии АО-2-52 мощностью 7,5 кВт; $n=1450$ об/мин.

2. 2. 2. Насосы

Насосы предназначены для подъема и перекачки жидкости (воды, нефти, нефтепродуктов, кислот, щелочей и т. п.). Нормальные насосы обычно перекачивают чис-

тые жидкости, не содержащие твердых частиц. Вместе с тем имеются специальные насосы (землесосы), которые перекачивают жидкости с твердыми частицами.

Насосы в зависимости от температуры перекачиваемых продуктов [28] подразделяются на «холодные» (до 200° С) и «горячие» (от 201 до 400°С).

В промышленных установках применяются центробежные и поршневые насосы. Благодаря преимуществам центробежных насосов (большому числу оборотов в минуту, малым размерам) им в последнее время отдают предпочтение.

Мощность двигателя для привода насоса

$$P = \frac{Q \gamma H}{\eta_n \eta_{np}} \cdot 10^{-3} \text{ квт}, \quad (2.6)$$

где Q — производительность (подача) насоса, $\text{м}^3/\text{сек}$;

H — полный напор, м ;

γ — удельный вес перекачиваемой жидкости, $\text{н}/\text{м}^3$;

η_n — к. п. д. насоса (берется в пределах 0,5—0,9);

η_{np} — к. п. д. передачи (ременной 0,85—0,9; клиноременной 0,97—0,98; зубчатой 0,98; при непосредственном соединении при помощи муфты 1,0).

Полный напор жидкости H вычисляется согласно выражению [2]

$$H = h_v + h_n + h_{np} \text{ м}, \quad (2.7)$$

где h_v — высота всасывания;

h_n — высота нагнетания;

h_{np} — высота, соответствующая потерям напора в системе.

Статический напор определяется расположением насосной установки (рис. 2.3) [37]

$$H_{ст} = h_v + h_n \text{ м}. \quad (2.8)$$

Величину динамического напора h_{np} находят по формуле

$$h_{np} = \frac{v^2}{2g} \left(\lambda_1 \frac{l}{d} + \lambda_2 + \lambda_3 \right) \text{ м}, \quad (2.9)$$

где λ_1 — коэффициент сопротивления, зависящий от скорости движения жидкости. Для воды:

$v_1, \text{ м/сек}$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	6,0
λ_1	0,057	0,044	0,036	0,032	0,028	0,024	0,021	0,02	0,018

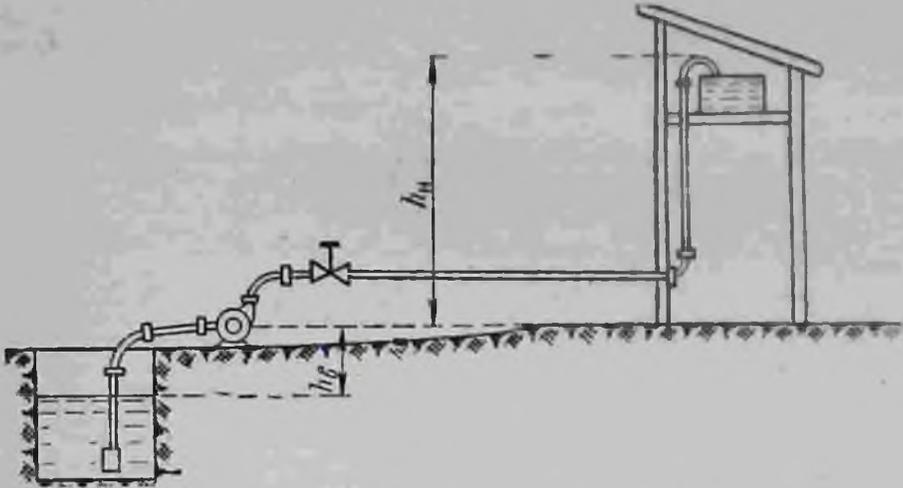


Рис. 2.3. Схема насосной установки:
 h_B — высота всасывания; h_H — высота нагнетания.

λ_2 — коэффициент сопротивления в коленах, зависящий от диаметра трубы d и радиуса закругления r . Для воды:

d/r	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
λ_2	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29	0,44	0,98	1,98

λ_3 — коэффициент сопротивления, для клапанов равен 0,49, для задвижек 0,63;

v — скорость жидкости в нагнетающем трубопроводе, м/сек ;

d — диаметр трубы, м ;

l — длина трубопровода, м ;

$v^2/2g$ — скоростной напор на выходе трубопровода, м .

Скорость жидкости при известном диаметре трубопровода вычисляют по формуле

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} \text{ м/сек.} \quad (2.10)$$

Работа насоса не может рассматриваться вне зависимости от трубопровода, на который он работает. Харак-

характеристика водопроводной сети, так же как и вентиляционной, определяется внутренними потерями и подчиняется квадратичному закону. Поскольку в водопроводной сети при откачке воды из водоема имеется геометрическая высота подъема жидкости $h_b + h_{II}$, кривая напора не всегда проходит через начало координат.

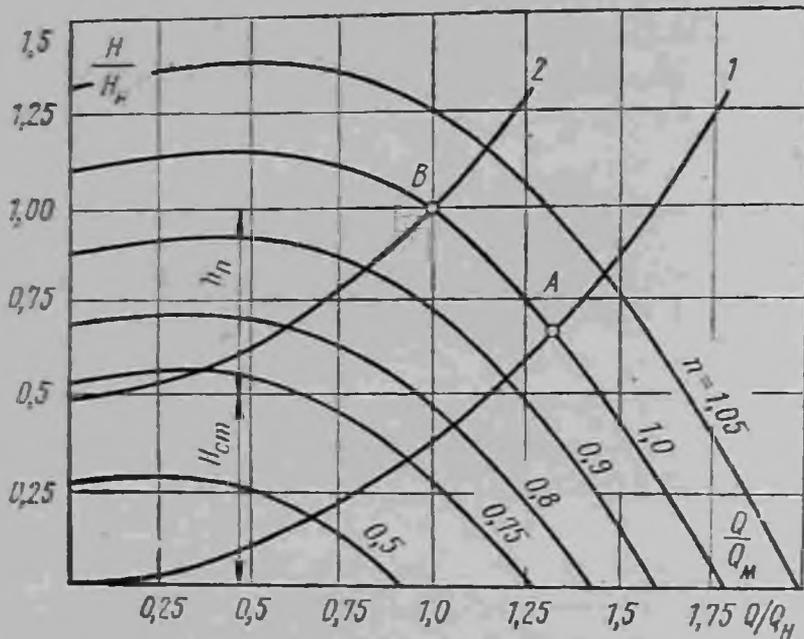


Рис. 2.4. $Q-H$ — характеристика насосов и характеристика сети.

Для определения режима работы насоса необходимо совместить характеристику $Q-H$ насоса с характеристикой трубопровода, а точка пересечения этих характеристик будет рабочей точкой насосной установки. Такие совмещения характеристик изображены на рис. 2.4, при этом кривая 1 соответствует горизонтальному трубопроводу с рабочей точкой А, а кривая 2 — трубопроводу с подъемом на геодезическую высоту $H_{ст} = h_b + h_{II}$. Точка В пересечения с характеристикой насоса является рабочей точкой установки при этих условиях.

Пример. Определить мощность и подобрать двигатель к центробежному водяному насосу производительностью $216 \text{ м}^3/\text{ч}$ при $H=35 \text{ м}$. Скорость вращения насоса $n=1450 \text{ об/мин}$; $\eta_{II}=0,75$; $\eta_{II} = 0,85$.

Решение. Потребную мощность на валу двигателя находим по формуле (2.6)

$$P = \frac{0,06 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot 35}{0,64} \cdot 10^{-3} \approx 32 \text{ квт.}$$

К установке принимаем короткозамкнутый асинхронный двигатель единой серии в защищенном исполнении А2-81—4 мощностью 40 кВт, $n = 1460$ об/мин.

2. 2. 3. Компрессоры

Расчетную мощность двигателя одноступенчатого компрессора подсчитывают по формуле [78]

$$P = \frac{QA}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

где A — работа при адиабатическом сжатии, $\text{дж}/\text{м}^3$,

Давление, *ати* 3 4 5 6 7 8 9
Работа

сжат., $\text{дж}/\text{м}^3$ $10,8 \cdot 10^4$; $12,75 \cdot 10^4$; $15,8 \cdot 10^4$; $17,7 \cdot 10^4$; $19,15 \cdot 10^4$;
 $20,6 \cdot 10^4$; $21,6 \cdot 10^4$

Q — производительность, $\text{м}^3/\text{сек}$;

η — к. п. д. компрессора и передачи ($\eta = 0,6—0,8$).

Пример. Определить требуемую мощность и выбрать двигатель к компрессору, который сжимает воздух до 9 ат в количестве $360 \text{ м}^3/\text{ч}$ при начальном давлении 1 ат. Скорость вращения компрессора $n = 480$ об/мин; $\eta = 0,75$.

Решение. По формуле (2.11)

$$P = \frac{Q \cdot A \cdot 10^{-3}}{\eta} = \frac{360 \cdot 20,6 \cdot 10^4 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,75} = 27,5 \text{ кВт}.$$

По каталогу выбираем двигатель единой серии А-81 — 6 мощностью 28 кВт, $n = 975$ об/мин с редукторной передачей при коэффициенте передачи

$$k_i = \frac{975}{480} = 2.$$

2. 2. 4. Механизмы непрерывного транспорта

Ленточный наклонный транспортер. Мощность двигателя определяют по формуле [5]

$$P = k \frac{Q}{\eta_m} (k_0 l + h) \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.12)$$

где k — коэффициент запаса мощности (1,1—1,25);

Q — производительность транспортера, $\text{м}^3/\text{ч}$;

- l — расстояние между осями концевых барабанов, м;
 h — высота подъема груза, м;
 $\eta_{\text{м}}$ — коэффициент полезного действия механизма редуктора (0,7—0,85);
 k_0 — опытный коэффициент, зависящий от производительности транспортера и его длины (значение k_0 определяют по табл. 2.1).

Таблица 2.1

Коэффициент k_0 для ленточных транспортеров

Расстояние, м	Производительность, н/сек					
	28	56	140	280	560	1120
10	2	1,4	0,92	0,67	0,5	0,37
50	0,66	0,5	0,35	0,27	0,22	0,18
125	0,35	0,28	0,21	0,17	0,14	0,12

Угол наклона транспортера не должен превышать 20—22°.

Пластинчатый транспортер. Мощность двигателя определяют по формуле [5]

$$P = k_c \frac{Q}{\eta_{\text{м}}} \cdot 10^{-3} \text{ квт.} \quad (2.13)$$

Коэффициент k_c определяют по табл. 2.2

Таблица 2.2

Коэффициент k_c для пластинчатого транспортера

Ширина ленты, см	Производительность, н/сек	k_c
40	46	0,32
60	109	0,19
80	168	0,16
100	212	0,14
120	265	—

Скребокoвый транспортер и винтовой конвейер. Мощность двигателя определяют по формуле [5]

$$P = \frac{Q}{367} (k_c l + h) \text{ квт}, \quad (2.14)$$

где Q — производительность т/ч;
 l — длина горизонтальной проекции конвейера, м;
 h — высота подъема, м;
 k_c — коэффициент сопротивления транспортируемого материала движению ходовой части или движению груза по жолобу (определяется по табл. 2.3).

Значение коэффициента k_c для скребковых транспортеров при малоабразивном материале приведено в табл. 2.3. Средние значения для винтовых конвейеров (шнеков) принимаются следующими:

для малоабразивного материала — 2,5, для абразивного (гравий, песок, цемент) — 3,2, для сильно абразивных и липких материалов (известь, сера, зола и т. п.) — 4.

Таблица 2.3

Коэффициент k_c для скребковых транспортеров с роликowymi и скользящими цепями

Производительность, т/ч	Транспортер с роликowymi цепями	Транспортер со скользящими цепями	Производительность, т/ч	Транспортер с роликowymi цепями	Транспортер со скользящими цепями
4,5	2,25	4,20	27	1,10	1,90
9	1,70	3,00	36	1,05	1,70
18	1,30	2,25	45	0,97	1,60

Ковшовый элеватор. Мощность рассчитывают по следующей формуле [44]:

$$P = \frac{Qh}{360 \eta_э} k_э \text{ квт}, \quad (2.15)$$

где Q — производительность транспортера, т/ч;
 h — высота подъема транспортируемого материала, м;
 $k_э$ — коэффициент запаса мощности, равный 1,2—1,3;
 $\eta_э$ — к. п. д. элеватора, равный 0,4—0,7.

Пример. Определить мощность электродвигателя для привода ковшового элеватора рядовых углей, если его производительность должна быть $Q=200$ т/ч при высоте подъема $h=26$ м, к. п. д. элеватора $\eta_{\Sigma}=0,4$, а коэффициент запаса мощности $k_3=1,3$.

Решение. По формуле (2.15) находим

$$P = \frac{1,3 \cdot 200 \cdot 26}{360 \cdot 0,4} = 47 \text{ кВт.}$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-93-6 трехфазного тока с короткозамкнутым ротором мощностью 55 кВт при напряжении 380 в и скорости вращения 985 об/мин.

Лебедка. Необходимую мощность лебедки определяют по формуле [44]

$$P = \frac{M_{\text{дв}} n}{9,55} \cdot 10^{-3} \text{ кВт,} \quad (2.16)$$

где $M_{\text{дв}}$ — момент на валу двигателя, н·м;
 n — скорость вращения двигателя, об/мин.

Пример. Определить мощность двигателя лебедки, если момент на его валу $M_{\text{дв}}=650$ н·м при скорости вращения $n=750$ об/мин.

Решение. По формуле (2.16) находим

$$P = \frac{650 \cdot 750}{9,55} \cdot 10^{-3} = 51 \text{ кВт.}$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-94-8 трехфазного тока с короткозамкнутым ротором мощностью 55 кВт при напряжении 380 в и скорости вращения 730 об/мин.

§ 2. 3. СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

2. 3. 1. Сварочное оборудование

Электроприемники этой категории являются преимущественно однофазными трансформаторами с очень низким (порядка 0,3—0,6) коэффициентом мощности [5].

Сварочные трансформаторы бывают типов СТ, СТП и ТС для однопостовой ручной дуговой сварки, резки и наплавки металлов и типа ТСД для автоматической дуговой сварки. Технические данные сварочных трансформаторов приведены в табл. 2.4.

Сварочные машины бывают различных типов для точечной, стыковой и шовной сварки. Основные электрические данные для некоторых из них приведены в табл. 2.5.

Технические данные основных типов сварочных трансформаторов

Тип трансформатора	Сварочный ток, а		Номинальное вторичное напряжение, в	Потребляемая мощность, ккал	Первичный ток, а		К.п.д., %	Коэффициент мощности	Режим работы, ПВ, %	Число фаз
	Номиналь- ный	пределы регулирования			при 380 в	при 220 в				
ТСП-1	160	105—180	65	12	31,6	54,7	75	0,46	60	1
ТС-300 и ТСК-300	300	110—385	60	20	52,5	91	86	0,52	60	1
ТС-500 и ТСК-500	500	160—650	58	32	84	145	85	0,53	60	1
ТС-120	120	50—160	70	9	23,6	41	80	0,42	60	1
СТН-350	350	80—450	60	25	66	114	83	0,5	50	1
СТН-500 и СТН-501-1	500	150—700	60	32	84	145	86	0,54	65	1
СТЭ-24, СТЭ-24-2	350	100—500	65	23	60,5	104,5	83	0,51	65	1
СТД-500 и СТД-500-1	500	200—600	32—50	42	110	190	80	0,60	60	1
СТЭ-34 и УДАР-500	500	150—700	60	30	79	137	86	0,53	65	1
ТСД-1000-3 и ТСД-1000-1	1000	400—1200	30—46	80	210	364	85	0,52	60	1
ТСД-2000-1	2000	800—2200	35—56	172	450	780	90	0,65	60	1
ТШС-1000-3	1010	—	62	173	262	не изготов- ляются	—	—	100	3
ТШС-3000-3	3000	—	63	450	685	—	—	—	100	3
ТШС-3000-1	3000	—	46	140	370	—	—	—	100	1

Электрические данные сварочных машин точечной, стыковой и шовной сварки

Тип	Назначение	Номинальная продолжительность включения, ПВ%	Номинальная мощность, кВа	Первичное напряжение, в	Число фаз
АПТ-5	Точечная	20	5		
АПТ-10	»		10		
АПТ-25	Сварка листов из малоуглеродистой стали	25	25	380	1
АПТ-75		12,5	75	или 220	
МТП-150	То же	25	150		
МТП-200	»	20	200		
МТП-400	»	20	400		
МТПР-500/3100	»	10	500		
МТНП-6××60/100	»	10	360	220	3
МТМФ-2××150-2	Точечная сварка плоских арматурных ферм		2×150	380 380 или 220	1
МСР-25	Стыковая сварка деталей	20	25	220	1
МСТ-150		20	150	380	1
МШМ-25М	Шовная сварка листов и полосовой стали и изделий из стали	50	25	380 или 220	1
МШМ-50М		100	50	220	1
К-30		100	12	220	1

2. 3. 2. Электротепловые установки

При проектировании силового электрооборудования встречаются главным образом с такими видами термических электроприемников, как электрические печи сопротивления и различная нагревательная аппаратура.

Питание дуговых печей осуществляется от специальных трансформаторов высокого первичного напряжения, а индукционных — от ламповых или машинных преобразователей частоты.

Электрические печи сопротивления и другие электронагреватели подключают к силовой сети непосредственно или через трансформаторы. Последние дают возмож-

ность ступенчато или плавно регулировать подводимую мощность в определенных пределах. Коэффициент мощности печей сопротивления близок к единице. Электрические данные наиболее широко применяемых печей сопротивления и нагревательной аппаратуры приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Электрические данные печей сопротивления

Наименование	Назначение	Тип	Номинальная мощность (от сети), кВт	Номинальное напряжение, в	Число фаз	
Камерные	Нормализация, отжиг, цементация, нагрев под закалку	H-15	15	380 или 220	1/3 (последовательно звезда)	
		H-30	30			
		H-45 H-60 H-75	45 60 75	380 или 220		3
	Нагрев изделия в защитной зоне	H-20×40	8	220 или 380 или 220	1	
		H-25×50	12			
		H-30×65	18			
		H-40×80A	30			
		H-50×65 H-65×130 H-65×90 H-85×170 H-85×110	24 70 36 90 56		380 или 220	3
	Шахтные	Нормализация, отжиг, нагрев	ШЦН-20	20	380 или 220	1
			ШЦН-45A	45		
ШЦН-65A			65			
Нагрев в расплавленных солях		ШЦН-95A	110	380 или 220	3 1/3 (последовательно звезда)	
		Ш-35	25			
		Ш-55	55			
Соляные электродные	Нагрев в расплавленных солях	СП-35/10	35	380 или 220	3	
		СП-35/15	35			
		СП-60/20	60			
		СП-100/10	100			

2. 3. 3. Преобразующие агрегаты

Вращающиеся преобразователи служат для питания электроприемников, работающих на постоянном или на переменном токе, частота которого отличается от частоты основной силовой сети. Наибольшее применение находят следующие преобразователи:

а) для зарядки аккумуляторных батарей напряжением от 24 до 125 в; технические данные этих преобразователей приведены в табл. 2.7 [63];

Таблица 2.7

Технические данные агрегатов для зарядки аккумуляторов

Тип преобразователя	Номинальные данные генератора				Мощность электродвигателя, кВт	К. п. д., %	Коэффициент мощности
	напряжение, в	мощность, кВт	ток, а	скорость вращения, об/мин			
ЗП-5/30	24—36	5	133	2890	7	65	0,88
ЗП-7,5/30	24—36	7,5	250	2890	10	70	0,89
ЗП-7,5/60	48—72	7,5	125	2890	10	70	0,89
ЗП-12/60	48—72	12	200	1450	14	73	0,89
ЗДН-1000 АН ¹	36/120	0,432/0,48	12/4	1800	1,4	—	—
ЗДН-1000 Н ¹	40/125	1,1/0,275	27,5/2,2	2200	2,1	—	—
ЗДН-2500 ¹	24/120	0,65/1,85	27/15,4	1800	3,3	—	—
ЗДН-3000А ¹	60/60	1,5/1,5	25/25	2200	4	—	—

¹ Двухколлекторные генераторы имеют по две самостоятельные обмотки, заложенные в одни и те же пазы. В числителе дроби указаны величины для коллектора со стороны, противоположной приводу, в знаменателе — для коллектора со стороны привода.

б) двигатель-генераторы для гальванического покрытия металлов, представляющие собой двухмашинный агрегат из приводного электродвигателя переменного тока и генератора постоянного тока, смонтированных на общей металлической раме. Генератор отличается малым напряжением (6/12 или 18/36 в) и большими токами (от 250/500 до 5000/1000а). Технические данные этих агрегатов приведены в табл. 2.8;

в) преобразователи частоты для преобразования промышленной частоты переменного тока в повышенную или пониженную. Эта преобразованная частота, отличная от 50 гц, используется [86] для электрической сварки в спе-

Технические данные низковольтных агрегатов серии АНД
для гальванического покрытия металлов

Электродвигатель переменного тока			Генератор постоянного тока										
Тип	Номинальная мощность, кВт	Скорость вращения (синхронная), об/мин	Тип	Номинальная мощность, кВт	номинальный ток, а								
					6	12	18	24	36	48			
А-61-4	4,5	1500	НД-500/250	3	500	250	—	—	—	—	—	—	—
А-61-6	10	1000	НД-1000/500	6	1000	500	—	—	—	—	—	—	—
А-71-6	14	1000	НД-1500/750	9	1500	750	—	—	—	—	—	—	—
А-71-4	20	1500	НД-2500/1250	15	2500	1250	—	—	—	—	—	—	—
А-91-8	40	750	НД-5000/2500	30	5000	2500	—	—	—	—	—	—	—
АК-104-10	95	600	НД-10000/5000	60	10000	5000	—	—	—	—	—	—	—
А-62-4	14	1500	НДН-1500/750	9	1500	750	—	—	—	—	—	—	—
АК-112-10	125	600	НГ-90-18/36	90	—	—	5000	—	—	—	2500	—	—
А-92-6	75	1000	СМГ-50-24/48	50	—	—	—	—	2080	—	—	—	1040

циальных случаях, термообработки металлов, производства кварцевого стекла, питания электродвигателей, от которых требуется скорость вращения, превышающая 3000 об/мин, например для специального электроинструмента и т. п.

В табл. 2.9 [63] приведены данные по некоторым термическим установкам, работающим при высокой частоте.

Таблица 2.9

Электрические данные электропечей и генераторов высокой частоты

Электропечь		Генератор высокой частоты (трехфазный)			
Тип	Назначение	Тип	Мощность, квт	Напряжение перемного тока, в	Частота, гц
ОКБ-816	Закалка головок концов рельсов	ПВС-100/2500	100	—	—
МГП-52	Плавка черных металлов	ПВ-50/2500	50	380 или 220	
МГП-102А МГП-102Б	Плавка цветных металлов	ПВ-100/2500	100		

2. 3. 4. Полупроводниковые выпрямители

В установках силового электрооборудования полупроводниковые выпрямители применяют для питания магнитных столов, плит, шкивов и сепараторов электродвигателей постоянного тока, зарядных устройств для аккумуляторов, ванн гальванического покрытия металлов и в других случаях. Технические данные полупроводниковых выпрямителей приведены в табл. 2.10; 2.11.

§ 2. 4. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ И ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

2. 4. 1. Особенности целлюлозно-бумажных и лесохимических производств

В целлюлозно-бумажном производстве в качестве основного сырья используют древесину хвойных и лиственных пород, а также тростник, камыш и солому. В своем составе целлюлозно-бумажный комбинат имеет основные и вспомогательные производства. К основным отно-

сят древесномассовый завод (ДМЗ), целлюлозный завод, бумажную и картонную фабрики. На ДМЗ изготавливается древесная масса посредством механического истирания древесины (балансов) в дефибрерах. За последнее время, помимо механического истирания, древесную массу получают химическим способом из древесной щепы.

Основными производственными механизмами на ДМЗ являются

- дефибреры для механического истирания сырой древесины, производительность которых достигает 50—60 т древесной массы в сутки; приводятся в движение электродвигателями переменного тока мощностью до 2,5 тыс. кВт для одиночного и до 4,5 тыс. кВт для двойного-механизмов [78].

- дефибреры, предназначенные для размалывания сваренной, химически обработанной древесины; снабжаются электроприводом трехфазного переменного тока мощностью в несколько сотен киловатт;

- щепколовки, сортировки, сгустители, насосы и др.; мощности двигателей к ним — от нескольких киловатт до нескольких десятков киловатт (реже более 100 кВт);

- производственные машины для изготовления сухой древесной массы с двигателями к ним мощностью до нескольких десятков киловатт.

Производственные механизмы целлюлозного завода — это обычные трехфазные асинхронные двигатели мощностью от долей до нескольких десятков киловатт.

Полуфабрикат на ДМЗ и на целлюлозном заводе поступает в переработку из древесного отделения, где расположены рубительные машины с электродвигателями до нескольких сотен киловатт. Как правило, это асинхронные двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором. Вспомогательные механизмы, к которым относят сортировки, дезинтеграторы, эксгаустеры и др., приводятся в движение от трехфазных двигателей с короткозамкнутым ротором мощностью до нескольких десятков киловатт.

В лесохимическом производстве, как и в целлюлозно-бумажном, в качестве сырья используют древесину хвойных и лиственных пород. Из нее путем сухой перегонки вырабатывают ряд химических продуктов, имеющих широкое применение в народном хозяйстве (уголь, смола,

Технические данные полупроводниковых выпрямителей

Тип	Назначение	Переменный ток		Постоянный ток		К.п.д., %	Кoeffициент мощности
		Номинальное напряжение, в	Число фаз	Номинальное напряжение, в	Номинальный ток, а		
BCA-4A	Зарядка и подзарядка аккумуляторных батарей	110, 127, 220	1	120—240	2	45	—
BCA-6A		110, 127, 220	1	12—24	12—24	45	—
BCA-12		220, 380	1	36	40	68	—
BCA-111A		220, 380	1	80	8	50	—
BCAP-2		220, 380	1	6—42	0—70	68	—
BY-66/260		220, 380	3	58—66	260	75	0,72
BAZ-230-70		380	3	230	70	85	0,65
BKAP-1		220, 380	3	6—42	0—70	—	—
BAГЗ-39/54-125/63		380	3	47—53	125—63	—	—
BAГЗ-120-60		220, 380	3	120	60	—	—
ЗУГ-174-90		380	3	124—174	90	—	—
ЗУГ-225-125		380	3	225	125	—	—
BCMP-200-6	Питание гальванических ванн	220	1	6—12	200—100	50	0,86
BCMP-600-6		220, 380	3	6—12	600—300	72	0,75
BCMP-1200-6		220, 380	3	6—12	1200—600	72	0,75
BCMP-2000-6		220, 380	3	6—12	2000—1000	72	0,75
BCMP-5000-6		220, 380	3	6—12	5000—2500	60	—
BAKГ-1,8-18/9		220, 380	3	12—18	50—100	72	0,75
BAKГ-5,4-18-9		220, 380	3	12—18	300	72	0,75
BAKГ-28,8-48/24		220, 380	3	36—48 18—24	600 1200	78	0,8

Продолжение

BAKГ-12/6-600		380	3	9—12	150—600	70	0,65
BAKГ-12/6-1500				3—6	150—600	62	0,72
BAKГ-12/6-3000		380	3	9—12	750—3000	75	0,67
				3—6	750—3000	70	0,7
BAГГ-10,8-18/9		220, 380	3	12—18	600	72	0,75
BAГГ-14,4-24		220, 380	3	18—24	1500	73	0,75
BAГГ-18-12/6		220, 380	3	9—12 4,5—6	3000		
AΦAP-80-225M	Питание электрофилтров	380	1	8000	0,225	—	—

Технические данные металлических ртутных выпрямителей

Тип	Сторона переменного тока (трехфазного)		Сторона постоянного тока	
	номинальное напряжение, в	потребляемая мощность, кВт	номинальное напряжение, в	номинальный ток, а
PM-200-1 ЗУ-3	380 или 220 380	120 25	600 124—225	200 90—123
PM-200-11 и PM-200-IVБ	380 или 220	120	600	200
PM-500		300		500

метиловый спирт, уксусная кислота и их производные) или экстрактивным способом (скипидар, канифоль и др.).

С точки зрения затрат электрической энергии лесохимическое производство не является энергоемким, так как его основные технологические процессы протекают главным образом в аппаратах, не требующих затрат большого количества механической, а следовательно, и электрической энергии. Это различного типа котлы (реторты), экстракционные и выпарные аппараты, ректификационные колонки, холодильники, теплообменники, сушилки, емкости (отстойники) и другое оборудование. Технологические процессы здесь связаны с потреблением тепловой энергии, носителем которой является водяной пар или топочные газы — продукты горения топлива [17].

В основных производственных цехах электрическую энергию потребляют центробежные и вакуумные насосы разных типов и производительности, вакуумные компрессоры, различных типов мешалки, сушилки, вентиляторы. Мощности приводных электродвигателей здесь достигают нескольких десятков киловатт. Обычно это трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

В соответствии с непрерывным характером производства режим работы электроприводов большинства механизмов длительный и лишь небольшая часть из них работает периодически (например, в производстве тряпичной полумассы) и в повторно-кратковременном режиме (лифты, краны и стакеры на лесных биржах).

Таблица 2.12

Удельные расходы электроэнергии для производства основных видов бумаги на 1 т товарной бумаги

Вид бумаги	Общий удельный расход, квт-ч/т	В том числе по отдельным операциям, квт-ч/т		
		размол	отлив	отделка
Газетная	375	15	355	5
Типографская: № 1	600	200	310	90
№ 1а	565	165	310	90
№ 2	480	90	300	90
Литографская № 1	650	240	310	90
Офсетная: № 1	540	215	310	15
№ 2	405	90	300	15
Для глубокой печати: № 1	635	235	310	90
№ 2	475	85	300	90
Электронизоляционная: 4МК	40000	14000	16000	10000
8МК	10000	35000	4000	25000
10МК	8500	3000	3400	2100
То же, К-08, К-17, КБ-08, КБ-12, КБ-17	700	380	315	5
То же, КВУ-075	880	485	315	80
То же, КВ-075, КВ-125, КВ-175	750	430	315	5
Оберточная сульфатная одно- сторонней гладкости, 20— 50 г/м ²	700	295	390	15
Упаковочная из отходов	300	—	—	—
Мешочная	600	250	345	5
Писчая: № 1	675	260	325	90
№ 2	500	100	310	90
Товарная обезвоженная из древесины:				
еловой	1200	1060	80	60
пихтовой	1360	1220	80	60
сосновой	1290	1150	80	60
осиновой	1360	1220	80	60
Бурая марки А	950	800	80	70
Бурая марки Б	850	700	80	70
Бурая марки В	750	600	70	80
Химическая древесная масса	800	600	100*	100**

* включая химическую обработку;

** включая дополнительную — рафинирование всей древесной массы.

По степени бесперебойности к 1-й категории относятся вакуум-насосы бумагоделательных машин, пере-
рыв в подаче электроэнергии к которым приводит к об-
рыву сеток, т. е. к порче оборудования. Вследствие вы-
соких скоростей выхода готовой бумаги (до 700—

Таблица 213

Удельные расходы электроэнергии для производства древесной массы
в пересчете на сухость 88%

Вид древесной массы	Общий удельный расход, квт·ч/т	В том числе по отдельным операциям, квт·ч/т		
		Дефебри- рование	Сгущение и очистка	Рафини- рование отходов
Марки А из древесины:				
еловой	1225	1100	80	45
пихтовой	1385	1260	80	45
сосновой	1325	1200	80	45
осиновой	1385	1260	80	45
Марки Б из древесины:				
еловой	1275	1150	80	45
пихтовой	1445	1320	80	45
сосновой	1375	1250	80	45
осиновой	1445	1320	80	45
Марки В из древесины:				
еловой	1200	1060	80	60
пихтовой	1360	1220	80	60
сосновой	1360	1220	80	60
осиновой	1290	1150	80	60
Марки Г из древесины:				
еловой	1000	850	80	70
пихтовой	1130	980	80	70
сосновой	1070	920	80	70
осиновой	1130	980	80	70
Марки Д из древесины:				
еловой	900	750	70	80
пихтовой	1010	860	70	80
сосновой	960	810	70	80
осиновой	1010	860	70	80

900 м/мин) расстройство технологического процесса приводит к большому количеству брака. Сами бумажные машины относятся ко 2-й категории, но их механизмы не обеспечивают бесперебойности работы; уже при кратковременном нарушении питания из-за обрыва бумаги машины останавливаются.

Механизмы подготовительных цехов, в том числе древесно-массовых отделов, менее чувствительны к нарушению электроснабжения и относятся ко 2-й категории [29].

Технологический процесс бумажных предприятий довольно устойчив. Для этих предприятий имеются доста-

точно обоснованные удельные расходы электроэнергии на единицу продукции по отдельным технологическим операциям (табл. 2.12, 2.13, 2.14).

Таблица 2.14

Удельные расходы электроэнергии на производство
1 т целлюлозы, кВт·ч

Вид целлюлозы	Общий удельный расход
Сульфатная целлюлоза небеленая марки Ж	180/270
То же марки С	210/300
То же марки М	225/315
Беленая для бумаги	415/535
Сульфитная целлюлоза мягкая	384/374
То же средняя	253/343
То же жесткая	106/286
С повышенным выходом	235,5/325,5
Высокого выхода	235/315
Облагороженная	538/628
Полуцеллюлоза	256/346
Беленая	566/656

Примечание. В числителе дан удельный расход без сушки, в знаменателе — включая сушку.

Лесохимическая промышленность предъявляет электрооборудованию целый ряд требований, вытекающих из специфики производства. В цехах предприятий вырабатывается различная по своим физическим и химическим свойствам продукция. Ее свойства и определяют степень пожаро- и взрывоопасности производственных цехов и прилегающих к ним помещений. В табл. 4 и 5 приложения приведен перечень основных цехов лесохимической промышленности с характеристиками производства и с разделением на группы по пожаро- и взрывоопасности. Из этих данных следует, что лесохимические производства в основном пожаро- и взрывоопасные. В таких помещениях и наружных установках электрооборудование должно быть взрывозащищенным [24].

2. 4. 2. Расчет мощности электроприводов

Дефибрер. Электропривод дефибрера имеет два двигателя: один для вращения камня, другой для подачи.

Потребная мощность на валу двигателя дефибрера
[48], [78]

$$P = \frac{S_2 v_0 \rho_c k_{тр}}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.17)$$

где $k_{тр}$ — коэффициент трения баланса о камень;
 S_2 — эффективная поверхность истирания, см^2 ;
 $S_2 = 90lb \text{ см}^2$;
 ρ_c — 25 н/см^2 ;
 v_0 — окружная скорость на поверхности камня,
 м/сек

$$v_0 = \frac{\pi D n}{60};$$

η — к. п. д. дефибрера;
 l — длина дуги истирания по окружности камня, см ;
 b — ширина камня, см ;
 D — диаметр камня, м ;
 n — скорость вращения камня, об/мин .

Пример. Определить потребную мощность на валу двигателя дефибрера, если окружная скорость на поверхности камня $23,5 \text{ м/сек}$, $S_2 = 19 \cdot 10^3 \text{ см}^2$; $k_{тр} = 0,20$; $\rho_c = 25 \text{ н/см}^2$; $\eta = 0,95$.

Решение. По формуле (2.17)

$$P = \frac{0,2 \cdot 19 \cdot 10^3 \cdot 23,5 \cdot 25}{0,95} \cdot 10^{-3} = 2350 \text{ кВт}.$$

Практически, по данным Гипробума, для дефибрера принят синхронный двигатель типа СДНЗ-18-61-24 мощностью $P = 2500 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = -0,9$; $n = 250 \text{ об/мин}$.

Суперкаландра. Мощность главного приводного двигателя может быть определена по эмпирической формуле [78]

$$P = k m v l \text{ кВт}, \quad (2.18)$$

где k — коэффициент, зависящий от конструкции каландра и вида бумаги (принимается равным $0,015 - 0,025$);

m — число валов каландра;

v — максимальная скорость бумаги, м/мин ;

l — рабочая длина вала каландра, м .

Пример. Определить мощность двигателя для суперкаландра СК-42; $m = 10$; $l = 4,2$ м; $v = 900$ м/мин.
Решение. Мощность приводного двигателя

$$P = 0,015 \cdot 10 \cdot 900 \cdot 4,2 = 576 \text{ кат.}$$

По каталогу принят двигатель мощностью 600 кат.

Электродвигатели к бумагоделательным машинам. При отсутствии точных конструктивных данных, когда известны лишь основные размеры и рабочая скорость бумагоделательной машины, мощности ее секций определяют приближенно. Мощности для сеточной части, мокрых прессов, каландра и наката по данному методу вычисляют по формуле [78]

$$P = k_1 k_2 B_c \frac{v}{100} \text{ кат,} \quad (2.19)$$

где B_c — ширина сетки, м;

v — скорость, м/мин;

k_1 — коэффициент, постоянный для каждой секции на 100 м/мин;

k_2 — поправочный коэффициент, зависящий от скорости бумаги.

Для сушильных, гладильных, досушивающих и сукносушильных цилиндров

$$P = k_1 k_2 D B_c \frac{v}{100} \text{ кат,} \quad (2.20)$$

где D — диаметр цилиндра, м.

Величины k_1 и k_2 приведены в табл. 2.15, 2.16.

Таблица 2.15

Коэффициент k_1 для различных секций бумагоделательной машины

Секция	k_1	Секция	k_1
Сеточная часть	3,3—5,9	Цилиндр:	
Прессы		лощильный	1,33—1,84
без сукна	0,96—1,18	холодильный	0,31—0,44
с сукном	2,06—2,36	досушивающий	0,66—0,81
Сушильный цилиндр	0,147—0,184	Каландр	0,48—0,59
Сукносушитель	0,147—0,184	Накат	1,33—1,77

Таблица 2.16

Коэффициент k_2 в зависимости от v

$v, \text{ м/мин}$	k_1	$v, \text{ м/мин}$	k_2
15	1,3	—	—
20	1,2	100	0,99
30	1,1	150	1,0
40	1,05	200	1,04
50	1,03	300	1,12
60	1,01	400	1,21
70	1,0	500	1,25
80	0,99	600	1,33
90	0,98	800	1,43

Пример. Определить мощность на валу и выбрать электродвигатель мокрого пресса с шириной сетки $B_c = 4200 \text{ мм}$, с рабочей скоростью $v = 500 \text{ м/мин}$; $n = 1000 \text{ об/мин}$.

Решение. По табл. 2.15, 2.16 определяем для $v = 500 \text{ м/мин}$, $k_1 = 2,36$; $k_2 = 1,25$. Потребная мощность на валу мокрого пресса

$$P = 2,36 \cdot 1,25 \cdot 4,2 \frac{500}{100} = 62 \text{ кВт.} \quad (2.19)$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-2-91-9 мощностью 75 кВт при напряжении 380 в и скорости вращения 960 об/мин.

§ 2.5. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЦЕХОВ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

2.5.1. Подготовительное производство

Режим работы электродвигателей в основном длительный, с постоянной или маломеняющейся по величине нагрузкой, и только вальцы создают приводу резко переменную нагрузку с понижением к концу цикла, который обычно не превышает 40 мин. Средневзвешенный коэффициент мощности по подготовительному отделению в связи со значительной загрузкой приводов высок — 0,7—0,8 [54].

Основными потребителями электроэнергии подготовительных цехов являются электродвигатели вальцов и реборований и масштабов производства вальцы могут иметь

групповой привод или индивидуальный. Групповой привод более экономичен.

При выборе электродвигателя для привода валцов необходимо принимать во внимание его возможную перегрузку в полтора-два раза. При определении мощности электродвигателя для группового привода следует учитывать поправку на коэффициент одновременности загрузки валцов (0,6) [75].

Электропривод валцов может осуществляться от тихоходных и быстроходных синхронных электродвигателей. Тихоходные электродвигатели (с 94 или 150 об/мин) способны развивать при пуске большой пусковой момент и соединяться своим валом непосредственно с трансмиссионным валом. Наличие большого пускового момента очень важно при работе валцов, так как нередко требуется пускать в работу загруженные валцы после вынужденной остановки их по какой-либо причине. Применение быстроходных электродвигателей требует установки промежуточных редукторов между электродвигателем и валцами.

В большинстве случаев в качестве приводов для резиносмесителей до последнего времени использовали синхронные электродвигатели со скоростью 94 об/мин [75]. В связи с увеличением скорости вращения роторов современных резиносмесителей мощность привода значительно возросла. Тихоходные синхронные электродвигатели для повышенной мощности имеют большие габариты, сложны и дороги в изготовлении. Поэтому в настоящее время получили распространение быстроходные малогабаритные асинхронные электродвигатели, которые подключаются к резиносмесителю через блок-редуктор.

Помещения подготовительного отделения относят к классу П-Ша. Поэтому конструктивное исполнение электрооборудования — защищенное [46, 58].

2. 5. 2. Отделения производства резинотехнических изделий (РТИ)

Участки производства различных изделий из резины, как правило, относятся к помещениям класса П-Ша, и только некоторые из них — прорезинивания тканей, приготовления эбонитовой пыли, механической обработки деталей, клейки изделий и др. — к взрывоопасным помещениям [58].

Коэффициенты, характеризующие загрузку оборудования этих цехов и подготовительных участков, довольно высоки, что обеспечивает значение средневзвешенного коэффициента мощности 0,6—0,8. Основными потребителями электроэнергии цехов производства РТИ являются каландры, резательные машины, девулканизатор, червячные прессы, оплеточные машины и др. Учитывая специфику производства, применяют, как правило, закрытое и взрывозащищенное электрооборудование [64].

Удельные расходы электроэнергии приведены в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Нормы удельного расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции для резинотехнической промышленности

Наименование	Единица измерения	Норма средняя, кВт·ч
Комбинат СК	100 руб.	500
Резино-асбестовый комбинат	100 руб.	250—300
Галошный завод	<i>m</i> изделий	125—150
Шинный завод	1000 условных шт.	20000—25000
Завод резинотехнических изделий	100 руб.	150—175
Завод промышленной техники и санитарии	100 руб.	150
Завод регенерации резины	<i>m</i>	200
Асбестовый завод	<i>m</i>	350—400

2. 5. 3. Расчет мощности электроприводов

Вальцы. Применяются для проведения ряда операций по обработке резиновых смесей. Потребную мощность машин для пластикации каучуков определяют по формуле [43]

$$P = k \rho \omega D^n l^m i^p \Pi_k^{-1} f^s \text{ кВт}, \quad (2.21)$$

где k — коэффициент, принимаемый по табл. 2.18;
 ρ — плотность каучука, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 ω — угловая скорость быстроходного вала, сек^{-1} ;
 D — диаметр валка, м ;
 l — длина валка, м ;
 i — зазор между валками, м ;
 Π_k — конечная пластичность каучука;
 f — фрикция;
 n, m, p, f, s — показатели степени (табл. 2.18).

Коэффициент k и показатели степени

Марка каучука	k	n	m	l	p	s
СКН-40	0,006	2,0	0,6	-0,7	0,1	-0,25
СКН-36	0,05	—	—	—	—	—
СКС-30	0,05	—	—	—	—	—
СКС-10	0,04	2,3	0,6	-0,7	0,1	-0,20

Пример. Определить требуемую мощность и выбрать электродвигатель валцов для пластификации каучука марки СКН-40, если $l=2,13$ м; $D=0,66$ м; $P_k=0,48$; $i=2$ мм; $\varphi=1,22$; $\rho=986$ кг/м³; $\omega=1,87$ сек⁻¹; $n=1000$ об/мин.

Значения показателей степени n , m , p , l , s и коэффициента k берем из табл. 218.

Решение. Потребная мощность определяется (2.21)

$$P = 0,06 \cdot 9,86 \cdot 1,875 \cdot 0,66^2 \cdot 2,13^{2,0} \cdot 0,002^{0,6} \cdot 0,48^{-0,7} \cdot 1,22^{0,1} = 65 \text{ кВт.}$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-2-91-9 мощностью 75 кВт при напряжении 380 в и скорости вращения 960 об/мин.

Барабанные и лопастные смесители. Мощность, потребная для работы барабанного смесителя, может быть определена по формулам, приведенным в 2.12.2 для сушильных барабанов. Для лопастных смесителей на преодоление сопротивления сыпучей массы и лобового сопротивления лопастей при их вращении потребная мощность составляет [43]

$$P = P_{с.м} + P_{л.с} \text{ кВт,} \quad (2.22)$$

где $P_{с.м}$ — мощность на преодоление сопротивления сыпучей массы, кВт;

$P_{л.с}$ — мощность на преодоление лобового сопротивления, кВт.

$$P_{с.м} = \frac{g \rho \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\beta}{2} \right)}{60 \cdot 10^3} \sum_1^z [hS (\cos \alpha + k_{тр} \sin \alpha) v_{окр}] \text{ кВт;} \quad (2.23)$$

$$P_{\text{лс}} = \frac{g\rho \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\beta}{2} \right)}{60 \cdot 10^3} \sum_1^z [hS (\sin \alpha - k_{\text{тр}} \cos \alpha) v_{\text{ос}}] \text{ квт}, \quad (2.24)$$

- где h — средняя глубина погружения лопастей в материал, м;
 S — лобовая поверхность лопастей, м²;
 α — угол поворота лопастей, град;
 $k_{\text{тр}}$ — коэффициент трения массы о лопасти;
 ρ — плотность сыпучего материала, кг/м³;
 β — угол естественного откоса смеси, град;
 z — число лопастей на валу смесителя;
 $v_{\text{окр}}$ — окружная скорость в точке приложения к лопасти приведенного лобового сопротивления, м/мин;
 $v_{\text{ос}}$ — осевая скорость той же точки, м/мин;

$$v_{\text{окр}} = 2\pi x n \text{ м/мин},$$

$$v_{\text{ос}} = 1,5\pi k \cdot 2x \sin \alpha \cos \alpha \text{ м/мин},$$

- где k — коэффициент сплошности винтовой поверхности, равный 1 при сплошной поверхности, 0,6—0,7 — для спиральной и 0,4—0,5 — для грибовой;
 n — скорость вращения, об/мин;
 x — ордината точки приложения лобового сопротивления.

Пример. Определить мощность и выбрать электродвигатель лопастного смесителя при $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$; $\beta = 30^\circ$; $z = 2$; $h = 0,05 \text{ м}$; $s = 0,127 \text{ м}$; $\alpha = 17^\circ 40'$; $k_{\text{тр}} = 0,2$; $v_{\text{вр}} = 25 \text{ м/мин}$; $v_{\text{ос}} = 5,2 \text{ м/мин}$; $n = 960 \text{ об/мин}$.

Решение. По формулам (2.22), (2.23), (2.24)

$$P_{\text{вр}} = \frac{9,81 \cdot 900 \cdot \operatorname{tg}^2 60^\circ \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,05 \cdot 0,127 (\cos 17^\circ 40' + 0,2 \sin 17^\circ 40') \cdot 25}{60 \cdot 10^3} = 0,2 \text{ квт};$$

$$P_{\text{ос}} = \frac{9,81 \cdot 900 \operatorname{tg}^2 60^\circ \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,05 \cdot 0,127 (\sin 17^\circ 40' - 0,2 \cos 17^\circ 40') \cdot 5,2}{60 \cdot 10^3} = 0,004 \text{ квт}.$$

Отсюда полная мощность лопастного смесителя $P = 0,2 + 0,004 = 0,204 \text{ квт}$.

По каталогу выбираем электродвигатель типа А-02-11 мощностью 0,4 квт при напряжении 380 в и скорости вращения 960 об/мин.

Центробежные смесители. Общая мощность состоит из суммы мощностей на преодоление сопротивления движению лопастей в сыпучей среде P_1 , на преодоление сопротивления движению конуса P_2 , на подъем материала внутри конуса P_3 , на сообщение кинетической энергии материалу P_4 [43]:

$$P_{\text{общ}} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) \frac{1}{\eta} \text{ кВт}, \quad (2.25)$$

$$P_1 = k \rho_n \cdot \omega^{1,2} l^{2,3} (b \cdot \sin \alpha)^{0,82} h^{1,04} \tau_y \text{ кВт}, \quad (2.26)$$

где k — коэффициент, определяемый по экспериментальным данным и зависящий в основном от твердости материала и его дисперсности;
 ρ_n — насыпная плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 l — длина лопасти, м ;
 ω — угловая скорость, сек^{-1} ;
 α — угол наклона лопасти к горизонту, обычно принимаемый равным 45° ;
 b — ширина лопасти, м ;
 η — к. п. д. всей кинематической схемы приводного устройства;
 h — высота материала над лопастью, м ;
 τ_y — отношение потребной мощности смесителя при установившемся режиме к мощности, измеренной в конце первой минуты после начала смешения (определяют экспериментально).

$$P_2 = P'_2 + P''_2 \text{ кВт}, \quad (2.27)$$

где P'_2 и P''_2 — мощность на преодоление сопротивления по наружной и внутренней поверхности конуса, кВт ;

$$P'_2 = 2,45 \cdot 10^{-3} \pi l \omega h \rho_n k_{\text{тр}} (\cos \gamma + k_n \sin^2 \gamma) (R + r)^2 \text{ кВт}, \quad (2.28)$$

где l — длина образующей конуса, м ;
 h — высота слоя материала снаружи конуса, м ;
 $k_{\text{тр}}$ — коэффициент трения скольжения материала по конусу;
 R и r — радиусы верхнего и нижнего оснований конуса, м ;

γ — угол наклона образующей конуса к горизонту, град;

$k_n = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$ — коэффициент подвижности материала.

$$P_2' = 0,5 \cdot 10^{-3} G' \omega^2 r_n (R + r) k_{тр} \sin \varphi \text{ кВт}, \quad (2.29)$$

где G' — масса материала на внутренней поверхности конуса, кг;

r_n — среднее значение радиуса центра тяжести вращающейся массы, м;

φ — угол между направлением действия центробежной силы и нормалью к поверхности конуса, град.

$$P_3 = 0,0098 Q_k h_k \text{ кВт}, \quad (2.30)$$

где Q_k — производительность конуса, кг/сек;

h_k — высота конуса, м.

$$P_4 = 0,5 \cdot 10^{-3} Q_k v_{окр}^2 \text{ кВт}, \quad (2.31)$$

где $v_{окр}$ — окружная скорость конуса, м/сек.

Пример. Определить потребную мощность и выбрать электродвигатель центробежного смесителя для перемешивания порошков по следующим исходным данным:

$k = 34 \cdot 10^{-3}$; $\tau_y = 2,2$ (по практическим данным); $\omega = 40 \text{ сек}^{-1}$;
 $l = 0,3 \text{ м}$; $b = 0,05 \text{ м}$; $\alpha = 45^\circ$; $h = 0,3 \text{ м}$; $\rho_n = 2160 \text{ кг/м}^3$;
 $h_0 = 0,45 \text{ м}$; $k_{тр} = 0,35$; $\gamma = 60^\circ$; $R = 0,4 \text{ м}$; $r = 0,06 \text{ м}$;
 $G' = 41 \text{ кг}$; $\varphi = 30^\circ$; $Q_k = 10 \text{ кг/сек}$; $v_0 = 13,4 \text{ м/сек}$;
 $\eta = 0,9$; $n = 1500 \text{ об/мин}$.

Решение. По формулам (2.25), (2.30):

$$P_1' = 34 \cdot 10^{-3} \cdot 2160 \cdot 40^{1,2} \cdot 0,3^{2,3} (0,05 \sin 45^\circ)^{0,82} \cdot 0,3^{1,04} \cdot 2,2 = 18,3 \text{ кВт};$$

$$P_2' = 2,45 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 0,52 \cdot 40 \cdot 0,45 \cdot 2160 \cdot 0,35 (\cos^2 60^\circ + 0,07 \cdot \sin^2 60^\circ) (0,32 + 0,06)^2 = 2,37 \text{ кВт},$$

$$\text{где } l = \frac{h_0}{\sin \gamma} = \frac{0,45}{\sin 60^\circ} = 0,52 \text{ м}; \quad k_n = \frac{1 - \sin \gamma}{1 + \sin \gamma} = \\ = \frac{1 - \sin 60^\circ}{1 + \sin 60^\circ} = 0,07;$$

$$P_2'' = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 41 \cdot 40^3 \cdot 0,06 (0,32 + 0,06) 0,35 \cdot \sin 30^\circ = 5,15 \text{ кВт};$$

$$P_3 = 0,0098 \cdot 10 \cdot 0,45 = 0,044 \text{ кВт};$$

$$P_4 = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 13,4^2 = 0,9 \text{ кВт};$$

$$P = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) \frac{1}{\eta} = \frac{18,3 + 2,37 + 0,13 + 0,044 \cdot 0,9}{0,9} = 27 \text{ кВт}.$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-2727 мощностью 30 кВт при напряжении 380 в и скорости вращения 1440 об/мин.

§ 2. 6. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И ГАЗОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Современный нефтеперерабатывающий и газовый заводы в своем энергетическом хозяйстве используют большое количество самого разнообразного электрооборудования. Электроприемники современных нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) работают на различных напряжениях (220, 380, 6000 и 10 000 в). На установках НПЗ применяется и переменный и постоянный ток.

К силовым электроприемникам относят электроприводы насосов, воздуходувок, компрессоров, вентиляторов. В зависимости от мощности, которая колеблется от 0,5 до 6000 кВт, электропривод питается напряжением от 220 в до 10 кв при частоте 50 гц. Основная масса электродвигателей изготовлена во взрывобезопасном, защищенном, продуваемом или других видах специального исполнения (типы электродвигателей КО, МА, ТАГ, КАМО и др.). Режим работы оборудования НПЗ длительной. Нагрузка оборудования равномерная, за исключением аварийных режимов [54].

На этих производствах находят применение преобразовательные установки, предназначенные для питания электрофильтров постоянным током высокого напряжения. Чаще используют преобразователи с механическим выпрямителем малой мощности (до 100 кВт). Нагрузка со стороны первичного напряжения симметричная и равномерная.

НПЗ представляет собой сложный и разнообразный комплекс отдельных технологических установок по переработке сырой нефти, газа и их компонентов. Сочетание этих установок и технологическая схема предприятия зависят от химической природы нефти, содержания в ней

серы, смол, парафина и от конечного продукта предприятия. Наиболее распространенными вариантами технологических схем могут быть: а) топливный, б) топливо-масляно-асфальтовый и в) топливо-масляно-парафиновый [1].

Топливный вариант представляет собой такой способ переработки нефтяного сырья, при котором достигают максимально возможного выхода высокооктановых авиационных и автотракторных горючих, дизельных топлив и топлив для реактивных двигателей; выход мазутов для отопления котельных сводится к минимуму.

При первичной переработке нефти получают дистилляты бензина, лигроина, керосина, дизельного топлива, соляра, тяжелого соляра и гудрон. Перечисленные продукты обеспечивают выход углеводородных газов, из которых получают метан, этан, пропан, пропилен, бутан, бутилен, изобутан и высшие углеводороды. Переработка газов осуществляется на установках сероочистки и на различных газофракционирующих установках [1].

На ряде установок этого варианта технологический процесс возможен при высоких температурах (500—530°C) и большом давлении в зоне реакции (до 70 ат). Эти условия создают повышенную опасность возникновения взрывов и пожаров в случае утечек газа через соединения и фланцы.

В основу *топливо-масляно-асфальтового* варианта переработки нефти положен принцип получения из нее не только моторных топлив, но и высококачественных минеральных масел и битумов (асфальтов).

Топливо-масляно-парафиновый вариант используется для переработки смолистых парафинистых нефтей.

При всех вариантах переработки нефти на различных производственных объектах нефте- и газоперерабатывающих заводов могут создаваться взрыво- и пожароопасные смеси различных категорий и групп, не исключено также наличие корродирующих газов и паров, кислот, щелочей, пыли и влаги [66].

На НПЗ электрооборудование используют в основном для привода технологических механизмов насосов для перекачки сырья и готовых продуктов (легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, кислот и др.), насосов водоснабжения и канализации, различных мешалок для перемешивания компонентов в процессе их

обработки, компрессоров для сжатия до необходимых параметров воздуха и газов, воздуходувок пневматического транспорта (например, катализатора или других пылевидных веществ), газодувок (например, инертного газа), различных транспортеров и шнеков [32].

Значительное место среди электрооборудования НПЗ занимает привод вентиляции помещений, в которых есть взрывоопасные и токсичные пары и газы и где производственный процесс происходит при высоких температурах с большим выделением топлива из системы продувки.

На НПЗ применяют напряжение 380 в для двигателей мощностью до 200—300 *квт* и 3 и 6 *кв* для более мощных. Нагрузка высоковольтных двигателей составляет около 50% всей нагрузки НПЗ [54].

Технологические установки работают обычно круглосуточно, в течение 7200—7800 ч в году и имеют равномерный график с отклонениями не более 10—15%.

По бесперебойности снабжения подавляющее большинство токоприемников относится к II категории и лишь несколько — I (например, насосы уплотнения сальников, печные сырьевые насосы, питание приборов контроля и автоматики и др.). Удельные расходы энергии приведены в табл. 2.19.

Основными механизмами нефтеперерабатывающих производств являются насосы, компрессоры, вентиляторы и другие общепромышленные механизмы.

Расчет мощностей этих приводов приведен в п. 2.2.

§ 2. 7. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЦЕХОВ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

2. 7. 1. Коксовый цех

Особенностью в работе электрооборудования коксового цеха является кратковременный или повторно-кратковременный режим почти всего технологического оборудования при продолжительности включения примерно ПВ — 25%. Это приводит к ухудшению качественных показателей использования электроэнергии коксовым цехом в целом, средневзвешенный коэффициент мощности $\cos \varphi$ по цеху (при использовании двигателей перемен-

Таблица 2

Основные энергетические показатели некоторых технологических установок нефтеперерабатывающих заводов

Шифр установки	Наименование установки	Производительность, тыс. т/ч	Установленная мощность, квт	Кат. ч/т
10/3	ЭЛОУ	750	342	2,16
10/6	ЭЛОУ	2000	1264	2,5
12/2	Атмосферно-вакуумная трубчатка (АВТ)	600	556	5
А-12	То же	1000	479	2,24
А-12/2	То же	2000	1126	2,21
А-12/1	АВТ ЭЛОУ комбинированная	1000	1646	5,55
А-12/2	То же	2000	2717	4,94
22/4	Вторичная перегонка бензина	750	910	5,0
1А	Каталитический крекинг	750	8674	48,5
15/5	Термический крекинг	450	893	11,1
35/5	Каталитический риформинг однопоточный	300	6159	7,2
35/6	То же двухпоточный	300	7359	9,25
35/7	Азеотропная перегонка	150	500	1,5
35/8	Сернокислотная очистка вторичной перегонки	50	254	15,3
24/5	Гидроочистка дизельного топлива	700	5340	27,9
Г-18/1	Непрерывное коксование в необогреваемых камерах	300	5338	13,4
Г-18/1	Контактное коксование	500	2013	13,3
Г-45	Газофрикционирующая	400	1164	7,15
30/3	Сероочистка газа	35	159	12,4
30/4	То же сухого газа	160	196	4,35
25/6	Сернокислотное алкилирование	90	2656	137,2
36/3	Полимеризация пропан-пропиленовой фракции	360	380	2,96
36/2	Деасфальтация гудрона	125	372	9,1
37/3	То же	250	441	5,75
А-37-М	Фенольная очистка масел	61—96	375	25—15,8
39-6	То же	150—	572	112—
39-7	Депарафинизация	265	—	6,8
39/7	То же сдвоенная	125	3897	134
40/2	Обезмасливание газа, двухпоточная установка	250	9615	183
42,3	Контактная очистка масел, трехпоточная	160	4316	109
19/5	Производство строительных и дорожных битумов	330	544	7,65
43/6	Производство катализатора для каталитического крекинга	—	554	—
43/7	Производство катализатора для гидроочистки	—	5658	—
47/2	Производство присадок	—	1701	—
		6,64	180	181,0

ного тока) составляет 0,5—0,6. Нередки случаи, когда его величина снижается до 0,4 [44].

Основными технологическими машинами коксового цеха являются коксовыталькиватели, загрузочные вагоны, двересъемные машины, электровозы, насосы для орошения кокса, механизмы рамп, кантовочные машины (лебедки), конвейеры и грохоты сортировки [88].

Таблица 2.20

Электрооборудование, применяемое в коксовом цехе

Наименование помещения	Категория помещения и характер среды по правилам установки электротехнического оборудования	Тип электродвигателя	Тип светильника
Кантовочные помещения, промежуточные и концевые площадки низа печей	В-Ia	МА-140	ПН-150
Туннели вдоль печей	В-Ia	А, МТ	РН, НО
Промежуточные площадки верха печей	Нормальная	А, МТ	РН, НО
Концевые площадки верха печей, гаражи для двересъемных машин	Нормальная	А, МТ	ПН, НО
Будки гидронасосов на мостах газопроводов	В-Ia	ТАГ	ПН-150
Коксовая рампа с перегрузочной станцией, коксортировка, коксопробная, галерея и мост, коксовая станция башни тушения кокса	Влажная пыльная	МА-140, АО	РН, ПН
Передвижные машины	»	МТ, МТК, МТВ, МТВК	»

Конструктивное исполнение электрооборудования (табл. 2.20) должно соответствовать условиям окружающей среды коксового цеха. Электродвигатели коксовых машин работают на открытом воздухе, но в газозапыленной среде, поэтому наиболее подходящими являются двигатели специальных металлургических (крановых) и рудничных серий МТ, МТК, МТВ, МТВК, МА-140, ТАГ, АО переменного трехфазного тока с продолжительностью включения 25, 40, 60, 100%.

2.7. 2. Химические цехи

Они работают на побочных продуктах коксования (коксовый газ, каменноугольная смола). Число химических цехов на заводе и вид их продукции зависят от количества перерабатываемого угля.

На коксохимическом заводе средней величины имеются следующие химические цехи: цех улавливания химиче-

Таблица 2.21

Электрооборудование, применяемое в химических цехах в зависимости от категории помещения

Наименование помещения	Категория помещения	Тип электродвигателя	Тип светильника
Цех улавливания химических продуктов из коксового газа	Влажное В-I	А ТАГ, ДАЗ	РН и ПН ВЗГ
Отделение конденсации смолы			
Насосная			
Машинное отделение Аммиачно-сульфатное отделение	В-Ia Пыльное, влажное Пары серной кислоты	МА-140 АО-ТАГ, А МА-140	ПН-150 РН РН
Здание сатуратора			
Склад извести			
Насосная обесфеноливающей установки	Нормальная	ДАМ-6, ГАМ-6 АО	УП
Насосная склада серной кислоты, насосная складов реагентов			
Цех сероочистки (мышьяково-содовая очистка)			
Компрессорная	Нормальное	А ДАМ-6, ГАМ-6	РН, ПН
Отделение приготовления растворов			
Пиридиновое отделение			
Насосная	Влажное » В-I	ДАМ-6, ГАМ-6 МА-140	РН РН, ПН ВЗГ
Бензольное отделение			
Насосные скрубберного помещения, склада сырого бензола			
Насосная склада погло- тельных масел	П-I	»	ПН-150
Цех ректификации	В-I	МА-140	ВЗГ
Цех кумароновой кислоты	В-I	ТАГ, МА-140	ВЗГ
Смолоперегонный цех	П-I	МА-140, ТАГ	ПН

ских продуктов из коксового газа, цех ректификации сырого бензола, смолперегонный цех, цех очистки коксового газа от сероводорода (цех сероочистки).

Тип электрооборудования в химических цехах выбирают в соответствии с категорией помещений (табл. 2.21).

К основным химическим машинам цеха улавливания химических продуктов из коксового газа относят: сатураторы сульфата аммония, центрифуги периодического и непрерывного действия, известегасители, газодувки, обесфеноливающие установки, осветители для смолы, кислотные и бензольно-скрубберные установки, нафталиновые отстойники, установки конечного охлаждения газа.

2. 7. 3. Цех ректификации

Цех потребляет незначительное количество электроэнергии, так как оборудование цеха не требует электродвигателей большой мощности и почти все потребители энергии работают в кратковременном режиме.

Основным технологическим оборудованием цеха являются центробежные насосы сероуглеродной колонны непрерывной мойки бензола, кислотные насосы, меланжеры, вентиляторы приточной и вытяжной вентиляции и компрессоры небольшой мощности [88].

Т а б л и ц а 2.22

Средние удельные расходы энергии по основным видам коксохимического производства

Наименование производства	Продукт, т	Норма средняя, катт · ч · т
Коксовый блок	Сухой кокс	1,35
Подготовка угля с углеобогащением, флотацией, механизированным складом	Уголь	10
Без углеобогащения, но с механизированным складом	Уголь	3,5
Цех улавливания:		
сульфатное отделение	Сульфат	36
бензольное отделение	Бензол	280
отделение конденсации газа	Смола	50
Смолперегонный цех	Переработанная смола	11

В табл. 2.22 приведены средние удельные расходы энергии по основным видам коксохимического производства.

Основные потребители электроэнергии на коксохимических заводах работают на напряжении 380 в.

Электроприемниками I категории на коксохимических заводах являются газодувки, насосы охлаждения, коксовые машины и оборудование основных химических цехов; углеподготовка и углеобогащение относятся ко II категории [54].

2. 7. 4. Расчет мощности электроприводов

Кантовочная лебедка коксового цеха. Потребную мощность электродвигателя определяют по формуле [88]

$$P = \frac{Fv}{\eta} \text{ квт}, \quad (2.33)$$

где F — окружное усилие в верхней точке рычага, н;
 v — линейная скорость эксцентриковой шайбы, м/сек;

η — к. п. д. механизма привода, принимаемый равным 0,6—0,7.

Окружное усилие F определяют из зависимости

$$F = F_k \frac{l_1}{l_2} \text{ н}, \quad (2.34)$$

где F_k — усилие на канатах лебедки (для коксовой батареи с количеством печей от 55 до 69 принимают по опытным данным 30 кн), н;

l_1 — длина большого плеча переводного рычага, м;

l_2 — длина малого плеча переводного рычага, м.

Линейную скорость v эксцентриковой шайбы определяют по формуле

$$v = d \frac{DL}{2l_3 t_k} \text{ м/сек}, \quad (2.35)$$

где d — отношение угла поворота эксцентриковой шайбы к углу поворота переводного рычага. В существующих кантовочных лебедках это отношение равно: $d = 180^\circ : 38^\circ = 4,74$;
 D — диаметр эксцентриковой шайбы, м;
 L — перемещение каната, м;
 l_3 — длина большого плеча переводного рычага (нижняя часть рычага), м;
 t_k — время, в течение которого шайба должна повернуться на 180° , сек.

Центрифуги периодического действия химического цеха. Потребную мощность электродвигателя принимают [44]

$$P_{дв} = \frac{P_n}{\eta} \text{ вт}, \quad (2.36)$$

где P_n — потребная пусковая мощность на валу центрифуги, вт;
 η — к. п. д., равный 0,8—0,9.

Потребную пусковую мощность на валу центрифуги определяют по формуле

$$P_n = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \text{ вт}, \quad (2.37)$$

где P_1 — мощность, необходимая для преодоления инерции массы барабана:

$$P_1 = \frac{G_6 v_{окр}}{2g \tau_n} \text{ вт}, \quad (2.38)$$

где G_6 — сила тяжести барабана, н;
 $v_{окр}$ — окружная скорость вращения барабанов, равная $\frac{\pi D_n}{60}$, м/сек;

τ_n — время пускового периода, сек;
 P_2 — мощность, необходимая на преодоление инерции массы материала:

$$P_2 = \frac{0,19 v_6 \rho_2 v_1^2}{g \tau_n} \text{ вт}, \quad (2.39)$$

где ρ — удельный вес суспензии, н/м³;
 v_6 — объем барабана, м³;

P_3 — мощность, необходимая на преодоление трения вала в подшипниках:

$$P_3 = k_{тр} G v_{окр}, \text{ вт}, \quad (2.40)$$

где $k_{тр}$ — коэффициент трения, равный 0,07—0,1;
 G — общая сила тяжести всех вращающихся частей вместе с загруженным материалом, н;
 $v_{окр}$ — окружная скорость вращения цапфы вала, м/сек;
 P_4 — мощность, необходимая для преодоления трения барабана о воздух:

$$P_4 = 10^{-5} R^3 n \text{ вт}, \quad (2.41)$$

где R — наружный радиус барабана, м;
 n — скорость вращения барабана, об/мин.

Воздуходувка и вакуум-насос. Мощность электродвигателей определяют по формуле [44]

$$P = \frac{99 QH}{\eta_n \eta_v} \text{ квт}, \quad (2.42)$$

где Q — объем вытесняемого воздуха, приведенного к нормальным условиям, м³/сек;
 H — разность давлений между всасывающим и нагнетающим патрубками, ат;
 η_n — к. п. д. механической передачи;
 η_v — к. п. д. воздуходувки (механический), принимается в пределах 0,85—0,95.

Пример. Определить мощность электродвигателя для привода ротационной воздуходувки РМК-3, работающей в длительном режиме на флотационной машине, если производительность машины $Q=1,67$ м³/сек при давлении воздуха 1,5 ат и скорости вращения вала $n=975$ об/мин, к. п. д. передачи $\eta_n=0,98$, к. п. д. воздуходувки $\eta_v=0,85$.

Решение. По формуле (2.42) находим

$$P = \frac{99 \cdot 1,67 \cdot 1,5}{0,96 \cdot 0,85} = 304 \text{ квт}.$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа ДАМ-6 трехфазного тока с короткозамкнутым ротором мощностью 310 квт, скорость вращения которого равна 980 об/мин при напряжении сети 380 в.

Шнековый элеватор. Мощность электродвигателя определяют по формуле [44]

$$P = \frac{k_3 Q (k_{x,x} l + h)}{367 \eta_{\Pi}} \text{ кВт}, \quad (2.43)$$

где k_3 — коэффициент запаса (принимается равным 1,2—1,3);

Q — производительность шнекового элеватора, т/ч;

$k_{x,x}$ — коэффициент, учитывающий мощность на холостой ход и на проталкивание продукта в горизонтальном направлении (принимается в пределах от 2 до 3);

l — длина шнека, м;

h — высота подъема продукта, м;

η_{Π} — к. п. д. передачи.

Пример. Определить мощность и тип электродвигателя для привода шнекового элеватора, если производительность его должна быть 10 т/ч при длине $l=6$ м и высоте подъема $h=4$ м. Скорость вращения двигателя должна быть не более 1445 об/мин, к. п. д. привода элеватора $\eta_{\Pi}=0,96$, коэффициент запаса $k_3=1,3$, а коэффициент $k_{x,x}=3$.

Решение. Подставив данные в формулу (2.43), получим

$$P = \frac{1,3 \cdot 10 (3 \cdot 6 + 4)}{367 \cdot 0,96} = 0,81 \text{ кВт}.$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа ТАГ-31-4 трехфазного тока с короткозамкнутым ротором мощностью 0,9 кВт при напряжении 380/220 в и скорости вращения двигателя 1445 об/мин.

Газодувка (эксгаустер). Мощность электродвигателя рассчитывается по формуле [44]

$$P = 0,144 k_3 Q H_1 \left[\left(\frac{H_2}{H_1} \right)^{0,27} - 1 \right] \text{ кВт}, \quad (2.44)$$

где k_3 — коэффициент запаса (принимается равным 1,2—1,3);

Q — производительность газодувки, м³/с;

H_1, H_2 — абсолютное давление всасывания и нагнетания газа, ат.

Пример. Определить мощность электродвигателя для привода газодувки типа О-1200-14, если производительность ее $Q=2200$ м³/с при скорости вращения $n=3200$ об/мин, давлении всасывания $H_1=$

= 3500 мм вод. ст.; давление всасывания $H_1 = 300$ мм вод. ст., коэффициент запаса $k_3 = 1,15$.

Решение. Так как $1 \text{ ат} = 10\,000$ мм вод. ст., то абсолютное давление нагнетания

$$H_2 = 1 + \frac{3500}{10\,000} = 1,35 \text{ ат.}$$

Абсолютное давление всасывания

$$H_1 = 1 - \frac{300}{10\,000} = 0,97 \text{ ат.}$$

Подставив данные в выражение (2.44), получим

$$P = 0,144 \cdot 1,15 \cdot 72000 \cdot 0,97 \left[\left(\frac{1,35}{0,97} \right)^{0,27} - 1 \right] = 1100 \text{ квт.}$$

К установке принимаем асинхронный электродвигатель трехфазного тока типа ДАЗ-1610/4 мощностью 1100 квт при напряжении 6 кв и скорости вращения 1450 об/мин.

§ 2. 8. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

2. 8. 1. Особенности производств пластмассовых изделий

В производстве пластмассовых изделий для питания малых силовых токоприемников используют напряжение 380 в, больших 6—10 кв, осветительных — 220 в. Установленные мощности механизмов находятся в пределах от 1,2 до 250 квт [54].

Режим работы двигателей длительный, но имеется ряд производств, например приводы дозирочных насосов, работающих кратковременно, в течение 10—15 мин в смену.

Нагрузка центрифуг, мешалок и смесителей имеет, как правило, циклический характер. Эти механизмы имеют тяжелые условия пуска и значительную загрузку в начальном периоде работы, после которого она спадает иногда в 2—3 раза.

Для привода мешалок применяется иногда двухдвигательный привод. Более мощный двигатель работает только вначале цикла, а после снижения нагрузки отключается, и в работе остается второй двигатель, менее

мощный. Таким образом обеспечиваются высокие показатели использования электрооборудования.

Удельный расход электроэнергии на 1 т выпускаемой продукции приведен в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Удельные расходы электроэнергии при производстве полиэтилена

Наименование цеха	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т
Очистки этилена	1170
Полимеризации	1450
Грануляции	570
Дистилляции и очистки азота	205
Катализации	105
Легковоспламеняющихся жидкостей	100

2. 8. 2. Расчет мощности электроприводов

Валковые машины. Предназначены для смешивания, диспергирования и каландрования (получения бесконечной ленты регулируемой толщины) термопластичного материала.

Мощность, необходимая для одной пары валков каландра [43]

$$P = 27 \cdot 10^{-4} F_p \sqrt{\frac{i}{R}} v_{\text{окр}} \text{ кВт}, \quad (2.45)$$

где F_p — распорное усилие, н;
 $v_{\text{окр}}$ — окружная скорость валка, м/сек;
 R — радиус валка, м;
 i — величина фактического зазора между валками, м;

$$v_{\text{окр}} = \frac{\pi D n}{60} \text{ м/сек}, \quad (2.46)$$

где n — скорость вращения валка, об/мин;
 D — диаметр валка, м.

Для каландров с числом валков z эффективная мощность

$$P_{\text{эф}} = \frac{\sum_1^z P}{\eta_{\text{маш}} \eta_{\text{п}}} \text{ квт}, \quad (2.47)$$

где $\eta_{\text{маш}}$ — к. п. д. машины;
 $\eta_{\text{п}}$ — к. п. д. привода.

Червячные машины. Служат для переработки термопластов. Мощность привода червячной машины ориентировочно может быть определена по эмпирической формуле [69]

$$P = 0,00353 D^2 n \text{ квт}, \quad (2.48)$$

где D — наружный диаметр червяка, м;
 n — скорость вращения червяка, об/мин.

§ 2. 9. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТЕКЛА, КЕРАМИКИ И ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

2. 9. 1. Особенности электрооборудования при производстве стекла, керамики и вяжущих материалов

На стеклозаводах специфическими механизмами являются стеклотянульные и стеклопрокатные машины. Первые бывают вертикального и горизонтального вытягивания листа стекла; они дают гладкое, прозрачное стекло. Стеклопрокатные машины периодического действия вырабатывают отдельные листы, а непрерывного действия — ленту, разрезаемую после прохождения печи отжига. Полученные из стеклопрокатных машин листы требуют шлифовки и полировки. Эти операции выполняют на автоматизированных конвейерах, оборудованных шлифовальными станками [55].

Стеклотянульные и стеклопрокатные машины, а также рольганги требуют регулирования скорости и поэтому чаще оборудуются приводами постоянного тока [12].

Установленные мощности механизмов стекольных заводов находятся в пределах от 1,0 до 35 квт.

Автоматизированный конвейер шлифовки и полировки стекла имеет от 100 до 200 заблокированных приводов переменного тока: главные приводы, механизмы пере-

кладывания стекла, шлифовальные и полировальные станки, присосные краны и др. — общей мощностью 2500—5850 кВт с максимальной мощностью двигателя до 65 кВт [54].

На заводах железобетонных изделий характерными механизмами являются конвейеры по производству панелей и перекрытий, бетономешалки емкостью от 600 до 4500 л, бетоноукладчики, формовочные машины с вибраторами. Последние работают на повышенной частоте 200 гц при напряжении 220 в, в то время как все остальные приводы переменного тока работают на промышленной частоте 50 гц.

Электрическими процессами на заводах железобетонных изделий являются дуговая и контактная электросварка и электронагрев для предварительного напряжения арматуры.

На современных цементных заводах основными потребителями (более 60% всей нагрузки) являются электродвигатели мощностью 400—1600 кВт для привода сырьевых, угольных и цементных мельниц, компрессоров, дробилок, вращающихся печей и вентиляторов; незначительное количество двигателей низкого напряжения имеет мощность в пределах 60—150 кВт, а большинство — до 60 кВт [7], [9].

Специфическими механизмами цементного завода, определяющими его производительность, являются вращающиеся печи с двигателем мощностью 60—130 кВт. Для приводов шламового питания и угольных шнеков, обслуживающих вращающиеся печи и требующих регулирования скорости, применяют приводы постоянного тока. Для приводов, обслуживающих элеваторы, транспортеры, маслососы, вентиляторы и пр., применяют двигатели трехфазного тока промышленной частоты.

К числу электротехнологических установок цементной промышленности относятся электрофильтры.

Напряжение силовых приемников в промышленности химической технологии стекла, керамики и вяжущих материалов 380 в и для приводов мощностью более 100 кВт равно 3—6—10 кв (приводы крупных насосов компрессоров, дымососов и др.).

Большинство механизмов работают в длительном режиме, иногда периодическими циклами. Производство в целом имеет непрерывный характер [54].

К электроприемникам I категории относятся приводы вращающихся печей цементных заводов, остановка которых может вызвать неравномерный нагрев и деформацию корпуса печи; компрессоры, вентиляторы и насосы, обеспечивающие производственные установки сжатым воздухом и водой. На стекольных заводах электроприемниками I категории являются также машины для вытягивания или проката стекла, все механизмы, обслуживающие стекловаренную печь, конвейеры шлифовки и полировки стекла [54].

Удельные расходы электроэнергии в промышленности химической технологии стекла и вяжущих материалов приведены в табл. 2.24.

Т а б л и ц а 2.24

Удельные расходы электроэнергии в промышленности строительных материалов

Материал	Единица измерения	Удельный расход <i>кат·ч</i>
Портландцемент, мокрый способ	<i>m</i>	130
То же сухой способ	»	38—85
Шлакопортландцемент	»	75
Стекло оконное	»	75—96
Стекло бутылочное	»	70—100
Кирпич красный	1000 шт.	50—100
Кирпич силикатный	»	28
Обжиг извести	<i>m</i>	10—20
Шамотные изделия	»	70
Динасовые изделия	»	65
Магнетитовые изделия	»	70
Кислотоупорные изделия	»	175
Фарфор	»	250—600
Фаянс	»	300—900
Центрифугированный бетон	<i>m</i> ³	80
Вибробетон	»	30
Пиломатериалы	»	35
Деревянные стройдетали	»	50—65
Электронагрев арматуры железобетона	»	3—6

2. 9. 2. Расчет мощности электроприводов

Дробилки. Щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления горных пород.

Мощность на валу щековой дробилки составляет [10]

$$P = \frac{nb\sigma(D^2 - d^2)}{234E} \cdot 10^{-4} \text{ кВт}, \quad (2.49)$$

где b — ширина загрузочного отверстия, см;
 σ — напряжение, возникающее при деформации, н/см²;
 E — модуль упругости данного материала, н/см²;
 D и d — диаметры кусков загружаемого и выходящего из дробилки материала, см;
 n — скорость вращения, об/мин.
 Мощность электропривода конусной дробилки определяют по формуле

$$P = \frac{\sigma^2 n D_{\text{н}} (D^2 - d^2)}{745E} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.50)$$

где $D_{\text{н}}$ — внутренний диаметр наружного конуса, см.
 Валковые дробилки применяют для вторичного мелкого дробления твердых пород. Мощность валковой дробилки с подшипниками качения определяют по формуле

$$P = \frac{lRrn}{17,6} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.51)$$

l — длина валка, см;
 R — радиус валка, см;
 r — радиус шара (кусочек дробимого продукта условно принимается за шар), см;
 n — скорость вращения валков, об/мин.

Шаровая мельница. Предназначена для тонкого размола материалов. Применяется в производстве цемента, тонкой керамики и др. Мощность электродвигателя для мельницы подсчитывают с учетом к. п. д. привода в целом, а также некоторого запаса, необходимого для пуска мельницы и ее загрузки [10], [65].

$$P = \frac{8,7 G \sqrt{R}}{\eta_1 \eta_2} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.52)$$

где G — вес шаров, кг;
 R — радиус мельницы, м;
 η_1 — к. п. д. механизмов мельницы, определяемый в зависимости от конструкции мельницы и привода (обычно $\eta_1 = 0,8 - 0,9$).

γ_2 — коэффициент повышения мощности электродвигателя с учетом пускового момента (при наличии специальных пусковых устройств $\gamma_2 = 0,85—0,95$).

При выборе двигателя вместо специальных пусковых устройств можно применять асинхронную машину с повышенными моментами типа АОП.

Вращающиеся грохоты. Применяют для сортировки и очистки перерабатываемых материалов. Мощность на валу грохота определяется по формуле

$$P = \frac{R \cdot n (G + 13 G_0)}{29,2 \eta} \cdot 10^{-3} \text{ квт}, \quad (2.53)$$

где R — радиус барабана, м;

n — скорость вращения, об/мин;

G — вес самого грохота (барабана с бандажками), кг;

G_0 — вес материала, находящегося в барабане, кг;

η — к. п. д. машины ($\eta = 0,7—0,8$).

Мешалки. Служат для приготовления однородной керамической массы и глазури. Необходимую мощность при пуске можно приближенно определить по формуле [9], [10]

$$P = \frac{z k_c \gamma h \omega^2 (r_2^4 - r_1^4)}{78,4 \eta} \cdot 10^{-3} \text{ квт}, \quad (2.54)$$

где z — число лопастей;

k_c — коэффициент сопротивления (безразмерная величина);

γ — удельный вес жидкости, н/м³;

h — высота лопасти, м;

ω — угловая скорость вращения лопасти, рад;

r_1 — внутренний радиус вращения лопасти, м;

r_2 — наружный радиус вращения лопасти, м;

η — к. п. д. привода.

Коэффициент k_c имеет разные значения в зависимости от отношения ширины лопасти $b = r_2 - r_1$ к ее высоте h :

$\frac{b}{h}$	1	2	4	10	12	18
k_c	1,10	1,15	1,2	1,29	1,4	2,0

При выборе электродвигателя необходимо учитывать, что вследствие большого пускового момента мощность, необходимая для работы мешалки, составляет 20—50% мощности установленного электродвигателя. В данном случае большой эффект дает применение специальной модификации асинхронного двигателя с повышенным моментом типа АП или АОП.

Мощность электродвигателя для пропеллерной мешалки подсчитывается по формуле

$$P = \frac{k_1 k_2 \gamma S_0 h n_b^3 \cos^4 \beta}{13,3 \eta_1 \eta_2} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.55)$$

где k_1 — коэффициент возврата жидкости, принимаемый равным 0,7—0,8;

k_2 — коэффициент сечения потока лопастями винта, который обычно выбирают в зависимости от конструкции в пределах 0,7—0,8;

γ — объемный вес жидкости (суспензии), н/м^3 ;

S_0 — ометаемая винтом площадь, равная $\frac{\pi D_b^2}{4} \text{ м}^2$,

(D_b — наружный диаметр винта, м);

h — шаг винта, равный $2\pi \cdot r \cdot \text{tg } \beta$; м

n_b — скорость вращения винта, об/мин;

β — угол наклона поверхности лопастей винта к плоскости вращения; при переменном угле берут его среднее значение в пределах 15—45°;

η_1 — к. п. д. винта, принимаемый обычно равным 0,6—0,8;

η_2 — к. п. д. привода, принимаемый равным 0,8—0,9.

Винтовой пресс. Предназначен для формирования изделий. Мощность, необходимую для привода винтового пресса, определяют по формуле [10]

$$P = \frac{Q \rho n}{6 \eta_1 \eta_2 \eta_3} \text{ кВт}, \quad (2.56)$$

где Q — производительность пресса при выпуске массы, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ρ — удельное давление прессования, н/см^2 ;

n — скорость вращения, об/мин;

- η_1 — к. п. д. прессующего винта, учитывающий потери на трение лопастей винта пресса; принимают $\eta_1 = 0,3—0,5$;
- η_2 — общий к. п. д. передач от электродвигателя на вал прессующего винта, зависит от скорости вращения электродвигателя, от конструкции передач и подшипников, обычно принимают $\eta_2 = 0,75—0,80$;
- η_3 — коэффициент, учитывающий расход энергии на привод падающего вала или лопастей и на преодоление трения о поверхность загрузочной коробки и цилиндра пресса; принимают $\eta_3 = 0,4—0,6$.

В и б р а т о р ы. Применяются для уплотнения бетонной смеси.

Номинальная мощность вибратора [10]

$$P = P_k + P_n \text{ кВт}, \quad (2.57)$$

где P_k — мощность на колебания, кВт;

$$P_k = Fa_1 \omega \sin \delta \cdot 10^{-5} \text{ кВт}, \quad (2.58)$$

δ — угол сдвига фаз в бетоне между перемещением вибратора и направлением эксцентрика, который приближенно принимается равным $20—30^\circ$.

F — возмущающая сила вибратора, н; $F = \frac{mR\omega^2}{9,81}$;

a_1 — амплитуда колебания вибратора;

ω — угловая скорость вала вибратора, рад;

m — масса неуравновешенной части вибратора, н;

R — расстояние от оси вращения вала с дебалансами до центра тяжести дебаланса, см;

P_n — внутренние потери вибратора в зависимости от частоты колебаний и конструкции (0,1—0,3 кВт).

Ц е н т р и ф у г а. Применяется для уплотнения бетона.

Мощность, необходимая для разгона формы с бетоном, вычисляется по формуле [10]

$$P = \frac{M_{\max} n}{9,55 \eta k} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.59)$$

где $M_{\text{макс}}$ — наибольший статический момент, который должен преодолеть электродвигатель в начальный момент поворота формы с бетоном; зависит от угла естественного откоса бетона, который в процессе разгона формы является одновременно углом внутреннего трения бетона.

$$M_{\text{макс}} = Gy \sin \alpha \frac{1}{9,81} \text{ н} \cdot \text{м},$$

при $\alpha = 90^\circ$ статический момент будет наибольшим:

$$M_{\text{макс}} = \frac{Gy}{9,81} \text{ н} \cdot \text{м};$$

n — скорость вращения при распределении бетона, об/мин;

k — кратность наибольшего момента электродвигателя;

η — к. п. д. передач центрифуги, равный 0,8—0,85;

G — вес бетона, кг;

y — расстояние от оси трубы до центра тяжести сегмента, площадь которого равна площади формуемой трубы, м;

α — угол смещения центра тяжести сегмента, град.

§ 2. 10. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Предприятия этой отрасли производят:

- 1) азотную кислоту и продукты органического синтеза;
- 2) кальцинированную и каустическую соду и ряд производных продуктов;
- 3) фосфорные минеральные удобрения — суперфосфат с рядом сложных удобрений на этой основе;
- 4) серную кислоту, которая является основой для получения суперфосфата и является необходимым продуктом, широко применяемым в целом ряде других отраслей промышленности.

Производством азототуковых заводов является: аммиачная селитра, аммиак, карбонин (мочевина), слабая азотная кислота, капролактамы, побочные продукты сульфата аммония, крепкая серная кислота [20].

Основным оборудованием в производстве аммиака путем конверсии природного газа являются трубчатые печи. Перерыв в питании электроприемников этого производства и в особенности электроприемников, связанных непосредственно с работой трубчатых печей (нагнетатели природного газа, компрессоры воздуха и др.), может привести к быстрому изнашиванию или к повреждению трубчатых печей, а также подогревателей воздуха и газа в отделении конверсии метана. Восстановление технологического процесса в этом отделении зависит от продолжительности перерыва и требует значительного времени, исчисляемого днями и даже неделями. Перерыв в питании электроприемников производства капролактама, помимо нарушения сложного технологического процесса и недоотпуска продукции, может привести к нарушению условий безопасности труда. Поэтому эти производства относят к нулевой категории электроприемников [20]. Электроснабжение таких электроприемников должно осуществляться от двух независимых источников питания с устройством автоматического ввода резерва (АВР). Кроме того, должен быть предусмотрен третий независимый источник энергии для питания наиболее ответственных электроприемников, необходимых для поддержки производства на минимально допустимом уровне с сохранением условий безопасности работы, либо для его безаварийной остановки. В качестве третьего независимого источника энергии могут быть использованы передвижные электростанции, ближайшие городские электростанции, а также другие независимые источники энергии [20].

К электроприемникам нулевой категории относятся: насосы и вентиляторы установок конверсии метана и окиси углерода, аппаратура отделения очистки от углекислоты, центробежные насосы противопожарного водопровода в производстве аммиака, центробежные насосы, вентиляторы, компрессоры в производстве капролактама гидрированием бензола (см. табл. 6 приложения).

К электроприемникам I категории относится боль-

шая часть электрооборудования производства аммиака, капролактама, ацетилена (см. табл. 1.1), а к электроприемникам II категории — электрооборудование производства разбавленной (аммиачная селитра) [54].

Помещения вышеперечисленных производств относятся к взрывоопасным.

Производство кальцинированной каустической соды основано на использовании двух основных видов сырья: известняка и поваренной соли. Процесс заключается в ряде химических реакций и преобразований, происходящих в закрытой крупноблочной и крупногабаритной аппаратуре (обжиг известняка, абсорбция, дистилляция, карбонизация, кальцигеноция и складирование). Несмотря на меры, предусматриваемые технологией, среда этих производств является химически агрессивной по отношению к электрооборудованию (особенно в условиях неисправностей и аварий технологического оборудования). Основными источниками химической агрессивности среды являются: известковая и содовая пыль, пары аммиака и углекислоты, раствор поваренной соли, которые снижают уровень электрической изоляции [57].

Аммиачные установки, входящие в состав установок производства соды, являются взрывоопасными. По условиям надежности электроснабжения часть потребителей производства соды относится к I категории (вращающиеся печи кальцинации, часть насосов абсорбции и дистилляции, печи обжига известняка и установки так называемого известнякового молока). Остальная часть потребителей относится ко II категории (обеспечивается повышенной надежностью). Перерывы электроснабжения длительностью более 10 мин нарушают технологический процесс, который может быть восстановлен только в течение 24 ч, при этом теряется значительное количество ценных химикатов.

Производство фосфорных минеральных удобрений основано на использовании апатитов или фосфоритов. Среда является химически агрессивной по отношению к электрооборудованию. Источниками агрессивности являются участвующие в процессе кремнефтористоводородная и фосфорная кислоты, активно разрушающие металлы и изоляцию. Кроме того, готовый продукт — сульфат перфосфат, содержащий некоторое количество кислоты,

также нарушает контактные соединения и изоляцию электрооборудования. Особенно сильное разрушающее действие среды может наблюдаться в случаях аварий и неисправностей технологического оборудования.

По условиям надежности электроснабжения производство фосфорных минеральных удобрений относят ко II категории (обеспечивается повышенная надежность). При перерывах электроснабжения на несколько часов последующее восстановление производственного процесса может длиться до 24 ч.

Производство серной кислоты основано на использовании колчедана или серы. Среда является особо химически агрессивной по отношению к электрооборудованию. Источником агрессивности могут быть выделяемые в газообразном состоянии серный и сернистый ангидриды, которые, активно соединяясь с влагой атмосферы, образуют серную и сернистую кислоты. Эти вещества обладают большой агрессивностью к алюминию, меди, железу, к электрической изоляции. Необходимо отметить, что серный и сернистый ангидриды в больших количествах могут выделяться в атмосферу как при неисправностях технологического оборудования, так и в случаях прекращения подачи электроэнергии.

Помещение для производства серной кислоты невзрывоопасно, за исключением склада серы, который является взрывоопасным и по этим условиям относится к категории В-II. По условиям надежности электроснабжения производство серной кислоты относится ко II категории (обеспечивается повышенная надежность). Из-за перерывов электроснабжения в течение более 24 ч на восстановление технологического оборудования требуется несколько суток. Кроме того, при остановках теряется большое количество серной кислоты, являющейся ценным продуктом [57].

На предприятиях рассматриваемых производств для питания силовых токоприемников получило распространение напряжение 500 в, а для осветительных — 380/220 в. Применение напряжения 500 в основано на специфических условиях производств (взрывоопасность, коррозия оборудования), при этом трансформаторные подстанции строятся в виде отдельно стоящих зданий, не связанных с производственными корпусами [54].

Соответственно характеру технологического оборудо-

вания рассматриваемых производств мощностью (турбокомпрессоры).

Для двигателей мощностью свыше 250 кВт применяются напряжения 3 и 6 кв. Напряжение 6 кв практически является предельным для двигателей, устанавливаемых во взрывоопасных помещениях; ПУЭ допускают применение двигателей напряжением 10 кв и выше только в исполнении, продуваемом под избыточным давлением [89].

Удельные расходы электроэнергии на тонну продукции данных производств приведены в табл. 2.25. Основными механизмами данных производств являются насосы, компрессоры, вентиляторы. Расчет электроприводов этих механизмов приведен в § 2.2.

§ 2.11. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Электротермические производства являются крупными потребителями электроэнергии не только в масштабе предприятия, но и для всей страны. При этом их доля в общем энергопотреблении непрерывно возрастает.

Существуют следующие основные промышленные способы получения тепловой энергии из электрической.

1. В электрических печах сопротивления за счет тепловых потерь, пропорциональных квадрату тока и сопротивлению. В качестве нагревательных элементов используют различные спирали, полосы, стержни, изготовленные из металлических сплавов, а также на основе угля, графита и других материалов. Сами нагреватели не меняют своего химического состава и формы при высоких температурах (1600—3000°C). Принцип передачи тепла нагреваемому телу обычно основан на лучеиспускании, конвекции или электропроводности [54].

2. В дуговых электропечах дуга возникает между электродами или между электродами и нагреваемым металлом, создавая температуру свыше 2000°C.

3. В установках индукционного и диэлектрического нагрева за счет потерь от индуцированных в металле токов, возникающих при переменном магнитном поле, или за счет токов смещения в диэлектрике, находящемся в переменном электрическом поле.

Таблица 2.25

**Удельные расходы электроэнергии азототуковых заводов
по цехам и отдельным установкам**

Наименование производств и цехов	Уд. расход, квт·ч/т	Наименование производств и цехов	Уд. расход, квт·ч/т
Производство аммиака на природном газе		Производство метана на природном газе	
Цех разделения воздуха	350	Цех разделения воздуха	610
Газовый цех	50	Цех конверсии	43
Холодильные установки	68	Цех водоочистки	130
Цех компрессии	1030	Цех синтеза метанола	163
Цех водоочистки	128	Цех ректификации метанола	13
Цех моноэтаноламинной очистки	12	Цех компрессии	890
Цех медноаммиачной очистки	70	Общезаводские нагрузки	160
Цех синтеза аммиака	100	Производство метанола на газогенераторном газе	
Общезаводские нагрузки	110	Цех разделения воздуха	544
Производство аммиака на газогенераторном газе		Цех водоочистки	79
Газогенераторный цех	123	Цех синтеза метанола	147
Цех компрессии	1150	Цех сероочистки	11
Цех водоочистки	300	Цех конверсии окиси углерода	14
Цех сероочистки	10	Газогенераторный цех	300
Цех синтеза аммиака	120	Цех компрессии	1380
Цех конверсии углерода	14	Цех ректификации метанола	30
Цех разделения воздуха	273	Общезаводские нагрузки	225
Цех медноаммиачной очистки	98	Производство слабой азотной кислоты	
Общезаводские нагрузки	180	Цех слабой азотной кислоты (при повышенном давлении)	276
		То же (при нормальном давлении)	258

Возможны комбинированные установки, в которых используются два из указанных способов, например дуговые печи сопротивления, руднотермические электропечи.

В последние годы появились так называемые плазменные горелки. Их принцип основан на пропускании

струй горящего газа через электрическую дугу. В процессе превращения газа в плазму происходит выделение огромного количества ранее связанной атомной энергии. При небольшом объеме печи температура может повыситься до 17—50 тыс. град, что во много раз выше температуры солнца.

Последние достижения техники позволяют использовать для нагрева электронные лучи, позволяющие регулировать концентрацию тепловой энергии от чрезвычайно высокой (5000 квт/мм² при сечении луча в 0,1 мм²) до низкой при рассеянном луче (этим способом возможен отжиг металлической ленты в вакууме).

Одним из основных преимуществ использования электроэнергии для нагрева в промышленности является возможность его автоматизации, причем при поддержании заданного температурного режима обеспечивается высокая точность.

Рассмотрим основные конструктивные и принципиальные варианты электрических печей.

Электрические печи сопротивления косвенного действия. Они бывают с металлическими или керамическими нагревателями. Их применяют для сушки изделий после окраски, а также для нагрева пластмасс, различных жидкостей и газов. Максимальная температура 2000°С достигается при молибденовых нагревателях. Существует специальная герметичная печь сопротивления для лабораторных исследований мощностью 200 квт с температурой 3100°С.

В химической промышленности этот принцип используют для нагрева жидкостей и газов. Трубы такого нагревателя, выполненные в виде спирали, служат для прохождения жидкости или газа и одновременно представляют собой тело нагрева. Для этого их изолируют от корпуса с обоих концов, подводя напряжение от специального трансформатора. Схема включения может также иметь среднюю точку. Для этих устройств принято напряжение 70—150 в, ток до 10 ка при мощности до 1500 квт [54]. Эта система дороже, чем индукционный нагрев тех же труб, однако последний возможен только до точки Кюри — 730°С, в то время как описанным методом возможно получение температур до 1000°С.

Электронагрев имеет широкое применение в производстве изделий из пластмасс. Мощность нагрева пресс-

форм, например труб диаметром до 110 мм, достигает 13,5 кВт при удельном расходе электроэнергии 200—500 кВт·ч/т. Удельные расходы энергии, включая предварительный нагрев токами высокой частоты, при прессовании изделий из таблеток весом 20—200 г составляют от 600 до 1600 кВт·ч/т, а в прессово-литьевых машинах, выпускающих изделия из полистирола весом 35—150 г, — 200—300 кВт·ч/т [54].

Мощность нагрева в червячных прессах для покрытия кабелей пластиком составляет при диаметре кабеля до 120 мм 40—65 кВт при удельном расходе электроэнергии 200—300 кВт·ч/т. При диаметре кабеля до 200—250 мм мощность электронагрева достигает 160—260 кВт, не считая мощности электропривода червячного пресса (55—170 кВт) [54].

Напряжение питания для однофазных печей сопротивления принято равным 220 или 380 в, а для трехфазных — не выше 380 в. В некоторых случаях применяют трансформаторы, понижающие напряжение сети 500 и 660 в до величин, дающих наиболее оптимальные режимы работы нагревателей для данной технологии.

Электроды сопротивления прямого действия. Сюда относят однофазные машины контактного нагрева, заготовок, применяемые при прокатке, мощностью до 1500—2000 ква, при ковке и штамповке мощностью 200—300 ква, машины нагрева прутков для навивки стальных пружин, нагрева стальных и алюминиевых труб и т. п. Во всех этих машинах нагреваемый предмет зажимается между электродами, и через него непосредственно проходит ток пониженного напряжения, получаемый от специальных трансформаторов.

Удельный расход электроэнергии при контактном нагреве заготовок диаметром 20—30 мм для штамповки иковки составляет, по опыту Горьковского автозавода, 25 кВт·ч/т.

В деревообрабатывающей промышленности при склеивании древесины применяется контактный прямой нагрев жести, прокладываемой между прессуемыми и склеиваемыми пластинами [24].

Этот же принцип применим для стекловаренных печей, в которые закладываются электроды. Нагрев происходит здесь за счет потерь от прохождения тока через

жидкую массу расплавленного стекла, которая при высоких температурах становится проводником. Мощность стекловаренных печей колеблется в широких пределах — от 400 до 4000 квт; питаются они от трехфазных трансформаторов, подающих к электродам ванны напряжение 50—150 в. Удельный расход электроэнергии при варке стекла составляет 400—2400 квт·ч/т.

Напряжение питания в зависимости от мощности установки принято 380, 500, 600 в или 3, 6, 10 кв. Частота промышленная — 50 гц [50].

Режим работы печей сопротивления, как прямого, так и косвенного действия, большей частью длительный, но иногда и повторно-кратковременный, что зависит от принятой технологии. В автоматизированных поточных производствах установки работают по заданному циклу, в который входят периоды загрузки и выгрузки изделий, когда электрическую нагрузку снимают полностью или частично. Такие циклы продолжаются иногда до 36 ч (графитировочные печи) [54].

По степени бесперебойности электроснабжения печи сопротивления относятся в большинстве случаев ко II категории.

Установки индукционного нагрева металлов токами нормальной частоты. Получили широкое распространение в химической промышленности для нагрева жидкостей и газов, помещенных в стальной сосуд или трубопровод. Иногда применяется система трубопроводов, подобная беличьей клетке ротора, где нагрев происходит за счет токов, индуцируемых вращающимся магнитным полем; поле создается обмоткой статора, расположенной вокруг системы трубопроводов.

Установки диэлектрического нагрева. Здесь используется нагрев диэлектриков за счет токов смещения в переменном электрическом поле, созданном между двумя электродами, которые являются как бы обкладками конденсатора. В установках применяют высокую частоту — от сотен килогерц до десятков мегагерц. Подобные печи находят применение для нагрева дерева, фарфора, пластмасс, порошков, бумаги.

Наиболее широкое применение диэлектрический нагрев находит в производстве изделий из пластмасс, где исходное сырье в виде таблеток или порошков перед

закладкой в прессформу предварительно нагревается токами высокой частоты. Мощность этих установок, работающих на частоте 25—40 Мгц, составляет от 1 до 10 квт.

Для сварки пленок из пластика применяется диэлектрический нагрев при частотах 38—40 кгц с мощностью установки до 3 ква.

Широкому применению диэлектрического нагрева для сушки дерева препятствует дефицит и высокая стоимость электроэнергии, вследствие чего практически применяется комбинированная сушка: одновременно и диэлектрическая, и обычная (паровая и пр.). Только для крупных сечений древесины в колодочном и шпульном производствах, в судостроении, в поточной технологии применяют исключительно диэлектрический нагрев.

Успешно применяют диэлектрический нагрев в производстве фанеры, листы которой перекалывают металлическими листами (обкладки конденсаторов). При обжати на прессах слои фанеры склеиваются быстрее с подогревом токами высокой частоты. При этом удельный расход электроэнергии 80—90 квт·ч/м³.

Источниками высокой частоты 10^6 — 10^8 гц служат ламповые генераторы, мощность которых достигает 500—1200 квт.

Напряжение питания преобразователей в зависимости от мощности составляет 380, 500, 600 в или 3, 6, 10 кв. Режим работы нагревательных установок повторно-кратковременный или циклический.

Все установки диэлектрического нагрева являются потребителями трехфазного тока промышленной частоты, так как обычно они работают в блоке по схеме генератор — потребитель.

По степени бесперебойности электроснабжения установки индукционного и диэлектрического нагрева относятся ко II категории.

§ 2. 12. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

2. 12. 1. Краткая характеристика лакокрасочных производств

В ближайшие годы предусмотрено значительно расширить выпуск малотоннажной химической продукции, обновить и пополнить ассортимент синтетических кра-

сителей, лаков и красок. За пять лет продукция анилинокрасочной промышленности увеличится по сравнению с 1965 г. более чем на 40% [60], [61].

Лакокрасочная промышленность выпускает красители разных классов и разнообразных свойств, при производстве которых применяются многочисленные органические продукты и разнообразное минеральное сырье. Многие виды сырья и готовых красителей являются огнеопасными и взрывоопасными веществами. Классификация помещений по пожаро- и взрывоопасности отражена в табл. 2.26 [61], [35]. Выбор исполнения электродвигателей ведется согласно табл. 1.3, 1.5.

Таблица 2.26

Классификация помещений по пожаро- и взрывоопасности

Помещение	Классификация помещений по ПУЭ
Производство азокрасителей	
Отделения диазотирования, сочетания, высаливания и фильтрации азокрасителей	сырые с выделением паров кислот В-IIa В-IIa П-IIa
Сушильное отделение	
Размольно-смесевое отделение	
Склад готовой продукции	
Производство лаковых красок	
Отделение подготовки и загрузки твердого сырья	В-Iб
Отделение составления рецептур	В-Ia
Отделение доведения термомассы до требуемой консистенции	В-Ia
Цеховая лаборатория	В-Iб
Отделение формовки, фасовки и упаковки готовой продукции	В-Ia
Вентиляционные вытяжные установки	В-Ia

2. 12. 2. Расчет мощности электроприводов

Краскотерочные машины. Исходным материалом, поступающим в валковые машины на обработку, является замес, т. е. грубая смесь пигмента со связывающим.

Полезная мощность машины, необходимая на обработку пасты, определяется по формулам [43]:

при соотношении скоростей вращения валков 1: 3: 9

$$P = 1,77 v_0^2 \mu_1 l \sqrt{\frac{R}{i_0}} \left(1 + 0,1724 \frac{\mu_{11}}{\mu_1} \right) \cdot 10^{-3} \text{ квт}; \quad (2.60)$$

при соотношении скоростей вращения валков 1:3:9

$$P = 1,825 v_0^2 \mu_1 l \sqrt{\frac{R}{i_0}} \left(1 + 0,1812 \frac{\mu_{11}}{\mu_1} \right) \cdot 10^{-3} \text{ квт}, \quad (2.61)$$

где v_0 — окружная скорость валка, имеющего наибольшую скорость, м/сек;

μ_1, μ_{11} — вязкость пасты при проходе ее через первый и второй зазоры между валками, н·сек/м²;

l — длина рабочей части валка, м;

R — радиус валков, м;

i_0 — величина зазоров между 1 и 2-м валками, м.

Пример. Определить потребную мощность краскотерочной машины по следующим исходным данным: диаметр валков — 0,4 м; длина — 0,9 м; скорость вращения первого валка — 200 об/мин; соотношение скоростей вращения валков 1:2:4; $i_0 = 0,0001$ м; $\mu_1 = 7,36$ н·сек/м²; $\mu_{11} = 15$ н·сек/м².

Решение. Окружная скорость переднего валка

$$v_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 0,4}{60} = 4,18 \text{ м/сек.}$$

Потребная мощность

$$P = 1,776 \cdot 4,18^2 \cdot 7,36 \cdot 0,9 \sqrt{\frac{0,2}{0,0001}} \left(1 + 0,1724 \frac{15}{7,36} \right) \cdot 10^{-3} = \\ = 12,42 \text{ квт.}$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-2-71-7 мощностью 13 квт при напряжении 380 в и скорости вращения 730 об/мин.

Дробилки щековые. Потребная мощность на приводном валу [43]

$$P = \frac{An}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ квт}, \quad (2.62)$$

где A — работа, затрачиваемая на дробление, дж;
 n — число качаний щеки в секунду;

$\eta = (0,6-0,7)$ — коэффициент полезного действия дробилки.

Для дробилок отечественного производства мощность электродвигателя достаточно точно определяется по эмпирической формуле

$$P = 39 n S^{1,25} \text{ квт}, \quad (2.63)$$

где n — число качаний щеки в секунду;

S — площадь загрузочного отверстия, m^2 ; $S = bl$;

b — ширина загрузочного отверстия, m ;

l — длина загрузочного отверстия, m ;

Пример. Щековая дробилка имеет скорость валков — 170 об/мин, ширину загрузочного отверстия $b = 900$ мм, длину загрузочного отверстия $l = 1200$ мм. Определить мощность электропривода дробилки.

Решение. По формуле (2.63) находим:

$$P = 39 \cdot \frac{170}{60} (0,9 \cdot 1,2)^{1,25} = 121,5 \text{ квт}.$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа А-101-4 мощностью 125 квт при напряжении 380 в и скорости вращения 1450 об/мин.

Дробилки валковые. Потребная мощность на валу дробилки [43]

$$P = 720 l D n \left(d + \frac{D^2}{120} \right) \text{ квт}, \quad (2.64)$$

где l — длина валков, m ;

D — диаметр валков, m ;

d — максимальный размер загружаемых кусков, m ;

n — скорость вращения валков, об/сек.

Пример. Валковая дробилка имеет скорость вращения валков $n = 3,7$ об/сек; диаметр валков $D = 1400$ мм; длина валка $l = 700$ мм; максимальный размер загружаемых кусков $d = 70$ мм. Определить мощность электропривода дробилки.

Решение. По формуле (2.64)

$$P = 720 \cdot 0,7 \cdot 1,4 \cdot 3,7 \left(0,07 + \frac{1,4^2}{120} \right) = 225 \text{ квт}.$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-113-4 мощностью 250 квт при напряжении 6 кв и скорости вращения 1460 об/мин.

Мельницы шаровые. Мощность на валу с достаточной точностью определяется по эмпирической формуле [43]

$$P = \frac{km_3\sqrt{R}}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (2.65)$$

где m_3 — общая масса загрузки барабана, равная $m_3 = m_T + m_M$;

$$m_T = v_0 k_3 k_0 \rho_T;$$

v_0 — рабочий объем барабана, м^3 ;

ρ_T — плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;

k_3 — коэффициент заполнения мельницы (0,3—0,4);

k_0 — коэффициент, учитывающий долю объема, занимаемого мелющими телами; для шаров и стержней можно принять $K_0 = 0,6$;

m_T — масса мелющих тел, кг ;

m_M — масса материала в мельнице; при заполнении барабана металлическими мелющими телами $m_M = 0,11 m_T$; при заполнении барабана керамическими телами $m_M \cong m_T$;

k — коэффициент, значения которого в зависимости от вида мелющих тел и коэффициента заполнения приведены в табл. 2.27;

η — к. п. д. привода;

R — внутренний радиус барабана, м .

Таблица 2.27

Зависимость коэффициента k от коэффициента заполнения β

Вид мелющих тел	β				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Кремниевая галька	13,85	12,75	11,45	9,9	8,1
Стальные шары:					
крупные	12,4	11,45	10,3	8,85	7,3
мелкие	12	11,45	9,9	8,55	7,07

Пример. Шаровая мельница имеет диаметр барабана 2000 мм; к. п. д. привода 0,85; масса мелющих тел (стальных шаров) $m_T = 19\,000$ кг.

Решение. Определяем массу загрузки барабана

$$m_s = 1,12 \quad m_r = 1,12 \cdot 19000 = 21\,300 \text{ кг.}$$

По формуле (2.65) определяем мощность электропривода мельницы

$$P = \frac{8,85 \cdot 21\,300 \cdot 1}{10^3 \cdot 0,85} = 222 \text{ квт.}$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-113-4 мощностью 250 квт при напряжении 6 кв и скорости вращения 1460 об/мин.

Барабанные сушилки. Мощность на валу барабанной сушилки определяют по формуле [43]

$$P = \frac{M_{кр} n}{9550 \eta} = k_1 k_2 \text{ квт,} \quad (2.66)$$

где

$$n = \frac{k_3 k_4 l_6}{\tau D_6 \operatorname{tg} \alpha} \text{ об/мин;}$$

$$M_{кр} = l_6 k (G_6 + 0,785 D_6^2 k_5 \gamma_n) \text{ н.м,}$$

где

- τ — время сушки, мин;
- D_6 — диаметр барабана сушилки, м;
- γ_n — насыпной удельный вес материала, н/м³;
- l_6 — длина барабана, м;
- α — угол наклона оси барабана, равный 0,5—5°;
- k_3 — коэффициент, зависящий от конструкции барабана (при подъемнолопастной насадке равен 0,5, при секторной без насадок — 1,0);
- k_4 — коэффициент, равный для легкого материала 0,2, для тяжелого 0,7 (при протокте) и 0,5 (при противотоке);
- k — приведенный коэффициент трения;
- G_6 — вес сушильного барабана, кг; определяется по следующим данным:

D_6	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2200
G_6	10790	12750	15200	18630	20600	24520	26980
k	$4 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$

- η — к. п. д. привода;
 k_2 — коэффициент, зависящий от типа уплотнения: при сальниковом — 1,1, при лабиринтовом — 1,0;
 k_1 — коэффициент, учитывающий эксцентриситет;
 k_3 — коэффициент заполнения барабана материалом.

Для сушилок с насадками крутящий момент

$$M_{кр} = l_6 k G_6 + 0,785 k_6 D_6^2 k_5 \gamma_n (l'_k + l''_k + l_6 k) \text{ н} \cdot \text{м}, \quad (2.67)$$

где k_6 — коэффициент, учитывающий влияние насадок на крутящий момент;

l'_k, l''_k — длина насадки и приемной камеры, м.

Пример. Определить мощность электропривода барабана сушилки, если крутящий момент $M_{кр} = 700 \text{ н} \cdot \text{м}$, скорость $n = 6 \text{ об/мин}$; коэффициенты $k_1 = 1,2$; $k_2 = 1,1$; $\eta = 0,7$.

Решение. По формуле (2.66) определяем мощность электропривода:

$$P = \frac{700 \cdot 6}{9551 \cdot 0,7} \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cong 0,9 \text{ квт.}$$

По каталогу выбираем электродвигатель типа АО-2-22-2 мощностью 1,1 квт при напряжении 380 в и скорости вращения 960 об/мин.

Глава 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

§ 3. 1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОСВЕЩЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Для успешного выполнения различных операций и работ электрическое освещение в производственных помещениях должно отвечать следующим требованиям [39].

1. Рабочий должен хорошо видеть место своей работы и расположенную вокруг него часть помещения. Для этого на рабочем месте и во всем помещении должна быть создана необходимая для данных условий работы освещенность.

2. Светильники не должны оказывать слепящего действия, которое возможно при неправильном их выборе, недостаточной высоте подвеса или неудачном размещении по помещению. Свойства светящихся поверхностей ослеплять наблюдателя называют блескостью. Необходимо принимать меры по ослаблению прямой и отраженной блескости.

3. Большое значение для многих химических производств имеет правильный выбор источника света по спектральному составу. Это прежде всего цехи, в которых необходимо различать цвета и цветовые оттенки так же хорошо, как при естественном (дневном) освещении. Различие в восприятии разных цветов вызвано тем, что в спектре белого естественного света содержится больше сине-фиолетовых лучей и меньше красных, а в спектре ламп накаливания преобладают красные лучи, а сине-фиолетовых явно недостаточно. С выпуском люминесцентных ламп оказалось возможным производить работы в этих цехах круглосуточно, так как отдельные типы ламп излучают световой поток, близкий по цветности к естественному, а разница цветов при естественном и искусственном освещении практически становится незаметной.

Учитывая, что люминесцентные лампы позволяют в 2,5 раза повысить величины освещенности по сравнению с лампами накаливания при том же расходе электро-

энергии, необходимо отдавать им предпочтение в производствах цветной пластмассы, эбонита, синтетических волокон и других материалов, обладающих «цветом».

4. Для многих работ важно, как направлен свет на рабочее место. Для получения требуемого направления света применяют светильники различных типов при правильном их расположении в помещении.

5. Непременным условием рационального освещения является равномерная освещенность по всему помещению от осветительной установки общего освещения. Этого достигают правильным размещением светильников общего освещения.

6. Во время работы осветительной установки величина освещенности не должна часто и резко изменяться. Изменение освещенности от колебаний напряжения в осветительной сети, вызванных, например, пуском мощных электродвигателей или работой электросварочных аппаратов, очень неблагоприятно сказывается на нервном состоянии работающих, вызывая утомление зрения и снижая производительность труда. Недопустимо раскачивание светильников, которые во всех случаях должны иметь жесткое крепление.

7. Типы светильников должны не только отвечать светотехническим требованиям, но также соответствовать условиям среды в помещении. Здесь необходимо учитывать такие факторы, как влажность помещения, наличие в нем пыли, дыма, копоти, пожаро- и взрывоопасных веществ и газов, а также веществ, разрушающе действующих на светильники.

8. Необходимо создать условия удобного обслуживания электрического освещения, позаботиться о свободном доступе к светильникам для замены ламп, вышедших из строя, очистки их отражателей от грязи и копоти.

При разработке светотехнической части проекта необходимо выбрать [41]: 1) типы источников света; 2) систему и способ освещения; 3) величину освещенности; 4) тип светильников; 5) схему расположения и количество светильников.

После этого следует производить светотехнический расчет и определять мощность ламп.

Для правильного подхода к выбору осветительной установки остановимся кратко на некоторых сведениях по светотехнике.

§ 3. 2. ОСНОВНЫЕ СВЕТОВЫЕ ПОНЯТИЯ И ЕДИНИЦЫ

Для создания искусственного электрического освещения используют различные источники света, главным образом лампы накаливания и газоразрядные. Количество видимого глазом света, излучаемого источником, или мощность светового излучения, характеризуется величиной *светового потока* [22].

За единицу светового потока принимают люмен (*лм*). С 1948 г. в СССР в качестве международного эталона люмена принят световой поток, излучаемый абсолютно черным телом с площадью выходного отверстия $0,5305 \text{ мм}^2$ при температуре затвердения платины (2046°K).

Чтобы получить представление о величине люмена, можно привести следующий пример: при полнолунии на 5 м^2 поверхности земли падает световой поток в 1 лм ; световой поток лампы накаливания мощностью 75 Вт 127 лм составляет 980 лм .

Световой поток — основная световая величина. Другие световые величины — производные от нее.

Распределение светового потока в окружающем пространстве обычно неравномерно. Для характеристики его вводят понятие *пространственной плотности светового потока*. Пространственная плотность светового потока называется *силой света* и численно равна отношению светового потока F к пространственному (телесному) углу ω , в котором он заключен: $T = F/\omega$.

Телесным углом ω называется часть пространства, имеющая вершину в центре сферы и опирающаяся на ее поверхность. За единицу телесного угла — стерадиан — принят угол, отделяющий на поверхности сферы площадь, равную квадрату радиуса. Единицей силы света служит свеча (*св*). Свеча — сила света точечного источника, излучающего световой поток в один люмен внутри телесного угла в один стерадиан.

Существующие источники света распределяют световой поток в пространстве неравномерно. Сила света этих источников по различным направлениям в пространстве неодинакова. Для того чтобы судить о величине силы света в том или ином направлении, принято строить кривые светораспределения светильников (рис. 3.1).

Для оценки освещения используют понятие *плотности светового потока*, падающего на освещаемую поверх-

ность, т. е. отношение светового потока F к площади освещаемой им поверхности S [22]:

$$E = \frac{F}{S} \quad (3.1)$$

Эта величина носит название *освещенности*. Люкс (*лк*) — освещенность поверхности площадью в 1 м^2 равно-

номерно распределенным световым потоком в 1 лм .

Освещенность поверхности может быть выражена также и через силу света. В этом случае

$$E = \frac{I \alpha \cos \alpha}{r^2} \text{ лк}, \quad (3.2)$$

т. е. освещенность поверхности в рассматриваемой точке E прямо пропорциональна силе света в данном направлении $I \alpha$ и косинусу угла между падающим лучом и перпендикуляром к поверхности $\cos \alpha$ и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до освещаемой поверхности r^2 .

Для примера можно отметить, что при

полнолунии освещенность поверхности земли равна $0,2 \text{ лк}$. Солнце создает летом (в полдень) на поверхности земли освещенность, равную $70\,000$ — $100\,000 \text{ лк}$, а иногда и более.

Световой поток падает на освещаемую поверхность и, частично отражаясь, попадает на светочувствительную оболочку глаза и дает изображение предмета со зритель-

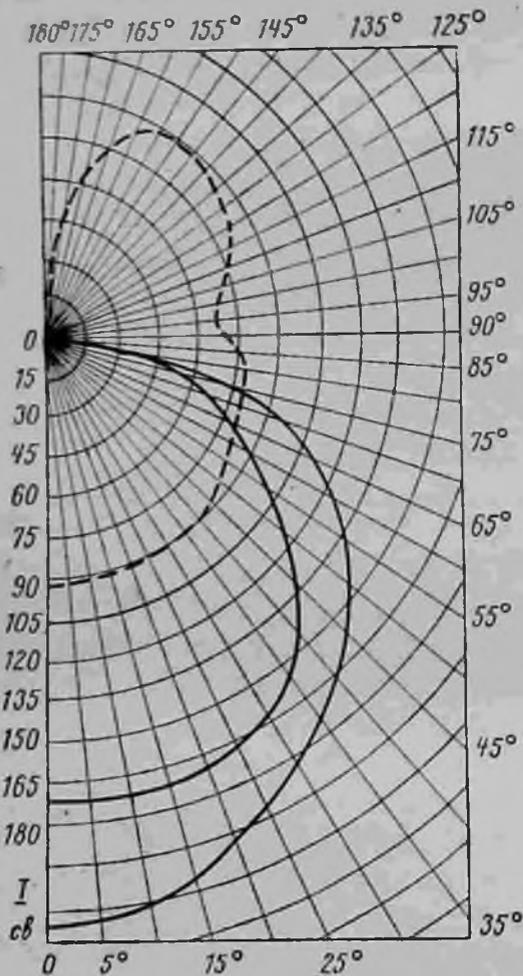


Рис. 3.1. Кривые светораспределения светильника.

ным восприятием. Зрительное восприятие будет тем сильнее, чем больше сила света, излучаемая каждым элементом поверхности в направлении глаза.

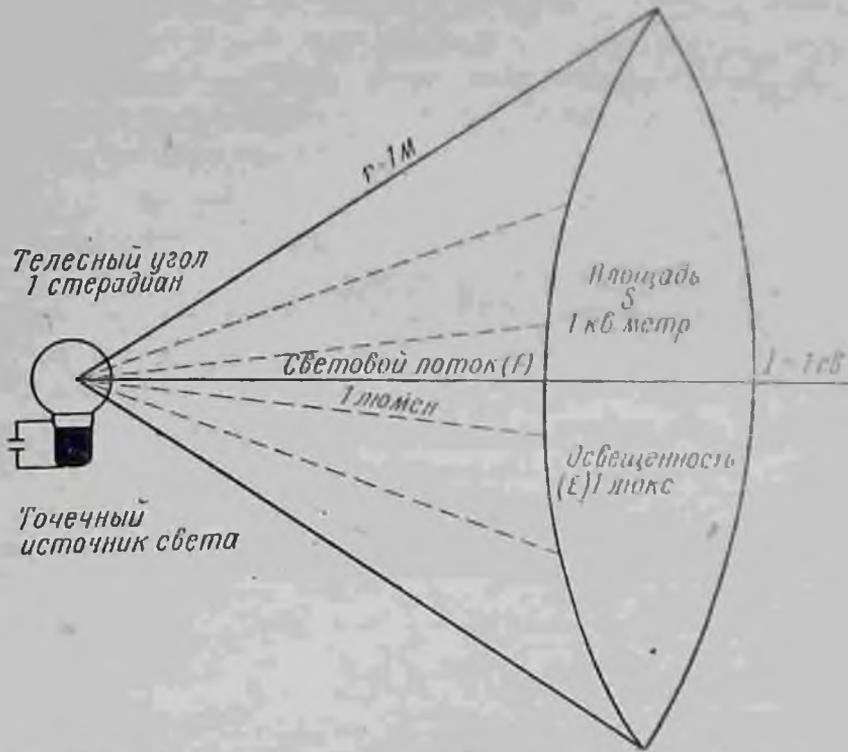


Рис. 3.2. Основные световые единицы: световой поток, сила света, освещенность.

Отношение силы света I_n , излучаемого поверхностью в рассматриваемом направлении, к площади светящейся плоскости S называют яркостью B :

$$B = \frac{I_n}{S} . \quad (3.3)$$

Если ту же светящуюся плоскость рассматривать под углом α к перпендикуляру, то формула примет вид

$$B_\alpha = \frac{I_\alpha}{S \cos \alpha} . \quad (3.4)$$

Единицами яркости являются нит и стильб. Равномерно светящаяся плоская поверхность, излучающая в перпендикулярном к ней направлении свет силой в 1 св с 1 м^2 , обладает яркостью в 1 нит. 1 стильб (сб) равен 10 000 нит (нт). Основные световые единицы представлены на рис. 3.2.

Яркость нити накала различных ламп накаливания колеблется от 135 до 1200 *сб*, а поверхности люминесцентной лампы — от 0,5 до 1 *сб*. Яркость солнца в зените — 150 000 *сб*.

Световой поток, падающий на непросвечивающую поверхность, частично поглощается ею, а частично отражается; через некоторые тела часть светового потока может пройти насквозь. Количественно отражение, поглощение и пропускание светового потока телом оцениваются соответствующими коэффициентами.

В практике наибольший интерес представляют коэффициенты отражения и пропускания. Коэффициент отражения ρ (табл. 3.1) равен отношению светового

Таблица 3.1

Коэффициент отражения ρ , %

Помещения	Коэффициент отражения ρ , %		
	потолка	стен	пола
Чистые (канторские, столовые и т. п.)	70	50	10
Чистые производственные	30—50	30	10
Грязные закопченные	10	10	10

потока F_p , отраженного телом, к световому потоку F , падающему на него:

$$\rho = \frac{F_p}{F} . \quad (3.5)$$

Коэффициент пропускания τ равен отношению светового потока F_τ , прошедшего сквозь тело, к световому потоку F , падающему на него.

$$\tau = \frac{F_\tau}{F} . \quad (3.6)$$

Коэффициент поглощения α равен отношению светового потока F_α , поглощенного телом, к потоку, падающему на него F :

$$\alpha = \frac{F_\alpha}{F} . \quad (3.7)$$

Световые величины и единицы

Наименование и обозначение величины	Расчетная формула	Наименование и обозначение единицы измерения
Световой поток F	$F = I\omega = 4\pi I$	Люмен (лм)
Освещенность E	$E = \frac{F_{\text{пад}}}{S} = \frac{I\alpha \cos\alpha}{r^2} = \frac{B\pi}{r^2}$	Люкс (лк)
Сила света I	$I = \frac{F}{\omega} = \frac{Er^2}{\cos\alpha}$	Свеча (св)
Яркость B	$B = \frac{I\alpha}{S \cos\alpha} = \frac{Er}{\pi}$	Нит (нт)
Коэффициент отражения ρ	$\rho = \frac{F_{\rho}}{F}$	Относительная величина
Коэффициент пропускания τ	$\tau = \frac{F_{\tau}}{F}$	»
Коэффициент поглощения α	$\alpha = \frac{F_{\alpha}}{F}$	»
Коэффициент яркости r_{α}	$r_{\alpha} = \frac{\pi B_{\alpha}}{E}$	»
Телесный угол ω	$\omega = \frac{S}{Fr^2}$	Стерadian (стер)

В табл. 3.2. даны соотношения между светотехническими величинами и единицами.

§ 3. 3. ИСТОЧНИКИ СВЕТА И ИХ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3. 3. 1. Лампы накаливания

Простота конструкции, небольшая стоимость, высокая надежность и другие положительные качества ламп накаливания послужили причиной их широкого применения.

В современной лампе нить накала, нагретая до температуры яркого свечения, излучает световой поток. Температура нити в зависимости от конструкции, мощности и напряжения лампы колеблется в пределах 2500—3000°К. В лампах мощностью до 40 вт применяют прямую вольфрамовую нить, натянутую зигзагообразно между двумя рядами крючков. Для уменьшения теплопередачи воздух из колбы выкачан. В вакуумных лампах световая отдача доходит до 8—10 лм/вт. Лампы

мощностью 40 вт и выше имеют нить накала в виде спирали. Газовое заполнение лампы азотом, аргоном и их смесью уменьшает распыливание вольфрама с поверхности раскаленной нити и осаждение его на внутренних стенках колбы. Температура нити газополных ламп доходит до 3000°К, а их световая отдача — до 17 — 20 лм/вт [22].

Таблица 3.3

Баланс энергии ламп накаливания общего назначения, %

Распределение потребляемой энергии	Тип лампы			
	вакуумная с прямой нитью	обычная газополная со спиральной нитью	газополная с биспиральной нитью	биспиральная с криптоно-ксеноновым наполнением
Видимое излучение	7	10	12	13
Невидимое излучение	86	68	74	76
Потери на теплопроводность	7	22	14	11

Еще более высокие светотехнические показатели имеют биспиральные лампы с нитью, выполненной в виде двойной спирали. Их выпускают с заполнением криптоно-ксеноновой смесью, трудность получения которой препятствует, однако, их широкому внедрению.

В табл. 3.3. показан баланс энергии ламп накаливания различных типов [25].

Конструкция. В настоящее время имеется большое количество конструктивных исполнений ламп накаливания (свыше двух тысяч).

Основными частями лампы накаливания являются тело накала (нить накала), стеклянная колба и цоколь (рис. 3.3). Колба выполнена из прозрачного или молочного стекла. Лампы из матированного и молочного стекла более равномерно распределяют свет. Рассеивание света при пропускании имеет важное значение, так как уменьшается видимая яркость источника, предупреждается болезненное ощущение (слепимость), вызываемое большой яркостью самого тела накала.

Цоколь лампы обеспечивает крепление лампы в патроне и подвод к ней электроэнергии. В лампах общего

назначения чаще всего применяют резьбовой цоколь, предложенный впервые Эдисоном. Стандартный диаметр резьбового цоколя 27 мм, марка его Р-27. Для ламп мощностью 500 вт и выше применяют резьбовой цоколь диаметром 40 мм марки Р-40.

Резьбовое крепление ламп в патроне находит применение в установках, которые не подвергаются тряске, вибрации и другим механическим воздействиям.

Электрические и световые характеристики. К электрическим характеристикам ламп накаливания относят напряжение и электрическую мощность, к световым — световой поток, излучаемый лампой, световую отдачу и средний срок службы.

Номинальное напряжение определяет расчетную температуру нити накала. У вакуумных ламп она равна 2400°К, у газополных доходит до 3000°К. Все остальные характеристики дают на номинальное напряжение лампы.

Номинальное напряжение и мощность обычно указаны на цоколе или баллоне лампы.

Световой поток определяет полное количество световой энергии (в люменах), которое излучает лампа накаливания. Основной световой характеристикой лампы накаливания является *световая отдача*, определяющая количество люменов светового потока на один ватт ее

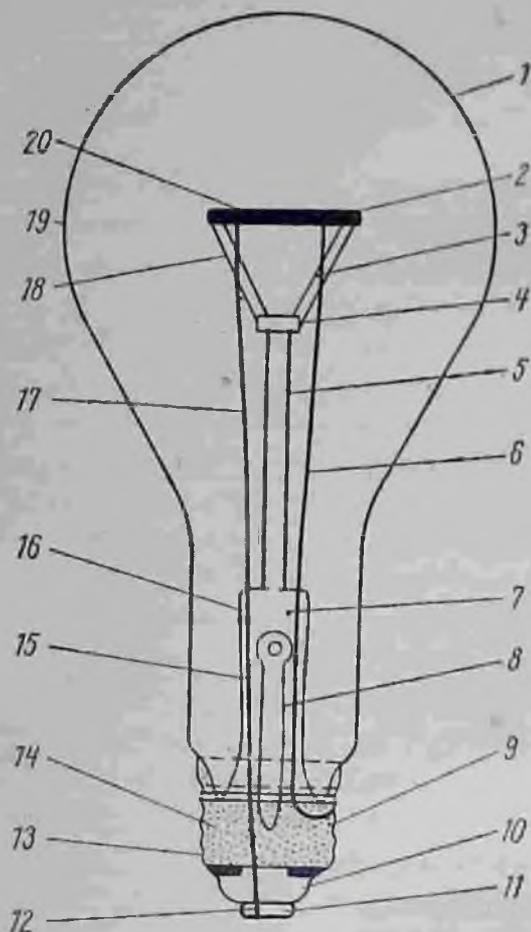


Рис. 3.3. Конструкция лампы накаливания:

- 1 — колба; 2 — спираль; 3 — крючки;
- 4 — линза; 5 — штабик; 6 — электроды;
- 7 — лопатка; 8 — штенгель; 9 — цоколь;
- 10 — изолятор; 11 — нижний контакт;
- 12 — свинец, олово; 13 — сталь, латунь;
- 14 — цокольная мастика; 15 — медь; 16 — никель;
- 17 — никель; 18 — молибден, 19 — стекло; 20 — вольфрам.

электрической мощности F/P лм/вт. Как было указано выше, наибольшую световую отдачу имеют биспиральные лампы с заполнением колбы криптоно-ксеноновой смесью.

Следует обратить внимание на то, что световая отдача лампы растет с увеличением мощности. Например, для лампы 127 в 40 вт она равна 12,3 лм/вт, а для лампы 127 в 500 вт — 18,2 лм/вт. Таким образом, выгоднее иметь небольшое число светильников с мощными лампами, чем большое число с лампами меньшей мощности. Однако при большом числе светильников освещение будет более равномерным. При выборе осветительной установки все это необходимо учитывать.

Срок службы лампы зависит от целого ряда технологических причин, условий эксплуатации и даже в одной партии ламп может колебаться в широком диапазоне. Оседание на стенках колбы распыленного вольфрама вызывает потемнение колбы и снижение светового потока. ГОСТ 2239—60 допускает снижение светового потока лампы на 15% после 750 ч горения. Учет снижения светового потока лампы накаливания в процессе эксплуатации от потемнения колбы, термическая стойкость нити накала и другие факторы позволили установить средний срок службы лампы 1000 ч. Однако это не говорит о том, что каждая лампа должна работать 1000 ч. Срок службы 1000 ч и более имеет 50% ламп, а остальные выходят из строя раньше [42].

Отклонение напряжения вызывает значительные изменения характеристик лампы. При повышении подводимого к лампе напряжения выше номинального возрастает сила тока и мощность. Повышение силы тока ведет к увеличению его плотности, благодаря чему возрастают температура нити и излучаемый лампой световой поток. Рост светового потока происходит быстрее, чем мощности, одновременно возрастает световая отдача. Однако повышение температуры вызывает более интенсивное испарение вольфрама, что неизбежно приводит к уменьшению срока службы лампы. При понижении напряжения сети наблюдается обратное явление: сила тока и мощность лампы, а также световой поток и световая отдача уменьшаются, а срок службы увеличивается.

При увеличении или уменьшении номинального напряжения на 1% остальные показатели изменяются

следующим образом (плюс—минус) [22]: мощность 1,5%, световой поток 3,5%, световая отдача 1,8%, срок службы (минус—плюс) 13,0%.

Типы ламп накаливания. Для производственного и бытового освещения наша промышленность выпускает лампы на напряжение 127 и 220 в мощностью до 1,5 кВт. Основные характеристики ламп общего назначения представлены в табл. 3.4 [49].

Биспиральные лампы с криптоно-ксеноновой смесью выпускаются четырех типоразмеров мощностью от 40 до 100 вт на напряжение 127 и 220 в.

Лампы для местного освещения имеют напряжение 12 в (мощность от 15 до 60 вт) и 36 в (мощность от 25 до 100 вт). Для уменьшения яркости ламп накаливания их колбы в некоторых случаях подвергают химическому или механическому матированию. Световой поток ламп в матированной колбе обычно на 2—3% ниже, чем у лампы в прозрачной колбе, однако он более равномерно распределяется в различные стороны пространства. Основные характеристики ламп для местного освещения приведены в табл. 3.5.

Существенным недостатком ламп накаливания является низкий к. п. д. Световой к. п. д. представляет собой отношение излучаемого источником светового потока к световому потоку, который можно было бы получить при превращении всей энергии в излучение с длиной волны 556 нм, соответствующей максимуму чувствительности глаза. Современная лампа накаливания превращает в световые излучения лишь 2—4% потребляемой ею электрической энергии.

Световой к. п. д. достигает максимального значения, равного 14,5%, при температуре 6500°К. При этой температуре не удается предотвратить интенсивное распыление материала тела накаливания. Приведенные соображения позволяют считать возможности повышения к. п. д. ламп накаливания весьма ограниченными. Вместе с тем лампа накаливания несовершенна также в отношении спектрального состава. В ее спектре значительное количество оранжево-красных и недостаточное — синих и фиолетовых лучей по сравнению со спектром естественного дневного света. Это ведет к некоторому искажению цветопередач, т. е. неправильному восприятию челове-

Световые и электрические параметры, основные размеры ламп накаливания общего назначения (по ГОСТ 2239—60)

Тип лампы		Номинальные значения					Размеры, мм		Тип цоколя по ГОСТ 2520—61
127 в	220 в	мощность, вт	световой поток, лм		световая отдача лм/вт		D	L	
			127 в	220 в	127 в	220 в			
1. Лампы с нормальной световой отдачей									
НВ127-15	НВ220-15	15	130	105	8,7	7,0	61	107	P27-1
НВ127-25	НВ220-25	25	235	205	9,4	8,2	61	107	P27-1
НВ127-40	НВ220-40	40	440	370	11,0	9,3	61	114	P27-1
НГ127-50	НГ220-60	50—60	740	620	12,3	10,3	61	114	P27-1
НГ127-75	НГ220-75	75	980	840	13,1	11,2	66	125	P27-1
НГ127-100	НГ220-100	100	1400	1240	14,0	12,4	66	125	P27-1
НГ127-150	НГ220-150	150	2300	1900	15,3	12,7	81	175	P27-2
НГ127-200	НГ220-200	200	3200	2700	16,0	13,5	97	206	P27-2
НГ127-300	НГ220-300	300	5150	4350	17,2	14,5	112	240	P40-1
НГ127-500	НГ220-500	500	9100	8100	18,2	16,2	112	240	P40-1

Продолжение

НГ127-750	НГ220-750	750	14250	13100	19,0	17,0	152	309	P40-2
НГ127-1000	НГ220-1000	1000	19500	18200	19,5	18,2	152	309	P40-2
НГ127-1500	НГ220-1500	1500	29500	28000	19,7	18,7	167	345	P40-2
2. Лампы с повышенной световой отдачей									
НБК127-40	НБК220-40	40	490	430	12,3	10,8	46	90	P27-1
НБК127-60	НБК220-60	60	820	700	13,7	11,7	51	96	P27-1
НБК127-75	НБК220-75	75	1080	950	14,4	12,7	56	100	P27-1
НБК127-100	НБК220-100	100	1560	1380	15,6	13,8	61	105	P27-1

Примечание. НВ — лампы накаливания нормальные вакуумные; НГ — лампы накаливания газополные; НБК — лампы накаливания биспиральные криптоновые; D — диаметр колбы; L — полная длина.

Лампы накаливания электрические для местного освещения
(ГОСТ 1182—64)

Тип лампы	Номинальные величины				Пределные величины		D не более	L	H
	напряжение, в	мощность, вт	световой поток, лм	световая отдача, лм/вт	мощность, (не более), вт	световой поток, (не менее), лм			
МО12-15		15	180	12	16,2	160	61	104 ± 3	73 ± 3
МО12-25	12	25	300	12	27,0	265	61	104 ± 3	73 ± 3
МО12-40		40	520	13	43,0	460	61	104 ± 3	73 ± 3
МО12-60		60	850	14,1	64,5	750	66	125 ± 4	94 ± 4
МО36-25		25	235	9,4	27,0	205	61	104 ± 3	73 ± 3
МО36-40	36	40	450	11,2	43,0	395	61	104 ± 3	73 ± 3
МО36-60		60	800	13,3	64,5	705	66	129 ± 4	94 ± 4
МО36-100		100	1550	15,3	107,0	1365	66	125 ± 4	94 ± 4

Примечание. Средняя продолжительность горения ламп всех типов при номинальном напряжении не менее 1000 ч.

ком цвета окрашенных поверхностей, освещаемых лампами накаливания.

3. 3. 2. Люминесцентные лампы низкого давления

Указанные недостатки ламп накаливания побудили к разработке газоразрядных источников света, основанных на ином принципе излучения — люминесценции.

Люминесценцией называют излучение вещества (за счет подводимой к нему энергии) сверх его теплового излучения при той же температуре, имеющее длительность послесвечения более 10^{-10} сек. В зависимости от причины свечения выделяют различные виды люминесценции: биолюминесценция, электролюминесценция и пр.

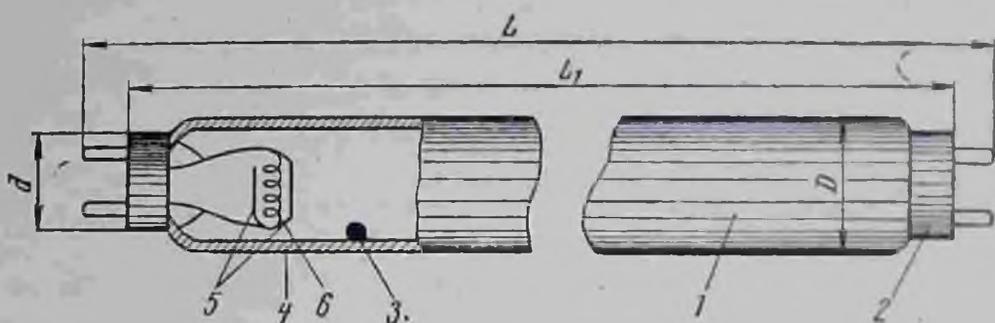


Рис. 3.4. Устройство люминесцентной лампы:

1 — стеклянная колба — трубка; 2 — цоколь с двумя штырьками; 3 — капля ртути; 4 — люминофорный состав; 5 — электрод; 6 — биспиральная нить подогрева; L — общая длина; L_1 — длина без штырьков; d — диаметр цоколя.

В люминесцентных лампах используются явления электро- и фотолюминесценции. *Электролюминесценцией* называют свечение разреженных газов и паров некоторых металлов при прохождении через них электрического тока. *Фотолюминесценция* — световое излучение какого-либо вещества при воздействии на него лучистой энергии. При фотолюминесценции невидимые или неподходящие по спектральному составу лучи могут превращаться в видимые с необходимой длиной волны. Вещества, способные излучать свет при воздействии на них лучистой энергии, называют люминофорами.

Каждый вид люминофора обладает своим цветом свечения. Необходимый спектр излучения достигается путем соответствующего подбора нескольких люминофоров.

Конструкция. Лампа состоит из трубчатой колбы (из обычного стекла), на внутренней поверхности которой нанесен слой люминофора (рис. 3.4) [22]. С обеих

концов лампы внутри колбы имеется по два электрода с биспиральной нитью подогрева. Катоды оксидированы, что облегчает выход с поверхности электронов. Электроды припаивают к токоподводящим штырькам, вмонтированным в цоколь лампы. Для облегчения возникновения дугового разряда из колбы откачан воздух и вводится дозированное количество ртути и газа аргона.

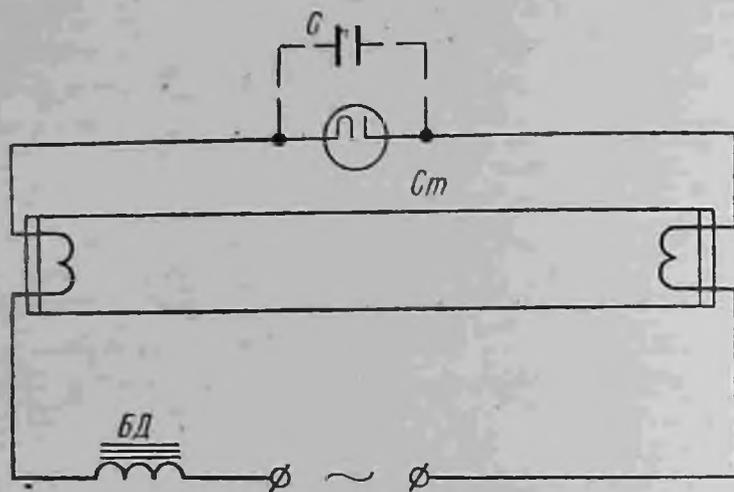


Рис. 3.5. Схема включения люминесцентной лампы:

СТ — стартер; С — конденсатор для уменьшения радиопомех; БД — балластный дроссель.

Пары ртути и аргона внутри колбы снижают напряжение зажигания и облегчают процесс протекания дугового разряда. Давление внутри лампы во время ее работы должно быть в пределах $0,01$ мм рт. ст.

Схема включения и энергетические показатели. Включение лампы может быть осуществлено по схеме (рис. 3.5), состоящей из следующих элементов: балластного дросселя БД, стартера СТ, включенного параллельно стартеру конденсатора С, и лампы [15].

Люминесцентная лампа, как и все источники света, работающие на принципе дугового разряда, должна включаться в цепь последовательно с балластным сопротивлением. Назначение балластного сопротивления — стабилизировать ток в лампе при нормальной работе и обеспечить повышение напряжения на электродах в момент зажигания. Обычно в качестве балласта применяют индуктивное сопротивление, реже — омическое.

При подаче напряжения на зажимы схемы при помощи обычного выключателя в первый момент необходимо

на короткое время замкнуть цепь электродов стартером (зажигателем). При прохождении тока через электроды они нагреваются и начинают испускать со своей поверхности электроны. В лампе создается электрическое поле, возникает разряд, вначале в атмосфере разреженного аргона, а затем — в парах ртути.

Стартер представляет собой небольшую неоновую лампу, у которой один электрод биметаллический. В момент включения на электроды стартера подается полное напряжение сети. Между электродами стартера возникает тлеющий разряд. Под действием тепла тлеющего разряда биметаллический электрод изгибается и происходит короткое замыкание электродов стартера. Пока электроды остывают, через них проходит ток, разогревающий электроды лампы. Так как при замкнутых электродах в стартере тлеющий разряд отсутствует, то электроды охлаждаются и происходит их размыкание. В момент размыкания на разогретые электроды люминесцентной лампы подается напряжение сети, повышенное за счет э. д. с. самоиндукции балластного дросселя. В этот момент возникает дуговой разряд. Стартер вторично не срабатывает, так как напряжение на электродах лампы во время ее горения ниже потенциала зажигания стартера.

Дроссель — реактивное сопротивление цепи лампы, имеет незначительные активные потери. Предназначен для стабилизации тока дугового разряда лампы. Наличие индуктивности в схеме люминесцентной лампы приводит к снижению ее коэффициента мощности.

Энергия, потребляемая люминесцентной лампой из сети, распределяется на световую энергию видимой части спектра — 22% и тепловые потери на нагревание колбы и в дросселе — 78%.

Приведенная выше схема включения люминесцентной лампы наиболее простая. Существует свыше шестисот схем включения с помощью различных пускорегулирующих аппаратов. Ниже приводится краткое описание некоторых из них.

Схема с трансформатором накала (рис. 3.6) обеспечивает достаточную надежность работы люминесцентной лампы *I*. Отсутствие высокой э. д. с. самоиндукции, возникающей в момент разрыва цепи контактами стартера при обычной схеме, компенсируется наличием токопрово-

дящей полосы (экрана) 2, заземленной или соединенной с нулевым проводом. Первичная обмотка трансформатора накала 4 в этой схеме подключена к сети последовательно с балластной лампой 3. После возникновения дугового разряда напряжение на первичной обмотке трансформатора уменьшается примерно в 2 раза за счет

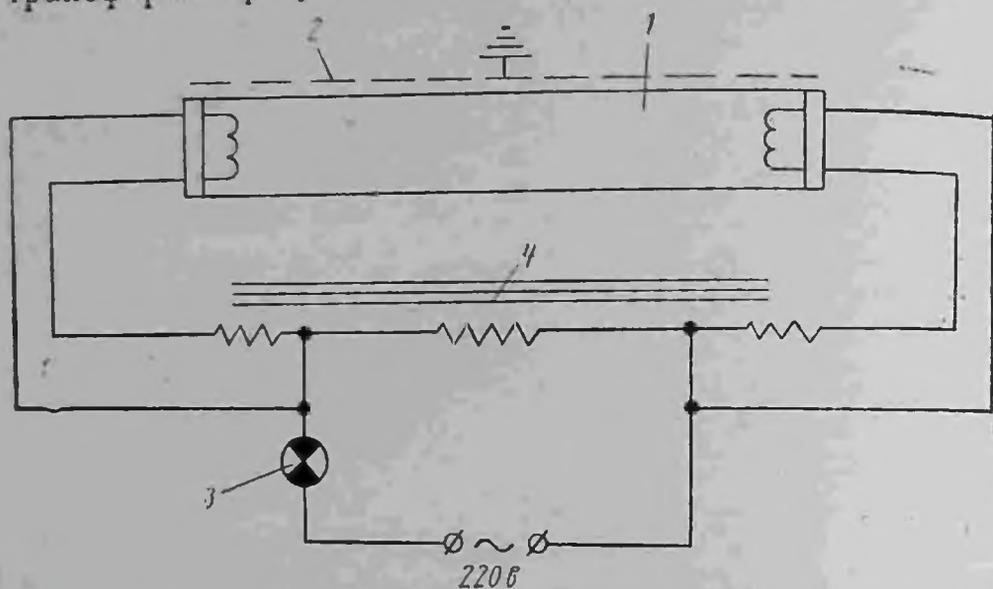


Рис. 3.6. Схема включения люминесцентной лампы с трансформатором накала.

падения напряжения на балластной лампе. Соответственно снижается напряжение на вторичных обмотках и ток подогрева катодов. Повышается устойчивость горения люминесцентной лампы при снижении напряжения сети на 35—40%.

Схема пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) с компенсацией коэффициента мощности [22]. Наличие в цепи лампы индуктивного баланса вызывает резкое снижение коэффициента мощности установки до 0,5. Для его увеличения до 0,9—0,95 в цепь каждой лампы включают компенсирующие емкости (рис. 3.7). Обычно в общем кожухе монтируют: балластный дроссель БД, группы включенных параллельно конденсаторов С и разрядное сопротивление R.

Потери мощности в ПРА обычно составляют около 25% мощности лампы. Большим недостатком люминесцентных ламп является специфическое гудение, которое возникает в сердечнике дросселя ПРА. В последнее время Рижским светотехническим заводом выпущены ПРА марки УБК, шум в которых сведен до минимума. Их

применяют в помещениях, где требования к уменьшению шума повышены.

Излучение ламп дневного света типа ЛДЦ по своему спектральному составу приближается к естественному свету в дневное время при обычной погоде. Эти лампы являются наилучшими для тех случаев, когда необходи-

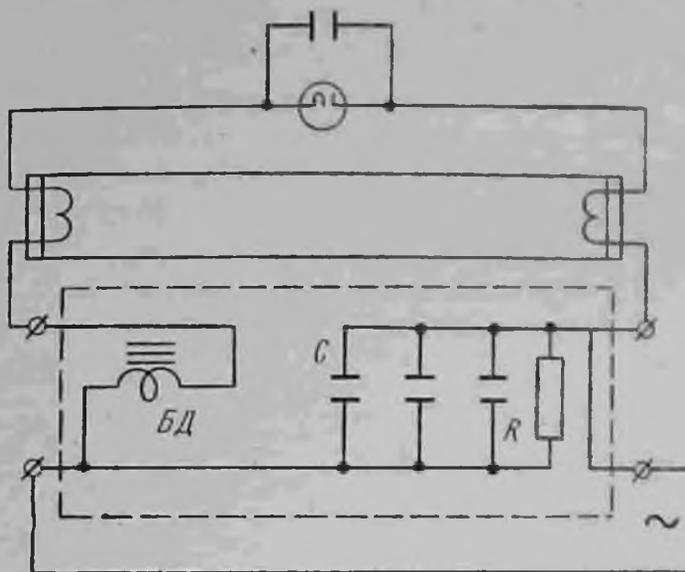


Рис. 3.7. Пускорегулирующий аппарат (ПРА) для одной люминесцентной лампы.

мо обеспечить точное различие цвета. В ряде случаев лампы ЛБХ могут с успехом заменить ЛДЦ.

Лампы дневного света типа ЛД не обеспечивают тонкого различия цветов, хотя их излучение все же более или менее соответствует естественному свету.

Наиболее экономичными являются лампы типа ЛБ. По спектральному составу они соответствуют отраженному солнечному свету, но несколько искажают цвето-передачу.

Люминесцентные лампы имеют следующие преимуще-ства перед лампами накаливания [3]:

1) возможность получения спектрального состава излучения, близкого к естественному свету;

2) высокую световую отдачу (около 60 лм/вт, тогда как у наиболее мощных ламп накаливания всего лишь около 20 лм/вт), причем такая световая отдача не является пределом. Созданы образцы люминесцентных ламп со световой отдачей более 70 лм/вт;

3) большой срок службы — 3—5 тыс. ч;

- 4) небольшую яркость — 5000—8000 нт;
- 5) большую диффузность светового потока;
- 6) низкую температуру нагрева (40—60°C, что имеет значение при создании высокого уровня освещенности с помощью местных светильников). Низкая температура поверхности колбы делает лампу относительно пожаро-безопасной.

Рядом исследований установлено также, что при люминесцентном освещении все функции зрения протекают на более высоком уровне, повышается общая работоспособность человека. Существующее мнение об отрицательном действии люминесцентных ламп на зрение человека является глубоко ошибочным.

Несмотря на несомненные преимущества, люминесцентные лампы не лишены недостатков. Так, для нормального режима горения люминесцентных ламп существенное значение приобретает температура окружающего воздуха, влияющая на давление газа и паров ртути, в которых протекает разряд. Наиболее оптимальные условия создаются при температуре от +20° до +25°C. Как понижение, так и повышение температуры вызывает уменьшение светового потока. Для предотвращения охлаждения при температуре ниже +10°C принимают специальные меры (пускатель с подогревом, схема быстрого зажигания, стеклянные «рубашки» и др.).

Другой существенный недостаток — малая инерционность свечения. Вольфрамовая нить ламп накаливания обладает выраженной тепловой инерцией, т. е. при питании ламп переменным током в момент прохождения кривой э. д. с. через нуль температура нити не снижается до 0, поэтому колебания светового потока незначительны. Глубина колебания светового потока у газополных ламп не превышает 5%, у люминесцентных ламп она значительно больше: у ламп белого цвета — 35%, у ламп дневного цвета — до 55%. Это объясняется тем, что излучение разряда в парах не имеет инерции, т. е. оно отсутствует в момент прохождения тока через 0. Глубину колебаний светового потока незначительно сглаживает наличие инерционности свечения люминофоров [3].

Резкое колебание светового потока может вызвать «стробоскопический эффект» — нарушение правильного восприятия движущихся предметов (вращающийся пред-

мет кажется неподвижным или движение его кажется скачкообразным).

В лампе, включенной в сеть переменного тока, ток меняет свое направление 100 раз в 1 сек, т. е. лампа 100 раз в секунду включается и выключается. Глаз, смотрящий на неподвижный предмет, не замечает этой пульсации. Если же объект наблюдения движется, то в каждый последующий момент изображение движущегося предмета проектируется на различные участки светочувствительной оболочки глаза, причем яркие и темные изображения непрерывно чередуются. В результате глаз фиксирует только яркие изображения и движение предмета воспринимается скачкообразным. Это явление может быть полностью устранено применением специальных схем включения (схема расщепленной фазы, включение ламп в разные фазы трехфазной сети и др.). При этих схемах включения глубина колебания светового потока уменьшается за счет того, что пульсация светового потока происходит не одновременно, она сдвинута во времени. Очень важно правильно распределить лампы между фазами, чтобы на рабочей поверхности создавались равные величины освещенности от трехфазных ламп. Трехфазное включение люминесцентных ламп приводит к снижению глубины колебания суммарного светового потока до 5% и менее, при использовании двухламповой схемы — до 15%.

В настоящее время лампы применяют в помещениях, где это действительно необходимо по гигиеническим соображениям: а) в помещениях, где выполняется работа, связанная с различием цветовых оттенков; б) в помещениях, где необходимо создание особо благоприятных условий для зрения (при выполнении точных работ, требующих значительного зрительного напряжения); в) в помещениях, предназначенных для постоянного пребывания людей, но не имеющих достаточного естественного освещения.

Применение люминесцентных ламп при создании низких уровней освещенности не рекомендуется. Уровни освещенности менее 75—100 лк, создаваемые люминесцентными лампами, вызывают ощущение «сумеречности», оказывающее тормозящее действие на центральную нервную систему. Это ведет к понижению зрительной ра-

Таблица 3.6

Световые, электрические параметры и основные размеры люминесцентных ламп низкого давления (по ГОСТ 6825—61)

Тип лампы	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/вт	Диаметр, мм	Длина (без штырьков), мм
ЛДЦ15	450	30,0	25	437
ЛД15	525	35,0	25	437
ЛТБ15	600	40,0	25	437
ЛХБ15	600	40,0	25	437
ЛБ15	630	42,0	25	437
ЛДЦ20	620	31,0	38	589
ЛД20	760	39,0	38	589
ЛТБ20	900	45,0	38	589
ЛХБ20	900	45,0	38	589
ЛБ20	980	49,0	38	589
ЛДЦ30	1110	37,0	25	894
ЛД30	1380	46,0	25	894
ЛТБ30	1500	50,0	25	894
ЛХБ30	1500	50,0	25	894
ЛБ30	1740	58,0	25	894
ЛДЦ40	1520	38,0	38	1199
ЛД40	1960	49,0	38	1199
ЛТБ40	2200	55,0	38	1199
ЛХБ40	2200	55,0	38	1199
ЛБ40	2480	62,0	38	1199
ЛДЦ80	2720	34,0	38	1500
ЛД80	3440	43,0	38	1500
ЛТБ80	3840	48,0	38	1500
ЛХБ80	3840	48,0	38	1500
ЛБ80	4320	54,0	38	1500

Примечание. ЛД—лампы дневные; ЛХБ — лампы холодно-белые; ЛБ — лампы белые; ЛТБ — лампы теплорельефные; ЛДЦ — лампы с исправленной цветопередачей. Две последние цифры в обозначении типа ламп определяют мощность (вт).

ботоспособности и быстрому развитию общего утомления.

Типы люминесцентных ламп и их характеристики. Согласно ГОСТ 6825—61, наша промышленность выпускает люминесцентные лампы мощностью от 15 до 80 вт на стандартные напряжения 127 и 220 в. В стадии освоения находятся лампы 125 вт в габаритах ламп 80 вт [42].

Средняя продолжительность горения ламп принята равной 5000 ч. Этот срок уменьшается при частых вклю-

чений и длительной работе при напряжении выше номинального. Основные световые и электрические параметры и размеры ламп приведены в табл. 3.6. Наиболее распространенная пускорегулирующая аппаратура приведена в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Стартеры для люминесцентных ламп

Тип	Напряжение, в	Мощность лампы, вт	Время зажигания не более, сек	Размеры, мм	Примечание
СК-127	127	15,20	20		Для внутреннего освещения
СК-220	220	30,40	15	21,5×41	Для наружного освещения (температура окружающей среды до -35 С)
ТР-80	220	80		28×66	

3. 3. 3. Ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью типа ДРЛ

Существенным недостатком люминесцентных ламп низкого давления является их относительно малая мощность и зависимость режима горения от температуры окружающей среды.

Лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные) могут сосредоточить в небольшом объеме значительную световую и электрическую мощность и работать независимо от температуры окружающей среды. Их устройство показано на рис. 3.8. Внутри овальной стеклянной колбы 2 вмонтирована кварцевая разрядная трубка 1 с давлением паров 2—4 атм. Ртутные лампы высокого давления в прозрачной колбе, обладая очень высокой экономичностью, не имеют в спектре излучения оранжево-красных лучей, из-за чего резко искажается цветопередача [3].

Для исправления этого недостатка в лампах ДРЛ на внутреннюю поверхность стеклянной внешней колбы наносится слой люминофоров 3, который под действием ультрафиолетового излучения ртутной лампы излучает

преимущественно оранжево-красные лучи. Исправленный спектр ламп ДРЛ все же не обеспечивает правильной цветопередачи: свет этих ламп имеет выраженный зеленоватый оттенок. Лампы ДРЛ выпускаются мощностью 250, 500, 750 и 1000 *вт*. Их световая отдача составляет от 38 до 46 *лм/вт*.

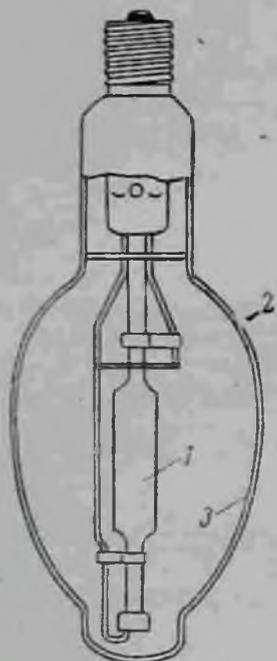


Рис. 3.8. Люминесцентная ртутная лампа высокого давления с исправленной цветностью типа ДРЛ.

Включают лампы в сеть при помощи специального пускорегулирующего аппарата. Их целесообразно применять в высоких цехах химических предприятий, а также для освещения открытых пространств. Для аварийного освещения лампы ДРЛ непригодны, так как после включения требуют разогрева в течение 5—7 *мин*.

Основные световые и электрические параметры, размеры ламп и типы пускорегулирующей аппаратуры приведены в табл. 3.8 [52].

§ 3. 4. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ

3. 4. 1. Характеристика и классификация светильников

Осветительные приборы принято разделять на две основные группы: ближнего действия—светильники и дальнего действия — прожекторы.

Светильником называется совокупность источника света и осветительной аппаратуры, предназначенной для перераспределения светового потока источника, ограничения слепящего действия, защиты источника от механических повреждений и соприкосновения со внешней средой, подведения питания к источнику света. Основной задачей светильника является перераспределение светового потока для наиболее рационального его использования. Современные светильники позволяют либо концентрировать световой поток на определенной заданной поверхности, либо равномерно распределять его по всему помещению. Важное назначение осветительной арма-

**Электрические и световые характеристики, размеры и арматура
для включения ламп ДРЛ**

Тип	Напряжение сети, в	Мощность, вт	Световой поток, лм	Диаметр колбы наи- больший, мм	Полная длина лампы наи- большая, мм	Тип арматуры для включения ламп ДРЛ
Двухэлектродные лампы						
ДРЛ-250-М	200	250	10500	125	320	ПРАДРЛ, 250 вт
ДРЛ-500-М		500	21000	145	360	ПРАДРЛ, 500 вт
ДРЛ-750-М		750	33000	170	390	ПРАДРЛ, 750 вт
ДРЛ-1000-М		1000	46000	200	440	ПРАДРЛ, 1000 вт
Четырехэлектродные лампы						
ДРЛ-80	200	80	2000	77	157	ДБ-125/230-Н-Т
ДРЛ-125		125	4800	77	177	
ДРЛ-250-2		250	10000	92	230	ДБ-250/230-Н-Т
ДРЛ-400		400	18000	120	385	ДБ-400/230-Н-Т
ДРЛ-700		700	33000	140	310	ДБ-700/230-НП-Т-01
ДРЛ-1000-2		1000	50000	165	360	ДБ-1000/230-НП-Т-01

Примечания. 1. Срок службы ламп (час): двухэлектродных — 5000; четырехэлектродных — 3000.

2. Повторное включение горевшей лампы возможно только через 10—15 мин (после ее остывания).

туры — предохранение зрения человека от слепящего действия источника света [22].

Основными характеристиками светильников являются кривые распределения силы света, к. п. д. и защитный угол.

Применяемые для освещения светильники чаще всего имеют вертикальную ось симметрии, благодаря чему их светораспределение в пространстве может быть показано на плоскости, проходящей через ось симметрии (продольной плоскости). На рис. 3.9 показана кривая распределения силы света. На оси, совпадающей с вертикальной, показана сила света в свечах. Зная угол, под которым световые лучи от источника падают на освещаемую поверхность, нетрудно определить силу света в этом направлении, а имея расстояние до источника — освещенность поверхности.

Учитывая, что сила света прямо пропорциональна световому потоку, по продольной кривой силы света можно судить о количественном распределении светового потока светильника в пространстве.

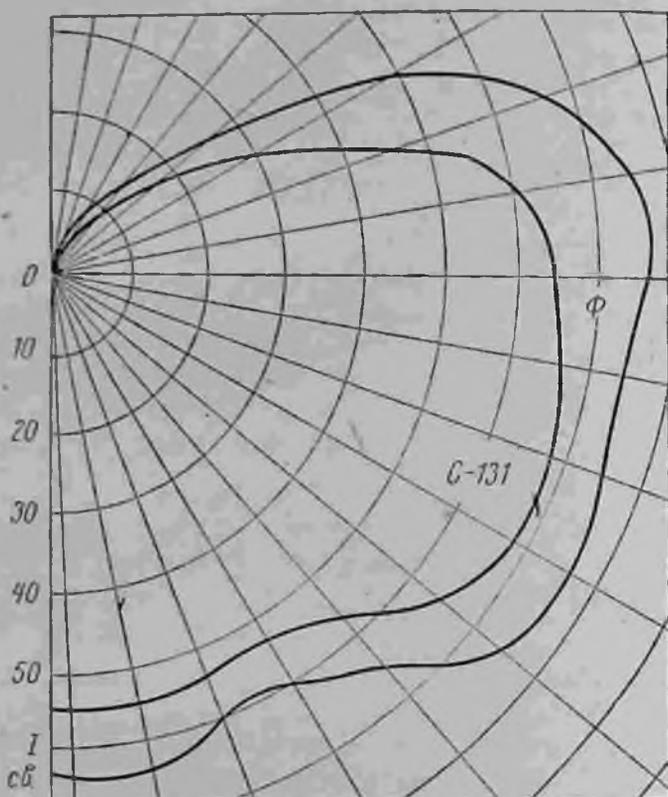


Рис. 3.9. Продольные кривые силы света пыленепроницаемого светильника С-131 и фарфорового полугерметического Фм.

Кривые силы света рис. 3.9 построены для полугерметического светильника типа С-131 с условной лампой, имеющей световой поток 1000 лм. При наличии лампы со световым потоком выше или ниже 1000 лм в расчеты необходимо вводить коэффициент, равный отношению $F_{\text{л}}$ к $F = 1000$ лм.

К. п. д. светильника определяют как отношение [22]

$$\eta = \frac{F_{\text{св}}}{F_{\text{л}}}, \quad (3.8)$$

где $F_{\text{св}}$ — световой поток светильника, лм;
 $F_{\text{л}}$ — световой поток лампы, лм.

Из приведенной формулы следует, что чем ближе к единице отношение $F_{св} : F_{л}$, тем экономичнее светильник. Величина к. п. д. зависит от материала отражателя или рассеивателя и от конструкции светильника.

Степень защиты глаз от воздействия ярких частей источника света определяют защитным углом светильника. Защитный угол образуется между прямой, проходящей через тело накала лампы, и наклонной линией, соединяющей крайнюю точку тела накала лампы с противоположным краем отражателя (рис. 3.10).

Величину защитного угла можно определить следующим отношением [22]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{R + r}, \quad (3.9)$$

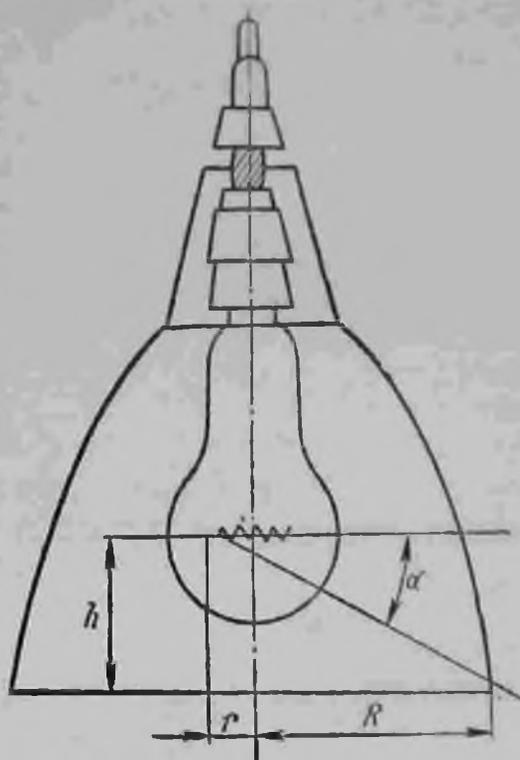


Рис. 3.10. Защитный угол светильника.

где h — расстояние от тела накала лампы до уровня выходного отверстия светильника;
 R — радиус выходного отверстия светильника;
 r — радиус кольца тела накала лампы.

Из этого выражения видно, что защитный угол светильника определяется высотой светового центра источника света и размерами выходного отверстия светильника. В зависимости от защитного угла выбирается наименьшая высота подвеса светильника.

В СССР официально принята классификация светильников по распределению светового потока, предложенная проф. Л. Д. Белкиндо. Согласно этой классификации, светильники делятся на три класса: прямого, отраженного и рассеянного света [39].

Светильники прямого света используют в помещениях с темными, плохо отражающими свет потолком, полом и стенами, например в цехах с металлическими ферма-

ми, световыми фонарями и большими окнами; в прокатных, мартеновских, литейных, механических и других цехах, где выделяется много пыли, дыма, копоти и разных испарений. При светильниках прямого света возможны резкие тени, которые не смягчаются светом, отраженным от стен и потолка.

Светильники преимущественно прямого света устанавливают в цехах, имеющих стены, потолки и полы, хорошо отражающие свет. Эти светильники смягчают тени, что имеет большое значение для многих цехов и видов работ, особенно при отсутствии местного освещения.

Светильники рассеянного света применяют в случаях, когда требуется осветить и нижнюю и верхнюю части помещения, например на химических заводах, в котельных и других помещениях, где вверху расположены различные трубопроводы, конвейеры и прочее оборудование, требующее наблюдения. Светильники рассеянного света используют также в конторских и бытовых помещениях со светлыми потолками и стенами.

Светильники преимущественно отраженного света необходимы в случаях, когда по характеру работы нежелательны даже незначительные тени (например, чертежно-конструкторское бюро), они находят применение и в установках архитектурно-художественного освещения.

Наиболее экономичными являются светильники прямого света, затем следуют преимущественно прямого, затем рассеянного, преимущественно отраженного света. Но чем экономичнее светильники, тем более глубокие тени они создают, а это не всегда допустимо по условиям работы. Поэтому при выборе типов светильников надо отдавать предпочтение более экономичным, но с учетом назначения помещения и характера выполняемых в нем работ, а также его строительных особенностей. Это значит, что не следует устанавливать светильники прямого света в таких вспомогательных помещениях, как вестибюли, коридоры, лестницы, так как при таких светильниках верхняя часть помещения освещается слабо, что придает неблагоприятный вид всему помещению.

Для защиты от слепящего действия ламп одни светильники имеют непрозрачный отражатель, другие — рассеивающие свет колпаки из молочного, опалового или матированного стекла, прикрывающие одновременно

нить накала лампы. Некоторые типы светильников имеют и рассеиватель и отражатель. Иногда для уменьшения слепящего действия в светильниках устанавливаются лампы с непрозрачной — матированной колбой.

Таблица 3.9

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом светильников с лампами накаливания

Наименование светильников	Наименьшая высота подвеса над полом, м, при лампах		
	в матированной колбе (до 150 <i>вт</i>)	в прозрачной колбе	
		до 200 <i>вт</i> включительно	свыше 200 <i>вт</i>
Универсаль без стекла или с прозрачным стеклом. Глубокоизлучатель эмалированный, ПУ с отражателем и с прозрачным стеклом	2,5	3	4
Универсаль с матированным стеклом, ПУ с отражателем и с матированным стеклом	—	2,5	3,5
ПУ без отражателя с матированным стеклом, плафоны с матированными стеклами	—	3	4
Люцетта молочного стекла	2,5	3	4
Шар молочного стекла, плафоны с молочными стеклами	—	2,5	3

Примечания: 1. Высота подвеса может быть любая для светильников, имеющих матированные стекла и лампы мощностью не более 60 *вт*. 2. Указанные в табл. 3.9 высоты могут быть уменьшены на 0,5 м в следующих случаях: а) в помещениях, для которых при одном общем освещении нормируется освещенность меньше 50 *лк*; б) в помещениях, длина которых не более двойной высоты подвеса светильников над полом; в) в помещениях для временного пребывания людей.

У светильников для люминесцентных ламп, имеющих большие размеры, отражатели закрывают лампу только сбоку; поэтому люминесцентные светильники иногда имеют специальные защитные решетки, расположенные под лампой.

В целях уменьшения слепящего действия ламп установлена минимально допустимая высота подвеса светильников над полом в зависимости от светотехнических характеристик и мощности ламп. Наименьшие допустимые высоты подвеса светильников с лампами накаливания указаны в табл. 3.9, а для люминесцентных светильников — в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Наименьшая допустимая высота подвеса люминесцентных двухламповых светильников

Типы светильников	Высота подвеса, м
ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при одиночной установке или при непрерывных рядах из одиночных светильников	3,5
ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при непрерывных рядах из сдвоенных светильников	4
ШЛД, ШОД	2,5
ПВЛ уплотненные	3

Принята также классификация светильников по их конструктивному исполнению [42]:

1) открытые светильники, в которых лампа не отделена от внешней среды;

2) закрытые неуплотненные (защищенные) светильники, в которых лампа отделена от окружающей среды прозрачной или рассеивающей стеклянной оболочкой;

3) влагозащищенные светильники, основные детали которых (корпусы, патроны, отражатели) выполнены из материалов, противостоящих действию влаги (фарфор, пластмассы), или защищены специальными покрытиями, которые обеспечивают требуемую изоляцию токоведущих проводов;

4) пылезащищенные (пыленепроницаемые) светильники, у которых при помощи уплотнения места соединения стеклянного колпака с корпусом обеспечивают защиту лампы и патрона от попадания на них пыли;

5) светильники для химически активной среды выполняются с надежным уплотнением из некоррозирующих материалов (фарфор, алюминий, пластмассы);

6) взрывозащищенные светильники, удовлетворяю-

щие требованиям ограничения температуры, обеспечивающие практическую герметичность и гашение возникающих искр.

Взрывозащитные светильники (повышенной надежности или взрывонепроницаемые) обеспечивают ликвидацию взрыва внутри светильника.

Различают светильники общего назначения (для освещения всего помещения) и местного освещения.

По способу установки светильники бывают подвесные, потолочные (плафоны), настенные (бра) и напольные (торшеры).

3. 4. 2. Светильники с лампами накаливания для производственных помещений

С нормальными условиями среды

Ниже рассмотрены наиболее распространенные типы светильников, применяемые в производственных, бытовых и других подобных помещениях.

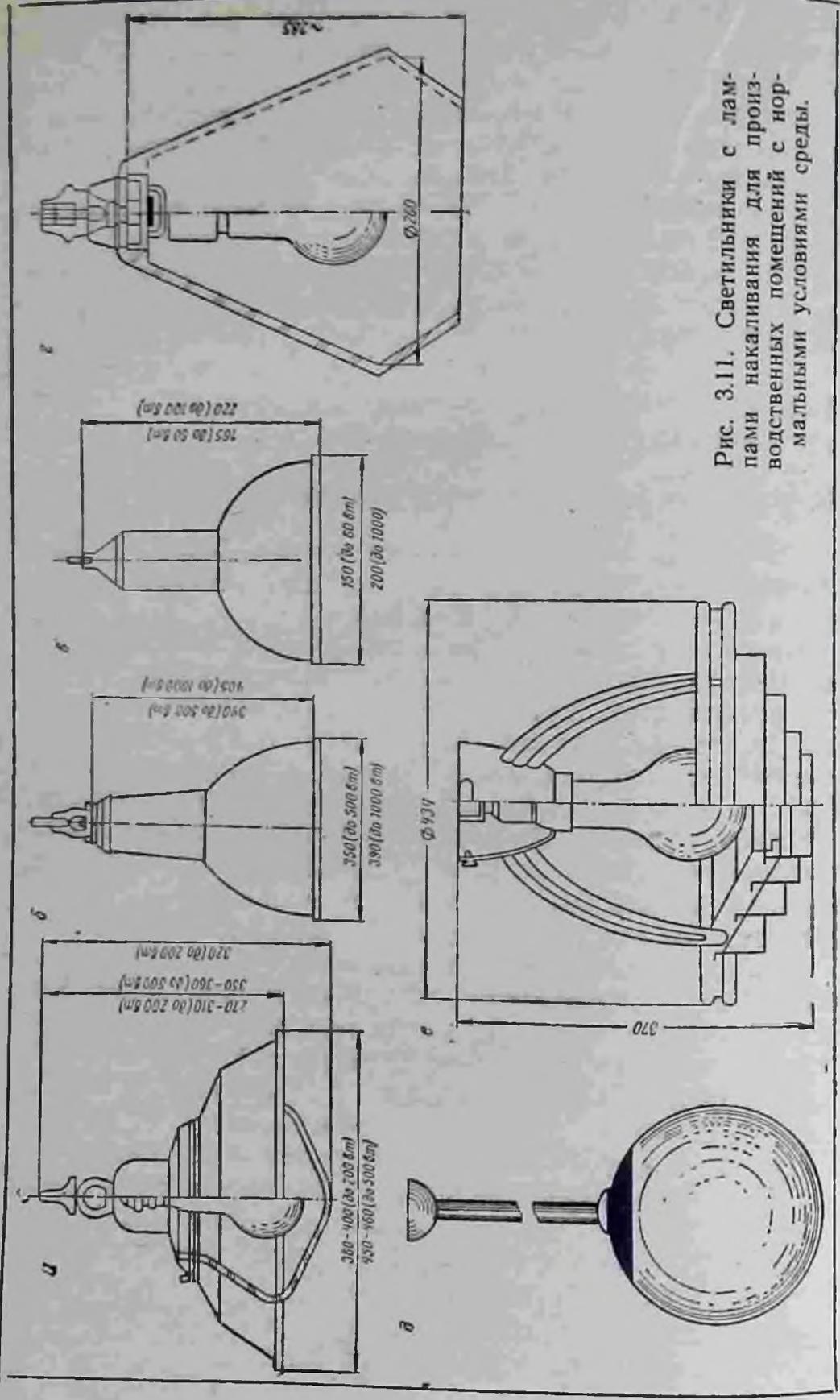
Универсаль — широко распространенный светильник прямого света для освещения производственных помещений (рис. 3.11, а). Арматуру светильника штампуют из листовой стали. Внутреннюю поверхность отражателя обычно покрывают белой силикатной эмалью. Выпускается двух типоразмеров: для ламп мощностью до 200 и до 500 *вт* — с матированным стеклянным затенителем и без затенителя. Отдельные партии светильников для влажных и пыльных помещений выполняют с раздельным вводом проводов и уплотнением [22].

Вследствие своей простоты, сравнительно невысокой стоимости и достаточной надежности светильник Универсаль может быть рекомендован для широкого применения в цехах химических предприятий.

Глубокоизлучатель эмалированный (рис. 3.11, б) — светильник прямого света, его применяют для освещения производственных помещений наряду со светильником Универсаль. Рекомендуется в цехах высотой более 6 м. Светильник выпускается без затенителя трех типоразмеров: для ламп мощностью до 200 *вт*, до 300—500 *вт* и до 1000 *вт*.

В последнее время светотехническая промышленность освоила новые типы светильников Универсаль и Глубоко-

Рис. 3.11. Светильники с лампами накаливания для производственных помещений с нормальными условиями среды.



излучатель, отражатели которых выполняются из обработанного термохимическим способом алюминия. Такая обработка придает поверхности отражателя свойства направленно-рассеянного отражения, что делает светораспределение светильников более концентрированным, чем у эмалированных глубокоизлучателей [39].

А л ь ф а. Светильник прямого света, предназначен для установок местного освещения в помещениях с нормальной пыльностью и влажностью, рассчитан на использование с лампой до 60 *вт* (рис. 3.11, *в*). Изготовлен из листовой стали. Подвешивается на крюке либо крепится на подвижном кронштейне. Рекомендуются для индивидуального освещения рабочего места [22].

Л ю ц е т т а (Лц). Представляет собой колпак из молочного или опалового стекла с отверстием внизу (рис. 3.11, *г*). Светильник рассчитан на лампы мощностью до 200 *вт*. Находит широкое применение для конторских, вспомогательных и бытовых помещений (коридоры, лестницы, гардеробы и др.), для производственных помещений высотой не более 4—5 м с небольшой пыльностью, светлыми стенами и потолками, а также для складов, особенно при наличии в них стеллажей. При установке в Люцетте фарфорового патрона (с отдельным вводом проводов), под кольцо которого поджимается стекло Люцетты, этот светильник может использоваться для сырых бытовых и производственных помещений [39].

Ш а р о п а л о в о г о с т е к л а (Ш). Обладает равномерным распределением силы света (рис. 3.11, *д*). Изготавливают различных диаметров: 150, 250, 350, 500 мм соответственно для ламп мощностью 60, 150, 300, 1000 *вт*. Применяют в тех же случаях, что и Люцетта.

К о л ь ц е в о й с в е т и л ь н и к С К - 3 0 0 (рис. 3.11, *е*). Состоит из трех-пяти стальных экранирующих колец из листовой стали, трех кронштейнов, корпуса с патроном и штанги с розеткой. Светильник окрашен белой эмалевой краской и рассчитан для работы с лампой 300 *вт*. Применяется для освещения конторских помещений [22].

Со специфическими условиями среды

Опасными в отношении взрыва или пожара являются очень многие помещения предприятий химической про-

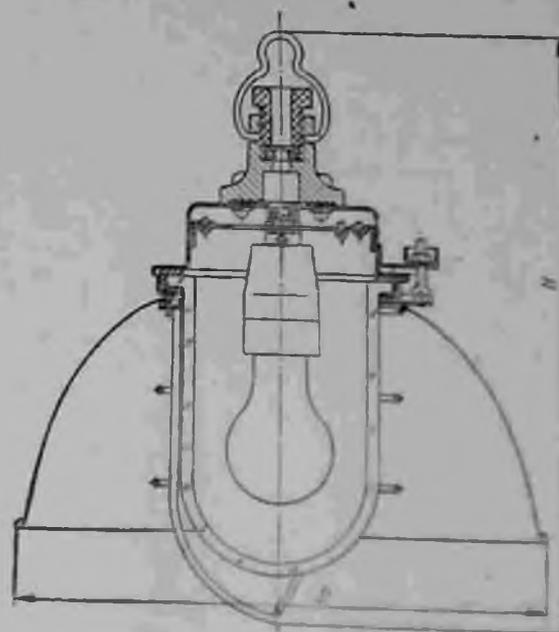
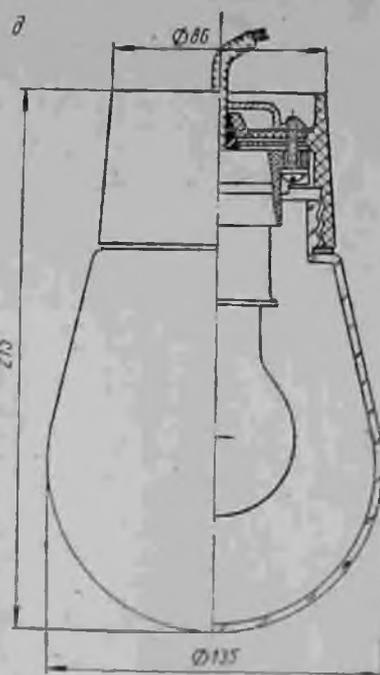
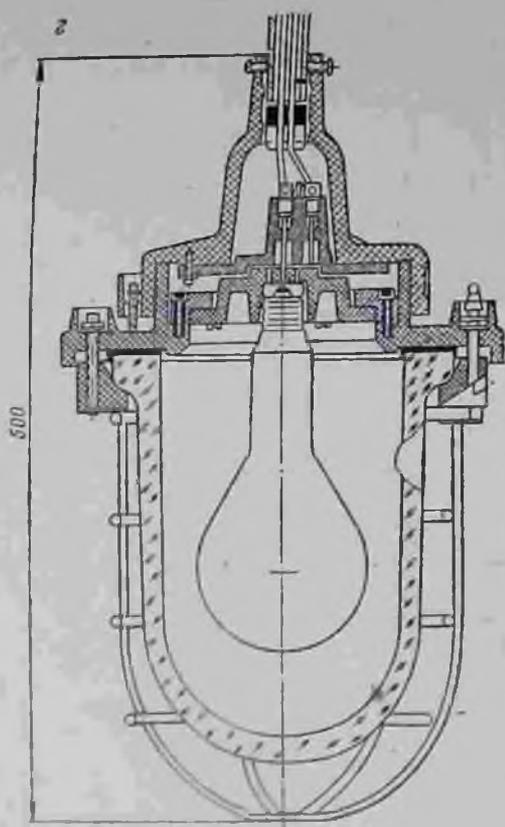
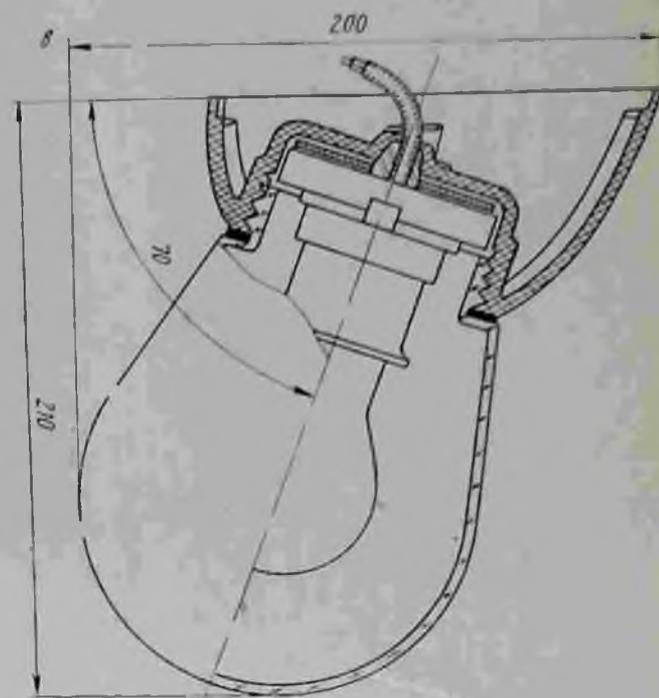
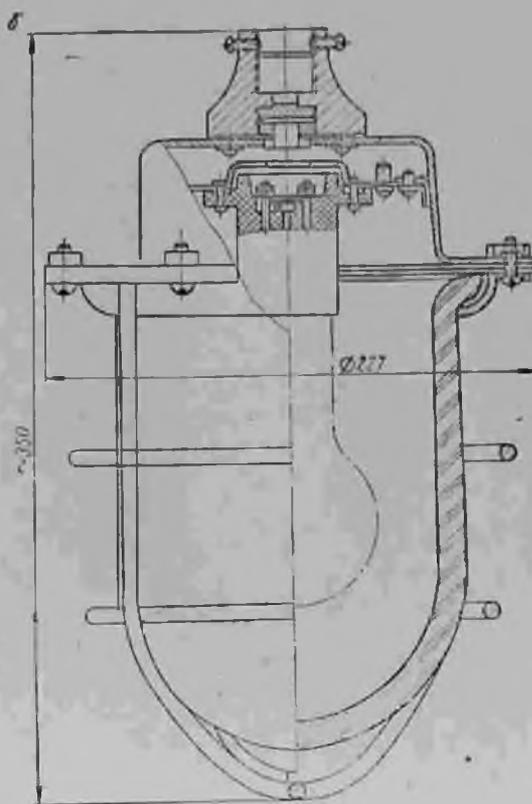
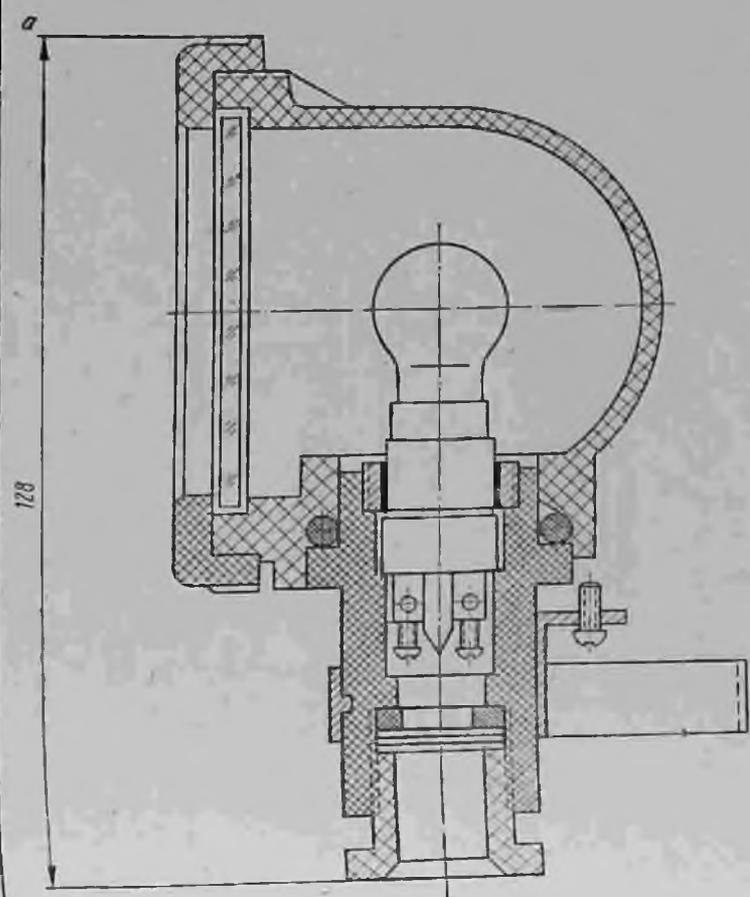


Рис. 3.12. Светильники с лампами накаливания для производственных помещений со специфическими условиями среды.

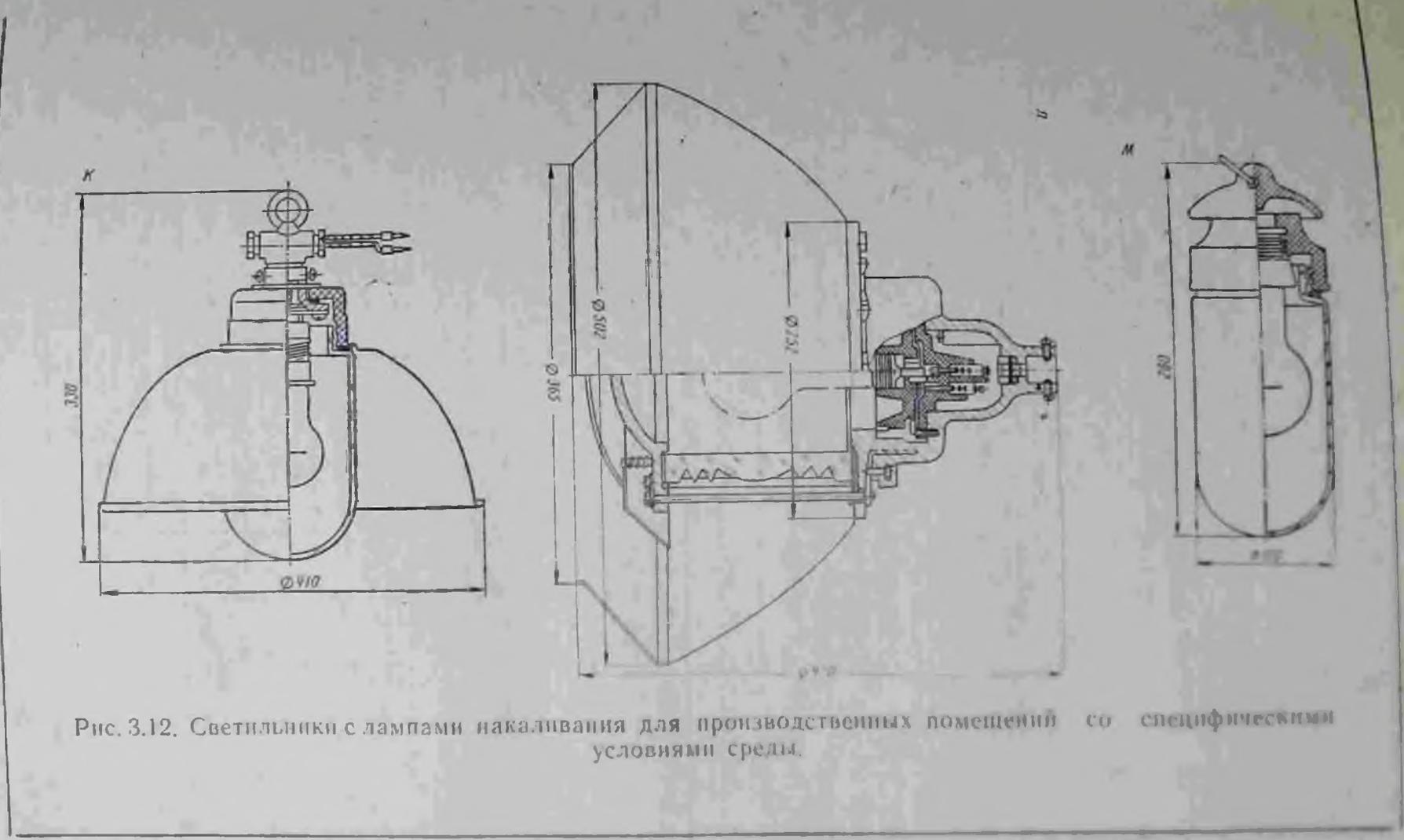
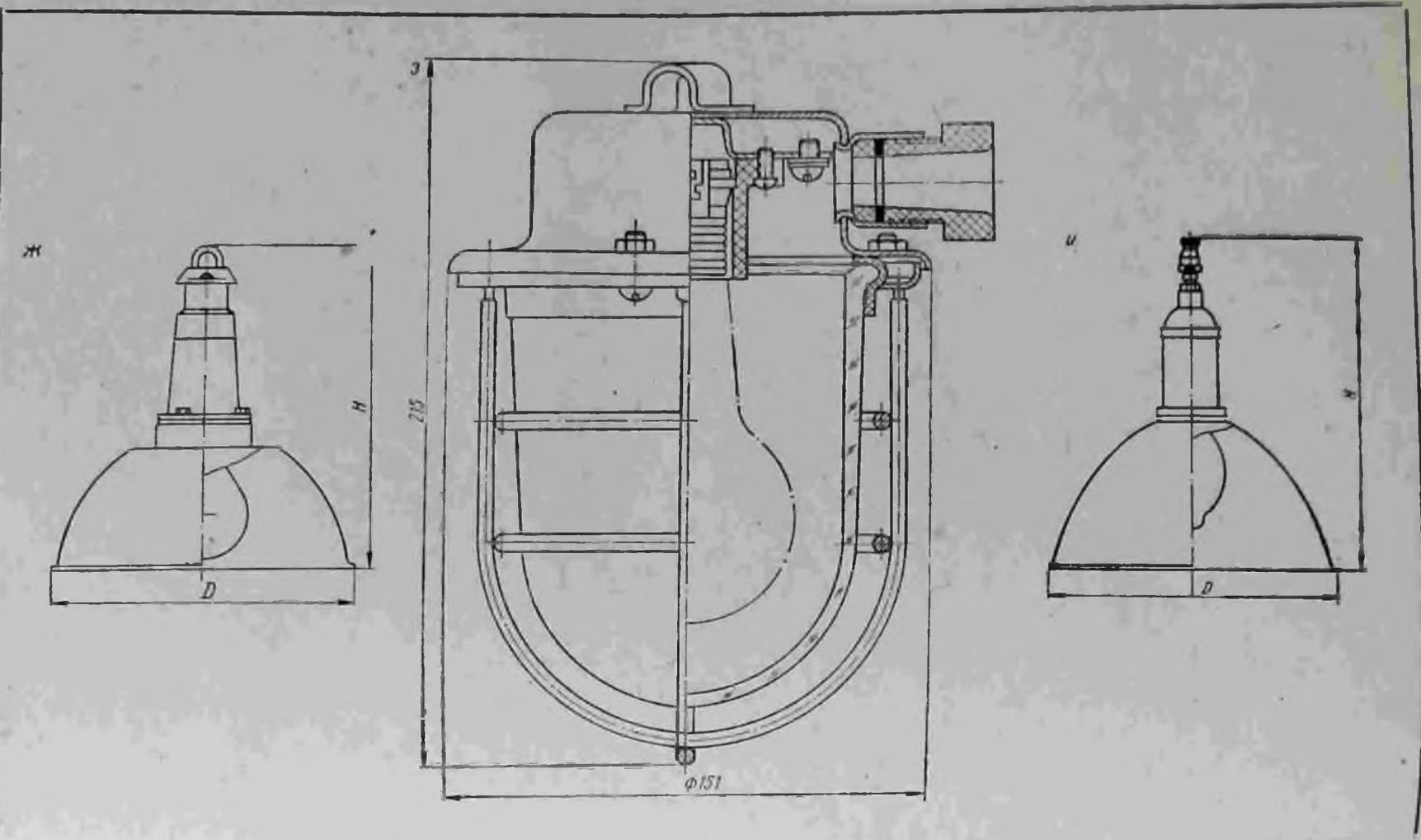


Рис. 3.12. Светильники с лампами накаливания для производственных помещений со специфическими условиями среды.

мышленности, и поэтому специфика освещения взрывоопасных помещений в данной отрасли — сложный вопрос.

Отечественная промышленность выпускает следующие типы светильников для вышеуказанных помещений.

Взрывонепроницаемые светильники типа ВЗГ (рис. 3.12, *г*) и ВЧА (рис. 3.12, *д*) применяют для четвертой и более низких категорий помещений и для группы Г, а также более низких групп и взрывоопасной смеси.

Светильники ВЗГ — для неподвижной установки, двух типоразмеров ВЗГ-200 и ВЗГ-300. При использовании светильника ВЗГ-200 с отражателем в помещениях со взрывоопасной смесью группы Г мощность лампы не должна превышать 150 *вт*.

Светильник ВЧА — для неподвижной установки, ВЧА-50, ВЧА-100, ВЧА-200 (цифра указывает предельную мощность лампы). Взрывоопасность светильников ВЧА обеспечивается большой механической прочностью металлических оболочек и стекол, способных выдерживать внутреннее давление до 17 *атм*. В случае взрыва внутри светильников горячие газы выходят охлажденными между корпусом и крышкой [34].

Светильники повышенной надежности против взрыва типа НОБ (рис. 3.12, *б*). Применяют для группы АЧБ взрывоопасных смесей. ЦНИИ промышленного освещения рекомендует светильники НОБ также при наличии взрывоопасных смесей группы ГИНОГ, если температура самовоспламенения смеси не ниже 300°C. При этом в светильнике НОБ-300 должна применяться лампа мощностью не более 200 *вт*, а в светильнике НОБ-150 — не более 100 *вт* [92].

Благозащищенные светильники потолочный ПУН-60 (рис. 3.12, *д*) и настенный БУН-60 (рис. 3.12, *в*) предназначены для общего освещения помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью, превышающей 75% [73].

Подвесные, уплотненные светильники типов СХМ-100, СХМ-200 (рис. 3.12, *ж*), СХМ-500 предназначены для общего освещения производственных помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью, превышающей 75%, а также для помещений с химически активной средой. Они рассчитаны на работу с лампами накаливания мощностью соответственно 100, 200 и 500 *вт* в сети напряжением 127 и 220 *в* [73].

Подвесные и уплотненные светильники типов ГкХР, и ГХР (рис. 3.12, и) предназначены для общего освещения производственных помещений сырых, пыльных и с химически активной средой. Рассчитаны на работу с четырехэлектродными лампами ДРЛ мощностью 80—125, 250 и 500 *вт*, ГкХР — с лампами мощностью 500 *вт* в сети напряжением 220 *в* [73].

Подвесные закрытые светильники ПУ-100 и ПУ-200 (рис. 3.12, е) предназначены для общего освещения помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью, превышающей 75%. Рассчитаны на работу с лампами накаливания 100 и 200 *вт* в сети напряжением 127 и 220 *в* [73].

Подвесные закрытые светильники типов РН-60, РН-100, РН-200 (рис. 3.12, з) предназначены для общего освещения неопасных по взрыву подземных выработок угольных, рудных и соляных шахт, сырых и пыльных производственных помещений. Рассчитаны на работу с одной лампой накаливания мощностью соответственно 40—60, 75—100 и 150—200 *вт* в сети напряжением 127 и 220 *в* [73].

Стационарный закрытый светильник типа 2-ХМ (рис. 3.12, а) предназначен для местного освещения в помещениях с химически активной средой. Светильник рассчитан на работу с одной лампой накаливания типа СМ-12 или СМ-15 мощностью 18 *вт* в сети переменного или постоянного тока напряжением 12 или 24 *в* [73].

Подвесные пыленепроницаемые светильники СХ-60, СХ-200, СХ-500 *м* (рис. 3.12, к) предназначены для освещения сырых и пыльных производственных помещений с химически активной средой. Светильники рассчитаны на работу с лампами накаливания соответственно 60, 200 и 500 *вт* в сети напряжением 127 и 220 *в* [73].

Подвесные влагозащищенные светильники типа ФМ-60, ПГ-60 (рис. 3.12, м) предназначены для общего освещения производственных и подсобных помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью, превышающей 75%. Светильник рассчитан на работу с одной лампой накаливания мощностью 60 *вт* в сети напряжением 127—220 *в* [73].

Данные о применении этих светильников см. в табл. 3. 11 [92].

Сокращенный сортамент и рекомендация

Наименование или краткая характеристика	Буквенное обозначение или заводской тип	Исполнение	Мощность лампы, <i>вт</i>	Сухие нормальные	
				административно-бытовые	производственные
А. Светильники с					
Универсаль без затенителя	У	Открытое	100—150	×	+
Универсаль с матированным затенителем	Уз или Ум	Защищенное	100—500	×	+
Глубокоизлучатель эмалированный	Гэ	Открытое	150—1000	×	+
Глубокоизлучатель со средней концентрацией потока	Гс	»	300—1500	—	+
Глубокоизлучатель концентрированного светораспределения	Гк-1000	»	750—1000	—	+
Промышленный уплотненный без отражателя	ПУ-100 ПУ-200	»	40—200	—	+
Рудничный нормальный	РН-60 РН-100 РН-200	Пылебрызгозащитное	40—200	—	—
Для помещений сырых и с химически активной средой	РХ-60 СХ-200	Условно пыленепроницаемое	40—500	—	—
Фарфоровый полугерметический (ряд схожих светильников имеет марку ПГ)	Фм	Закрытое	40—100	—	—
Люцетта цельного молочного стекла	Лц	Открытое	60—200	+	+
Шар молочного стекла	Шм	Защищенное	60—1000	+	×

по применению некоторых светильников

влажные	Характеристика помещений											Выс зданий				
	сырые	особо сырые	пыльные	с химически активной средой	пожароопасные				взрывоопасные							
					П-I	П-II	П-IIa ¹	П-III	В-I ²	В-Ia ³	В-1б		В-1г ⁴	В-II	В-IIa	
лампами накаливания																
+	+	×	+	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	×
+	×	—	×	—	—	—	×	+	—	—	—	—	—	—	—	—
+	+	×	+	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	×
+	+	×	×	×	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
+	+	×	×	×	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
+	+	×	+	×	×	—	×	+	×	×	—	—	—	—	—	×
—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—
—	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	×	—	—	×	×	—
×	+	+	×	+	—	—	×	×	×	—	—	—	—	—	×	—
+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
×	— ¹¹	— ¹¹	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	— ¹¹

Наименование или краткая характеристика	Буквенное обозначение или заводской тип	Исполнение	Мощность лампы, Вт	Сухие нормальные	
				административно-бытовые	промышленные
Кольцевые светильники	ПМ-1 СК-300 и др.	Открытое	150—300	+	+
Универсальный и Глубокоизлучатель с уплотняющими стеклами	Уп, Гп	»	100—150	—	—
Повышенной надежности против взрыва	НОБ	Повышенной надежности	75—300	—	—
Взрывонепроницаемые	ВЗГ-200 ВЗГ-300 В4А-50 В4А-100 В4А-200	Взрывонепроницаемое	—	—	—
Глубокоизлучатель со средней концентрацией потока	Гср	»	25—750	—	+
Светильник диффузный для помещений с химически активной средой	СДХДРЛ	Закрытое	250—500	—	—
В. Светильники с					
Общего освещения, диффузный	ОД	Открытое	2×30, 2×40 2×80, 2×125	+	+
То же с экранной решеткой	ОДР	»	2×40, 2×80 2×125	+	+
Общего освещения, диффузный, с перфорированным отражением	ОДО	»	2×40	×	+
То же, с экранной решеткой	ОДОР	»	2×40	×	+

Наименование или краткая характеристика	Буквенное обозначение или завод- ский тип	Исполнение	Мощность лампы, <i>вт</i>	Сухие нормальные	
				админист- ративно- бытовые	производ- ственные
Пылеводозащи- щенный Встроенный об- щего освеще- ния, диффуз- ный Местного осве- щения	ПВЛ-1	Закрытое	2×40	×	×
	ВОД-1	Защищенное	2,3 и 4×80	Область при	
	МЛ-2	Открытое	2×20, 2×40, 2×80	×	+

Примечания.

1. В складских помещениях, относящихся к классу П-IIa, светильники с лампами накаливания и ДРЛ должны иметь стеклянные колпаки, а светильники с люминесцентными лампами — стеклянные колпаки или экранирующие решетки.

2. Исполнение светильников должно соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси.

3. Исполнение светильников повышенной надежности должно соответствовать группе, а взрывонепроницаемых — категории и группе взрывоопасной смеси.

3. 4. 3. Светильники с люминесцентными лампами

Для помещений с нормальными условиями среды

В настоящее время отечественная светотехническая промышленность выпускает более 25 типов светильников, рассчитанных на работу с различным числом люминесцентных ламп и предназначенных для внутреннего освещения помещений промышленных и общественных зданий. Ниже даны описания конструкций и основные характеристики наиболее распространенных светильников.

Светильники серии ОД — подвесные открытые светильники на две люминесцентные лампы мощностью 40, 80 или 125 *вт* предназначены для общего освещения производственных помещений с нормальными условиями среды, а также для помещений с небольшой запыленностью и влажностью. Могут быть использованы и для освещения конторских помещений. Светильник имеет

Характеристика помещений													Высота зданий		
влажные	сырые	особо сырые	пыльные	с химически активной средой	пожароопасные				взрывоопасные						
					П-I	П-II	П-IIa ¹	П-III	В-I ²	В-Ia ³	В-15	В-1г ⁴		В-II	В-IIa
×	×	×	+	×	+	+	×	-	-	-	-	-	-	-	-
менения устанавливается в соответствии с местными условиями															
×	-	-	×	-	-	×	+	-	-	-	-	-	-	-	-

4. Рекомендации даны для взрывоопасной зоны (20 м от мест открытого слива и налива, 3 м от закрытого оборудования и 5 м от клапанов).

II Стекло Шара используется в сочетании с влагозащищенными частями арматуры.

+ рекомендуется;

× допускается;

(-) допускается в исключительных случаях при обоснованной необходимости;

- запрещается.

Условные обозначения светильников см. в табл. 18 приложений.

два исполнения: со сплошным отражателем (шифр ОД) и с отражателем, в верхней части которого сделаны отверстия (шифр ОДО). Светильники этой серии выпускаются с экранирующей решеткой и без нее. При наличии экранирующей решетки шифр светильников ОДР и ОДОР.

В светильниках установлены двухламповые симметрированные пускорегулирующие аппараты для стартерного зажигания ламп [39].

Светильники серии ШОД — открытые подвесные, рассеянного света на две люминесцентные лампы мощностью по 40 и 80 Вт, предназначены для общего освещения помещений высотой 3—4,5 м со светлыми потолками и стенами в общественных зданиях (административно-конторские помещения, конструкторские, проектные бюро и т. д.). Светильники рассчитаны как для индивидуальной подсветки, так и для установки в светящую линию любой длины [39].

Светильники типа ШЛП — открытые, рассеянного света на две люминесцентные лампы по 40

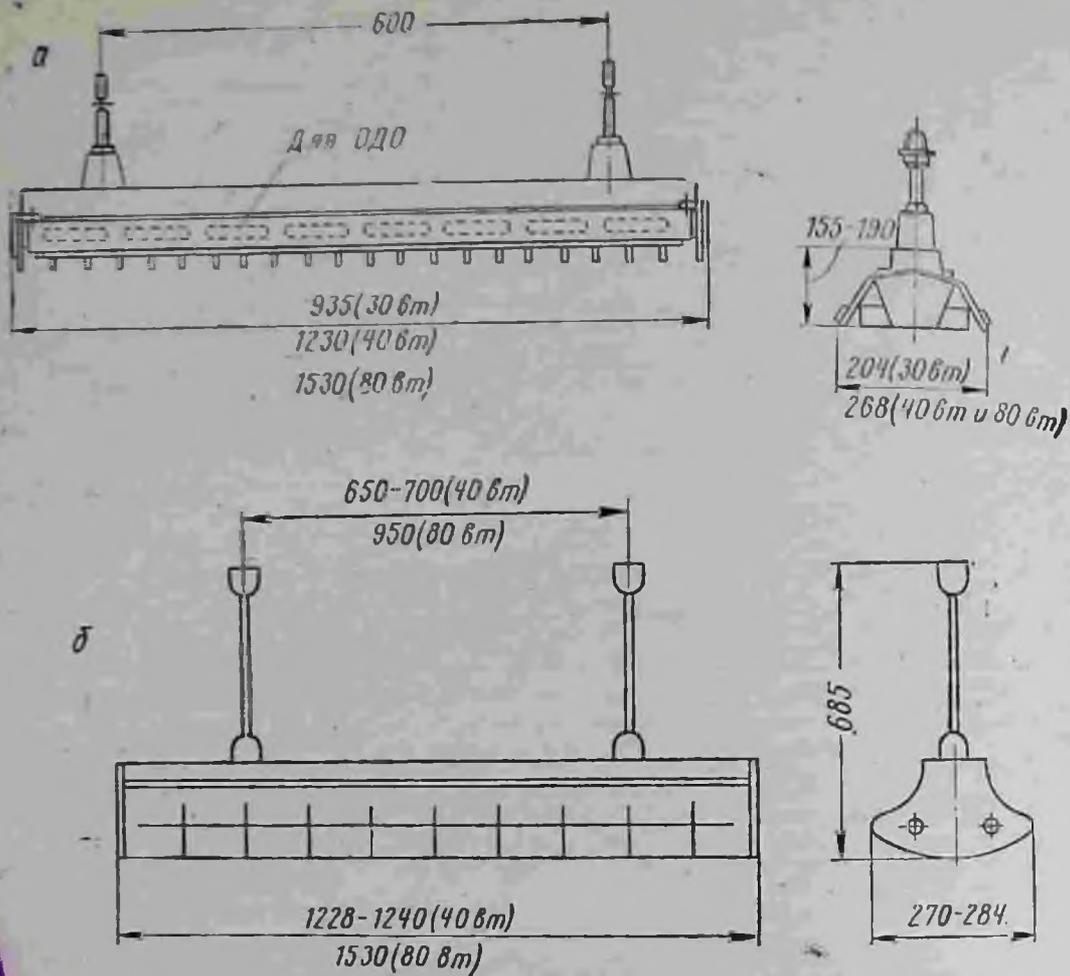


Рис. 3.13. Светильники с люминесцентными лампами для производственных помещений с нормальными условиями среды.

(ШЛП-1) и 80 Вт (ШЛП-2); предназначены для общего освещения низких, высотой 2,8—3 м помещений со светлыми потолками и стенами [39].

На рис. 3.13 приведены светильники для люминесцентных ламп.

Со специфическими условиями среды

В настоящее время отечественная промышленность выпускает широкий ассортимент светильников с люминесцентными лампами для производственных помещений со специфическими условиями среды. Люминесцентное освещение рекомендуется применять в производственных помещениях, где требуется повышенная освещенность, различие цветности, экономичность электроосветительной сети.

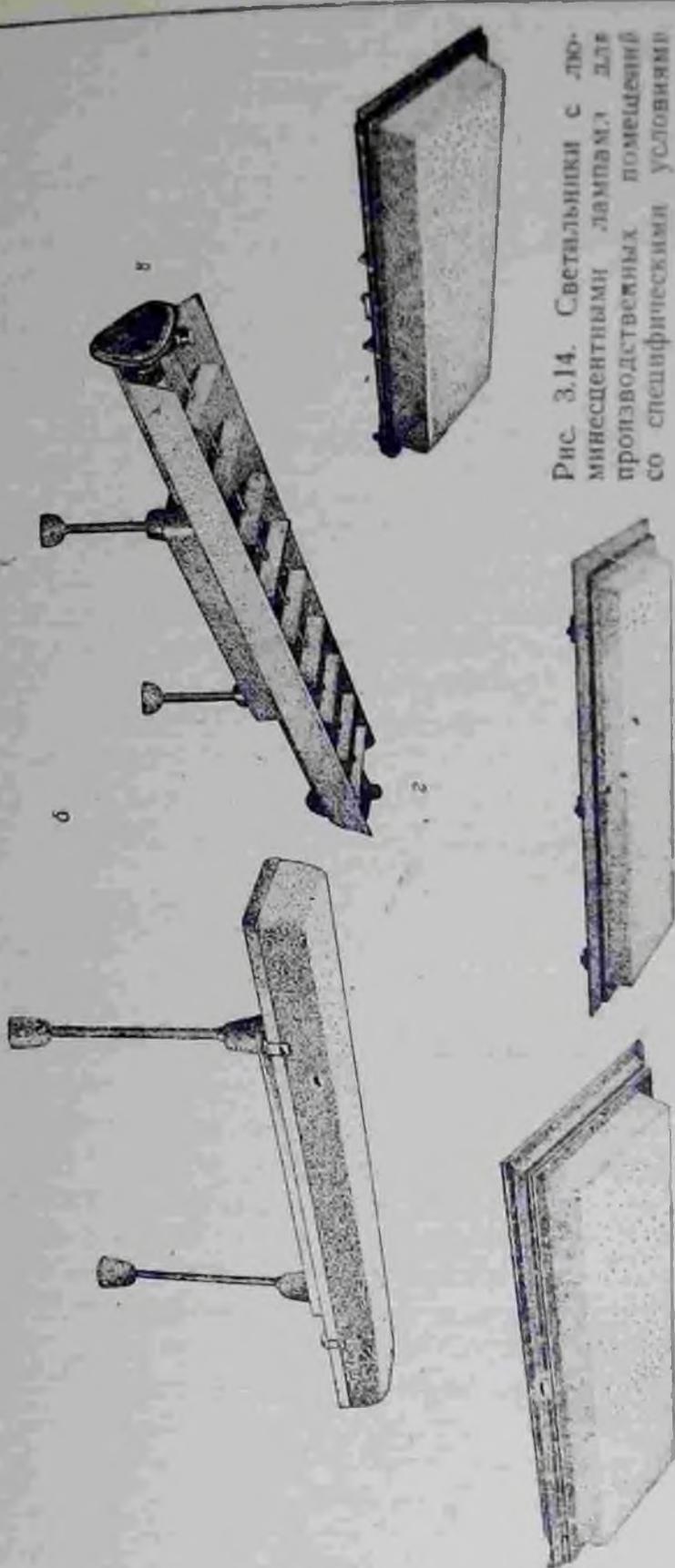


Рис. 3.14. Светильники с люминесцентными лампами для производственных помещений со специфическими условиями среды.

Подвесной светильник типа ПВЛ-1 (рис. 3.14, а) и ПВЛ-6 (рис. 3.14, б) предназначен для общего освещения производственных помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью, превышающей 75%. Светильники рассчитаны на работу с двумя люминесцентными лампами мощностью соответственно по 40 и 80 *вт* в сети напряжением 220 *в*, частотой 50 *гц* [39, 42].

Встроенные светильники (закрытые) типа ВОД (рис. 3.14, в) предназначены для общего освещения производственных помещений с повышенным содержанием пыли, химически активной средой с относительной влажностью, превышающей 75%. Светильники встраиваются в несущую конструкцию перекрытия зданий и рассчитаны на работу с двумя (ВОД-1 — 2×40), тремя (ВОД-1 — 3×80) или четырьмя (ВОД-1 — 4×80) люминесцентными лампами мощностью по 40 или 80 *вт* в сети напряжением 220 *в*, частотой 50 *гц* [73].

Встроенные закрытые светильники ВЛВ (рис. 3.14, г) предназначены для общего освещения производственных помещений с повышенным содержанием пыли, химически активной средой, относительной влажностью, превышающей 75%. Встраиваются в несущие конструкции перекрытий. Светильники рассчитаны на работу с тремя (ВЛВ — 3×80) или четырьмя (ВЛВ — 4×80) люминесцентными лампами мощностью по 80 *вт* в сети напряжением 220 *в*, частотой 50 *гц* [73].

Встроенный закрытый светильник типа ВЛН (рис. 3.14, д) предназначен для общего освещения производственных помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью, превышающей 75%. Светильники встраиваются в перекрытия зданий и рассчитаны на работу с двумя, тремя и четырьмя люминесцентными лампами мощностью 40 *вт* (ВЛН — 2×40, ВЛН — 3×40, ВЛН — 4×40) или 80 *вт* (ВЛН — 2×80, ВЛН — 3×80, ВЛН — 4×80) в сети напряжением 220 *в*, частотой 50 *гц* [73].

Данные и места установки этих светильников см. в табл. 3.11 [92].

§ 3. 5. ПРОЖЕКТОРЫ

Для освещения различных объектов, расположенных, как правило, на открытых пространствах, применяют ос-

ветительные приборы дальнего действия — прожекторы. Благодаря способности концентрировать световой поток в пределах небольшого телесного угла прожекторы находят широкое применение на химических предприятиях для освещения территорий, а также аппаратов, расположенных под открытым небом, строительных объектов и т. д.

Освещение прожекторами предметов, находящихся на значительном удалении, позволяет получать экономичные решения. Например, для освещения высоких предметов снизу или удаленных предметов сверху используют одну мачту с большим количеством прожекторов, направленных в разные стороны [26].

Ниже даны краткие сведения по устройству прожекторов и рекомендации по их применению.

3. 5. 1. Устройство прожекторов

Основными частями прожектора являются источник света и оптическая система, которые размещаются внутри кожуха. Кожух и защитное стекло предохраняют оптическую систему и лампу от механических повреждений и загрязнения.

Типы прожекторов определяются их назначением и условиями применения. На химических предприятиях применяют прожекторы заливающего света.

В настоящее время промышленность выпускает серию прожекторов заливающего света, состоящую из трех типоразмеров со стеклянными, серебряными параболическими отражателями диаметром 450 мм — ПЗС-45, 350 мм — ПЗС-35 и 250 мм — ПЗС-25 (рис. 3.15). В этих прожекторах применяют нормальные осветительные лампы накаливания, расположенные вдоль оптической оси (ПЗС-45) и поперек оптической оси цоколем вниз (ПЗС-35 и ПЗС-25). Основные характеристики прожекторов заливающего света приведены в табл. 3.12 [26].

Прожекторы снабжены фокусирующим устройством, позволяющим несколько перемещать патрон для установки светового центра лампы точно в фокусе отражателя. Выходное отверстие прожекторов закрыто плоским защитным стеклом, вставленным с резиновым уплотнением в откидную раму, которая удерживается в закрытом положении при помощи пружинных защелок. Про-

жекторы имеют приспособления для поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях и для закрепления в выбранном положении. Корпус прожекторов изгото-

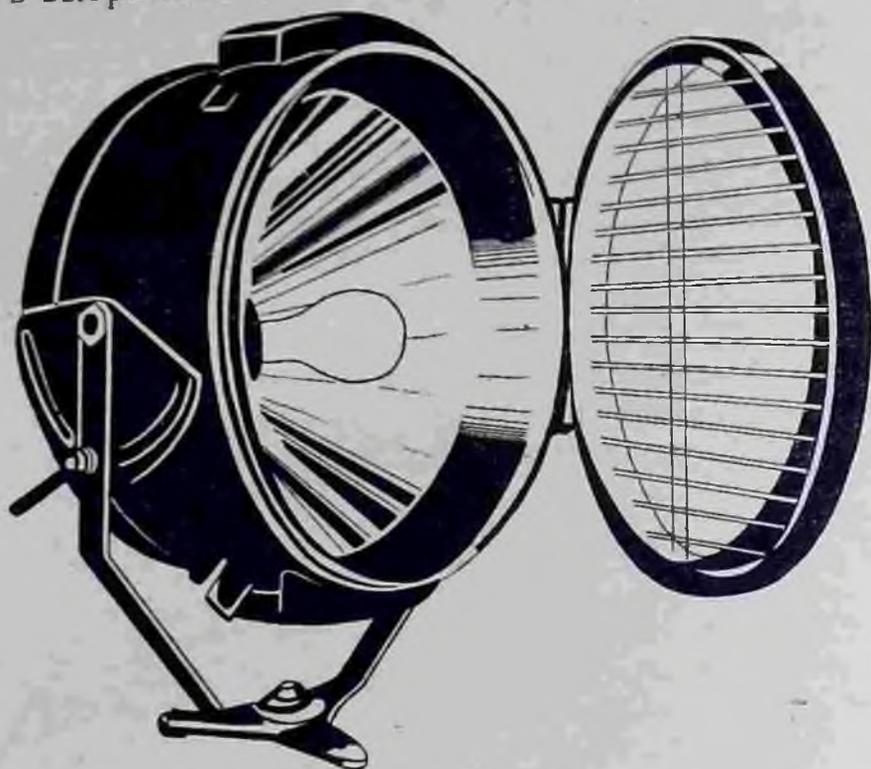


Рис. 3.15. Общий вид прожектора ПЗС-45 с пластинчатыми жалюзи.

Таблица 3.12

Основные характеристики прожекторов заливающего света

Тип прожектора	Диаметр отражателя, мм	Лампа		Максимальная сила света, св	Полезный угол рассеяния, град	
		напряжение, в	мощность, вт		в горизонтальной плоскости	в вертикальной плоскости
ПЗС-45	450	110, 127	1000	200000	22	19
		220	1000	130000	26	24
ПЗС-35	350	110, 127	500	85000	20	18
		220	500	50000	21	19
ПЗС-25	250	110, 127	200	18000	16	12
		220	200	16000	16	12

товлен из тонкой листовой стали и снабжен вентиляционным отверстием.

Прожектор ПЗС-45 имеет вентиляционные отверстия

в нижней и верхней частях кожуха, а прожекторы ПЗС-35 и ПЗС-25 — только в нижней части.

Кривые распределения сил света прожектора приведены на рис. 3.16. Здесь по горизонтальной оси l отложены углы с осью прожектора, а по вертикальной оси 2 — значения силы света, соответствующие этим углам.

Прожекторы типа ПЗС имеют ряд недостатков. Основные из них: наличие отверстий для вентиляции, через которые прожектор быстро загрязняется, что значительно ухудшает его световые качества, малый коэффициент полезного действия, большой вес, связанный с применением стеклянных отражателей и стального корпуса, и неудачная конструкция фокусирующего устройства.

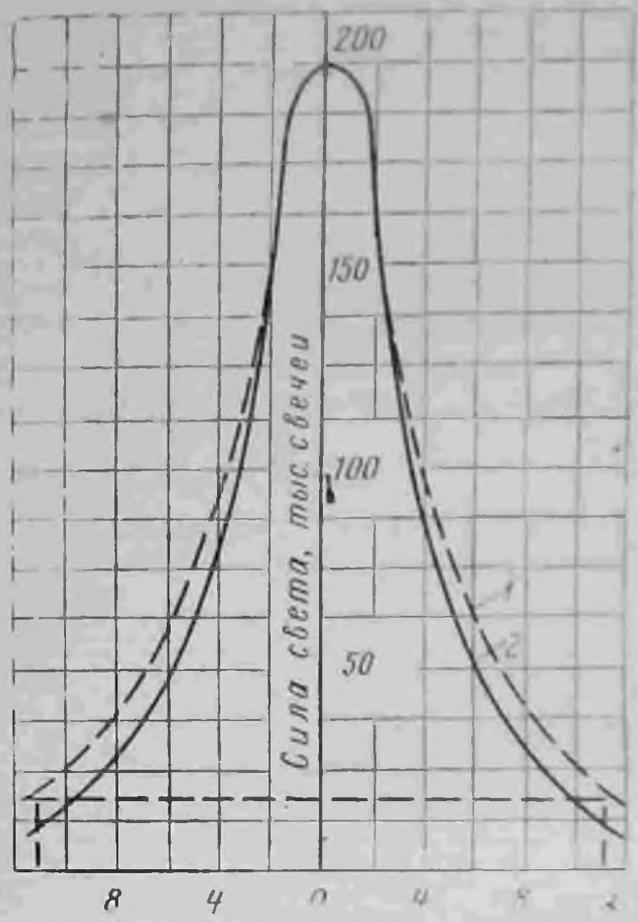


Рис. 3.16. Кривые сил света прожектора типа ПЗС-45 с лампой НГ-127-1000 (127 в, 1000 вт).

В связи с этим в настоящее время ведутся работы по конструированию новых прожекторов заливающего света, обладающих большим коэффициентом полезного действия, полностью закрытых и снабженных оптической системой смещенного типа со сменными металлическими отражателями [38].

3. 5. 2. Источники света, применяемые в прожекторах

Источником света в прожекторах заливающего света общего применения служат лампы накаливания. Однако лампы имеют относительно невысокую экономич-

ность и большие размеры тела накала. В прожекторах с такими лампами необходимо устройство фокусирующего приспособления. Световой поток прожектора, снабженного такой лампой, получается достаточно широким. В тех случаях, когда необходимо больше сконцентрировать световой поток, применяют специальные прожекторные лампы накаливания. Эти лампы имеют небольшие размеры тела накала и более короткий срок службы, однако экономичность их значительно выше. Некоторые прожекторные лампы снабжаются фокусирующими цоколями. Это позволяет заменять лампы без дополнительной фокусировки прожектора.

Основные характеристики нормальных осветительных и прожекторных ламп накаливания, применяемых в прожекторах общего назначения, приведены в табл. 3.13 [26].

3. 5. 3. Прожекторные мачты

Для установки прожекторов используют металлические, деревянные и железобетонные мачты, которые обычно устанавливаются стационарно. В случае использования для установки прожекторов высоких зданий, естественных возвышенностей и т. п. применяются специальные прожекторные площадки.

В настоящее время для установки прожекторов разработан большой ассортимент типовых мачт и площадок. Например, существуют типовые проекты металлических мачт высотой 20, 30 и 50 м и деревянных — высотой 10 и 15 м. Разработан также проект передвижной деревянной мачты высотой 10 м. На рис. 3.17 приведены образцы мачт и площадок для установки прожекторов.

Металлические мачты по своей конструкции могут быть разборными и неразборными. Они представляют собой сварные конструкции, изготовленные из угловой стали, и состоят из нескольких звеньев, соединенных между собой (рис. 3.17, а). Монтаж металлических мачт осуществляется на месте их установки. Для этого звенья укладываются горизонтально встык с таким расчетом, чтобы основание мачты было около фундамента, после чего производится их сборка на болтах или сварка. После соединения звеньев производится монтаж электропроводки.

Основные характеристики специальных ламп накаливания, применяемых в прожекторах

Тип лампы (по ГОСТ 2239-60, 7874-56 и ТУ 1-3-115)	Напря- жение, в	Мощность, вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/вт	Срок службы, ч	Нормальное положение при горении и допускаемое отклонение, град	Тип цоколя (по ГОСТ 2520-51)	Размеры		
								диаметр колбы, мм	длина, мм	высота светового центра, мм
ПЖ-50	220	300	4900	16,3	400	Горизонталь- ное с отклоне- нием $\pm 30^\circ$	ИФ-С51	97	180	85 ± 2
ПЖ-51	220	500	8500	17,0	400	То же	ИФ-С51	112	195	95 ± 2
ПЖ-52	220	1000	17000	17,0	400	»	ИФ-С51	132	220	105 ± 2
ПЖ-77	220	1500	34500	23,0	150	Любое	P40-2	152	313	231 ± 5
ПЖ-43	110	1000	22200	22,0	150	Цоколем вниз с отклонени- ем $\pm 15^\circ$	P40-2	97	195	135 ± 5
ПЖ-34	110	1500	34500	23,0	150	То же	P40-2	112	210	135 ± 5
ПЖ-35	110	2000	47400	23,7	150	»	P40-2	152	270	180 ± 5
ПЖ-44	220	1000	21000	21,0	150	»	P40-2	97	195	135 ± 5
ПЖ-53	220	3000	58300	—	400	То же $\pm 30^\circ$	ИФ-С51	97/122	300	140 ± 2

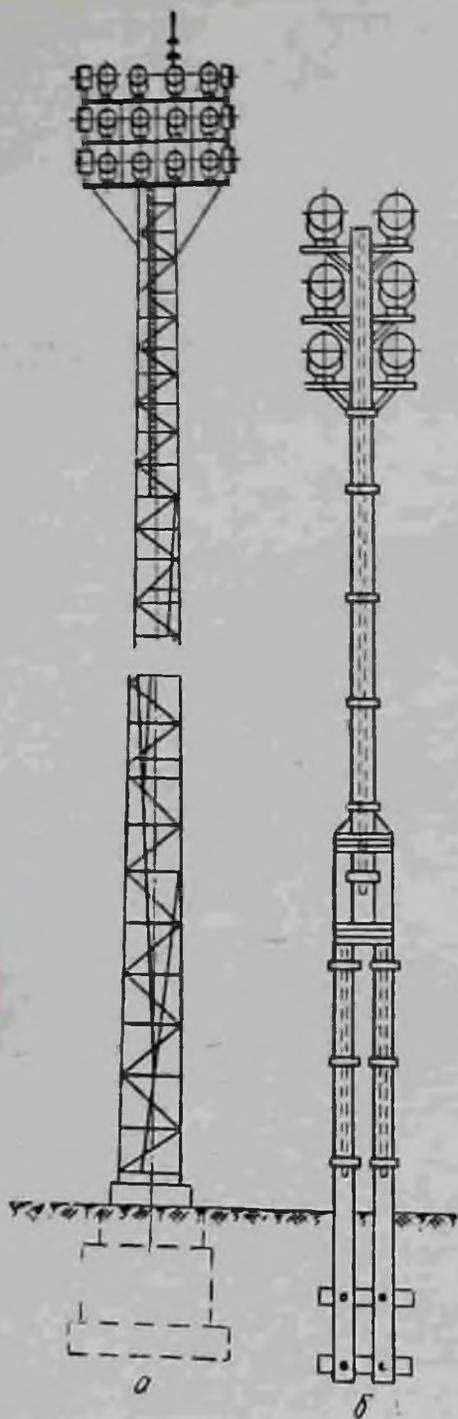


Рис. 3.17. Мачты для установки прожекторов:

Для установки прожекторов металлические мачты в верхней своей части имеют специальные площадки. В зависимости от системы освещения (односторонней, многосторонней или круговой) и количества устанавливаемых прожекторов мачта имеет несколько площадок на различной высоте или одну площадку наверху с многоярусным расположением прожекторов. По форме площадки могут быть разными (прямоугольные, квадратные и др.), их размеры должны быть достаточными для обеспечения обслуживания прожекторов в процессе эксплуатации. Количество прожекторов, установленных на таких мачтах, может достигать сотни. Площадки состоят из решетчатых плоских оснований, на которых могут размещаться люди, обслуживающие прожекторы, и специальных металлоконструкций, расположенных по краю площадки и жестко связанных с ней, на них и крепятся прожекторы. Для входа на площадки внутри мачт предусматривают металлические лестницы, а в основаниях площадок — люки с крышками.

Для подъема и спуска прожекторов на площадках имеются блочные устройства.

Деревянные мачты могут быть одностоечные (рис. 3.17, б) или двухстоечные. Для их изготовления ис-

пользуются круглые бревна сосны или лиственницы. В местах стыков бревна скрепляют болтами и скрутками из круглой проволоки диаметром 5—6 мм. Такими же скрутками мачты соединяются с пасынками. Для установки прожекторов могут быть использованы типовые мачты, железобетонные опоры воздушных линий [27].

Для установки прожекторов в верхней части мачт на кронштейнах крепят металлические траверсы — в 2—3 ряда по высоте, в которых предусматриваются отверстия для крепления фланцев прожекторов.

§ 3. 6. ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

3. 6. 1. Виды и системы освещения

Виды освещения различают по функциональному назначению [42].

1. Освещение, действующее в нормальном режиме, называется *рабочим*.

2. Освещение, которое при аварийном отключении рабочего освещения обеспечивает безопасную эвакуацию людей, называют *аварийным эвакуационным*.

3. Освещение, которое в тех же условиях позволяет, хотя бы временно, продолжать производственный процесс, называется *аварийным для продолжения работы*.

По принципу устройства освещения разделяются на различные системы [92]:

- 1) общее, освещающее всю площадь помещения;
- 2) местное, освещающее только определенное рабочее место;
- 3) комбинированное, являющееся совокупностью общего и местного.

Общее освещение рекомендуется устанавливать:

а) в цехах, где рабочей поверхностью служит каждая точка производственного помещения (литейные, сборочные цехи, склады и т. д.);

б) в цехах, где рабочие места имеют большую протяженность;

в) во вспомогательных помещениях (коридоры, вестибюли, склады и пр.).

В зависимости от системы расположения светильников общего освещения различают два способа их размещения:

1) равномерное, при котором светильники расположены правильными симметричными рядами;

2) локализованное, при котором светильники в большей или меньшей степени концентрируют на определенных участках.

Локализованное освещение целесообразно применять в следующих случаях:

а) когда оборудование расположено по помещению несимметрично и на разных участках требуются разные освещенности (цехи со складами и сборочными участками);

б) при наличии в цехе высокого оборудования, создающего тени на рабочих поверхностях, когда местное освещение применять нельзя (ряд цехов химической промышленности, кузнечные цехи, конвейерной сборки и т. д.).

Систему комбинированного освещения применяют:

а) на рабочих поверхностях, где по характеру производственного процесса требуется освещенность более 500 лк;

б) на рабочих поверхностях, где общее освещение создает тени;

в) для освещения наклонных и вертикальных поверхностей при условии, что производственный процесс требует сравнительно высокой освещенности;

г) на рабочих местах, требующих переменного направления падающего света.

Ведущую роль в системе комбинированного освещения занимают установки местного освещения, которые служат для повышения освещенности в рабочей зоне.

3. 6. 2. Выбор величины освещенности

При проектировании электрического освещения производственного помещения очень важно правильно выбрать величину освещенности. Создание освещенности меньшей, чем необходимо по характеру работы, ведет к ухудшению условий труда, быстрому утомлению глаз рабочих, а это вызывает уменьшение выпуска продукции и снижение ее качества. На некоторых производствах при недостаточной освещенности может возрасти число несчастных случаев.

Завышение освещенности ведет к увеличению расхо-

да электроэнергии, к росту затрат на монтаж и эксплуатацию светильников и на замену ламп, вышедших из строя [39].

Выбор величин освещенности для производственных помещений производят в строгом соответствии с характером производственного процесса. В СССР действуют обязательные для всех организаций и ведомств «Строительные нормы и правила» (СНиП), содержащие «Нормы искусственного освещения», которые также помещены в разделе VI ПУЭ [62]. Эти нормы определяют необходимую освещенность в соответствии с характером и особенностями зрительной работы. Но названные нормы составлены в общем виде, в них указаны минимально необходимые величины освещенности в зависимости от размера рассматриваемых глазом подробностей и деталей на обрабатываемых предметах, от степени контраста рассматриваемых объектов с окружающим их фоном (табл. 3.14). Этими нормами пользуются для составления отраслевых норм освещенности. В отраслевых нормах указывают, какая освещенность должна быть создана для каждого помещения, рабочего места для производственного процесса (табл. 3.15 и табл. 4—9 приложения).

Особенности существующих норм следующие [39].

1. В нормах указаны неодинаковые величины освещенности при освещении люминесцентными лампами и лампами накаливания: при люминесцентных лампах освещенность в 2—3 раза больше, чем при лампах накаливания.

Освещенность, указанная в нормах для ламп накаливания, является тем минимумом, при котором работа выполняется без чрезмерного зрительного напряжения; если такую же освещенность получить от люминесцентных ламп, то условия работы для глаза не изменятся. Но так как люминесцентные лампы в 2,5—3 раза экономичнее ламп накаливания, то при люминесцентных лампах можно при меньшем расходе электроэнергии значительно повысить освещенность.

2. В отраслевых нормах в отношении многих работ и помещений приводят разные величины освещенности:

- а) при устройстве только одного общего освещения и
- б) при комбинированном освещении. При этом для системы комбинированного освещения указывают отдельные

Таблица 3.14

Минимальная освещенность на рабочих поверхностях
в производственных помещениях

Характеристика работ и размер объекта различения, мм	Разряд	Подразряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Минимальная освещенность, лк	
					при системе комбинированного освещения	при системе одного общего освещения
Наивысшей точности, менее 0,15	I	a	малый	средний	5000	1500
		б	средний	темный		
		в	малый	светлый		
		г	средний	средний		
	II	a	малый	средний	4000	1000
		б	малый	средний	1500	400
		в	большой	темный		
		г	средний	светлый		
Очень высокой точности, от 0,15 до 0,2	III	a	большой	светлый	1500	400
		б	большой	средний		
		в	большой	средний	5000	1500
		г	большой	средний	3000	750
	IV	a	большой	средний	2000	500
		б	большой	средний	2000	500
		в	большой	средний	2000	500
		г	большой	средний	2000	500
Высокой точности, от 0,2 до 0,5	I	a	малый	темный	2000	500
		б	малый	средний		
		в	малый	светлый		
		г	средний	средний		
	II	a	малый	средний	1000	300
		б	малый	темный	400	200
		в	большой	темный		
		г	средний	светлый		
Средней точности, от 0,5 до 1,0	III	a	большой	светлый	200	150
		б	большой	средний		
		в	большой	средний	200	150
		г	большой	средний	200	150
	IV	a	большой	средний	750	300
		б	большой	средний	400	75
		в	большой	темный	200	75
		г	большой	светлый	150	50

Характеристика работ и размер объекта различения, мм	Разряд	Подразряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Минимальная освещенность, лк	
					при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения
Малой точности, от 1,0 до 5,0	V	а	малый	темный	300	100
		б	малый	средний	150	50
		в	средний	темный	—	50
		г	малый	светлый	—	50
Грубая, более 5,0, требующая общего наблюдения за ходом производственного процесса	VI	а	средний	средний	—	30
		б	большой	темный	—	30
Требующая общего наблюдения за ходом производственного процесса при кратковременном пребывании людей в помещении	VII	а	большой	светлый	—	20
		б	большой	светлый	—	20
Работа с самосветящимися материалами или изделиями в горячих печах	VIII	а	независимо от коэффициента отражения фона и контраста объекта с фоном	»	—	200
Вспомогательные помещения	IX	а	вестибюли гардеробные, санитарные узлы, сушилки и лифты	»	—	30
		б	главные проходы, коридоры и лестницы	»	—	20*
		в	второстепенные проходы, площадки и лестницы	»	—	10

Характеристика работ и размер объекта различения. мм	Разряд	Подразряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Минимальная освещенность, лк	
					при системе комбинированного освещения	при системе одного общего освещения
Склады громоздких предметов и сыпучих тел, а также эпизодически посещаемые людьми помещения (водопроводные туннели, приямки фундаментов машин, проходы на чердаках и т. п.)	X	—	—	—	—	5

* В производственных помещениях освещенность проходов и других площадей, на которых не производится работа, должна соответствовать разряду IXб, но не может быть менее 25% нормированного значения освещенности при системе общего освещения.

но, какая освещенность должна создаваться по всему помещению светильниками общего освещения и какая освещенность должна быть на рабочем месте от совместного действия светильников общего и местного освещения.

3. Указанная в нормах освещенность должна быть создана на рабочей поверхности; для одних помещений за рабочую поверхность принимают пол, для других — горизонтальную плоскость на уровне 0,8 м от пола и т. д. При расчете освещения необходимо знать, как расположена рабочая поверхность.

4. С течением времени световой поток ламп уменьшается. Особенно сильно это наблюдается у люминесцентных ламп. На освещенность влияет загрязнение стен и потолка помещения, так как при этом уменьшается их отражающая способность. Поэтому при расчете освещения вводят коэффициент запаса, величина которого зависит от степени запыленности помещения, нали-

Рекомендации по освещению бытовых помещений

Наименование помещений	Среда	Уровень расчётной поверхности	Наименьшая освещённость от общего освещения		Рекомендуемый тип светильника
			лампы накаливания	люминесцентные лампы	
Тамбур входной	Влажная	0	10	50	Плафон, патроны
Вестибюль, гардероб	Нормальная	0	30	75	Плафон, Лц, Шм, ПЛ
Лестницы:					
главные	»	0	20	75	То же
прочие	»	0	10	50	»
Коридоры и проходы:					
главные	»	0	20	75	»
прочие	»	0	10	50	»
Уборные и умывальные	Влажная	0	30	75	Плафон, патроны, Лц
Душевые	Особо сырая	0	30	75	Лцф, ПГ
Канторские помещения	Нормальная	0,8	75	200	ШЛД, Лц, ПМ
Комнаты общественных организаций	»	0,8	75	150	ШЛД, Лц, ПМ
Проектные, чертежные, копировальные, машинописные, счётные и т. п. бюро	»	0,8	150	300	ШЛД, СК, Шм
Зал заседаний	»	0,8	100	200	ШЛД, СК, Шм
Фойе	»	0,8	75	200	ШЛД, СК, Шм
Лаборатории производственные	»	0,8	100	200	ШЛД, СК, Шм, Лц
Приемные и комнаты ожидания	»	0,8	50	100	ШЛД, ПМ, Лц, Шм
Светокопировальная	П-IIa	0,8	75	200	Лц
Переплетная	П-IIa	0,8	75	200	Лц
Архив:					
на столах		0,8	75	200	
на стеллажах		(2—	20	75	
		верт.)			
Медпункт	Нормальная	0,8	100	200	Лц, ШЛД, Шм
Бойлерная	Влажная	0	30	75	ПУ, ПГ
Кубовая	»	0	30	75	Лц
Выдача и чистка спецодежды	Нормальная	0	30	100	Лц

Наименование помещений	Среда	Уровень расчетной поверхности	Наименьшая освещенность от общего освещения		Рекомендуемый тип светильника
			лампы накаливания	люминесцентные лампы	
Сушка спецодежды	Влажная	0	30	100	Лц
Помещения проходной конторы:					
проходная (турникетная)	»	0,8	50	150	Лц, Пм
бюро пропусков	Нормальная	0,8	75	200	ШЛД, Лц, Пм
дежурная смена	»	0,8	50	100	Лц, Пм
хранение пакетов	П-Ша	0	30	100	Плафон; Шм
пейхгауз	Нормальная	0	20	75	Лц
комната кормления детей	»	0,8	75	150	ШЛД, Шм, Пм
Помещения блока питания:					
варочный зал (кухня)	Жаркая				
обеденный зал	Влажная	0,8	75	200	Ум, Пу, Пвл, ОДОР
заготовочные помещения	Нормальная	0,8	75	200	ШЛД, Шм, Пм
Кладовые:	Влажная	0,8	75	200	Ум, Шм, Пвл
сухих фруктов	Нормальная				Ум, Шм
овощей	Влажная				Ум, Шм
мяса, рыбы и т. д.	Сырая				Пу, Пг
Раздаточная	Влажная	0,8	75	200	Шм, Ум
Моечная	Сырая	0,8	75	200	Лцф

Примечание. Для всех помещений указаны нормы освещенности при обоих классах источников света, но типы светильников для люминесцентных ламп указаны только для помещений, в которых относительно более целесообразно применение этих ламп: на первом месте — там, где люминесцентные лампы уже следует считать основными источниками света, на последнем — в остальных случаях. Наравне со светильником ШЛД могут применяться другие типы светильников для учебных и общественных помещений (ШЛП, ПМЛ и т. д.).

чия в нем дыма, копоти, испарения и типа источников света.

Величина коэффициента запаса для ламп накалива-

ния в зависимости от характера помещения равна 1,3; 1,5; 1,7; для люминесцентных ламп 1,5; 1,8 и 2. Например, если для помещения норма освещенности равна 50 лк, а коэффициент запаса 1,5, то новая осветительная установка должна создавать освещенность, равную $50 \times 1,5 = 75$ лк.

3. 6. 3. Способы размещения светильников

Основным требованием, предъявляемым к электроосветительным установкам, является создание равномерности освещения в рабочем помещении. Равномерность освещения зависит от правильного выбора и способа размещения светильников.

Обычно освещение промышленных предприятий стремятся осуществить установками со сравнительно небольшим числом светильников и лампами большой мощности, что объясняется экономическими соображениями. Но при небольшом числе светильников расстояние между ними обычно относительно велико, поэтому на рабочих местах, находящихся под светильниками, уровень освещенности будет высок, на отдаленных от светильника — низок. При увеличении высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью H_p или при сокращении расстояния между ними L эта неравномерность сглаживается.

Для светильников общего освещения при их равномерном расположении следует придерживаться рекомендуемого отношения $L:H_p$, при котором будет достигнута максимально возможная равномерность освещения при минимальной затрате электроэнергии. Величина этого отношения различна для светильников с различными кривыми распределения силы света в нижней полусфере (табл. 3.16).

Таблица 3.16

Значение величины $L:H_p$ для различных светильников

Характер светораспределения	$L:H_p$	
	наивыгоднейшее	наиболее допустимое
Глубокое	1,1—1,3	1,4
Косинусное	1,4—1,8	2,5
Равномерное	2,3	3,2

Существует несколько основных вариантов размещения светильников с лампами накаливания (рис. 3.18) [3].

I. Светильники расположены по вершинам квадрата ($L_1=L_2$).

II. Светильники расположены по вершинам прямоугольника, стороны которого далеки от равенства.

III и IV. Светильники размещены в шахматном порядке.

В III варианте светильники размещены по вершинам ромба, диагонали которого равны ($D_1=D_2$), а в IV — диагонали далеки от равенства.

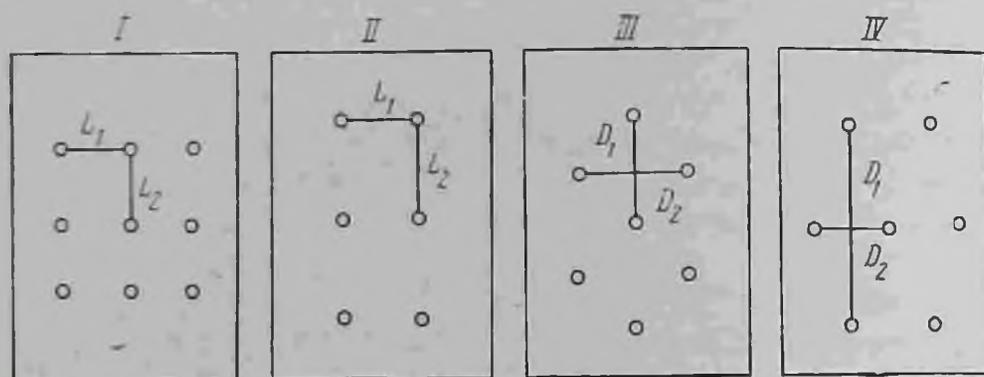


Рис. 3.18. Основные варианты размещения светильников с лампами накаливания.

Наибольшая равномерность освещения достигается при I и III вариантах. Если осветительная установка выполнена по II и IV вариантам, то расчет освещенности должен вестись для точек, наиболее удаленных от светильников, замеры освещенности также должны в первую очередь производиться на рабочих поверхностях, находящихся в этих точках. Размещение светильников в шахматном порядке рекомендуется в цехах с высоким оборудованием, создающим тени. При размещении светильников общего освещения необходимо регламентировать расстояние крайнего ряда светильников до стен; при наличии пристенных рабочих мест расстояние крайнего ряда светильников до стены l должно составлять 0,25—0,3 расстояния между светильниками L , при отсутствии рабочих мест — 0,4—0,5 L . При размещении светильников по II, III, IV вариантам для вычисления необходимого l берется L среднее:

$$\text{для варианта II } L_{\text{cp}} = \sqrt{L_1 L_2}; \quad (3.10)$$

$$\text{для вариантов III и IV } L_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{D_1 D_2}{2}} \quad (3.18)$$

При определении оптимального отношения L/H , при размещении светильников по II, III и IV вариантам также берется среднее.

При выборе размещения светильников отраженного и рассеянного света для обеспечения равномерного распределения яркости по потолку необходимо, чтобы расстояние от потолка до светильника было равно 0,2—0,25 высоты расположения потолка над расчетной плоскостью.

Светильники с люминесцентными лампами наиболее часто располагаются в виде сплошных или прерывистых линий параллельно стенам с окнами, а в пролетах — параллельно продольной оси помещения.

Если длина ряда светильников велика по сравнению с высотой подвеса, то наблюдается значительное сужение освещенности у краев ряда. Для устранения этой неравномерности рекомендуется удваивать в конце ряда число светильников или число ламп в них. Протяженность участка, на котором необходимо удвоить световой поток, зависит от длины линии L и высоты подвеса светильников H . Если L меньше H , то неравномерность невелика и с нею можно не считаться. При $L=H$ длина участка, на котором должны быть установлены светильники с удвоенным числом ламп, составляет $0,15H$; при $L=2H$ — $0,35H$; при $L=3H$ — $0,5H$.

Если светильники расположены в виде линий с разрывами, можно уменьшить расстояние между несколькими крайними светильниками. Можно также продолжить ряд светильников за пределы площади цеха, занятой оборудованием, или применить поперечный ряд светильников, примыкающих к торцам продольных стен. Во всех этих случаях количество дополнительных светильников должно определяться расчетами.

§ 3. 7. ОСОБЕННОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Наличие на химических предприятиях большого количества цехов с взрывоопасной средой требует рассмотрения особенностей освещения таких помещений. В случае применения взрывобезопасных по исполнению светильников следует устанавливать их в местах без-

условно удобных для обслуживания. В остальном размещение взрывобезопасных светильников такое же, как и в нормальных помещениях [13].

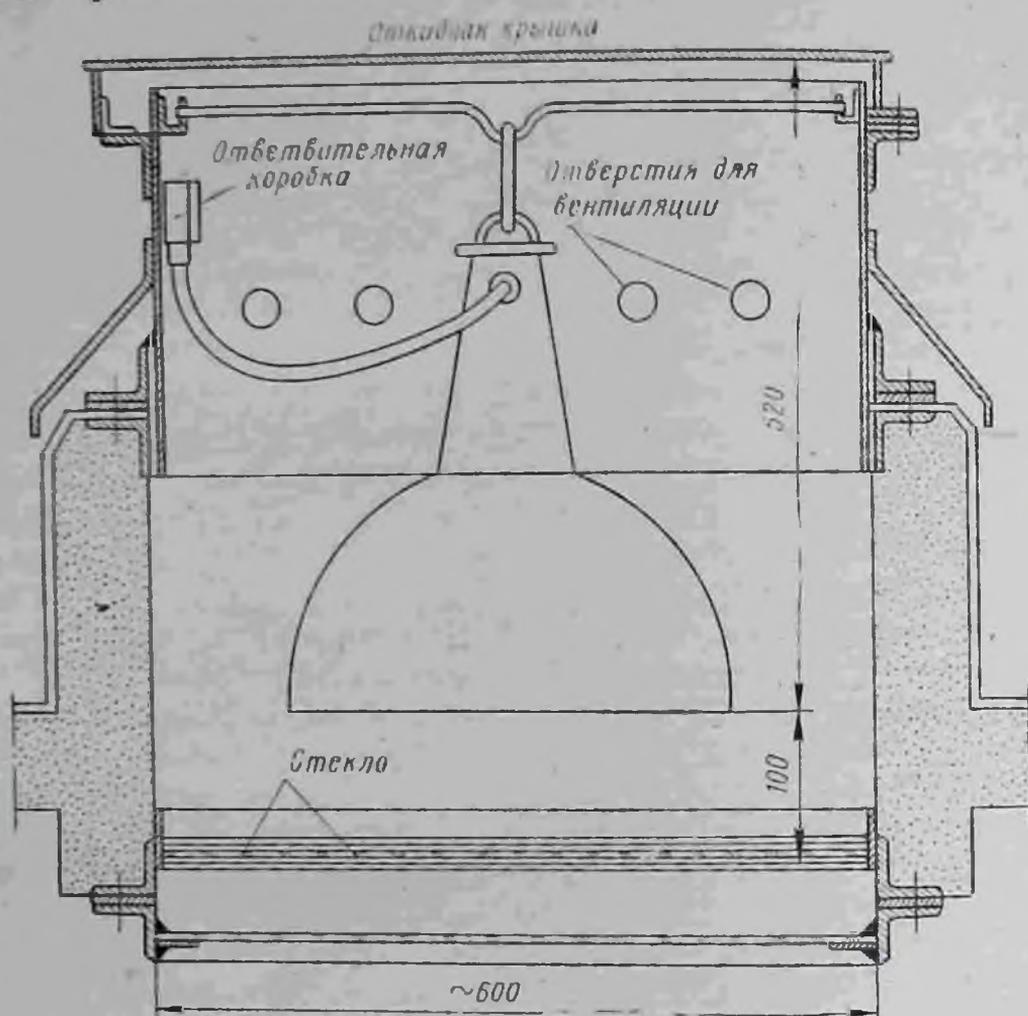


Рис. 3.19. Потолочный фонарь для взрывоопасных помещений.

При отсутствии взрывобезопасных светильников, предназначенных для данных условий, или при нецелесообразности по каким-либо причинам установки их внутри опасных по взрыву помещений допускается освещение нормальными, но взрывозащищенными светильниками через неглухо закрытые фрамуги окон, специально устроенные в стене ниши, фонари специального типа в потолке, а также из коробов, продуваемых под избыточным давлением. В этих случаях должно осуществляться двойное остекление окон, ниш и фонарей. Одиночное остекление допускается лишь тогда, когда светильники, установленные снаружи, имеют защитные

стекла. Остекление окон, ниш, фонарей должно быть выполнено особенно тщательно: стекла плотно зажаты в рамах и уплотнены замазкой хорошего качества. Ниши и фонари должны иметь устройство для вентиляции [92].



Рис. 3.20. Освещение через окно светильником, установленным на кронштейне.

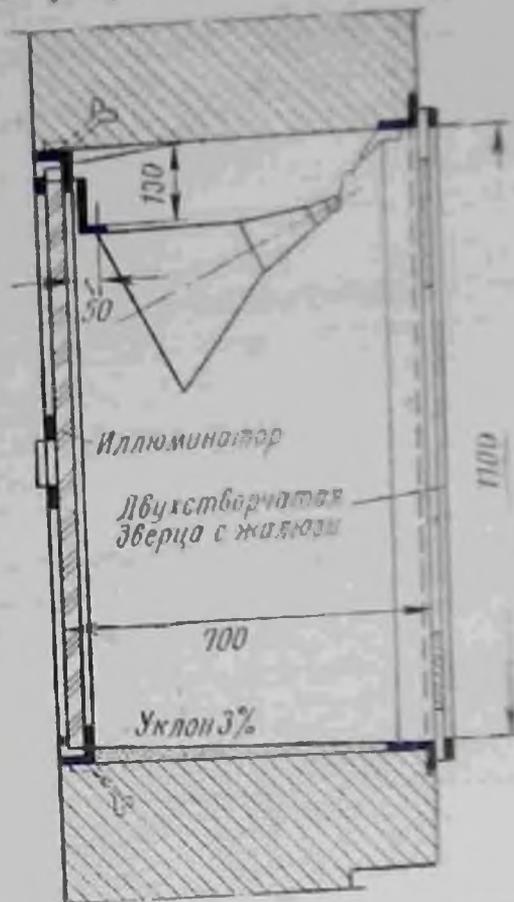


Рис. 3.21. Установка светильника в нише.

Если взрывоопасное помещение расположено в одноэтажном здании или на верхнем этаже многоэтажного здания, то лучший способ — устройство потолочных фонарей, в которых устанавливаются нормальные светильники, например Глубокоизлучатель (рис. 3.19).

В помещениях, над которыми расположены верхние этажи, светильники могут быть установлены за окнами (рис. 3.20) или в стенных нишах (рис. 3.21) [92].

В стенных нишах светильники могут устанавливаться также в случаях, когда внутренние стекла разделяют опасное помещение от неопасного. В нишах стен и в фонарях потолков невысоких помещений могут устанавливаться открытые лампы без светильников, когда в качестве отражающих поверхностей используются комет-

руктивные элементы ниш и фонарей. Рекомендуется, чтобы одно из стекол двойного остекления было матовым. Обслуживание светильников в фонарях и нишах должно производиться снаружи или со стороны неопасного помещения.

В больших помещениях при невозможности освещения через потолки и недостаточности его через окна или из ниш может быть применено отраженное освещение с помощью прожекторов, установленных снаружи и направляемых на потолок, если он гладкий и светлый.

Внутри технологического оборудования, содержащего взрывоопасные газы или пары, размещать провода и светильники запрещается. Допускается лишь установка взрывонепроницаемых светильников для освещения оборудования, содержащего взрывоопасную пыль (бунке-

Таблица 3.17

Светильники, применяемые во взрывоопасной среде

Тип светильника	Напряжение, в	Мощность, вт	Класс помещения	Категории взрывоопасной смеси	Группа воспламеняемости	Исполнение по взрывоопасности
ВЗГ-25	24	25	Всех классов	1, 2 и 3	А, Б и Г	ВЗГ
УАС-3В	1,35	1,5	»	»	»	»
ПР-60-В	12	15	В-I	»	»	»
ПБ-62-В	24	15	Всех классов	»	»	»
ВЗГ-200	110/220	200	В-I; В-II	»	»	»
ВЗГ-200М	220	200	Всех классов	»	»	»
ВЗГ-100	127/220	100	»	»	»	»
ВЗГ-60	»	60	»	»	»	»
ВЧА-60	»	60	»	1, 2, 3 и 4	А	ВЧА
ВЧА-200	»	200	В-I; В-II	»	»	»
Плафон В	13	10	В-I; В-Ia;	1, 2 и 3	А, Б и Г	ВЗГ
	26	25	В-II; В-IIa	»	»	»
	13	25	»	»	»	»
С-2В	13	15	В-II; В-IIa	1, 2 и 3	»	ВЗГ
	13	10	»	»	»	»
	26	15	»	»	»	»
ВЧА-50	12	50	В-I; В-Ia;	1, 2, 3 и 4	А	ВЧА
			В-II; В-IIa;	»	»	»
			В-Iб	»	»	»
ВЧА-100	110/220	100	»	»	»	»
НЗГ-150	127/220	150	В-Ia; В-IIa	1, 2 и 3	А и Б	НЗБ
НЗБ-150М	110/220	150	»	1, 2, 3 и 4	»	»

ры, воронки и т. п.). Эти светильники должны быть защищены от механического воздействия и заделаны по уровню стены [92].

Расчет освещения взрывоопасных помещений производится обычными методами. При определении освещенности от светильников, установленных за двойным остеклением, коэффициент пропускания его следует принимать равным 0,7 [92].

Наиболее часто встречающиеся светильники, применяемые во взрывоопасной среде, приведены в табл. 3.11, 3.17 [92].

Глава 4. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ПОТРЕБНОЙ НА НУЖДЫ ПРОИЗВОДСТВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

§ 4. 1. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СИЛОВОЙ НАГРУЗКИ

4. 1. 1. Определения и терминология (5)

Номинальной (установленной) мощностью является:

а) для электродвигателей длительного режима работы — каталожная (паспортная) номинальная мощность, *квт*

$$P_{\text{н}} = P_{\text{пасп}}; \quad (4.1)$$

б) для электродвигателей повторно-кратковременного режима работы — паспортная мощность, приведенная к длительному режиму, т. е. к продолжительности включения (ПВ) = 100%:

$$P_{\text{н}} = P_{\text{пасп}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{н}}}{100}}, \quad (4.2)$$

где $\text{ПВ}_{\text{н}}$ — номинальная продолжительность включения в процентах по каталожным данным;

$P_{\text{пасп}}$ — паспортная мощность при $\text{ПВ}_{\text{н}}$, *квт*;

в) для трансформаторов электропечей

$$P_{\text{н}} = S_{\text{пасп}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} \text{ квт}, \quad (4.3)$$

где $S_{\text{пасп}}$ — паспортная мощность трансформатора, *кВа*;

$\cos \varphi_{\text{н}}$ — коэффициент мощности электропечи при номинальной мощности;

г) для трансформаторов, сварочных машин и аппаратов — условная мощность, приведенная к длительному режиму, т. е. к $\text{ПВ} = 100\%$:

$$P_{\text{н}} = S_{\text{пасп}} \cos \varphi_{\text{н}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{н}}}{100}} \text{ квт}, \quad (4.4)$$

где $S_{\text{пасп}}$ — паспортная мощность трансформатора при $\text{ПВ}_{\text{н}}$, *кВа*.

$\text{ПВ}_{\text{н}}$ и $\cos \varphi_{\text{н}}$ — см. выше, пп. «б» и «в».

Средняя активная мощность за максимально загруженную смену $P_{\text{ср. см}}$ и такая же средняя реактивная мощность $Q_{\text{ср. см}}$ представляют собой частные от деления количеств электроэнергии, потребляемых за максимально загруженную смену (соответственно $W_{\text{а, см}}$ и $W_{\text{р, см}}$) на продолжительность смены в часах $T_{\text{см}}$:

$$P_{\text{ср. см}} = \frac{W_{\text{а, см}}}{T_{\text{см}}} \text{ квт}; \quad (4.5)$$

$$Q_{\text{ср. см}} = \frac{W_{\text{р, см}}}{T_{\text{см}}} \text{ квар.} \quad (4.6)$$

Средняя годовая мощность активная $P_{\text{ср. г}}$ и такая же нагрузка реактивная $Q_{\text{ср. г}}$ представляют собой частные от деления годового потребления электроэнергии (соответственно $W_{\text{а}}$ и $W_{\text{р}}$) на годовую продолжительность рабочего времени в часах $T_{\text{г}}$:

$$P_{\text{ср. г}} = \frac{W_{\text{а}}}{T_{\text{г}}} \text{ квт}; \quad (4.7)$$

$$Q_{\text{ср. г}} = \frac{W_{\text{р}}}{T_{\text{г}}} \text{ квар.} \quad (4.8)$$

Различают получасовые максимумы нагрузок: активной P_{30} квт, реактивной Q_{30} квар, полной S_{30} ква:

$$S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2}. \quad (4.9)$$

Коэффициент использования активной мощности одного электроприемника $k_{\text{и}}$ есть отношение средней активной мощности отдельного электроприемника к ее номинальному значению:

$$k_{\text{и}} = \frac{P_{\text{ср. см}}}{P_{\text{н}}}. \quad (4.10)$$

Коэффициент максимума активной мощности $k_{\text{м}}$ есть отношение расчетной (получасовой) активной мощности максимума к ее среднему значению за наиболее загруженную смену:

$$k_{\text{м}} = \frac{P_{30}}{P_{\text{ср. см}}}. \quad (4.11)$$

Величина, обратная коэффициенту максимума, представляет собой коэффициент заполнения графика нагрузки за наиболее загруженную смену $k_{\text{зап}}$

$$k_{\text{зап}} = \frac{1}{k_{\text{м}}} . \quad (4.12)$$

Коэффициент спроса по активной мощности $k_{\text{с}}$ — это отношение расчетной максимальной активной мощности к номинальной (установленной) мощности группы электроприемников:

$$k_{\text{с}} = \frac{P_{\text{зо}}}{P_{\text{н}}} = k_{\text{н}} k_{\text{м}} . \quad (4.13)$$

Коэффициент включения $k_{\text{в}}$ есть отношение рабочего времени приемника повторно-кратковременного и длительного режима работы за смену к продолжительности смены:

$$k_{\text{в}} = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{см}}} . \quad (4.14)$$

У электроприемников, предназначенных для непрерывной работы в течение смены, коэффициент включения практически равен единице.

Коэффициентом загрузки по активной мощности считается отношение фактической активной мощности к номинальной мощности:

$$k_{\text{з}} = \frac{P}{P_{\text{н}}} = \frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{в}}} . \quad (4.15)$$

Для электродвигателей, у которых под номинальной мощностью понимают мощность на валу, правильнее было бы относить $k_{\text{н}}$, $k_{\text{з}}$, $k_{\text{с}}$ к потребной мощности, т. е. учитывать к. п. д. электродвигателей. Однако ввиду затруднений в определении к. п. д. отдельных электродвигателей и в целях упрощения расчетов этого уточнения не производят.

Коэффициент совмещения максимумов $k_{\text{с}}$ — отношение суммарного расчетного максимума активной мощ-

ности к сумме расчетных максимумов активной мощности отдельных групп электроприемников:

$$k_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma}}{\sum_1^n P_{30}} \quad (4.16)$$

Средневзвешенный коэффициент мощности — величина, дающая среднее значение коэффициента мощности электроприемников за какой-либо период времени (за максимально загруженную смену, за год):

$$\cos \varphi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}, \quad (4.17)$$

где W_a , W_p — величины активной и реактивной энергии, определяемые по показаниям счетчиков.

Значения коэффициентов для различных групп электроприемников приведены в табл. 4.1.

4. 1. 2. Метод коэффициента спроса

Этот метод является наиболее простым и сводится к подсчету максимальной активной нагрузки по формуле [14]

$$P_{30} = P_n k_c \text{ квт.} \quad (4.18)$$

Метод коэффициента спроса можно применять для подсчета нагрузок тех отдельных групп электроприемников, цехов и предприятий в целом, для которых имеются данные о величине этого коэффициента.

При подсчете нагрузок по отдельным группам электроприемников этот метод рекомендуется применять для тех групп, электроприемники которых работают с постоянной нагрузкой и с коэффициентом включения, равным (или близким) единице, например электродвигатели насосов, вентиляторов и т. п.

По полученному для каждой группы электроприемников значению P_{30} определяется реактивная нагрузка:

$$Q_{30} = P_{30} \operatorname{tg} \varphi \text{ квар,} \quad (4.19)$$

Таблица 4.1

Показатели электрических нагрузок электроприемников

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования k_H	мощности, $\cos \varphi$	включения k_B	спроса k_C
Заводы резинотехнических изделий				
Производство транспортных лент и приводных ремней в целом по двигателям высокого напряжения	0,53	0,8	—	0,67
То же по двигателям низкого напряжения	0,3	0,7	—	0,4
Агрегат для изготовления особопрочных транспортных лент	0,11	—	—	0,14
Каландр для изготовления сердечников транспортных лент	0,48	0,7	—	0,53
Каландр для обкладки транспортных лент	0,28	0,5	—	0,44
Подогревательные вальцы производства транспортных лент	0,43	0,8	—	0,56
Производство формовой техники в целом по цеху с учетом электропрессов	0,58	0,8	—	0,67
Производство формовой техники в целом по цеху без учета электропрессов	0,36	0,65	—	0,39
Шприц-машина производства формовой техники	0,37	0,5	—	0,45
Прессы с электрообогревом производства формовой техники	0,78	—	—	0,86
То же при разогреве	1	1	—	1
Подогревательные вальцы производства формовой техники	0,43	0,6	—	0,68
Цех клиновидных ремней в целом	0,36	0,65	—	0,4
Подготовительный цех в целом	0,43	—	—	0,58
Резиносмесители подготовительного цеха	0,5	0,8	—	0,75
Смесительные вальцы «84» подготовительного цеха	0,54	0,8	—	0,72
Цех спецшлангов, включая цех рукавов в целом	0,37	0,6	—	0,41

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования k_{II}	мощности $\cos \varphi$	включения k_{II}	спроса k_c
Цех спиральных и буровых рукавов в целом	0,29	0,6	—	0,41
Шприц-машина камер 12—38 мм	0,4	0,7	—	0,5
Агрегат для наложения наружного резинового слоя на рукава диаметром 1,9—38 мм	0,28	0,75	—	0,4
Цех длинных напорных рукавов в целом	0,27	0,65	—	0,32
Каландры подготовительного цеха—фрикция, обкладка	0,54	0,7	—	0,56
Каландры подготовительного цеха—листование	0,36	0,5	—	0,53
Вентиляция	0,65	0,75	—	0,65

Целлюлозно-бумажная и лесохимическая промышленность

Барабаны сушильные и окорочные древесного цеха	0,6	0,8	—	0,75
Дробилки, корорубки, дезинтеграторы	0,7	0,75	—	0,75
Рубительные машины	0,8	0,85	—	0,85
Элеваторы, транспортеры, шнеки и питатели	0,55	0,75	—	0,65
Вакуум-фильтры, сортировки, сгустители, сучколовители	0,7	0,8	—	0,75
Вакуум-насосы	0,8	0,85	—	0,85
Мешальные устройства	0,6	0,7	—	0,7
Мельницы размалывающие и прессы короотжимные и др.	0,7	0,8	—	0,8
Компрессоры и двигатель-генератор	0,7	0,85	—	0,75
Экстаустеры и сантехническая вентиляция	0,65	0,8	—	0,7
Печи сопротивления, сушильные шкафы и нагревательные приборы	0,65	0,95	—	0,8
Краны, тельферы при ПВ=40%	0,1	0,5	—	0,2

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования k_H	мощности, $\cos \varphi$	включения k_B	спроса, k_C
Коксохимические заводы (по данным технического проекта электроснабжения коксохимического завода треста «Южэлектромонтаж»)				
<i>Моечное отделение</i>				
Скреповый конвейер породы	—	0,75	—	0,5
Ленточный конвейер породы	—	0,75	—	0,5
Сварочные аппараты	—	0,6	—	0,35
Ковшовый конвейер породы	0,55— 0,75	0,7— 0,8	—	0,5
Элеватор рядовых углей	0,6	0,7	—	0,8
Барабанные грохоты	0,5— 0,6	0,7	1,0	0,8
Вентиляторы и центрифуги	0,75	0,8	1,0	0,7
Отсадочные машины	—	0,7	—	0,8
Воздуходувки	—	0,8	—	0,9
Центробежные насосы	—	0,7	—	0,8
Компрессоры	—	0,8	—	0,9
<i>Дезинтеграторное отделение</i>				
Ленточные конвейеры	0,55— 0,75	0,75	—	0,5
Дозировочные столы	—	0,7	—	0,8
Элеваторы	0,6	0,6	—	0,3
Дезинтеграторы	—	0,75	—	0,65
Динамомашин магнитных сепараторов	—	0,8	—	0,7
<i>Дробильно-дозировочное отделение</i>				
Дробилки	0,6—0,7	0,75	—	0,5
Вентиляторы	0,75	0,8	—	0,7
Ленточные конвейеры	0,5—0,65	0,75	—	0,5
Дозировочные столы	0,6	0,6	1,0	0,35
<i>Углесклады</i>				
Грузоподъемники на 5 и 10 т	0,2	0,7	—	0,6
Ленточные конвейеры	0,65	0,85	—	0,5
Качающиеся питатели	0,45	0,8	0,7	0,5
Автостеллы	—	0,7	—	0,2

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования k_{II}	мощности $\cos \varphi$	включения k_B	строя k_C
<i>Флотационное отделение</i>				
Флотомашина	0,9	0,8	1,0	0,7
Контактные чаны	—	0,7	—	0,65
Вентиляторы радиальных сгустителей	0,75	0,8	1,0	0,7
Вакуум-фильтры	0,3	0,4	—	—
Воздуходувки	—	0,75	—	0,7
Центробежные насосы	0,7—0,8	0,8	1,0	0,7
<i>Коксовые батареи</i>				
Коксовые машины	—	0,5	—	0,2
Транспортеры рампы	0,3	0,75	0,9	0,5
Транспортеры коксосортировок	0,3	0,75	0,9	0,5
Аппаратные	—	0,7	—	0,5
Кантовочные машины	—	0,5	—	0,4
Башни тушения (насосные)	0,7—0,8	0,85	1,0	0,8
Вентиляторы	0,6—0,8	0,8	1,0	0,7
Гризли	—	0,75	—	0,5
Электроводы	0,15	0,75	0,6	0,2
<i>Химические цехи</i>				
Компрессоры	—	0,85	—	0,9
Кристаллизаторы всех видов	—	0,75	—	0,7
Подъемные грейферные краны	0,2	0,6	—	0,3
Вентиляторы обесфеноливающей установки	—	0,8	—	0,7
Электрофильтры цеха улавливания сероводорода из коксового газа	—	0,7	—	0,8
Вентиляторы цеха улавливания из коксового газа	—	0,85	—	0,6
Муфельные печи	—	1,0	—	0,8
Газодувки	—	0,65	—	0,9
Мешалки	—	0,75	—	0,6
Сатураторы	—	0,7	—	0,6
Центрифуги периодического действия	—	0,7	—	0,65
Центробежные насосы	—	0,85	—	0,8

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использо- вания k_{II}	мощности $\cos \varphi$	включения k_B	спроса k_C
Вентиляторы	—	0,8	—	0,7
Нафталиновые прессы	—	0,7	—	0,6
Меланжеры	—	0,8	—	0,7
Барабаны-известегасители	—	0,7	—	0,5
Насосы оборотной воды	—	0,75	—	0,8
Пеноотделители	—	0,7	—	0,5
Воздухоотделители	—	0,7	—	0,5
<i>Ремонтные цехи</i>				
Металлорежущие станки	—	0,65	—	0,2
Освещение во всех цехах	—	1,0	—	0,8
<i>Парокотельная</i>				
Механизированная топка	—	0,75	—	0,9
Вентиляторы	—	0,75	—	0,9
Дымососы	—	0,75	—	0,9
Солевые насосы	—	0,8	—	0,2
Центробежные насосы	—	0,75	—	0,9
Насосы центральной водона- сосной станции	—	0,85	—	0,9
<i>Коксовый цех</i>				
Транспортеры	0,3—	0,4—	0,5—	0,5—
	0,7	0,85	0,9	0,8
Транспортеры катучие	0,3	0,75	0,9	0,4
Питатели пластинчатые и ленточные	0,45	0,75	0,7—	0,6
Дробилки молотковые	0,8	0,8	0,85	0,9
Дозировочные столы	0,25	0,5	0,8	0,35
Штабелеры	0,16	0,6—	0,3—	0,35
		0,75	0,5	
Углеперегрузатели	0,14	0,5	0,6—	0,2
			0,85	
Коксовыталкиватели	0,1	0,75	0,7	0,2
Загрузочные вагоны	0,3	0,6	0,2	0,4
Двересъемные машины	0,3	0,7	—	0,25
Кабестаны	0,50	0,7	1,0	0,55
Скиповые подъемники	0,05	0,5	0,1	0,3
Вагоноопрокидыватели	0,3	0,6	0,75	0,35

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования $k_{из}$	мощности $\cos \varphi$	включения $k_{в}$	спроса $k_{с}$
Некоторые производства промышленности строительных материалов				
Бетоноукладчики	0,15	0,6	—	0,2—0,3
Автоматические станки для правки и резки проволоки	0,15	0,6	—	0,2—0,4
Формовочные машины	0,15	0,6	—	0,2—0,25
Конвейеры	0,15	0,5	—	0,17—0,2
Рольганги	0,1	0,5	—	0,1
Земснаряды	0,25—0,93	0,69—0,78	—	—
Экскаваторы с электроприводом	—	0,5—0,6	—	0,4—0,6
Растворные узлы	—	0,5—0,6	—	0,4—0,6
Краны башенные и порталные	—	0,5	—	0,2
Трансформаторный электроподогрев бетона, обогрев грунта и трубопроводов	—	0,75	—	0,7
Однопостовые двигатель-генераторы сварки	—	0,6	—	0,35
Сварочные трансформаторы	0,2	0,4	—	0,3
Переносные механизмы	—	0,45	—	0,1
Дробилки	0,54	0,8	—	—
Транспортеры	0,48	0,75	—	0,78
Главные приводы печей	0,7	0,8	—	—
Дымососы печей	0,7	0,8	—	—
Вентиляторы технологические	0,57	0,75	—	—
Вентиляторы сантехнические	0,64	0,75	—	—
Электрофильтры	0,6	0,85	—	0,72
Главный привод цементных мельниц	0,85	0,85—0,9	—	—
Низковольтное оборудование цементных мельниц	0,48	0,75	—	—
Грейферные краны	0,5	0,6	—	—
Компрессоры	0,75	0,85	—	—
Водонасосные	0,8	0,8	—	—
Установки нефте- и газоперерабатывающих заводов				
Электрообессоливающая	—	0,82	—	0,70
Атмосферно-вакуумная	—	0,92	—	0,53
Вторичной перегонки бензина	—	0,80	—	0,55
Термического крекинга	—	0,85	—	0,70
Каталитического крекинга	—	0,94	—	0,53
Газофракционная	—	0,90	—	0,36

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования k_{II}	мощности $\cos \varphi$	включения k_D	спроса k_C
Гидроочистки	—	0,99	—	0,63
Каталитического риформинга	—	0,98	—	0,6
Депарафинизации	—	1,00	—	0,62
Обессмаливания газа	—	0,98	—	0,55
Сероочистки газа	—	0,84	—	0,59
Производства присадок		0,88		0,53
Контактной очистки масел		0,81		0,61

Производство полиэтилена

(низкого давления, высокой плотности, в целом по цеху)

Цех очистки этилена	0,85	0,9	1	0,9	
Цех полимеризации	0,5	0,75	1	0,55	
Цех дистилляции и очистки азота	0,65	0,8	1	0,75	
Цех грануляции	0,65	0,8	1	0,75	
Цех катализации	0,8	0,65	1	0,85	
Цех легковоспламеняющихся жидкостей	0,7	0,75	1	0,9	
Группы одностипных машин					
Компрессоры этилена	0,85	0,9	1	—	
Цех полимеризации	Технологические линии	0,6	0,75	1	—
	Эльма-насосы	0,5	0,8	1	—
	Центрифуги	0,4	0,6	1	—
	Сушилки	0,5	0,5	1	—
Цех грануляции	Грануляторы	0,8	0,8	1	—
	Газодувки	0,45	0,7	1	—
Компрессоры (цех дистилляции и очистки азота)	0,43	0,7	1	—	

Производство аммиака и метанола в целом по цеху

Цех разделения воздуха	0,73	0,95	1	0,87
Газовый цех (на природном газе)	0,81	0,8	1	0,87
Газовый цех (на газогенераторном газе)	0,56	0,8	1	0,65
Цех холодильных установок	0,69	0,9	1	0,79
Цех компрессии	0,83	0,9	1	0,87

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования K_{II}	мощности K_{III}	включенности K_{IV}	сгоревших K_{V}
Цех моноэтаноламиновой очистки	0,66	0,8	1	0,74
Цех синтеза аммиака	0,82	0,85	1	0,87
Цех водной очистки	0,85	0,80	1	0,89
Цех медноаммиачной очистки	0,73	0,85	1	0,8
Цех синтеза метанола	0,71	0,7	1	0,81
Цех сероочистки	0,76	0,64	1	0,8
Цех конверсии окиси углерода	0,7	0,8	1	0,77
Цех ректификации метанола	0,45	0,72	1	0,5
Группы однотипных машин				
Компрессоры воздушные	0,67	0,98	1	—
Газодувки газогенераторного цеха	0,57	0,85	1	—
Компрессоры газовые	0,85	0,99	1	—
Триплекс-насосы	0,4	0,75	1	—
Двигатель-турбины (мототурбо-насосы)	0,81	0,85	1	—
Экспансионные машины	0,8	0,85	1	—
Циркуляционные компрессоры синтеза	0,74	0,78	1	—
Нагнетатели КВС (кислородно-воздушной смеси)	0,82	0,86	1	—
Компрессоры аммиачные	0,7	0,98	1	—
Кислорододувки	0,6	0,78	1	—

Производство слабой азотной кислоты в целом по цеху

Цех слабой азотной кислоты при повышенном давлении	0,8	0,95	1	0,8
То же при нормальном давлении	0,73	0,91	1	0,78
Группы однотипных машин				
Турбогазодувки	0,73	0,9	1	—
Турбокомпрессоры газовые	0,8	0,95	1	—

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования k_H	мощности $\cos \varphi$	включения k_B	спроса k_c
Шинные заводы				
Подготовительный цех (высоковольтное оборудование)	0,55	0,85— 0,9	1	0,7
То же (низковольтное оборудование)	0,55	0,65	1	0,65
Сборочный цех (низковольтное оборудование)	0,4	0,65	1	0,5
Цех каландров (высоковольтное оборудование)	0,56	0,85— 0,9	1	0,65
То же (низковольтное оборудование)	0,4	0,65	1	0,45
Автокамерный цех (высоковольтное оборудование)	0,7	0,85— 0,9	1	0,8
То же (низковольтное оборудование)	0,33	0,75	1	0,4
Цех вулканизации (низковольтное оборудование)	0,3	0,55	1	0,35
Группы однотипных машин				
Резиносмесители, работающие на приготовлении резиновой смеси	0,55	0,85— 0,9	1	—
Резиносмесители, работающие на вулканизации каучука	0,54	»	1	—
Вальцы под резиносмесителями	0,65	»	1	—
Подогревательные вальцы	0,56	»	1	—
Пелетайзеры	0,36	»	1	—
Шприц-машина прожекторных агрегатов	0,7	0,8	1	—
Шприц-машина автокамерных агрегатов	0,53	0,7	1	—
Каландры обкладочные (обрезинивание корда)	0,68	0,8	1	—
Сборочные станки	0,44	0,6	—	—
Вулканизаторы шин	0,05	0,4	0,1	—
Вулканизаторы автокамер и ободных лент	0,16	0,5	0,2	—
Компрессоры (синхронные двигатели)	0,93	0,85— 0,9	1	—

Наименование электроприемника	Коэффициенты			
	использования k_{11}	мощности $\cos \varphi$	включения k_{12}	сбора k_{13}
Водонасосные (водоснабжение)	0,89	0,8	1	—
Насосы циркуляционной и перегретой воды	0,43	0,7	1	—
Насосы воды низкого давления	0,87	0,8	1	—
Насосы воды высокого давления	0,55	0,8	1	—
Вентиляторы сантехнические	0,69	0,75	1	—
Транспортные системы	0,25	0,45	1	—

причем $\operatorname{tg} \varphi$ определяют по $\cos \varphi$, характерному для данной группы электроприемников.

Затем производят раздельно суммирование активных и реактивных нагрузок и находят полную нагрузку:

$$S_{30} = \sqrt{(\sum P_{30})^2 + (\sum Q_{30})^2} \text{ кВа.} \quad (4.20)$$

Нагрузки $\sum P_{30}$ и $\sum Q_{30}$ представляют собой суммы максимумов по отдельным группам электроприемников, в то время как фактически следовало бы определять максимум суммы. Поэтому при определении нагрузок на участок сети с большим количеством разнородных групп электроприемников следует вводить коэффициент совмещения максимумов k_{21} , т. е. принимают

$$S_{21} = k_{21} \sqrt{(\sum P_{30})^2 + (\sum Q_{30})^2} \text{ кВа.} \quad (4.21)$$

Величина k_{21} лежит в пределах от 0,8 до 1, причем нижний предел принимается обычно при подсчетах нагрузок по всему предприятию в целом.

Данные по коэффициентам спроса и мощности для отдельных групп электроприемников по предприятиям различных отраслей химической промышленности приведены соответственно в табл. 4.1 [1, 5, 17, 24, 29, 32, 44, 54, 57—81, 94, 96].

Пример подсчета потребной мощности и годового расхода электроэнергии по данному методу приведен в табл. 4.2.

Подсчет расчетной мощности и годового расхода электроэнергии для силовых электроприемников по заводу резинотехнических изделий

Таблица 4.2

Наименование механизма	Установленная мощность единицы, кВт	Количество электродвигателей, шт.	Суммарная установленная мощность, кВт	Тип двигателя	Коэффициент спроса, K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Расчетная мощность, кВт			Число часов использования нагрузки, тыс. ч	Расход электроэнергии, 10^3	
								активная, кВт	реактивная, квар	полная, квд		активная, квт·ч	реактивная, квар·ч
Цех по производству викальных колец и игрушек													
Вальцы смесительные	78,5	2	157	многодвигательный	0,72	0,8	0,75	113	85	—	6,45	730	549
Резиносмеситель	100	1	100	A02-92-4	0,75	0,8	0,75	75	56	—	6,45	483	361
Каландр валковый	137,2	1	137,2	многодвигательный	0,44	0,5	1,73	60,5	104	—	6,45	390	670
Вальцы подогревательные	22	3	66	A02-71-4	0,68	0,6	1,33	45	60	—	6,45	290	386
Пресс	22	2	44	A02-71-4	1,0	1,0	0,00	44	—	—	6,45	284	—
Пресс	5,5	1	5,5	A02-42-4	1,0	1,0	0,00	5,5	—	—	6,45	35,5	—
Подъемник	20	2	40	A0C72-4	0,2	1,0	0,00	8,0	—	—	6,45	51,6	—
Электродвигатели непрерывного транспорта	2,2	2	4,4	A0Л2-31-4	0,4	0,75	0,85	1,6	1,4	—	6,45	10,3	9,05
»	2	1	2,2	A0Л2-31-4	0,4	0,75	0,85	0,8	0,7	—	6,45	5,15	4,52

Продолжение

Электродвигатели технологического оборудования	0,8	2	1,6	A0Л2-11-2	0,5	0,7	1,02	0,8	0,82	—	6,45	5,15	5,3
»	3,0	4	12,0	A0Л2-32-4	0,5	0,7	1,02	6,0	6,1	—	6,45	38,8	39,4
»	1,5	2	3,0	A0Л2-22-4	0,5	0,7	1,02	1,5	1,53	—	6,45	9,7	9,9
Вентиляторы санитарного оборудования	0,8	2	1,6	A02-12-4	0,65	0,75	0,888	1,4	0,91	—	6,45	6,8	5,9
»	5,5	2	11	A02-42-4	0,65	0,75	0,888	7,15	6,3	—	6,45	46	40,6
»	55	1	55	A2-82-4	0,65	0,75	0,888	35,8	31,42	—	6,45	230	201
»	17	1	17	A2-62-4	0,65	0,75	0,888	11	9,7	—	6,45	71	62,6
»	3,0	2	6,0	A02-41-6	0,65	0,75	0,888	3,9	3,42	—	6,45	25,3	22,0
Вентиляторы санитарного оборудования участка клейки изделий—III	11,4	1	11,4	MA-143-1/4	0,65	0,75	0,88	7,4	6,51	—	6,45	47,8	42,0
»	21,5	1	21,5	MA-144-1/4	0,65	0,75	0,88	14	12,3	—	6,45	90,5	79,5
Итого по цеху производства викальных колец и игрушек								442	386,11	—		2850,6	2487,77
Административно-бытовой прибор													
Вентиляторы	3,0	2	6,0	A02-41-6	0,65	0,75	0,88	3,9	3,42	—	6,45	25,2	22,0
»	1,5	4	6,0	A0Л2-22-4	0,65	0,75	0,88	3,9	3,42	—	6,45	25,2	22,0
Итого по административно-бытовой приборке								7,8	6,84			50,4	44,0
Итого по заводу								449,8	392,95	600		2901,0	2531,77
Итого по оборудованию								44,9	39,2			290	253,17
Итого по заводу								494,7	432,25	655		3191	2784,94

4. 1. 3. Метод коэффициентов использования

Максимальную расчетную мощность определяют по формуле 4.21 [50]. Числовые значения k_{II} для характерных групп электроприемников приведены в табл. 4.1.

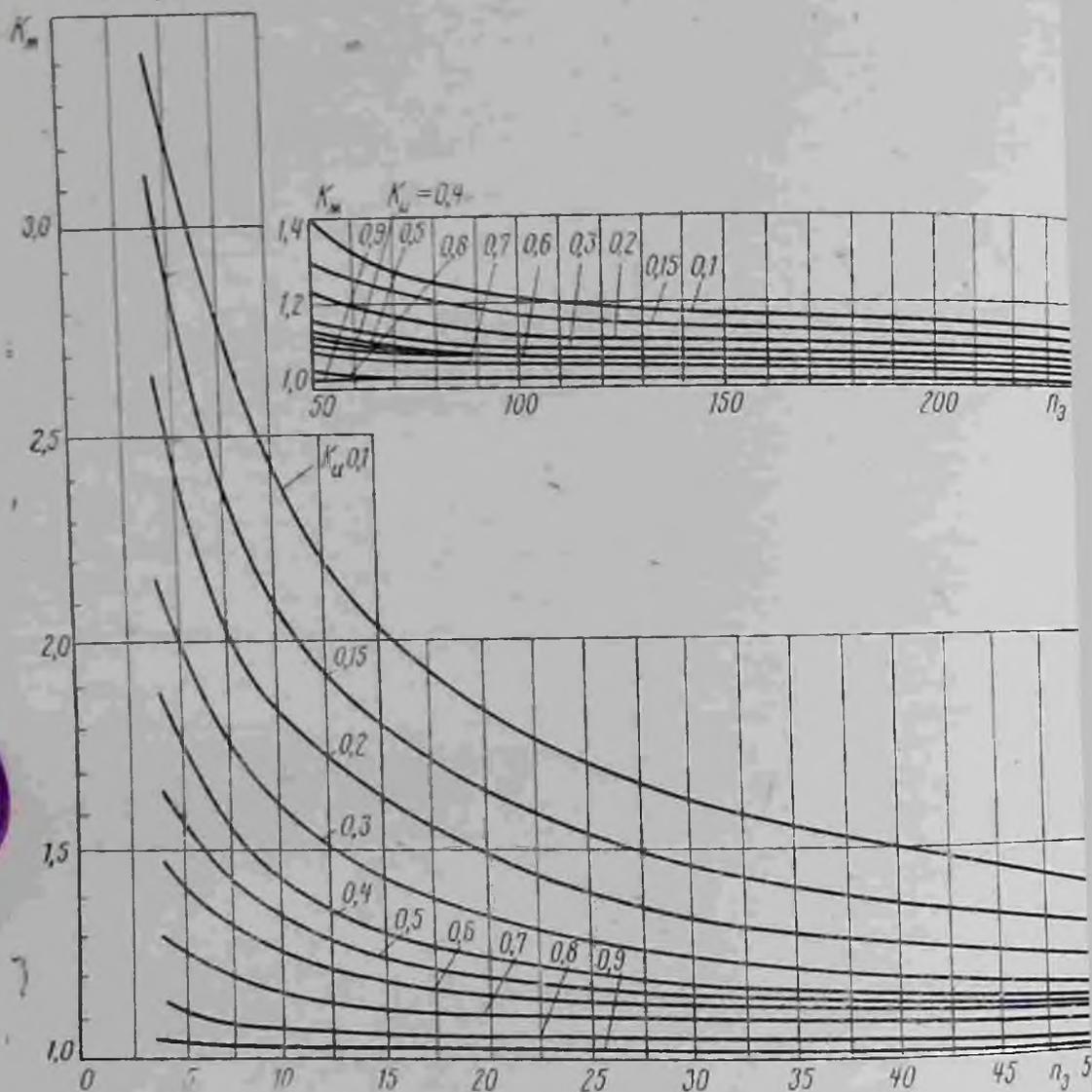


Рис. 4.1. Кривые коэффициентов максимума k_M для различных коэффициентов использования k_{II} в зависимости от эффективного количества электроприемников n_3 (до $n_3 = 300$).

Величина коэффициента максимума активной мощности находится по табл. 4.3 в зависимости от величины группового коэффициента использования k_{II} и эффективного числа электроприемников группы n_3 или по кривым рис. 4.1. Эффективное число электроприемников определяют по формулам [50]:

$$n_3 = \left(1 + 2 \frac{P_{н.м}}{P_{н.б}}\right) n_б + (0,8 \div 0,9) n_{ср} \text{ при } \frac{P_{н.м}}{P_{н.б}} < 1; \quad (4.22)$$

$$n_3 = 3 \frac{P_{н.м}}{P_{н.б}} n_б + (0,9 \div 1) n_{ср} \text{ при } \frac{P_{н.м}}{P_{н.б}} \geq 1. \quad (4.23)$$

Таблица 43

Коэффициенты максимума k_M для различных коэффициентов использования k_{II} в зависимости от эффективного числа электроприемников n_3

n_3	k_{II}									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10	1,04
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08	1,04
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
18	1,91	1,70	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06	1,03
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,19	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
35	1,56	1,41	1,30	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02
120	1,19	1,16	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02	1,02
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02	1,02
160	1,16	1,13	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,02
180	1,16	1,12	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
220	1,14	1,12	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
240	1,14	1,11	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
260	1,13	1,11	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
280	1,13	1,10	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
300	1,12	1,10	1,07	1,06	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	1,01

При отсутствии малых электроприемников пользуются формулой

$$n_3 = n_6 + 2 \frac{P_{н. ср}}{P_{н. макс}}, \quad (4.24)$$

где $P_{н. м}$, $P_{н. ср}$, $P_{н. б}$ — номинальная мощность малых, средних и больших электроприемников, кВт;

$n_м$, $n_{ср}$, $n_б$ — соответственно количество малых, средних и больших электроприемников;

$P_{н. макс}$ — номинальная мощность наибольшего электроприемника в группе, кВт.

Номинальные мощности больших, средних и малых электроприемников при мощности наибольшего электроприемника в группе, равной $P_{н. макс}$, заключены в пределах

$$P_{н. макс} \geq P_{н. б} \geq 0,5 P_{н. макс}; \quad (4.25)$$

$$0,5 P_{н. макс} > P_{н. ср} \geq 0,25 P_{н. макс}; \quad (4.26)$$

$$P_{н. м} < 0,25 P_{н. макс}. \quad (4.27)$$

Коэффициент 0,9 при $n_{ср}$ в формулах (4.22), (4.23) применяется в тех случаях, когда отношение $\frac{P_{н. м}}{P_{н. б}}$ равно или близко к единице.

Пример. Определить максимальную активную мощность группы сантехнических вентиляторов цеха резинотехнического завода:

$$\Sigma nP_{н} = 3 \times 25 + 1 \times 20 + 4 \times 15 + 5 \times 10 + 10 \times 7 = 275 \text{ кВт.}$$

Группа содержит только большие и средние электроприемники, причем

$$n_б = 8; \quad n_{ср} = 15; \quad P_{н. ср} = 120 \text{ кВт}; \quad P_{н. макс} = 25 \text{ кВт.}$$

Решение. Определяем n_3 по формуле (4.24):

$$n_3 = 8 + 2 \frac{120}{25} = 17,6 \approx 18.$$

По табл. 4.1 находим: $k_{11} = 0,65$.
 По табл. 4.3 для $n_3 = 18$ и $k_{11} = 0,65$, находим: $k_{12} = 1,16$.
 Следовательно, максимальная активная мощность равна

$$P_{30} = 1,16 \cdot 0,65 \cdot 275 = 206,25 \text{ кат}$$

4. 1. 4. Метод упорядоченных графиков нагрузки

Руководящими указаниями по определению электрических нагрузок промышленных предприятий рекомендуется метод упорядоченных графиков нагрузки, сущность которого заключается в следующем.

Определяют среднюю нагрузку потребителя за максимально загруженную смену [33]:

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{см}} = P_{\text{н}} k_{11} \quad \text{или} \quad P_{\text{см}} = \frac{W_{\text{см}}}{T_{\text{см}}}, \quad (4.28)$$

где $W_{\text{см}}$, $T_{\text{см}}$ — расход электроэнергии и время наиболее загруженной смены.

Средняя нагрузка принимается как расчетная при выборе мощности цеховых трансформаторов.

Затем определяют максимальную расчетную нагрузку или получасовой максимум:

$$P_{30} = P_{\text{см}} k_{\text{м}}, \quad (4.29)$$

где $k_{\text{м}}$ — коэффициент максимума активной мощности (рис. 4.1), определяемый по кривым зависимости $k_{\text{м}} = f(k_{11}, n_3)$;

k_{11} — коэффициент использования (табл. 4.1);

n_3 — эффективное число электродвигателей.

Если приемники имеют различные коэффициенты использования, то их разделяют на подгруппы с одинаковыми коэффициентами использования или на подгруппы, отличающиеся друг от друга в пределах $\pm 20\%$, и определяют среднюю активную нагрузку каждой подгруппы:

$$P_{\text{ср } k} = k_{11 k} \sum P_{\text{н } k}, \quad (4.30)$$

где k — порядковый номер подгруппы.

Далее определяется средневзвешенный коэффициент использования

$$k_{\text{нк}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{P_{\text{н}}}$$

и эффективное число электроприемников.

Зная величины $k_{\text{н}}$ и $n_{\text{э}}$ и пользуясь кривыми зависимости $k_{\text{м}} = f(k_{\text{н}}, n_{\text{э}})$, легко найти коэффициент максимума.

Суммарная активная и реактивная нагрузки электроприемников с различными режимами работы будут

$$P_{30} = k_{\text{м}} k_{\text{н}} k_{\text{к}} \sum P_{\text{н}} = k_{\text{м}} P_{\text{ср}} \text{ квт}; \quad (4.31)$$

$$Q_{30} = P_{30} \cdot \text{tg } \varphi \text{ квар.} \quad (4.32)$$

Максимальная полная нагрузка

$$S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} \text{ ква.} \quad (4.33)$$

4. 1. 5. Определение электрических нагрузок методом удельных расходов электрической энергии на единицу продукции

Удельным расходом электрической энергии на единицу продукции называют количество энергии, расходуемой на изготовление единицы количества, веса или объема продукции. Для определения потребной мощности $P_{\text{р}}$ при данном способе [78] следует часовую производительность q данной продукции умножить на удельный расход энергии γ :

$$P_{\text{р}} = q \gamma \text{ квт.} \quad (4.34)$$

Пример. Определить потребную мощность при выработке 96 т писчей бумаги № 2 за сутки с удельным расходом энергии $\gamma = 500 \text{ квт}\cdot\text{ч}$.

Решение. По формуле (4.34)

$$P_{\text{р}} = \frac{96}{24} \cdot 500 = 2000 \text{ квт,}$$

где $q = \frac{96}{24} = 4 \text{ т/ч}$ — часовая производительность.

В гл. 2 приводятся удельные расходы энергии на химических производствах.

Данный способ определения электрической нагрузки удобен и прост для подсчетов по видам основной продукции, т. е. по основным цехам производства, так как их производительность обычно задана.

Расчетную мощность по всем вспомогательным цехам и отделам удобнее подсчитывать методом коэффициента спроса [97].

§ 4. 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

4. 2. 1. Метод прямых нормативов

В таблицах 4.4 и 4.5 приведены данные по выбору мощности ламп и типов светильников для малых помещений, лестниц и коридоров [42].

4. 2. 2. Метод удельной мощности

Метод удельной мощности применяют для расчета общего равномерного освещения, но он совершенно не пригоден для расчета локализованного освещения, а также в том случае, когда необходимо определить освещенность вертикальной или наклонной плоскости.

Удельной мощностью называют отношение мощности всех ламп P данной осветительной установки к площади освещаемой поверхности S :

$$W = \frac{P}{S} \text{ вт/м}^2. \quad (4.35)$$

Зная удельную мощность, необходимую для получения требуемой освещенности в данном помещении при выбранном типе светильника, определяют общую (установленную) мощность ламп, а по ней и мощность одной лампы [42].

Удельная мощность зависит от типа светильников, размеров освещаемого помещения, величины нормируемой освещенности, высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью, а также от коэффициентов отражения стен и потолка (табл. 3.1).

Мощность ламп (вт) для освещения коридоров

Высота установки светильника над полом, м	Расстояние между светильниками, м	Ширина коридора, м	Освещенность, E, лк	Тип светильника					ОДОР	ПЛ-1
				Ш, П-1, П-2	Лц	Фм	подвесные плафоны	ОДОР		
До 3	4,5—5	До 2	10/50	75	60	75	60	—	—	—
			20/75	100	75	100	75	2×40	1×40	1×40
			30/100	150	100	—	100	2×40	1×40	1×40
3—4	5—7	2—3	10/50	75	60	75	60	—	—	—
			20/75	100	75	—	75	2×40	1×40	1×40
			30/100	200	150	—	100	2×40	1×40	1×40
3—4	5—7	До 3	10/50	100	75	100	75	—	—	—
			20/75	200	150	—	150	2×40	1×40	1×40
			30/100	300	200	—	—	2×40	—	—

Примечание. Величина освещенности в числителе приведена для ламп накаливания, в знаменателе — для люминесцентных ламп.

Мощность ламп (вт) для лестничных клеток нормального размера при установке светильников по одному над каждой площадкой

Тип светильника	E, лк			
	10	20	30	50
Люцетта цельная	60	100	—	—
Плафон одноламповый, фарфоровый патрон	60	100	—	—
Плафон двухламповый	—	2×75	2×75	—
Плафон подвесной	75	100	150	200
Шар молочного стекла	100	150	200	300

На основании выше перечисленных факторов составлены таблицы удельной мощности для разных типов светильников (см. табл. 10—17 приложения) [42].

Таблицы составлены с учетом следующих условий:

а) коэффициент запаса для ламп накаливания равен 1,3; при $k_3 = 1,5$ удельную мощность следует брать для ближайшего меньшего интервала площадей;

б) коэффициент запаса для люминесцентных ламп — 1,5; при расчете освещения помещения с $k_3 = 1,8$ удельную мощность принимают по таблицам для ближайшего меньшего интервала площадей.

Пример. Определить установленную мощность ламп помещения зарядной аккумуляторов. Площадь помещения $S = 12 \times 20 \text{ м}^2$, $h = 3 \text{ м}$, $\rho_{ст} = 30\%$; $\rho_{п} = 50\%$; $k_3 = 1,5$; $E = 50 \text{ лк}$.

Так как помещение зарядной аккумуляторов по условиям среды отнесено к взрывоопасным классам В-Ia, то принимаем к установке светильники НОБ.

Решение. По табл. 14 приложения для $h = 3,0 \text{ м}$, $S = 50—150 \text{ м}^2$ при $k_3 = 1,5$, $E = 50 \text{ лк}$ находим $W = 17,3 \text{ вт/м}^2$. Определяем

$$P_{уст} = 240 \cdot 17,3 = 4150 \text{ вт} = 4,15 \text{ кВт.}$$

Пример расчета $P_{расч}$ для цеха по производству вильных колец и игрушек завода резинотехнических изделий приведен в табл. 4.6.

4. 2. 3. Точечный метод расчета

Точечным методом определяют световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности при любом расположении поверхности и светильников, но

Подсчет расчетной мощности на электроосвещение завода резинотехнических изделий

Наименование	Классификация помещений по ПУЭ	Площадь помещения, м ²	Типы светильников	Нормируемая освещенность, лк	Удельная мощность, вт/м ²	Установленная мощность, кВт	Коэффициент спроса, Кс	Расчетная мощность, кВт	Число часов использования на нагрузку, тыс. ч	Расход электроэнергии, 10 ³ кВт·ч
Цех по производству викальных колец и игрушек (1 и 2 этажи)	П-Иа	1500	ОД	200	15	22,5	0,9	20,2	4,3	88,0
То же 3 этаж (участок клейки изделий)	В-16	750	ПВЛ	200	18,2	13,6	0,9	12,2	4,3	52,5
Итого по цеху						36,1		32,4	4,3	140,5
Бытовые помещения:										
Конторские помещения, красный уголок, комната отдыха	норм.	680	ШЛД	200	14,8	10,0	0,9	9,0	4,3	38,6
Химическая лаборатория	норм.	108	»	200	19,2	2,07	0,9	1,86	4,3	8,0
Гардеробы, душевые и т. п.	сырые	700	Фм	30	9,2	6,4	0,9	5,76	4,3	20,48
Обеденный зал столовой и т. п.	норм.	208	Лц	75	15,5	3,22	0,9	2,9	4,3	12,48
Лестничные клетки, проходы	норм.	850	Плафон	30	10,6	9,0	0,9	8,1	4,3	34,8
Кладовые	норм.	71	Фм	30	11,2	0,8	0,9	0,72	4,3	3,1
Кабинет врача, перевязочная и т. п.	норм.	71	ПЛГ	150	17,6	1,2	0,9	1,08	4,3	4,65
Итого по административно-бытовой пристройке						32,7		29,42	4,3	126
Наружное освещение			СПО-300			8	0,9	7,2	2,5	18
Электроосвещение										
Итого на электроосвещение по заводу								36,62		144

при условии, что отраженный свет не играет существенной роли.
 Примененные точечного метода обязательно при расчете локализованного, местного и наружного освещения, а также освещения наклонных поверхностей.
 Расчет точечным методом ведут по специальным формулам, номограммам, графикам и вспомогательным таблицам.
 Расчеты производят по следующей формуле [22]:

$$E = \frac{I_a \cos \alpha}{r^2}, \quad (4.26)$$

где r — расстояние от источника до освещаемой точки, м;

I_a — сила света в направлении освещаемой точки (по продольным кривым силы света), св;

α — угол падения (между направлением светового луча и перпендикуляром к поверхности, построенным из расчетной точки);

E — освещенность, создаваемая в заданной точке, лк.

Приведенное выражение позволяет определить создаваемые освещенности от всех светильников установки. Практически расчеты ведут от ближайших 4-6 светильников. Полученная суммарная освещенность обычно меньше действительной, так как в расчете не учтена освещенность, создаваемая отраженной (создаваемой) световой потоком. Ее учитывает коэффициент k (табл. 4.7) и коэффициент запаса k_z (табл. 4.8) [42].

Таблица 4.7

Коэффициент k		Коэффициент k_z	
Тип светильника	Универсаль, ОД	Двойная люминесцентная	Линейная люминесцентная
Кoeffициент отражения, ρ			
стен	потолка		
0,3	0,5	1,08/1,2*	1,6
0,5	0,7	1,12/1,35	—

* Умножитель соответствует расположению контрольной точки в определенной зоне помещения, знаменатель — точкам у стен.

Для облегчения расчетов по точечному методу применяются специальные кривые — пространственные номограммы.

Коэффициенты запаса и сроки чистки светильников

Характеристика объекта	Коэффициент запаса, k_z		Количество чисток в месяц (не менее)
	при газоразрядных лампах	при лампах накаливания	
Помещения с большими выделениями пыли, дыма или копоти	2,0	1,7	4
Помещения со средними выделениями пыли, дыма или копоти	1,8	1,5	3
Помещения с малыми выделениями пыли, дыма или копоти	1,5	1,3	2

люксы условной горизонтальной освещенности, построенные с использованием приведенного выражения

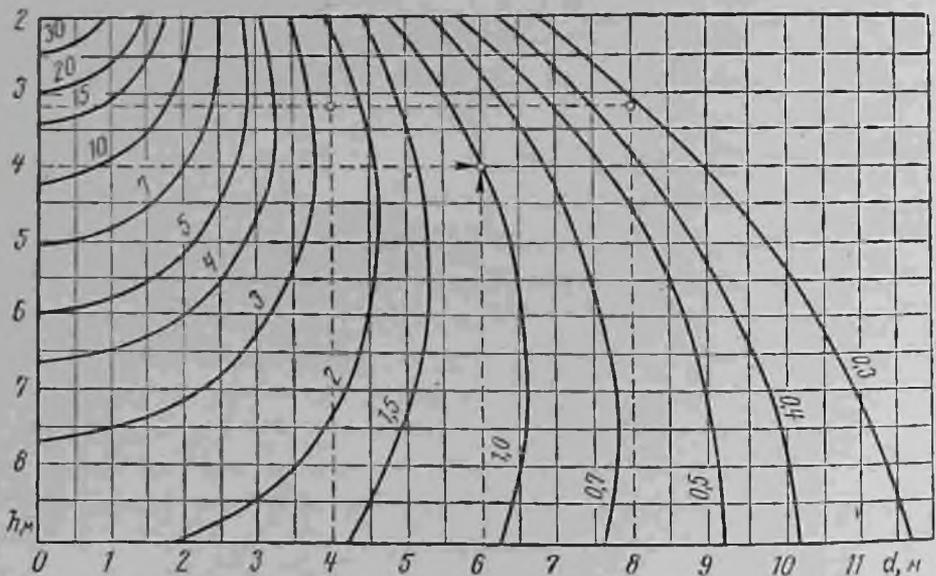


Рис. 4.2. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильника Универсаль с матовым стеклом.

Изолюкса — линия, соединяющая точки с одинаковой освещенностью;

d — расстояние между проекцией светильника на горизонтальную плоскость и точкой, в которой определяется освещенность; h — высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью.

(рис. 4.2). На графиках по координатам d и h находим условную освещенность, создаваемую светильником с условной лампой, имеющей световой поток 100 лм.

Расчетную освещенность находят по следующей формуле [22]:

$$E_p = e \frac{F_{\lambda}}{1000 k_3} \text{ лк}, \quad (4.37)$$

где e — условная освещенность, найденная по пространственным изолюксам горизонтальной освещенности, лк;

F_{λ} — световой поток лампы, установленной в светильнике, лм;

k_3 — коэффициент запаса.

Пример. В помещении (рис. 4.3) установлен светильник Универсал с лампой 500 вт ($F_c=8100$ лм), 220 в, $k_3=1,3$. Найти освещенность в точке A , если $d=6$ м; $h=4$ м.

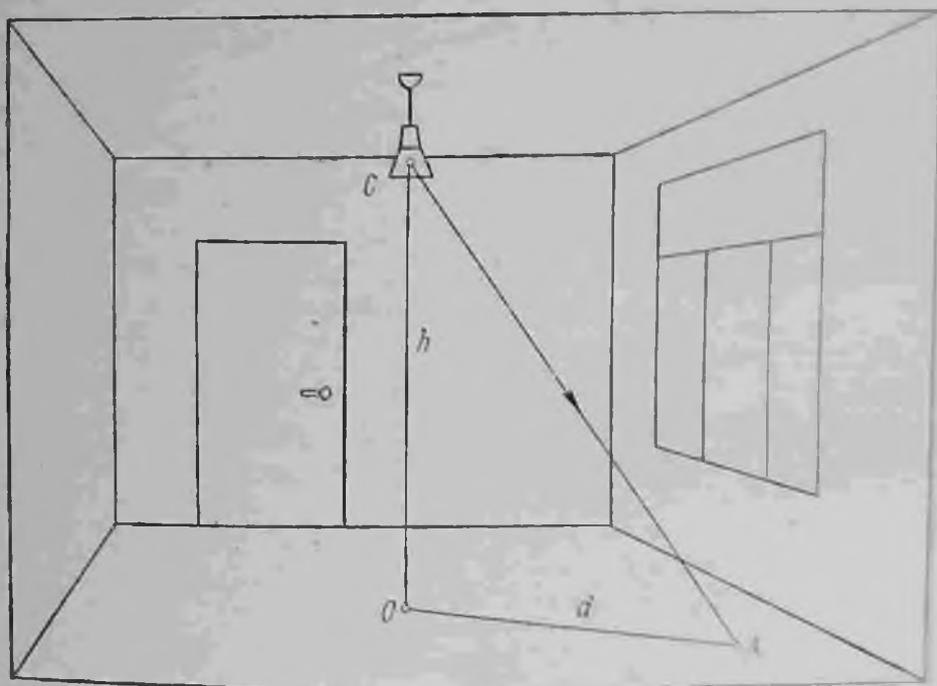


Рис. 4.3. К расчету освещения точечным методом:
 C — светильник; O — проекция светильника на расчетную плоскость; A — контрольная точка.

Решение. Для определения удельной освещенности в точке A на рис. 4.2 проводим горизонтальную линию от цифры 4 на вертикальной оси и вертикальную линию от цифры 6 на горизонтальной оси (эти линии указаны на рис. 4.2 пунктиром). Проведенные линии пересекаются в точке, через которую проходит кривая, соот-

значенная числом 1, т. е. $e=1$ лк. Определяем расчетную освещенность в точке А:

$$E_p = 1 \cdot \frac{8100}{1000 \cdot 1,3} = 6,2 \text{ лк.}$$

При установке в помещении нескольких светильников с лампами одинаковой мощности для определения освещенности в точке находят условные освещенности каждого светильника, складывают их и определяют расчетную освещенность при лампах заданной мощности и коэффициенте запаса.

Для практического выполнения расчетов точечным методом на плане помещения наносят все светильники, намечают контрольные точки и, измеряя масштабной линейкой расстояние от этих точек до каждого светильника, определяют расстояние d .

4. 2. 4. Метод коэффициента использования

Метод применим в установках общего освещения с равномерным расположением светильников для определения горизонтальной освещенности на уровне пола или на рабочей поверхности.

Расчет выполняют в такой последовательности: подсчитывают величину общего светового потока всех ламп, установленных в светильниках, который необходим для получения необходимой по нормам освещенности при выбранном типе светильника; определяют либо мощность ламп каждого светильника, либо количество светильников.

Величину общего светового потока всех ламп находят по формуле [39]

$$F_p = \frac{Ek_3Sz}{k_n} \text{ лм,} \quad (4.38)$$

где F_p — расчетный световой поток всех ламп, которые необходимо установить в светильниках для получения требуемой освещенности в горизонтальной плоскости, лм;

E — минимальная нормируемая освещенность, лк;

- k_z — коэффициент запаса;
 S — площадь освещаемого помещения, м²;
 k_n — коэффициент использования светового потока (в долях единицы);
 z — отношение средней освещенности к минимальной.

Коэффициентом использования осветительной установки называют отношение светового потока, падающего на рабочую поверхность, к суммарному световому потоку источников света:

$$k_n = \frac{F_p}{nF_a} \quad (4.39)$$

Величина коэффициента использования зависит от к. п. д. светильника, характера светораспределения, степени отражения света потолком, стенами и полом помещения, от соотношения размеров освещаемого помещения. Последнее выражается следующей формулой [39]:

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (4.40)$$

где i — показатель, или индекс, помещения;
 A и B — длина и ширина помещения, м;
 h — высота подвеса светильника над расчетной поверхностью, м.

Коэффициенты отражения потолка, стен и пола приведены в табл. 3.1.

В табл. 4.9 коэффициенты использования даны в процентах, например 23, 34% и т. д., но при расчетах они должны быть указаны в долях единицы (0,23, 0,34 и т. д.).

Коэффициент z учитывает неравномерность освещения; его вводят в расчет ввиду того, что освещенность, подсчитанная по формуле (4.38) без этого коэффициента, является не минимальной, а средней освещенностью в помещении, тогда как по нормативам должна быть обеспечена минимальная освещенность. Для светильников с люминесцентными лампами принимают 1,1—1,2.

После определения по формуле (4.38) расчетного светового потока ламп приступают к определению их мощ-

Значение коэффициентов использования осветительной установки
а) Для светильников с лампами накаливания

	Универсаль				Глубококонзлучатель				Люцетта				НОВ-150 и НОВ-300				ВЗГ-150 с отражателем				ВАА-200 с отражателем							
	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30				
$\rho_{п}, \%$	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30
$\rho_{с}, \%$	50	50	30	10	50	50	30	10	50	50	30	10	50	50	30	10	50	50	30	10	50	50	30	10	50	50	30	10
$\rho_{р}, \%$	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %																											
0,5	24	22	20	17	27	26	22	19	23	22	21	18	1	15	8	7	19	18	15	13	19	18	15	12				
0,6	34	32	26	23	34	32	27	24	30	29	26	22	19	18	14	12	22	21	17	15	22	21	17	14				
0,7	42	39	34	30	38	36	31	28	36	34	31	27	22	21	18	15	25	24	19	18	24	23	19	17				
0,8	46	44	38	34	42	40	34	31	41	38	35	31	25	23	20	18	27	26	21	20	27	25	21	19				
0,9	49	47	41	37	45	43	37	34	44	41	37	34	27	26	22	20	29	28	23	22	29	27	22	21				
1,0	51	49	43	39	48	45	40	37	47	44	40	36	29	27	24	21	30	29	25	23	30	28	24	22				
1,1	53	50	45	41	50	47	42	39	50	46	42	38	31	28	25	22	32	30	26	24	32	30	26	24				
1,25	56	52	47	43	54	50	45	42	53	49	44	40	32	30	27	24	34	32	28	26	34	32	28	25				
1,5	60	55	49	46	58	54	49	46	57	52	47	43	35	32	29	26	37	34	31	29	38	35	31	28				
1,75	63	58	53	48	62	57	53	49	60	54	50	46	37	33	30	27	39	35	32	31	40	37	33	30				
2,0	66	60	55	51	65	59	55	52	63	56	52	48	38	34	31	29	41	37	34	33	42	38	35	32				
2,25	68	62	57	53	68	61	57	54	65	58	53	49	40	35	32	30	43	39	36	34	43	39	36	34				
2,5	70	64	59	55	70	62	58	55	67	60	55	51	42	37	33	32	45	40	37	35	45	40	37	35				
3,0	73	66	62	58	73	64	61	58	70	62	57	53	43	38	35	33	46	41	39	37	47	42	39	37				
3,5	76	68	64	61	75	66	63	60	72	64	58	54	45	39	36	34	48	42	40	38	49	43	41	39				
4,0	78	70	66	62	77	67	64	61	74	66	60	56	46	40	37	35	49	43	41	39	50	44	42	40				
5,0	81	73	69	64	78	69	66	63	77	68	62	58	48	42	39	37	50	44	42	40	52	46	43	41				

б) Для светильников с люминесцентными лампами

в) Для светильников с лампами ДРЛ

Тип	ПВЛ-6				ОДО				ШОД				ВОД, ВЛВ, ВЛК				ГХР				ГсХР						
0,5	29	28	24	21	30	29	21	19	23	22	16	14	19	18	17	14	33	32	26	24	52	50	46	42			
0,6	33	32	27	24	34	32	26	22	29	28	21	18	23	22	20	17	40	38	32	29	59	56	52	49			
0,7	37	35	30	27	38	36	29	25	33	32	24	21	26	25	24	20	44	42	36	33	64	60	56	54			
0,8	40	38	33	29	41	40	33	28	37	35	27	24	29	27	26	22	48	45	40	36	68	63	59	57			
0,9	43	41	36	32	44	42	36	31	40	38	30	27	32	30	28	25	51	48	43	39	70	65	62	59			
1,0	46	44	38	34	47	46	38	33	43	41	32	29	34	32	30	27	54	51	46	42	72	67	64	61			
1,1	48	46	41	36	50	48	41	36	46	43	34	31	36	33	31	28	57	53	48	44	74	69	66	63			
1,25	51	48	44	39	53	51	44	38	49	46	37	34	38	35	33	30	60	55	51	47	77	71	68	65			
1,5	55	52	47	43	59	54	48	42	54	50	40	37	41	38	36	33	65	60	54	51	80	74	70	68			
1,75	59	54	50	46	64	59	51	45	57	53	43	40	44	40	38	35	68	62	57	54	82	75	72	70			
2,0	62	56	52	49	67	61	53	47	60	55	45	42	46	42	40	37	71	64	60	56	84	76	74	71			
2,25	64	58	54	51	70	63	55	49	63	57	47	44	48	43	41	39	73	66	62	58	86	78	75	72			
2,5	66	60	55	52	72	65	56	50	65	59	48	45	49	44	42	40	75	67	63	60	88	79	76	74			
3,0	69	62	58	55	75	67	59	53	68	61	50	48	52	46	44	42	78	69	65	62	90	80	77	75			
3,5	71	63	59	57	77	69	61	55	71	63	52	50	54	48	46	44	80	71	67	64	91	81	78	76			
4,0	72	64	61	58	79	70	62	56	73	65	54	51	55	49	47	45	82	72	69	66	93	82	79	77			
5,0	75	65	62	60	82	72	65	58	76	67	56	53	57	50	48	47	84	73	70	68	94	82	80	78			

ности. Если количество светильников было намечено заранее, общий расчетный световой поток делят на количество светильников. При многоламповых светильниках, например люминесцентных, общий расчетный поток делят на общее количество ламп во всех светильниках. По полученному таким образом расчетному световому потоку одной лампы в соответствии с табл. 3.4 выбирают стандартную лампу, световой поток которой достаточно близок к расчетному.

Расчетный световой поток лампы F_p обычно не совпадает с потоком стандартных ламп F_l , поэтому расчетная освещенность E_p несколько отличается от нормируемой E_n ; значение E_p находят по формуле [39]

$$E_p = E_n \frac{F_l}{F_p} . \quad (4.41)$$

Если количество светильников заранее не было определено, расчетный световой поток делят на световые потоки стандартных ламп разной мощности, что позволяет определить необходимое число светильников и выбрать наиболее рациональный вариант.

Пример. В помещении $S=9 \times 6 \text{ м}^2$ намечено установить шесть светильников Люцетта на высоте $h=2,8 \text{ м}$ над расчетной поверхностью. Освещенность $E=75 \text{ лк}$ при $k_z=1,3$. Напряжение сети 380/220 в; $\rho_n=70\%$; $\rho_c=50\%$; $\rho_p=10\%$. Определить мощность лампы.

Решение. Находим индекс помещения:

$$i = \frac{54}{2,8(6+9)} = 1,25.$$

Коэффициент k_n находим по табл. 4.9 по значениям i , ρ_n , ρ_c , ρ_p : $z=1,1$ $k_n=0,46$. Затем находим поток одной лампы:

$$F_p = \frac{75 \cdot 1,3 \cdot 54 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,46} = 1675 \text{ лм}.$$

Принимаем лампу НГ 220-150 мощностью 150 вт.

4. 2. 5. Расчет прожекторного освещения

Для расчета прожекторного освещения пользуются методом кривых равной освещенности, который приводится в соответствующих справочниках и руководствах.

Под относительной освещенностью в этом случае понимается освещенность условной плоскости, перпендикулярной к оптической оси прожектора и удаленной от его светового центра на расстояние 1 м. Кривые равной

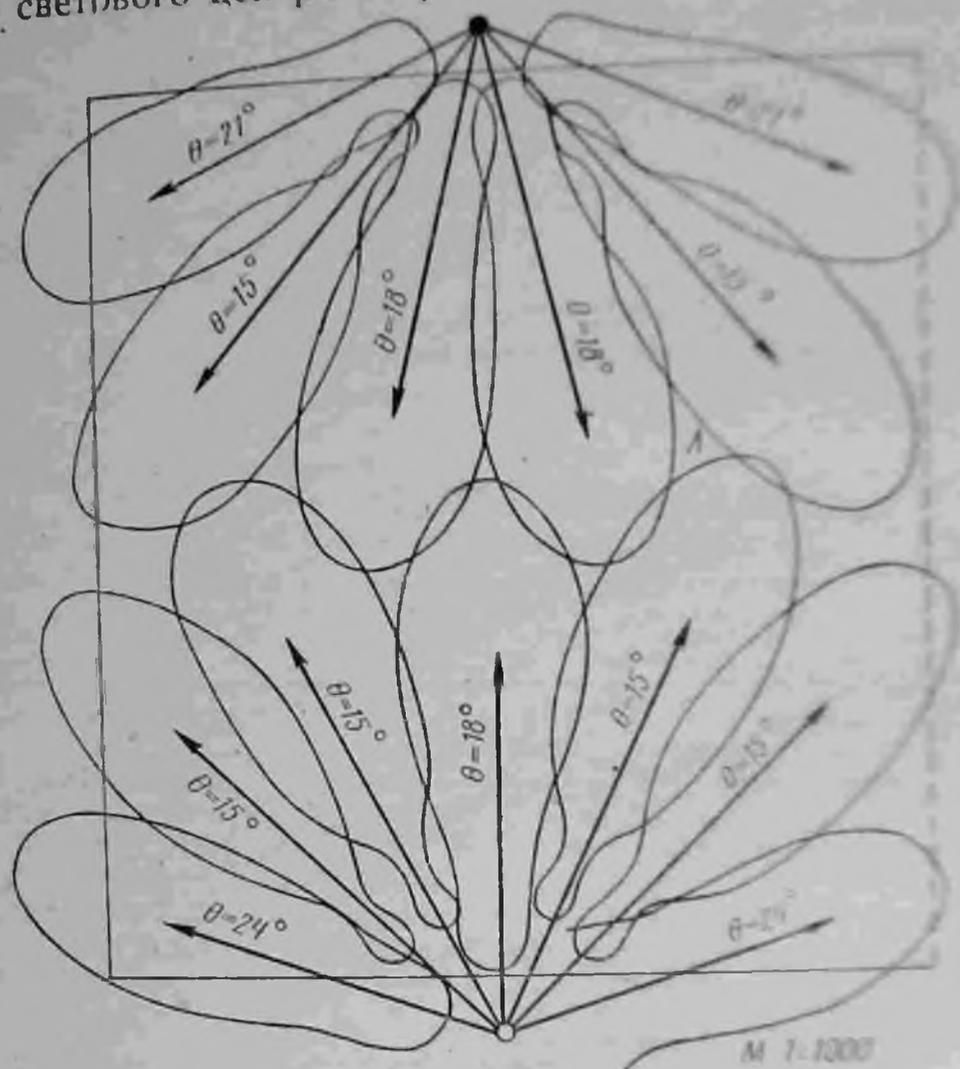


Рис. 4.4. Пример компоновки кривых равной освещенности.

значений относительной освещенности строят в прямоугольной системе координат. Для построения графика кривых равной освещенности используют соотношения, которые имеют место при предположении, что луч, проходящий через данную точку горизонтальной плоскости, освещенность которой требуется определить, проходит через соответствующую точку условной плоскости, имеющую известную освещенность и координаты (рис. 4.4).

Для упрощения расчета прожекторного освещения существует ряд методов, обладающих большей или меньшей точностью.

Для ориентировочного определения количества прожекторов, необходимых для освещения какой-либо территории, можно воспользоваться формулой удельной мощности, полученной при практическом изучении большого числа выполненных установок [26]:

$$p = 0,25 E k_3, \quad (4.42)$$

где p — удельная мощность, $вт/м^2$;
 E — минимальная горизонтальная освещенность, $лк$;

k_3 — коэффициент запаса.

Количество прожекторов легко определить из соотношения

$$n = \frac{pS}{P_{\lambda}}, \quad (4.43)$$

где n — количество прожекторов;
 S — площадь освещаемой территории;
 P_{λ} — мощность лампы, установленной в прожекторе.

Пример. Определить количество прожекторов, необходимое для освещения территории размером 20×40 м с минимальной освещенностью 100 лк. Коэффициент запаса принимаем равным $1,5$.

Решение. $P \times 0,25 E \cdot k = 0,25 \times 100 \times 1,5 = 37,5$ вт.

Для освещения выбираем прожекторы типа ПЗС-45 с лампами 1000 вт. Количество прожекторов по формуле (4.43) равно

$$n = \frac{37,5 \cdot 20 \cdot 40}{1000} = 30 \text{ шт.}$$

§ 4. 3. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ БАТАРЕИ КОСИНУСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

В процессе работы приемники электроэнергии потребляют из питающей их сети активную и реактивную энергию. Активная энергия преобразуется в приемнике в механическую, тепловую, световую или другие виды энергии. Ее величина зависит от тока и коэффициента мощности и для трехфазного приемника определяется согласно уравнению [78]:

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi \text{ квт.} \quad (4.44)$$

Реактивная энергия необходима для создания магнитных полей в электродвигателе, индукционных печах, трансформаторах. Ее величина прямо пропорциональна $\sin \varphi$ и аналогична предыдущему выражению:

$$Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi \text{ квар}, \quad (4.45)$$

где $\cos \varphi$ — коэффициент активной мощности электродвигателя;

$\sin \varphi$ — коэффициент реактивной мощности электродвигателя;

φ — угол сдвига фаз между напряжением и током одной фазы;

I — линейный ток, а;

U — линейное напряжение, кв.

Полная кажущаяся мощность электродвигателя определяется по формуле

$$S = \sqrt{3} UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ ква}. \quad (4.46)$$

Эксплуатация электродвигателей и прочих преобразователей переменного тока с наибольшим $\cos \varphi$ обеспечивает наибольшую активную мощность преобразователя и уменьшение величины тока I .

Полный ток I , например, электродвигателя состоит из активной составляющей, определяющей активную мощность,

$$I_a = I \cos \varphi, \text{ а} \quad (4.47)$$

и индуктивной составляющей, которая определяет реактивную мощность,

$$I_L = I \sin \varphi, \text{ а}. \quad (4.48)$$

Полный ток двигателя I определяется известным уравнением

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_L^2} \text{ а}. \quad (4.49)$$

Следовательно, при увеличении $\cos \varphi$ уменьшается угол сдвига между полным током и напряжением двигателя, уменьшается $\sin \varphi$ и вместе с ним уменьшается индуктивный ток двигателя.

Таким образом, повышение $\cos \varphi$ приводит [5]:

1) к экономии цветных металлов (для питания преобразователя энергии с меньшим током требуется провод меньшего сечения);

2) к уменьшению потерь электроэнергии при ее передаче (мощность потерь в проводах ЛЭП определяют по формуле $\Delta P = I^2 \cdot r$, вт);

3) к экономии электроэнергии (подсчитано, что повышение $\cos \varphi$ в энергосистемах СССР только на 0,01 обеспечит ежегодно экономию более 500 млн. кВт·ч, равную эквивалентным тепловым потерям в проводах воздушных и кабельных линий).

Коэффициент мощности любого преобразователя переменного тока определяют по формуле

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{I_a}{I}, \quad (4.50)$$

где P — активная мощность, кВт;

S — полная мощность, кВА.

Таким образом, величина $\cos \varphi$ показывает, какую часть от полной мощности, вырабатываемой генератором, составляет активная мощность, т. е. используемая для полезной работы.

Только активные преобразователи электроэнергии переменного тока (осветительные лампы накаливания, нагревательные приборы) имеют $\cos \varphi = 1$. Остальные преобразователи (электродвигатели) имеют $\cos \varphi = 0,7—0,9$.

Для учета электроэнергии на предприятиях пользуются понятием средневзвешенного коэффициента мощности предприятия. Его определяют по показанию счетчиков активной и реактивной энергии.

В соответствии с ПУЭ общий средневзвешенный коэффициент мощности электроустановок должен быть не ниже 0,92—0,95 [19].

Причиной низкого коэффициента мощности на предприятиях являются недогруженные асинхронные двигатели и трансформаторы. Например, асинхронный двигатель при холостом ходе имеет $\cos \varphi_{х.х} = 0,2$, тогда как при загрузке до номинальной мощности $\cos \varphi_{н} = 0,85$ [68].

Основным мероприятием, повышающим значение $\cos \varphi$, является работа оборудования на полную произ-

водственную мощность. В этом случае асинхронные двигатели работают с $\cos \varphi$, близким к номинальным величинам.

Мероприятия по повышению $\cos \varphi$ делятся на две основные группы [47]:

- 1) не требующие установки компенсирующих устройств (естественные способы);
- 2). связанные с применением компенсирующих устройств (искусственные способы).

К мероприятиям первой группы относят упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования и повышению коэффициента мощности; применение синхронных двигателей вместо некоторых асинхронных; переключение электродвигателя, нормально работающего на треугольнике, на схему звезда; замена или временное отключение слабогруженых трансформаторов, а также замена недогруженых асинхронных электродвигателей.

К мероприятиям второй группы относится применение косинусных конденсаторов. Это мероприятие основано на следующем свойстве емкости: в цепи переменного тока действие емкости прямо противоположно действию индуктивности. В то время как индуктивность сдвигает ток в сторону запаздывания, емкость, наоборот, в сторону опережения напряжения. Емкостные и индуктивные мощности способны компенсировать друг друга. Если естественными индуктивностями на предприятиях являются обмотки электрических машин и аппаратов, то искусственными емкостями могут быть косинусные конденсаторы, конденсаторы для компенсации $\cos \varphi$. Их выпускают в виде прямоугольных банок (бумажно-масляные, рис. 4.5).

Конденсаторы бывают однофазные и трехфазные на напряжения: 220, 380, 500, 1000, 3000, 6000, 10 000 в. Характеризуются конденсаторы напряжением, мощностью и числом фаз [68].

Между собой конденсаторы соединяются треугольником. Обычно их объединяют в батареи общей мощностью от 30 до 1000 квар [78].

Для снятия с конденсаторов остаточного заряда после отключения от сети параллельно их зажимам автоматически подключаются разрядные сопротивления. В сети с напряжением 380 в в качестве разрядных сопро-

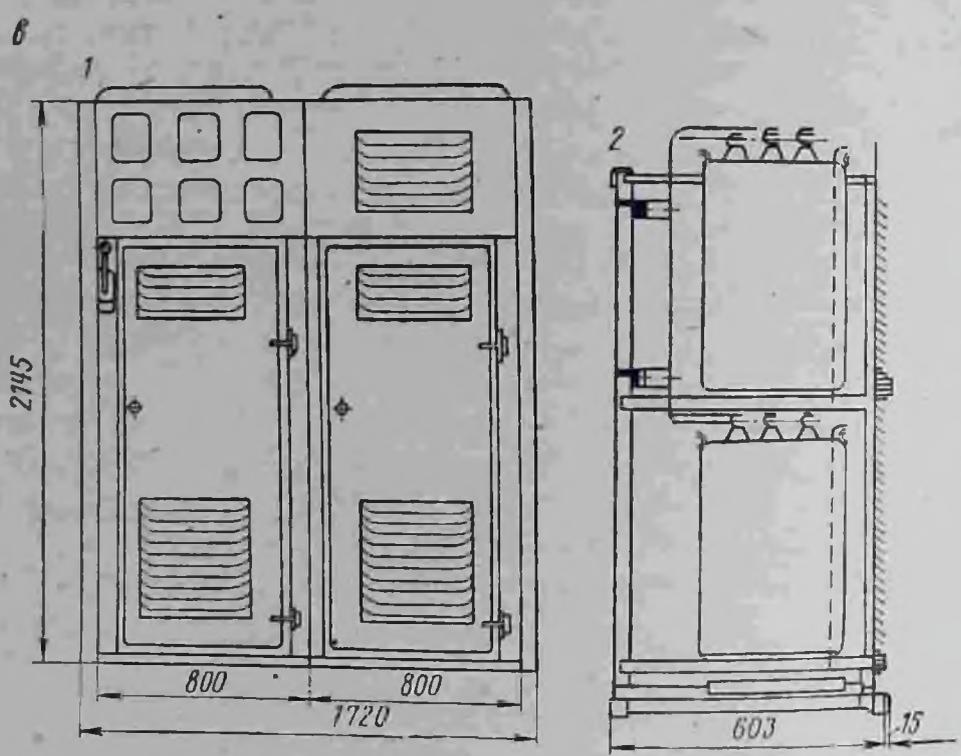
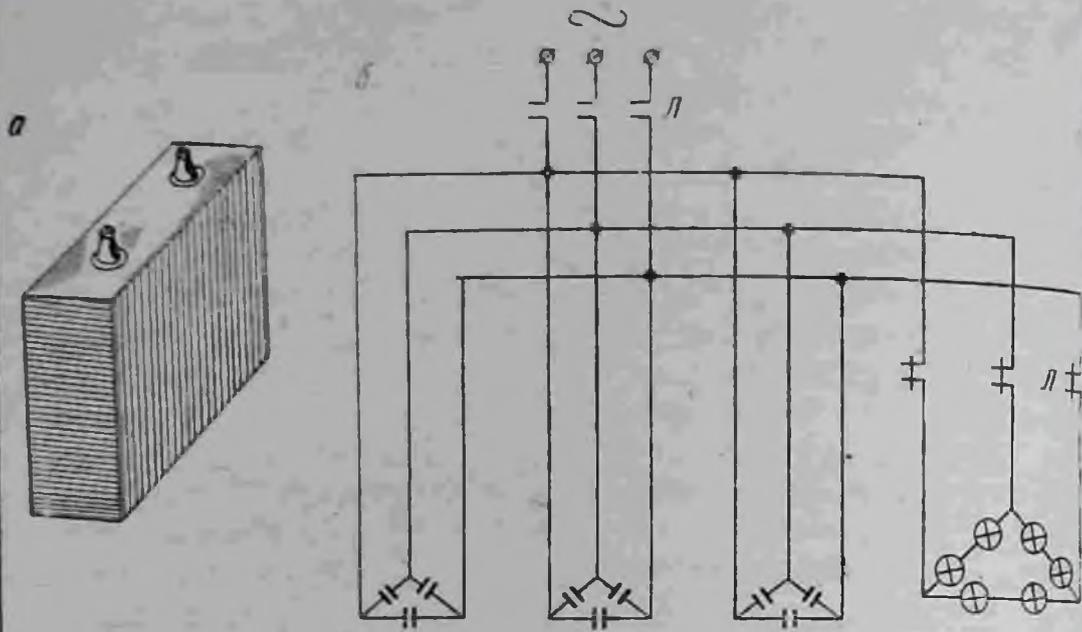


Рис. 4.5. Установка для компенсации $\cos \varphi$:
 а — конденсатор; б — схема соединений конденсаторов треугольником; в —
 шкаф с конденсаторами;
 1 — вид спереди; 2 — вид сбоку.

тивлений рекомендуют применять три группы по две последовательно соединенные лампы на 220 в, подключенные треугольником параллельно батарее конденсаторов.

Таблица 4.10

Технические данные бумажно-масляных конденсаторов

Тип конденсатора	Номинальные величины			Тип конденсатора	Номинальные величины		
	напряжение, кВ	емкость, мкФ	мощность, квар		напряжение, кВ	емкость, мкФ	мощность, квар
КМ-0,22	0,22	263	4	КВМ-1-0,22	0,22	247,5	3,76
КМ-0,38	0,38	220	10	КВМ-1-0,38	0,38	177	8,04
КМ-0,5	0,5	127	10	КВМ-1-0,5	0,5	144,5	11,38
КМ-0,6	0,6	84	9,5	КМВ-11-0,5	1,05	42	14,5
КМ-1,05	1,05	28,8	10	КМВ-1-3,15	3,15	4,2	13,1
КМ-3,15	3,15	3,22	10	КМВ-1-6,3	6,3	1,01	12,6
КМ-6,3	6,3	0,8	10	КМВ-1-10,5	10,5	0,436	15,1
КМ-10,5	10,5	0,29	10	КМВ-11-0,22	0,22	589	8,97
КМ-2-0,22	0,22	657	10			892	13,6
КМ-2-0,38	0,38	552	25	КМВ-11-0,38	0,38	420	19,0
КМ-2-0,5	0,5	318	25			554	25,05
КМ-2-0,6	0,6	221	25	КВМ-11-0,5	0,5	254	19,9
КМ-2-1,05	1,05	72,2	25	КМ-11-1,05	1,05	74,6	25,7
КМ-2-3,15	3,15	8	25	КМ-11-3,15	3,15	8,85	27,6
КМ-2-6,3	6,3	2	25	КМ-11-6,3	6,3	2,26	28,1
КМ-2-10,5	10,5	0,635	25	КМ-11-10,5	10,5	0,724	25,01

Примечания. 1. Конденсаторы напряжением до 1 кВ изготовляются нормально в трехфазном исполнении; по договоренности с заводом они могут быть выполнены и в однофазном исполнении. 2. Освоение промышленностью бумажно-соловых конденсаторов типов КС и КСВ позволит уменьшить габариты конденсаторных устройств.

Конденсаторы монтируются в отдельных шкафах комплектно и присоединяются к распределительному пункту РП в цехе. Расчетную реактивную мощность батареи конденсаторов определяют по формуле [47]

$$Q_k = P_{\text{ср}} (\text{tg } \varphi_1 - \text{tg } \varphi_2) \text{ квар,} \quad (4.51)$$

где $P_{\text{ср}}$ — среднегодовая активная нагрузка предприятия, кВт (эта величина находится делением годового потребления электрической энергии в кВт·ч на 4000 ч для двухсменных и 6000 ч для трехсменных предприятий, действующих непрерывно);

- φ_2 — сдвиг фаз, соответствующий средневзвешенному коэффициенту мощности за год;
 φ_1 — сдвиг фаз, соответствующий расчетной величине.

После расчета батарею косинусных конденсаторов выбирают по каталогу, но ее мощность для эксплуатации должна быть не менее 30 квар.

Количество банок косинусных конденсаторов находят по формуле

$$n = \frac{Q_k}{Q_{\text{банк. к}}} \text{ шт.} \quad (4.52)$$

Установленная мощность батареи косинусных конденсаторов

$$Q_k = n Q_{\text{банк. к}} \text{ квар.} \quad (4.53)$$

Технические данные комплектных конденсаторных установок приведены в табл. 4.10, 4.11 [45].

Таблица 4.11

Технические данные комплектных конденсаторных установок

Тип установки	Напряжение, кв	Мощность, квар
Для внутренней установки		
ККУ-0,38-I	0,38	80
ККУ-0,38-III	0,38	160
ККУ-0,38-III	0,38	270
КУ-6-I	6	330
КУ-10-I	10	330
КУ-6-II	6	500
КУ-10-II	10	500
Для наружной установки		
КУН-6-II	6	420
КУН-10-II	10	400

Пример. Рассчитать мощность батареи косинусных конденсаторов для цеха викальных колец и игрушек резинотехнического завода. Данные по расчетной мощности и годовому расходу электроэнергии

для силовых электроприемников приведены в табл. 4.2, для электроосветительных — в табл. 4.6.

$$P_{\text{эл. сил}} = 494,7 \text{ кВт}; Q_{\text{эл. сил}} = 432,25 \text{ квар}; P_{\text{эл. осв}} = 36,62 \text{ кВт}; \\ W_{\text{акт. сил}} = 3191 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}; W_{\text{акт. осв}} = 144 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Решение. Для определения расчетного $\cos \varphi_1$ определяем полную мощность:

$$S = \sqrt{(494,7 + 36,62)^2 + 432,25^2} = 675 \text{ кВА}.$$

Расчетный $\cos \varphi$

$$\cos \varphi_1 = \frac{494,7 + 36,62}{675} = 0,79, \text{tg } \varphi_1 = 0,776.$$

Требуемый $\cos \varphi_2 = 0,95$; $\text{tg } \varphi_2 = 0,328$.

Рассчитываем мощность батарей косинусных конденсаторов:

$$Q_{\text{к}} = \frac{(3191 + 144) 10^3}{6000} (0,776 - 0,328) = 252 \text{ квар}.$$

К установке принимаем батарею, состоящую из бумажно-масляных конденсаторов типа КМ-0,38-10-1, напряжением 380 в, мощностью одной банки 10 квар.

Тогда количество банок

$$n = \frac{252}{10} = 25 \text{ шт.}$$

Так как принятые конденсаторы однофазные, то количество банок должно быть кратным 3. Принимаем к установке 24 банки.

Установленная мощность батарей косинусных конденсаторов

$$Q_{\text{к}} = 24 \times 10 = 240 \text{ квар}.$$

§ 4. 4. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ И ЧИСЛА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

На химических предприятиях рабочим (цеховым) может быть напряжение 380/500 и 6000/10 000 в. Это объясняется тем, что на всех химических заводах применяются электродвигатели напряжением 380/500 или 6000/10 000 в [54]. (Например, электроприводы дробилок, газодувок на коксохимических заводах; электроприводы насосов, компрессоров, вентиляторов на заводах по технологии неорганических веществ и минеральных удобрений, нефте- и газоперерабатывающих заводах; электро-

приводы валцов, резиносмесителей на резинотехнических заводах; электроприводы дефибреров, мельниц, рубительных машин, каландра, суперкаландра в целлюлозно-бумажной промышленности и т. п.). Все электродвигатели напряжением 6000/10 000 в включаются непосредственно в сеть заводских или цеховых подстанций, а двигатели низкого напряжения получают питание от понижающих трансформаторов.

Питание источников света и силовой нагрузки от общих трансформаторов возможно лишь при напряжении электродвигателей 220 или 380 в. Когда для электродвигателей принято более высокое напряжение, например 500 или 660 в, лампы накаливания и люминесцентные лампы при существующих схемах включения могут питаться от трансформаторов силовой нагрузки только через дополнительные, промежуточные трансформаторы.

Совмещение трансформаторов для силовой и осветительной нагрузок уменьшает их общее число и суммарную установленную мощность, сокращает количество аппаратуры и объемы помещений подстанций и позволяет несколько упростить схему электроснабжения. Немаловажным фактором является также повышение коэффициента мощности за счет подключения активной нагрузки, характеризующей, как правило, источники света. При разделении трансформаторов на осветительные и силовые нужды их мощности обычно недоиспользуются, снижается коэффициент мощности, появляется неустойчивость в работе энергоснабжающей системы предприятия. В обычных случаях следует рекомендовать совмещение силовой и осветительной нагрузок, тем более что низковольтные двигатели рассчитаны на включение в «звезду» или «треугольник» при линейном напряжении 380 в, а осветительные могут питаться фазным напряжением -- 220 в [14].

Выбор числа трансформаторных подстанций является сложным и не может быть здесь полностью рассмотрен. Можно лишь отметить, что дробление подстанций, хотя и повышает первоначальные затраты и потери в них электроэнергии, экономически оправдано. Современная практика идет по пути приближения источников питания к центрам нагрузок, рекомендуя подстанции относительно небольшой мощности.

На предприятиях с крупными, энергоемкими цехами

сооружают цеховые подстанции (встроенные, пристроенные и внутрицеховые) и гораздо реже — отдельно стоящие подстанции [11].

Встроенные подстанции размещаются внутри здания. Мощность их не ограничивается категорией производства, если только оно не относится к числу взрывоопасных [5].

Пристроенные подстанции размещаются снаружи зданий и примыкают к их стенам, их мощность также не ограничивается. Устройство таких подстанций недопустимо лишь у взрывоопасных цехов. По своим технико-экономическим показателям они равноценны встроенным подстанциям.

К взрывоопасным помещениям всех классов допускается пристраивать подстанции при соблюдении следующих условий [5]:

1) камеры трансформаторов и РУ не должны иметь окон, дверей и каких-либо отверстий во взрывоопасное помещение;

2) стены, отделяющие подстанции от взрывоопасных помещений, должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 1,5 час. и оштукатурены с двух сторон;

3) через вентиляционные отверстия в подстанции ни при каких обстоятельствах не должна проникать взрывоопасная среда, что достигается устройством отдельных вентиляционных систем;

4) в случае примыкания подстанций к помещениям класса В-I в подстанции должно быть создано избыточное давление в несколько миллиметров водяного столба. Во взрывоопасные помещения классов В-Iа, В-IIа и В-III допускается встраивать комплектные трансформаторные подстанции при соблюдении ряда условий, изложенных в ПУЭ.

Внутрицеховые подстанции располагаются внутри производственных помещений; доступ к оборудованию подстанций осуществляется из цеха или из другого помещения.

Максимальное приближение этих подстанций к центрам электрических нагрузок обеспечивает наилучшие технико-экономические показатели по расходу электроэнергии и цветного металла [76].

На каждой внутрицеховой подстанции разрешено ус-

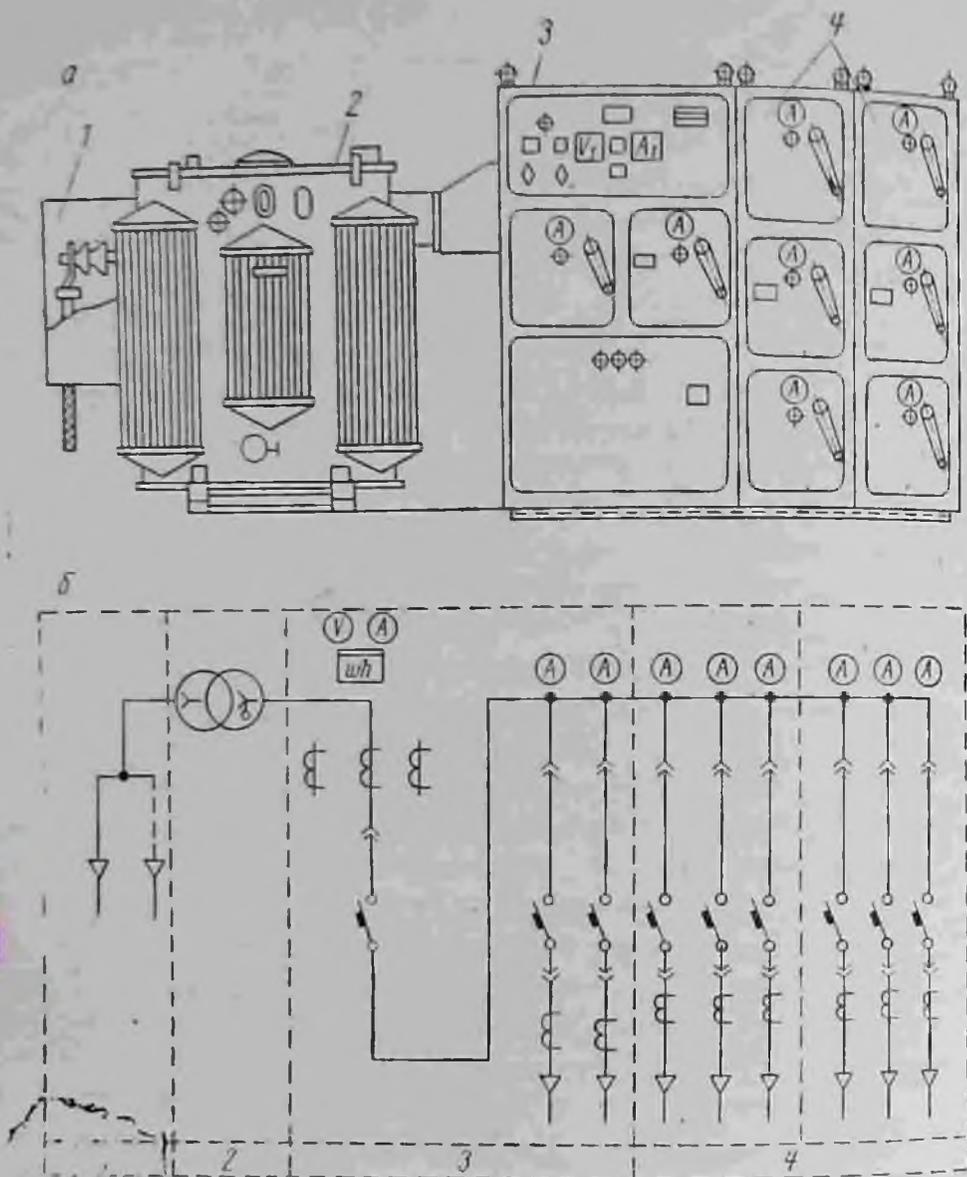


Рис. 4.6. Комплектная трансформаторная подстанция (КТП) внутренней установки мощностью 630 кВа:

a — общий вид; *б* — электрическая схема:
 1 — шкаф ввода высокого напряжения; 2 — силовой трансформатор; 3 — шкаф ввода низкого напряжения; 4 — шкафы отходящих линий; Wh — счетчик; A — амперметр; V — вольтметр.

танавливать не более трех масляных трансформаторов суммарной мощностью не выше 2000 кВа. Мощности трансформаторов внутрицеховых подстанций в сухих цехах или с парами их жидкостей не ограничиваются.

Широкое распространение в настоящее время получили комплектные трансформаторные подстанции как для внутрицеховой (КТП), так и для наружной установки (КТПН). Они состоят из трансформаторов и бло-

ков распределительных устройств, поставляемых в собранном или полностью подготовленном к сборке виде.

КТП могут использоваться в качестве открытых трехфазовых подстанций, мощность каждой из них при этом ограничивается двумя масляными трансформаторами по 1000 ква. Общий вид КТП изображен на рис. 4.6 [84].

На химических предприятиях получили распространение отдельно стоящие трансформаторные подстанции, так как при наличии взрывоопасных цехов трансформаторные подстанции должны быть удалены на определенное расстояние. Отдельно стоящие подстанции могут быть как закрытыми, так и открытыми.

При сооружении подстанций вблизи зданий, имеющих взрывоопасные помещения, а также около наружных взрывоопасных установок требуется соблюдать определенные расстояния их от РУ, подстанций и отдельно стоящих трансформаторов до этих помещений и оборудования, располагаемого на наружных установках. Эти расстояния подробно указаны в ПУЭ [85].

Требуемую расчетную мощность подстанции на стороне низкого напряжения можно с достаточной точностью рассчитать по формуле [5]

$$S_p = k \Sigma \sqrt{(\Sigma P_{30})^2 + (\Sigma Q_{30} - Q_k)^2} \text{ квал.} \quad (4.58)$$

- где S_p — общая расчетная мощность трансформаторов, ква;
- $k \Sigma$ — коэффициент совмещения максимумов, принимаемый в пределах 0,95—0,9;
- ΣP_{30} — суммарная расчетная активная нагрузка, кВт;
- ΣQ_{30} — суммарная расчетная реактивная нагрузка, (включая реактивную мощность синхронных двигателей, работающих с опережающим $\cos \varphi$); квар;
- Q_k — установленная мощность батарей конденсаторов, квар.

$$\Sigma P_{30} = P_{\text{ав}} + P_{\text{тепл}} + P_{\text{осв}} \text{ квал.} \quad (4.59)$$

- где $P_{\text{осв}}$ — расчетная активная нагрузка осветительной сети, квал;

$P_{дв}$ — расчетная активная нагрузка электродвигателей, кВт;
 $P_{тепл}$ — активная нагрузка электронагревателей, кВт.

$$\sum Q_{30} = Q_{дв} + Q_{осв} \text{ квар}, \quad (4.56)$$

где $Q_{дв}$ — реактивная нагрузка силовых электроприемников, квар;

$Q_{осв}$ — реактивная нагрузка осветительной сети, квар (при лампах ДРЛ).

При определении расчетной мощности на стороне низкого напряжения следует учитывать также двигатели санитарно-гигиенической вентиляции. Если данные для них отсутствуют, то принимают мощность санитарно-гигиенической вентиляции примерно равной 5% полной расчетной мощности [5].

Трансформаторная подстанция может содержать различное число трансформаторов. Технические данные силовых трансформаторов приведены в табл. 4.12. Однако дробление трансформаторных подстанций приводит к увеличению расхода цветных металлов в трансформаторах и аппаратуре, к дополнительным капитальным затратам на подстанции, к повышению годовых расходов электроэнергии, так как к. п. д. трансформаторов уменьшается вместе с уменьшением их мощности.

Количество силовых трансформаторов на подстанции зависит от категории электроприемников (см. § 1.1), которые питаются от данной подстанции.

Однотрансформаторные подстанции сооружаются тогда, когда питаемые от них электроприемники относятся к III категории, а требуемая мощность подстанции не превышает высшей по стандарту мощности трансформаторной единицы 1600/1800 кВА при низшем напряжении 380 В.

Двухтрансформаторные подстанции нашли широкое применение, так как они обеспечивают надежность питания электроприемников I и II категорий. При этом мощность трансформаторов выбирают с таким расчетом, чтобы нагрузка при нормальном режиме их не превышала 70%. Тогда при аварийном режиме (в случае выхода из строя одного из трансформаторов) оставшийся в работе трансформатор сможет в течение пяти суток работать с допустимой перегрузкой в 40% при общей суточной

Таблица 4.12

Технические данные силовых трансформаторов

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВа	Сочетания напряжений, кВ		Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВа	Сочетания напряжений, кВ	
		ВН	НН			ВН	НН
ТМ-25/6-10-65	25	6	0,23	ТМ-160/6-10-66	160	6	0,23
		6	0,4			6	0,4
		10	0,23			10	0,23
ТМ-40/6-10-65	40	10	0,4	ТМ-250/6-10-66	250	10	0,4
		6	0,23			6	0,23
		6	0,4			6	0,4
ТМ-63/6-10-66	63	10	0,23	ТМ-400/6-10	400	10	0,23
		10	0,4			35	0,23
		6	0,69			35	0,4
ТМ-100/6-10-66	100	10	0,69	ТМ-630/35Т	630	10	0,69
		10	0,23			10	0,23
		20	0,23			35	0,23
		20	0,4			10	0,4
		6	0,23			6	0,4
		6	0,4			35	0,4
		10	0,23			10	0,23
		10	0,4			10	0,23
		20	0,23			20	0,23
		20	0,4			20	0,4
ТМ-1000/10	1000	35	0,23	ТМ-1000/10	1000	35	0,23
		35	0,4			6	0,4
						10	0,4

продолжительности максимума до 24 час. Это позволяет широко применять «складской» и «передвижной» резерв трансформаторов.

Трансформаторные подстанции с числом трансформаторов 3 и более применяются в тех случаях, когда:

а) требуемая мощность подстанции превышает суммарную высшую по стандарту мощность двух трансформаторных единиц;

б) подстанция должна питать либо нагрузки разных напряжений, либо нагрузки с резко отличными характеристиками, требующими самостоятельного питания на высшем напряжении;

в) целесообразно регулировать включенную мощность подстанции соответственно изменяющемуся графику нагрузки, и надо резервировать питание электроприемников общецехового назначения (краны, общецеховая вентиляция и т. п.).

План и разрезы встроенной в цех двухтрансформаторной подстанции приведены на рис. 4.7.

Пример. Определить мощность и выбрать силовой трансформатор для цеха вилельных колец и игрушек резинотехнического завода. Данные нагрузок (см. пример расчета раздела 4.3).

Решение. По формуле (4.54) определяем мощность силового трансформатора:

$$S = 0,92 \sqrt{531,32^2 + (432,25 - 240)^2} = 518 \text{ ква},$$

так как электроприемники цеха вилельных колец и игрушек относятся к потребителям III категории, то предусматривается строительство однитрансформаторной цеховой встроенной подстанции с установкой трансформатора типа ТМ-630-10/0,4/0,23 мощностью 630 ква и напряжением 10/0,4/0,23 кв.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам

Таблица 1

Категория взрывоопасной смеси	Группа взрывоопасной смеси			
	А	Б	Г	Д
1	Аммиак, метан, дихлорэтан, уксусная кислота, соль-вент каменноугольный, изо-пропиловый спирт, циклогексанон, метилстирол, метил-хлорформат, хлористый ме-тил, растворители: Р-5 (ТУ МХП 2191—50), РС-1 (ТУ МХП 1763—52), Р-4 (ГОСТ 7827—55), РЭ-1 (ТУ МХП КУ 376—54), метилфенил-дихлорсилан	Уксусный ангидрид, изоп-рен, бутиловый спирт (тре-тичный), изобутиловый спирт, винилацетат, амилацетат, ме-тилметакрилат, растворители: № 646 (ГОСТ 5630—51), № 647 (ГОСТ 4006—48), № 649 (ТУ МХП 1812—48), РКБ-1 (ТУ МХП 2533—53), РКБ-2 (РТУ М/2/ СНХП 109—58), РДВ (ГОСТ 4399—40), РС-2 (ТУ МХП 1763—52), Р-40	Уайт-спирит, циклогексан, этилдихлортиофосфат, скипи-дар; растворитель № 651 (ТУ МХП 4537—56), поли-эфир ТГМ-3	
2	Этан, пропан, ацетон, хло-ристый этил, диэтиламин, бензол, толуол, ксилол, этил-бензол, хлорбензол, изопро-пилбензол, стирол, диизопр-опиловый эфир, доменный газ, бензин Б-100, нафталин, пи-ридин, хлористый винил, цик-лопентадиен	Бутан, пентан, пропилен, нитроциклогексан, метиловый спирт, этиловый спирт, бути-ловый спирт (нормальный), бу-тилацетат, дивинил, диоксан, нитрилакриловая кислота, ди-метилдихлорсилан, фурфурол, метилакрилат, метиламин, ди-метиламин, метилвинилди-хлорсилан, этилацетат	Гексан, топливо Т-1, аце-тальдегид, этилцеллозольв, геп-тилл, самин, этилмеркаптан, бутилметакрилат, бензин А-66, бензин Б-70, триметиламин, гидрированный керосин с три-бутилфосфатом, тетрогидро-фуран, бензин «калоша», бен-зин А-72, бензин А-76	
3	Этилен, светильный газ, коксовый газ (метана 40%, водорода 60%)	Окись этилена, окись про-пилена	Серниый эфир, этилдихлор-силан, винилтрихлорсилан	
4	Водород, водяной газ	Метилдихлорсилан	Сероводород, трихлорсилан	Сероуглерод

Характеристики некоторых распространенных взрывоопасных газов, легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ) и смесей паров их с воздухом

Наименование вещества	Характерные признаки	Удельный вес в газообразном состоянии	Пределы взрывоопасной концентрации, %	Температура, °C	
				вспышки	самовоспламенения
Аммиак	Газ. Взрыв возможен также при соединении аммиака с хлором, йодом, и хлористым золотом	0,597	15,5—27	—	1050
Амиловый спирт	ЛВЖ	—	Низший 1,2	50	355
Ацетилен	Газ. Наиболее тяжелые условия при концентрации 7—11%	0,9	2,5—80	—	480
Ацетон	ЛВЖ	2,0	2,6—12,8	—20	610
Бензины	ЛВЖ	2,7—3,6	0,76—8,12	—44 до 1 —17	255—474
Бензол	ЛВЖ	2,77	1,4—6,75	—14	625
Бутиловый спирт	ЛВЖ	2,55	1,52—10,2	34	410
Водород	Газ	0,09	4—74,2	—	510
Изопропилбензол	ЛВЖ	4,14	0,68—4,2	34	500
Изобутиловый спирт	ЛВЖ	2,55	Низший 1,7	28	555

Изопрен	ЛВЖ	2,35	0,4—6,2	—72	360
Изопропиловый спирт	ЛВЖ	—	2,25—12	12	420
Керосин	ЛВЖ	—	1,4—7,5	28—58	265
Ксилол	ЛВЖ	3,7	1—6	20	590
Лигроин	ЛВЖ	—	1,4—6	10	380
Метан	Газ. Наиболее тяжелые условия при концентрации 9—10%	0,55	5—16	161	650—750
Метиловый спирт	ЛВЖ	1,1	6—36,5	8	500
Метилстирол	ЛВЖ	4,07	0,85—3,4	38	540
Масла индустриальные	Горючая жидкость	—	—	250—380	127—200
Масло трансформаторное	ГЖ	—	—	300	147
Пропиловый спирт	ЛВЖ	2,1	2,5—9,2	23	370
Сероводород	Горючий ядовитый газ	1,18	4,3—45,5	—	290
Серовуглерод	ЛВЖ	2,62	1—50	—50	105
Скипидар	ЛВЖ	4,7	Низший 0,8	34	300
Уайт-спирит	ЛВЖ	—	1,4—6	35	270
Уксусная кислота	ЛВЖ	2,1	3,1—12	38	500
Хлорбензол	ЛВЖ	3,88	1,6—7,83	26	660
Этилбензол	ЛВЖ	3,66	0,9—3,9	20	420
Этил хлористый	ЛВЖ	2,2	3,6—14,8	—	517
Этиловый спирт	ЛВЖ	1,6	3,3—18,95	13	465

Виды исполнений электрооборудования для взрывоопасных помещений и наружных установок

Виды электрооборудования	Классы взрывоопасных помещений и наружных установок						
	В-1	В-1а	В-1б	В-1		В-11	В-11а
				в пределах взрывоопасных зон	вне взрывоопасных зон наружных установок		
<p>Электродвигатели напряжением 10 кВ и выше</p> <p>Электродвигатели напряжением 6 кВ и ниже</p> <p>Электродвигатели в нормальном исполнении для привода механизмов, установленных во взрывоопасных помещениях</p> <p>Электродвигатели периодически работающих установок, не связанных непосредственно с технологическим процессом (монтажные</p>	Электрические машины						
	Исполнение, продуваемое под избыточным давлением		Исполнение, продуваемое под избыточным давлением, повышенной надежности			Аналогично указаниям для класса В-1	Аналогично указаниям для классов В-1а, В-1б
	В случае установки двигателей в помещении, отделенном от взрывоопасного несгораемой глухой стеной, имеющем эвакуационный выход и обеспеченном избыточным давлением		—		—		Аналогично указаниям для классов В-1 и В-1а
	Исполнение любое взрывозащищенное для соответствующей категории и группы взры-	Исполнение защищенное	Исполнение невзрывозащищенное		Исполнение любое взрывозащищенное для соответствующей категории и группы	Исполнение закрытое	

краны, тельферы и т. п.)	взрывоопасных смесей	Применение указанного электрооборудования в исполнении повышенной надежности против взрыва или в невзрывозащищенном исполнении допускается при отсутствии взрывоопасной концентрации в условиях эксплуатации	взрывоопасных смесей
--------------------------	----------------------	--	----------------------

Электрические светильники

Светильники, установленные стационарно	Исполнение взрывонепроницаемое, искробезопасное или специальное	Исполнение любое защищенное для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей	Исполнение пыленепроницаемое	Исполнение любое взрывозащищенное для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей	Исполнение пыленепроницаемое	Исполнение любое взрывозащищенное	Исполнение пыленепроницаемое
--	---	--	------------------------------	--	------------------------------	-----------------------------------	------------------------------

В помещениях всех классов со средой, для которой не имеется светильников соответствующих типов, допускается выполнять освещение светильниками нормальными одним из следующих способов:

- через закрытые наглухо фрамуги окон снаружи здания;
- через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и естественной вентиляцией свежим воздухом;
- через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и устройством естественной вентиляции фонарей свежим воздухом;
- в коробах в исполнении, продуваемом под избыточным давлением.

Светильники переносные	Исполнение взрывонепроницаемое, искробезопасное или специальное	Исполнение любое взрывозащищенное для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей	Исполнение взрывонепроницаемое, искробезопасное или специальное
------------------------	---	--	---

Все переносные светильники должны иметь защитную металлическую сетку.

Классификация производственных помещений по пожаро- и взрывоопасности для электротехнического оборудования и нормы искусственной освещенности рабочих мест в производствах целлюлозно-бумажной промышленности

Цехи и отделения	Характеристика по условиям среды (по ПУЭ)	Исполнение электродвигателей и аппаратуры	Разряд и подразряд работ	Система освещения	Наименьшая освещенность в лк общего освещения			Исполнение светильников
					от рабочего освещения		от аварийного освещения при лампах накаливании	
					при лампах накаливании	при люминесцентных лампах		
I. Производство сульфитной целлюлозы и полуцеллюлозы								
Кислотный цех:								
а) дробильно-размольное отделение для колчедана и серы	Н, Пл, В-II	Взрывонепроницаемое	V	Общее и ремонтное	30	—	3	Пыленепроницаемое и взрывозащищенное
б) сушильное отделение	Пл, Тп	Закрытое	VI	То же	20	—	2	Пыленепроницаемое
в) сероплавильное отделение	Пл, П-IIa	»	VI	»	20	—	2	Пыленепроницаемое и для химически активной среды То же
г) печное отделение	Пл, А	»	VI	»	20	—	2	
д) отделение промывки и мокрой очистки газа	С, А	Закрытое	VI	Общее и ремонтное	20	—	2	Влагозащищенное и для химически активной среды
е) кислотные башни	А	»	VI (над башнями) V	»	20	—	2	Для химически активной среды
ж) насосное отделение, отделение вентиляторов	С, А	»	V	»	30	—	3	Влагозащищенное и для химически активной среды
Варочный цех, включая помещения сжижающих или вымывных резервуаров	С, А	»	VI	»	20	—	2	То же
Цех регенерации тепла и сернистого ангидрида, включая установки: баков для щелоков, цимо-лоотстойников	С, А помещения цимо-лоотстойников	»	VI	»	20	—	2	»
Цех размола и промывки целлюлозы высокого выхода (ЦВВ)	С, А	»	VI	Общее ремонтное	20	—	2	»
Промывной цех для целлюлозы и полуцеллюлозы (кроме ЦВВ)	»	»	VI	То же	20	—	2	»
Очистной цех небеленой целлюлозы и полуцеллюлозы	С	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное

Цехи и отделения	Характеристика по условиям среды (по ПУЭ)	Исполнение электродвигателей и аппаратуры	Разряд и подразряд работ	Система освещения	Наименьшая освещенность в лк общего освещения			Исполнение светильников
					от рабочего освещения		от аварийного освещения при лампах накаливания	
					при лампах накаливания	при люминесцентных лампах		
Отбельный цех	С, А	Закрытое	VI	Общее, ремонтное	20	—	2	Влагозащищенное и для химически активной среды
Очистной цех белильной целлюлозы	С	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное
Сушильный цех, включая установку вентиляции и регенерации тепла:								
а) мокрая часть	С	»	VI	»	30	100	3	Влагозащищенное. Допускается защищенное и открытое
б) сухая часть	Тп	»	VI	»	30	100	3	То же
Промежуточный склад целлюлозы	Н, П-IIa	»	VI-I	Общее	10	—	—	Защищенное
Цех резки и упаковки целлюлозы	Н, Пл, П-IIa	»	VI, В-I, V	Общее и ремонтное	50 30	150	0,3	Пыленепроницаемое

Цех сгущения и аккумулярования целлюлозы и полуцеллюлозы в жидком виде	С	Закрытое	VI	Общее и ремонтное	20	—	2	Влагозащищенное
Цех приготовления белильных растворов (без электролиза поваренной соли)	С, А помещения, связанные с получением хлората и двуокиси хлора В-Ia	Взрывозащищенное (при отсутствии приготовления—закрытое)	VI	То же	20	—	2	Влагозащищенное для химически активной среды и взрывозащищенное
II. Производство сульфатной целлюлозы и полуцеллюлозы								
Варочный цех, включая регенерацию тепла	С, А тракт подачи щепы Пл и П-II	Закрытое	VI	»	20	—	2	Пыленепроницаемое влагозащищенное и для химически активной среды
а) установка по сбору побочных продуктов	С, В-Ia	Взрывозащищенное	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное и взрывонепроницаемое
б) установка для обезвреживания выбросов	С, А, В-Iб	Закрытое	VI	»	20	—	2	Пыленепроницаемое, влагозащищенное и для химически активной среды
Цех горячего размола и сортирования целлюлозы и полуцеллюлозы высокого выхода	С	Закрытое	VI	Общее и ремонтное	20	—	2	Влагозащищенное

Цехи и отделения	Характеристика по условиям среды (по ПУЭ)	Исполнение электродвигателей и аппаратуры	Разряд и подразряд работ	Система освещения	Наименьшая освещенность в лк общего освещения			Исполнение светильников
					от рабочего освещения		от аварийного освещения при лампах накаливания	
					при лампах накаливания	при люминесцентных лампах		
Промывной цех	С	Закрытое	VI	Общее и ремонтное	20	—	2	Влагозащищенное
Очистной цех небеленной целлюлозы	С	»	VI	То же	20	—	2	То же
Отбельный цех	С, А	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное и для химически активной среды
Очистной цех беленной целлюлозы	С	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное
Сушильный цех, включая установку вентиляции и регенерации тепла:								
а) мокрая часть	Вл	»	VI	»	20	—	2	То же
б) сухая часть	Тп	»	V	»	30	100	3	Открытое или защищенное
Промежуточный склад целлюлозы	Н, П-Ша	»	VI—I	Общее	10	—	—	Защищенное

Цех резки и упаковки целлюлозы	Пл, П-Ша	Закрытое	IV B-I	Общее и ремонтное	50	150	0,3	Пыленепроницаемое, допускается защищенное и открытое
Цех аккумулярования и окисления черного щелока, включая отделение по сбору сульфатного мыла	С	То же	VI	То же	20	—	2	Влагозащищенное
Выпарной цех	С, Тп	»	VI	»	20	—	2	»
Содорегенерационный цех	Тп	»	VI	»	20	—	2	Открытое или закрытое
Цех каустизации	Вл	»	VI	»	20	—	2	То же
Цех регенерации известкового шлама	Пл	»	VI	»	20	—	2	Пыленепроницаемое
Цех приготовления белильных растворов (без электролиза поваренной соли)	С, А В-Іа в помещениях, связанных с хлором и двуокисью хлора	Закрытое для В-Іа взрывозащищенное	VI	»	20	—	—	Влагозащищенное и для химически активной среды и взрывозащищенное
Цех переработки побочных продуктов:								
а) отделение получения и дезодорации скипидара, адоранта сульфата, включая разливание флотомаста ректификации скипидара, производство фитостерина	В-Іа	Взрывозащищенное	V	»	30	—	3	Взрывозащищенное

Цехи и отделения	Характеристика по условиям среды (по ПУЭ)	Исполнение электродвигателей и аппаратуры	Разряд и подразряд работ	Система освещения	Наименьшая освещенность в лк общего освещения			Исполнение светильников
					от рабочего освещения		от аварийного освещения при лампах накаливания	
					при лампах накаливания	при люминесцентных лампах		
б) отделение разложения сульфатного мыла	П-I, А	Закрытое	V	Общее и ремонтное	30	—	3	Пыленепроницаемое и для химически активной среды
в) отделения омыления канифоли и нека с разливом, ректификации талевого мыла	П-I	Закрытое	V	»	30	—	3	Пыленепроницаемое
III. Цехи производства белой, бурой и химической древесной массы								
Цех пропарки балансов	С, Тп	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное
Цех пропитки и варки химической древесной массы	С, Тп (тракт подачи щепы)	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное и пыленепроницаемое
Дефибрерный цех	С, Тп	»	VI	»	20	75	2	Влагозащищенное

Цехи размол химической древесной массы, очистки, сгущения и аккумуляирования древесной массы	С, Тп	Закрытое	VI	Общее и ремонтное	20	—	2	Влагозащищенное
Цех отбелки древесной массы	С, Тп, А	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное и для химически активной среды
Цех отжима и сушки	С, Тп	»	VI	»	20	—	2	Влагозащищенное и пыленепроницаемое
IV. Цехи производства массы из макулатуры								
Цех сухой обработки макулатуры	Н, Пл, П-II	»	VI	»	20	—	0,3	Пыленепроницаемое
Цех разгрузки макулатуры	Вл, Пл	»	VI	»	20	—	0,3	»
Цех загрузки макулатуры	Вл	Защитное	VI	»	20	—	0,3	Открытое или не защищенное
Цех сортировки и выгрузки макулатуры	С	Закрытое	VI	»	20	—	0,3	Влагозащищенное
Цех сортировки макулатуры	С, Тп	»	VI	»	20	—	0,3	Влагозащищенное

Цехи и отделения	Характеристика по условиям среды (по ПУЭ)	Исполнение электродвигателей и аппаратуры	Разряд и подразряд работ	Система освещения	Наименьшая освещенность в лк общего освещения			Исполнение светильников
					от рабочего освещения		от аварийного освещения при лампах накаливания	
					при лампах накаливания	при люминесцентных лампах		
тряпья и сухой обработки тряпья	С	Закрытое	VI	Общее и ремонтное	20	—	0,3	Влагозащищенное
Цех приготовления небеленной массы	С, А	Защищенное	VI	»	30	—	0,3	Влагозащищенное и для химически активной среды
Цехи отбелики полумассы, разводки хлорной извести и приготовления белильных растворов	С							
Цех обезвоживания полумассы	С	»	VI	»	20	—		Влагозащищенное
VI. Цехи производства массовых сортов бумаг и картонов								
Цехи роспуска производных полуфабрикатов и подго-	С	»	VI	»	20	—		Влагозащищенное

товки бумажной и картонной массы	С	Закрытое	V	Общее и ремонтное	30	100	3	Влагозащищенное
Цех (зал) бумагоделательных или картоноделательных машин, включая установку вентиляции и регенерации тепла	С	»	IVa	»	50	150	5	»
а) мокрая, сухая части, электродвигатели, насосы, помещения приводов		»	IVa		50	150	5	
б) каландр и накат		»	IVa		50	150	5	
в) сетки, прессы, сушильные цилиндры		»	IVa		50	150	5	
Промежуточные склады бумаги или картона	Н, П-Ша	»	VI-I	Общее	10	—	—	Защищенное
Цех отделки и упаковки бумаги или картона (по всей площади):	Н, Пл, П-Ша	»	IVб	Общее и ремонтное	50	150	0,3	Пыленепроницаемое
а) резательные станки			IIIa	То же	150	300		
б) прочие станки			IIIб		100	200		
Паккамера—по всей площади: сортировка бумаги на столах	Н, Пл	»	IVб	»	50	150	0,3	»

Цехи и отделения	Характеристика по условиям среды (по ПУЭ)	Исполнение электродвигателей и аппаратуры	Разряд и подразряд работ	Система освещения	Наименьшая освещенность в лк общего освещения			Исполнение светильников
					от рабочего освещения		от аварийного освещения при лампах накаливании	
					при лампах накаливании	при люминесцентных лампах		
Цех производства листовых бумаг	Н, Пл	Закрытое	IIIб	Общее и ремонтное	100	200		
Цех приготовления химикатов (для наполнения, проклейки и окраски бумаги или картона)	П-IIIа	»	IVб	То же	50	150	5	Пыленепроницаемое Допускается защищенное открытое
Приготовление картонной массы для мелования бумаги или картона	С, Пл, А	»	IV	»	20	—	2	Пыленепроницаемое влагозащищенное и для химически активной среды
VII. Цехи по производству пергамента								
Цех производства пергамента	С, А	»	IVб, VI	»	50 20	150 —		Влагозащищенное и для химически активной среды
Кислотный цех	С, А	»	VI	»	20	—	2	То же

VIII. Цехи по производству фибры								
Машиннодиффузный отдел	С	Закрытое	IVб	Общее и ремонтное	50	150	5	Влагозащищенное
Сушильно-отделочный отдел	Н, П-II	»	VI	То же	20	75	2	Пыленепроницаемое
Регенерация хлористого цинка	Пл, Вл, А	»	VI	»	20	—	2	Для химически активной среды
IX. Цехи производства бумаги потребительских форматов, школьных тетрадей и беловых товаров из бумаги, картона и их отходов								
Производственный цех	Н, П-IIIа	»	IVб	»	50	150	5	Пыленепроницаемое
Цех упаковки готовой продукции	Н, Л-IIIа	»	IVв	»	30	—	0,3	»

Примечание. Условные обозначения для характеристики помещения: Н — сухое; С — сырое; ОС — особо сырое; Пл — пыльное; А — с химически активной средой; Тп — жаркое; В — взрывоопасное; П — пожароопасное; Вл — влажное

Классификация помещений предприятий азототуковой промышленности по свойствам воздушных сред для выбора типов светильников

Наименование помещений	Класс взрывоопасности или пожароопасности помещения	Минимальная освещенность, лк	Взрывоопасные смеси по категориям и группам	Рекомендуемые типы светильников
Генераторный цех				
Зольное отделение	Пыльное с токопроводящей пылью	20	—	ПУ, СХ, ФМ
Отделение пароводяных рубашек газогенераторов	Влажное	20	—	ПУ, СХ, ФМ
Отделение пультов управления газогенераторами	Взрывоопасное класса В-Ia	50	3А	НОБ, НОГ
Отделение грохотов	Взрывоопасное класса В-Iб	30	3А	НОБ, НОГ
Отделение транспортеров	Пожароопасное класса П-II	30	3А	ПУ, СХ, ФМ
Наружная площадка конверторов, котлов, утилизаторов, скрубберов	Взрывоопасная наружная установка класса В-Iг	20	3А	ПУ, СХ, ФМ
Участок конверсии метана	Взрывоопасное класса В-Ia	30	4А	НОБ, НОГ
Воздуходувное отделение	С нормальной воздушной средой	30	—	Ум, ГЭ
Насосное отделение	Сырое	30	—	СХ, ФМ
Бункерное отделение коксовой мелочи	Взрывоопасное класса В-IIa	20	3А	НОБ, НОГ
Отделение галерей транспортеров	Пожароопасное класса П-II	30	3А	ПУ, СХ, ФМ
Дробильное отделение	Взрывоопасное класса В-Iб	30	—	НОБ, НОГ
Отделение ковшовых конвейеров	Пожароопасное класса П-II	30	—	ПУ, СХ, ФМ
Закрытый склад	Пожароопасное класса П-II	5	—	ПУ, СХ, ФМ
Открытый склад	Пожароопасная наружная установка класса П-III	5	—	ПУ, СХ, ФМ
Цех сероочистки				
Отделение регенерации	Взрывоопасное класса В-Ia	30	3А	НОБ, НОГ
Отделение сероразлива	С химически активной средой	30	—	СХ
Насосное отделение	С химически активной средой и взрывоопасное класса В-I	30	2А	НОБ, НОГ
Открытая площадка для откачки коксохимводы	Наружная установка	5	2А	СПО, ПЗ
Отделение адсорбции	Взрывоопасное класса В-Ia повышенной влажности	30	4Г	НОБ, НОГ
Зал конверторов	Взрывоопасное класса В-Iб	30	4А	НОБ, НОГ
Щитовое отделение	Взрывоопасное класса В-Iб сырое	50	4А	НОБ, НОГ
Насосное отделение		30	—	ПУ, СХ, ФМ
Машинный зал (компрессоры)	Взрывоопасное класса В-Iб	50	4А и 4Г	НОБ, НОГ
Подвальное помещение	Взрывоопасное класса В-Iб	30	4Г	НОБ, НОГ
Цех водоочистки				
Мототурбонасосный машинный зал	Взрывоопасное класса В-Iб	50	3А	НОБ, НОГ
Скрубберные участки	Взрывоопасное класса В-Iб	30	3А	НОБ, НОГ
Подвальное помещение скрубберных участков	Взрывоопасное класса В-Iб сырое	30	3А	НОБ, НОГ
Подвальное помещение машинного зала, зал экспансионных машин и триплекс насосов	Взрывоопасное класса В-Iб	30	3А	НОБ, НОГ
Цех синтеза аммиака				
Щитовое отделение	С нормальной воздушной средой	50	—	Ум, ГЭ
Помещение вентиля	Взрывоопасное класса В-Iб	50	1А	НОБ, НОГ

Наименование помещений	Класс взрывоопасности или пожароопасности помещения	Минимальная освещенность, лк	Взрывоопасные смеси по категориям и группам	Рекомендуемые типы светильников
Холодильные установки	Взрывоопасное класса В-Iг	30	IA	ПУ, СХ, Фм НОБ, НОГ НОБ, НОГ
Колонны синтеза аммиака	Взрывоопасное В-Iа	30	IA	
Машинный зал	Взрывоопасное В-Iб	50	IA	
Цех аммиачной селитры				
Отделение упаковки	Пыльное, взрывоопасное В-IIа	30	—	НОБ, НОГ НОБ, НОГ СХ
Грануляционные башни	Взрывоопасное В-Iб	30	IA	
Отделение упаренных щелоков, гидрозатворов, выпарки, доней-трализации, нейтрализации	Сырое с химически активной средой	30	—	
Цех слабой азотной кислоты				
Отделение турбокомпрессии	С нормальной воздушной средой	50	—	Ум, ГЭ
Подвальное помещение	То же	30	—	НОБ, НОГ СХ СХ
Отделение конверсии	Взрывоопасное класса В-Iб	50	IA	
Отделение абсорбции	С химически активной средой	30	—	
Нитроолеумный участок	Пыльное с химически активной средой	20	—	СХ
Холодильники-сборники кислоты	Наружная установка	5	—	СПО, ПЗ

Отделение натриевой селитры				
Отделение натриевой селитры	Сырое с химически активной средой	50	—	СХ
Цех разделения воздуха				
Цех разделения воздуха	С нормальной воздушной средой	50	—	Ум, ГЭ ПУ, СХ, Фм
Склад масел	Пожароопасное класса П-I	20		
Цех углеаммониевой соли				
Все участки цеха	С химически активной средой	30		СХ ПУ, СХ, Фм СХ
Склад	Пыльное	20		
Участки центрифугирования, кристаллизации и выпарки	С химически активной средой	30		
Помещения колонн дистилляции	Взрывоопасное класса В-Iа	30	IA	НОБ, НОГ НОБ, НОГ
Машинный зал	Взрывоопасное класса В-Iб	50	IA	

Классификация производственных помещений по пожаро- и взрывоопасности для выбора электротехнического оборудования и нормы искусственной освещенности рабочих мест на заводах резинотехнических изделий

Наименование помещений	Разряд помещения	Наименьшая освещенность, лк				Характеристика среды	Классификация по пожаро- и взрывоопасности (согласно ПУЭ)	Рекомендуемая система освещения
		при лампах накаливания		при люминесцентных лампах				
		комбинированное освещение	общее освещение	комбинированное освещение	общее освещение			
Складское хозяйство и подготовительное отделение								
Склады каучуков, регенерата*	VI	—	20	—	75	Пожароопасная	П-IIa	Общее равномерное
Склады химикалий*: горючих	VI	—	20	—	—	Пожароопасная, очень пыльная	П-II	То же
Склады химикалий*: негорючих	VI	—	20	—	—	Очень пыльная	—	То же
Склады готовой продукции и материальные	V	—	30	—	100	Нормальная	—	То же
Рампы и места разгрузки материала	VI	—	10**	—	—			
Склады мягчителей	V	—	30	—	—	Пожароопасная, химически активная	В-I	Общее равномерное
Склады растворителей (подземные на территории предприятия)	—	—	2	—	—	Взрывоопасная, химически активная	В-I	То же
Насосные складов растворителей и мягчителей	V	—	50**	—	—	То же	В-I	»
Стационарная распарочная камера	V	—	30	—	—	Пожароопасная, горячая и влажная	П-IIa	»
Участок обработки НК	V	—	50**	—	—	Пожароопасная	П-IIa	»
Участок распарки НК	V	—	30	—	—	»	П-IIa	»
Участок термопластикации каучука в котлах	V	—	50**	—	—	Пожароопасная, очень пыльная	П-IIa	»
Участок термопластикации в камерах непрерывного действия	V	—	30	—	—	То же	П-IIa	»
Участок обработки СКБ (распаковка и погрузка)	V	—	50**	—	—	Пожароопасная, очень пыльная	П-IIa	Общее равномерное
Участок обработки мягчителей	IV	—	50	—	—	Пожароопасная, химически активная	В-I	То же
Участок обработки сыпучих ингредиентов	IV	—	50	—	—	Взрывоопасная, очень пыльная	В-II	»
Участок изготовления резиновой смеси	IV	—	50**	—	—	Пожароопасная, пыльная	П-IIa	»
Участок разогрева резины на вальцах и подача ее на питание каландров	IV	100	50**	—	—	Пожароопасная, влажная	—	Общее локализованное или комбинированное
Участок листования	IV	100	50** (не менее)	—	—	То же	П-IIa	То же
Резка ткани на диагонально-резательной машине								

Наименование помещений	Ряд помещения	Наименьшая освещенность, лк				Характеристика среды	Классификация по пожаро- и взрывоопасности (согласно ПУЭ)	Рекомендуемая система освещения
		при лампах накаливания		при люминесцентных лампах				
		комбинированное освещение	общее освещение	комбинированное освещение	общее освещение			
Обкладка тканей на каландрах	III	200	75**	400	200	—	—	»
Производство транспортерных лент и плоских приводных ремней								
Участок сушки тканей	V	—	30	—	100	Пожароопасная	П-IIa	Локализованное
Участок обкладки транспортерных лент резиновой смесью	III	200	50	400	200	Пожароопасная, пыльная	П-IIa	Комбинированное
Участок дублировки и промазки ткани	III	200	50	400	200	Пожароопасная, пыльная, химически активная	П-IIa	»
Участок вулканизации на прессах	IV	150	50	200	200***	Пожароопасная, влажная, горячая	П-IIa	»
Участок подбора линейек и закатки	III	500	150	1000	300***	Пожароопасная, пыльная	П-IIa	»
Участок резки и промазки плоских ремней	III	200	50	400	200	Пожароопасная, пыльная, химически активная	П-IIa	»
Участок ремонта лент	III	200	50	400	200	Пожароопасная, пыльная	П-IIa	»

Производство клиновых ремней

Участок промазки тканей	IV	150	50	200	200	Пожароопасная, химически активная	П-IIa	»
Участок пропитки и сушки кордшнура	IV	—	30	—	200	Пожароопасная, химически активная	П-IIa	Общее
Участок раскроя тканей	IV	—	50	—	200	Пожароопасная	П-IIa	»
Участок сборки ремней из кордной ткани	III	200	50	400	200	»	П-IIa	Комбинированное или локализованное
Участок сборки ремней из кордшнура	III	200	50	400	200	»	П-IIa	То же
Участок обертки	III	200	50	400	150	»	П-IIa	»
Участок вулканизации в прессах	III	200	50	400	150***	Пожароопасная, влажная, жаркая	П-IIa	Комбинированное
в котлах	V	—	30	—	100***	То же	П-IIa	»
Участок вырубки зубьев	IV	—	50	—	150	»	П-IIa	»

Производство рукавов

Участок каландрования резиновых смесей	IV	150	50**	200	200	Пожароопасная	П-IIa	»
Участок спринцевания камер	III	200	50	400	200	Пожароопасная, пыльная	П-IIa	»
Участок оплетки рукавов	II	500	150	1000	400	Пожароопасная	П-IIa	»
Участок обкладки рукавов наружным резиновым слоем	IV	150	50	200	200	Взрывоопасная	В-16	Комбинированное
Участок осваивания рукавов	IV	—	50	—	200	Пожароопасная	П-IIa	Общее

Наименование помещений	Разряд помещения	Наименьшая освещенность, лк				Характеристика среды	Классификация по пожаро- и взрывоопасности (согласно ПУЭ)	Рекомендуемая система освещения
		при лампах накаливания		при люминесцентных лампах				
		комбинированное освещение	общее освещение	комбинированное освещение	общее освещение			
Участок вулканизации	V	—	30	—	200***	Пожароопасная, высокая температура, химически активная	П-IIa	»
Участок съема рукавов с дорнов	V	—	30	—	200	Пожароопасная	П-IIa	»
Участок обрезки концов рукавов	IV	—	50	—	200	»	П-IIa	»
Участок промывки проволоки	V	—	30	—	200	Взрывоопасная, химически активная	П-IIa	»
Участок испытания рукавов с металлическими оплетками	III	200	50	400	200	Взрывоопасная, химически активная	B-Iб	Комбинированное
Участок хранения пастельных клеев и растворителей	V	—	30	—	200	»	B-Iб	Общее равномерное

Производство формовых и неформовых изделий

Заготовительный участок	IV	100	50**	200	200	Пожароопасная	П-IIa	Общее, локализованное или комбинированное
Каландрование	IV	150	75**	200	200	»	П-IIa	»
Шприцевание	IV	200	50	400	200	»	П-IIa	»
Участок вулканизации в прессах	III	300	75	—	200***	Пожароопасная, высокая температура в помещении, химически активная	П-IIa	»
В котлах	V	—	30	—	200***	То же	П-IIa	»
Участок отделки деталей	III	500	150	1000	300	Очень пыльная	—	»
Латунированная	IV	150	50	200	200	Сырая, химически активная	—	»
Участок клейки изделий	III	300	75	1000	200	Взрывоопасная, химически активная	B-Iб	»
Участок браковки изделий	II	1000	300	2000	200	Пожароопасная	П-IIa	»
Участок проверки форм	II	100	300	2000	200	»	П-IIa	»

Производство клеев и прорезиненных тканей

Участок подогрева резиновых смесей	IV	100	50**	200	200	Взрывоопасная, химически активная	B-I	Общее, локализованное или комбинированное
Участок приготовления клеев	IV	—	50	—	—	Взрывоопасная, химически активная	B-I	Общее локализованное
Участок хранения готовых клеев	V	—	30	—	200	То же	B-I	Общее
Участок перекатки текстиля и суши	IV	—	50	—	—	Пожароопасная	П-IIa	»

Наименование помещений	Разряд помещения	Наименьшая освещенность, лк				Характеристики среды	Классификация по пожаро- и взрывоопасности (согласно ПУЭ)	Рекомендуемая система освещения
		при лампах накаливания		при люминесцентных лампах				
		комбинированное освещение	общее освещение	комбинированное освещение	общее освещение			
Участок прорезинивания тканей	III	200	50	400	200	Взрывоопасная, химически активная	В-I	Общее локализованное или комбинированное
Участок вулканизации прорезиненных тканей	V	—	30	—	200***	Пожароопасная, химически активная	П-IIa	Общее
Производство эбонита								
Участок шприцевания палок, щелочных палочек	IV	150	50 (не менее)	200	200	Пожароопасная	П-IIa	Общее локализованное или комбинированное
Участок дублирования пластин	III	200	50	400	200	»	П-IIa	Комбинированное
Участок вулканизации изделий в автоклавах	V	—	30	—	200***	Пожароопасная, высокая температура	П-IIa	Общее
на прессах	III	200	50	—	200***	Пожароопасная, высокая температура	П-IIa	Комбинированное

Участок механической обработки изделий	III	400	100	750	200	Взрывоопасная, пыльная	В-IIa	»
Участок травления олова	IV	—	50	—	200	Химически активная	—	Общее равномерное
Участок промазки арматуры клеями и клеями эбонитовых трубок и других изделий	III	200	50	400	200	Взрывоопасная	—	Общее локализованное или комбинированное
Участок коагулирования смеси силикагеля	V	—	30	—	200	Химически активная	—	Общее равномерное
Участок размола и просева силикагеля	V	—	30	—	200	Сырая	—	То же
Участок размола и просева силикагеля	IV	—	50*	—	—	»	—	»
Участок изготовления эбонитовой пыли	IV	—	50*	—	—	Взрывоопасная, очень пыльная	В-II	»

- * — для взвешиваний и записей предусматривается дополнительное местное освещение до 50 лк.
 ** — норма освещенности повышена из-за возможности травматизма;
 *** — для общего освещения горячих цехов необходимо применять дуговые ртутные люминесцентные лампы ДРЛ.
 Для местного освещения должны применяться только лампы накаливания.

Классификация производственных помещений по пожароопасности и нормы искусственной освещенности рабочих мест в производствах деревообработки

Наименование помещений	Характер помещения по условиям среды	Разряд работ по СНиП	Система освещения	Наименьшая освещенность, лк	Коэффициент запаса	Рекомендуемые типы светильников
Модельный, столярно-модельный, столярно-сборочный и ремонтно-строительный цехи	П-I	Іб	Общая	75	1,5	Уз
Плотницкий и плотницко-опалубочный цех; околоточное отделение	П-I	IIIб	»	50	1,5	Уз
Клееварка	С химич. акт. средой	IIIб	»	30	1,5	РН
Пилоножеточка	Нормальн.	IIIб	»	30	1,3	У, Лц
На рабочих местах	П-I	IIa	Местная	300	1,3	М
Лесопильный цех	П-I	IVб	Общая	10	1,5	Фм, Уз
а) по всей площади		IIIб	»	50		Уз
б) на пилораме			»			РН, Фм
Подвал лесопильного цеха	П-I	IVб	»	10	1,5	
а) по всей площади		IVa	»	20		
б) на приводах		IIIa	»	50	1,5	ВЗГ
Малярное отделение (с возможностью применения нитрокрасок)	В-I		»			
Малярное отделение (без применения нитрокрасок)	Пыльное	IIIa	»	50	1,5	У
Лесосушило:						
а) загрузка (траверсное помещение)	П-II Влажн.	IVб	»	10	1,3	У, Фм
б) остьвочное	П-II Влажн.	IVб	»	10	1,3	У, Фм
в) коридор управления	Нормальн.	IVa	»	20	1,3	Лц

Нормы освещенности рабочих поверхностей нефтеперерабатывающей промышленности

Вид помещения или рабочего места	Минимальная освещенность, лк		30 ÷ 50
	при люминесцентных лампах	при лампах накаливания	
Помещения, где расположены технологические насосы по перекачке нефтяные продукты, а также комплектующие, воздушные, рессорные, вентиляционные газовой и вентиляционные камеры	Комбинированное освещение (рабочее и местное)	общее освещение (рабочее)	—
	—	—	—
Помещения обслуживающие: приводных агрегатов вакуум-фильтров	—	—	50
	—	—	50
помещения узлов управления задвижками	—	—	30
	—	—	30
помещения различночных (битума, масел, парафина и т. п.)	—	—	30
	—	—	30
помещения для смешивания эмульсионной жидкости с бензином	—	150	50
	—	—	50
Закритые масляные эстакады:	—	—	—
	—	—	—
Верхний настил, галерея, площадки	—	—	10
	—	—	10
горловины цистерн при наливке и сливе	—	—	20
	—	—	20
Лаборатории и др.:	—	—	—
	—	—	—
Производство анализов	—	150	75
	—	150	50
мойка	—	150	50
	—	150	50
прием проб	—	150	50
	—	—	50
склад стекла и реактивов	—	—	—
	—	—	—
Весовая (аналитические весы)	—	—	50
	—	—	50

Вид помещения или рабочего места	Минимальная освещенность, лк			
	при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
	комбинированное освещение (рабочее и местное)	общее (рабочее) освещение	комбинированное освещение (рабочее и местное)	общее (рабочее) освещение
бойлерная	—	—	—	30
кубовая	—	—	—	30
стеклодувная	150	150	150	50
карбюраторная	150	150	150	50
Склады хранения масел и горючих материалов	—	—	—	20
Склады баллонов с горючими газами и жидкостями	200	200	200	75
Помещения щитов управления технологическими процессами, энергоснабжением, водоснабжением операторные, КИП и диспетчера	300	300	300	75
<i>Открытые сливные и наливные эстакады:</i>				
верхний настил, галерея, площадки	—	—	—	10
горловины цистерн при наливе и сливе	—	—	—	20
Площадки обслуживания наружной технологической аппаратуры	—	—	—	10
Нефтеловушки	—	—	—	5
Нефтяные амбары, водяные пруды и отстойники	—	—	—	0,5

Нормы освещенности в коксохимическом производстве (ГОСТ 3825-47)

Наименование работ, рабочих площадок, помещений и установок коксохимического производства	Наименьшая освещенность и коэффициент запаса, лк	Плоскости, к которым относится норма освещенности
Работы, требующие различения деталей размером от 1 до 10 мм	20 10	Столы Пол
То же свыше 10 мм	10	* Поверхность земли То же
Главные проходы и проезды в производственных помещениях, лестницы, площадки обслуживания агрегатов	1	То же
Прочие проходы и проезды на внутри-заводской территории	1	То же
Помещение газоочистки	1	То же
Приемные ямы углеподготовительных цехов	10/1,5*	Пол
Верх двери коксовых печей, пути движения коксовыткатывателей и электровоза	20/1,5*	»
Дробильно-дозировочное и моечное отделения углеподготовительного цеха	20/1,5*	»
Рабочие места и проходы движущихся механизмов коксосортировки	20/1,5*	»
Помещения насосных конденсаций	30/1,3*	»
Помещения газопроводов, холодильников, скрубберов, газгольдеров наружной установки	20/1,3*	»
Пековое отделение смолперегонного цеха	20/1,3*	»
Помещения воздуходувок и эксгаустеров (газодувок)	20/1,5*	»
Конвейерные галереи, питатели для подготовки	20/1,5*	»
Помещение пылеуловительных установок	10/1,5*	»

* В числителе — наименьшая освещенность, в знаменателе — коэффициент запаса.

Удельная мощность равномерного освещения для светильника Лц
 $\rho_n = 70\%$; $\rho_c = 50\%$; $\rho_p = 10\%$

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	Норма освещенности, лк								
		5	10	20	30	50	75	100	150	200
3—4	10—15	3,3	5,6	9,6	13,7	21	31	42	63	85
	15—20	2,8	5	8,4	12	17,7	27	36	55	73
	20—30	2,4	4,3	7,3	10,3	15,3	23,5	31	47	63
	30—50	2	3,5	5,8	8,3	12,8	19	25	38	51
	50—120	1,7	2,8	4,8	6,9	10,2	15,5	20	30	41
	120—300	1,4	2,5	4,1	5,9	8,6	13	17,5	26	36
	300	1,3	2,2	3,7	5,3	7,9	12	15,5	23,5	32
4—6	10—17	3,6	6,2	11,2	17,3	27	41	55	87	116
	17—25	2,9	5,2	9,1	13,9	22,5	34	46	72	97
	25—35	2,6	4,5	7,9	11,6	19,3	29	39	63	83
	35—50	2,2	3,8	6,9	9,7	16,3	24,5	33	52	71
	50—80	1,8	3,2	5,9	8,1	13,3	20,5	27,5	43	60
	80—150	1,5	2,7	4,9	6,7	11,1	16,7	22,5	36	49
	150—400	1,3	2,3	4,1	5,6	9,2	14	19	30	42
	400	1,2	1,9	3,5	4,9	8,2	12,5	17,3	27	37

Удельная мощность равномерного освещения для светильника Ум
 $\rho_n = 50\%$; $\rho_c = 30\%$; $\rho_p = 10\%$

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	Норма освещенности, лк									
		5	10	20	30	50	75	100	150	200	300
2—3	10—15	3,7	6,3	10,5	15,2	24	39	43	57	73	109
	15—25	8,2	5,4	8,8	12,8	20	28	36	49	62	93
	25—50	2,7	4,6	7,8	11,2	16,3	24	31	43	53	78
	50—150	2,3	4	6,7	9,6	14,8	20,5	26,5	37	45	68
	150—300	2,1	3,6	6,2	8,4	13,2	18,5	23,5	33	40	60
	300	1,7	3,2	5,7	7,8	12	17,3	22	30	37	56
3—4	10—15	4,3	6,9	13	18,3	29,5	38	48	72	94	144
	15—20	3,6	6	11	15,8	23,5	34	41	63	82	126
	20—30	3	5,3	9,6	13,8	20,5	29	36	54	72	110
	30—50	2,7	4,5	8,4	11,7	17,7	25	31	45	61	93
	50—120	2,3	3,8	7,1	9,8	15,3	21	25,5	38	51	79
	120—300	1,9	3,2	6	8,3	12,8	17,3	22	33	44	68
	300	1,7	2,8	5,3	7,4	11,3	15,5	19,5	29	39	61
4—6	10—17	5,6	9,4	15	20,5	31	46	62	92	124	184
	17—25	4	7,2	12,5	17,3	25,5	39	51	79	104	160
	25—35	3,2	6	10,7	15,2	22	34	44	69	93	140
	35—50	2,8	5,2	9,5	13,2	19,3	29	39	60	82	125
	50—80	2,4	4,3	8,2	11,3	16,3	25	33	50	69	105
	80—150	2	3,8	6,8	9,5	14	21	28	43	58	90
	150—400	1,7	3,3	5,7	8,1	12	17,5	24	36	50	78
	400	1,5	2,8	5	6,8	10,5	15,5	21	31	43	66

Удельная мощность равномерного освещения для светильника Гэ и Гп
 $\rho_{\text{п}} = 50\%$; $\rho_{\text{с}} = 30\%$; $\rho_{\text{р}} = 10\%$

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	Норма освещенности, лк								
		5	10	20	30	50	75	100	150	200
4—6	10—17	3,9	6,8	11,5	15,5	23,5	36	46	64	86
	17—25	3,1	5,4	9,4	13,3	20,5	30	37	52	71
	25—35	2,6	4,5	8,1	11,4	17,5	24,5	32	45	61
	35—50	2,2	3,9	7,2	9,9	15,3	22	28	39	52
	50—80	1,9	3,3	6,2	8,6	13	19	24	33	43
	80—150	1,7	2,8	5,3	7,3	11	15,7	20	28,5	37
	150—400	1,5	2,5	4,6	6,4	9,6	13,7	17	24,5	32
400	1,3	2,2	4,2	5,7	8,5	12	15	21,5	28,5	
6—8	25—35	3,2	5,8	10	14	21	32	42	59	84
	35—50	2,8	5	8,7	12	18	27	36	53	72
	50—65	2,4	4,3	7,6	10,5	16,3	23	31	46	62
	65—90	2,1	3,8	6,6	9,2	14,5	20,5	27	41	53
	90—135	1,8	3,3	5,7	7,8	12,5	17,5	22,5	35	45
	135—250	1,5	2,7	4,7	6,7	10,4	14,5	19,3	29	39
	250—500	1,2	2,2	4,2	6	9,2	12,7	17	25,5	34
500	1,1	2	3,8	5	8	11,3	15	22,5	30	
8—12	50—70	3,2	5,1	8,5	11,8	20	32	41	64	87
	70—100	2,7	4,3	7,5	10,3	17,3	27,5	35	56	73
	100—130	2,3	3,7	6,7	9,2	15	23	31	48	64
	130—200	1,9	3,2	5,9	8	12,8	19,3	27	40	56
	200—300	1,6	2,8	5,0	6,8	10,8	16,5	22	33	46
	300—600	1,3	2,2	4,2	5,8	9,2	14	18,5	29	40
	600—1500	1,1	2	3,6	5	8,2	12	16,5	25,5	35
1500	1	1,8	3,4	4,8	7,5	11	15,5	24,5	33	

Таблица 13

Удельная мощность равномерного освещения для светильников типа ПУ и Фм (стекла матовые, лампы для ПУ до 200 вт, для Фм — до 100 вт)

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	$\rho_{\text{п}} = 50\%$; $\rho_{\text{с}} = 30\%$; $\rho_{\text{р}} = 10\%$					$\rho_{\text{п}} = 30\%$; $\rho_{\text{с}} = 10\%$; $\rho_{\text{р}} = 10\%$				
		5	10	20	30	50	5	10	20	30	50
1,5—2	10—15	4,2	7,3	12,1	16,7	25	5,5	9,2	15,5	23	35
	15—25	3,6	6,3	10,4	14,3	21,5	4,6	7,8	13	19	29
	25—50	3	5,2	8,8	12	19	3,8	6,5	10,8	15,5	24
	50—150	2,5	4,2	7,3	10	15,7	3,1	5,3	8,8	12,6	18,7
	150—300	2,2	3,8	6,4	8,6	13,8	2,5	4,4	7,6	10,6	16,3
	300	2,1	3,5	6	8,1	12,8	2,2	3,9	7	10	15,7
2—3	10—15	4,8	7,9	14,2	20,5	33	6,6	10,6	19,3	28,5	47
	15—25	4	6,6	12	17	26	5,1	8,5	16	21,5	36
	25—50	3,2	5,3	9,6	13,6	20,5	4	6,6	12,5	16	27,5
	50—150	2,5	4,3	7,6	10,8	16,5	3,1	5,3	9,7	12,7	20,5
	150—300	2,1	3,7	6,3	8,6	13,5	2,5	4,3	7,8	10,2	16,7
	300	1,8	3,2	5,5	7	11,7	2	3,6	6,8	9	14,3
3—4	10—15	6,5	11,5	20,5	31	53	9	16,3	31	48	81
	15—20	5	9,5	16,3	23,9	39	7,2	12,6	24	35	58
	20—30	4	7,6	12,8	19	32	5,9	10,2	18,5	27,5	46
	30—50	3,3	6,2	10,5	15,5	26	4,5	8	14,5	21,5	35
	50—120	2,6	4,8	8,3	12	20	3,3	6,1	10,5	16	26
	120—300	2	3,6	6,5	9,8	15,7	2,5	4,6	8,2	12,2	20
	300	1,7	3	5,5	8	13,2	2	3,7	6,7	10	16

Удельная мощность равномерного освещения для светильников НОБ-150 и НОБ-300 с отражателями
 $\rho_n = 50\%$; $\rho_c = 30\%$; $\rho_p = 10\%$ Таблица

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	Нормы освещенности, лк				
		5	10	20	30	50
1,5—2	10—15	4,2	7,1	12,3	16,5	25,5
	15—25	3,7	6,4	10,9	14,7	22
	25—50	3,2	5,6	9,7	12,9	19,3
	50—150	2,9	4,9	8,4	11,4	17,5
	150—300	2,6	4,5	7,9	10,6	15,8
	300	2,5	4,4	7,6	10	15
2—3	10—15	4,7	8,2	13,8	20,5	31
	15—25	3,8	6,5	11,2	16	24
	25—50	3,2	5,6	9,4	13,5	20,5
	50—150	2,8	4,6	7,8	11,3	17,3
	150—300	2,4	4,1	7	10	15,3
	300	2,2	3,7	6,4	9	14
3—4	10—15	5,7	10	18	26	40
	15—20	4,8	8,3	15,3	21,5	33
	20—30	4	6,8	12,4	17,3	27
	30—50	3,4	5,7	10,5	14,5	22,5
	50—120	2,7	4,7	8,6	12,2	18,3
	120—300	2,2	3,9	7,2	10,2	16
300	2	3,4	6,3	9	14,2	

Удельная мощность равномерного освещения для светильника ШОД (ШЛД) Таблица 15
 $\rho_n = 70\%$; $\rho_c = 50\%$; $\rho_p = 10\%$

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	Нормируемая освещенность, лк													
		Лампа ХБ, ТБ—80 вт							Лампа ХБ, ТБ—30, 40 вт						
		75	100	150	200	300	400	500	75	100	150	200	300	400	500
2—3	10—15	7,6	10,1	15,2	20	30	40	50	6,6	8,8	13,2	17,6	26,5	35	44
	15—25	6,5	8,7	13	17,4	26	35	44	5,7	7,6	11,4	15,2	23	30	38
	25—50	5,6	7,5	11,2	15	22,5	30	37	5	6,6	10	13,2	20	26,5	33
	50—150	5	6,6	10	13,2	20	26,5	33	4,3	5,8	8,6	11,6	17,2	23	29
	150—300	4,3	5,8	8,7	11,6	17,4	23	29	3,8	5,1	7,6	10,2	15,2	20,5	25
	300	4	5,4	8,1	10,8	16,2	21,5	27	3,6	4,7	7,2	9,5	14,4	19	24
3—4	10—15	10,6	14,2	21	28	42	56	70	9,3	12,4	18,6	25	37	50	62
	15—20	9,2	12,2	18,4	24,5	37	49	61	8	10,7	16	21,5	32	43	54
	20—30	7,6	10,1	15,2	20	30	40	50	6,6	8,8	13,2	17,6	26,5	35	44
	30—50	6,4	8,5	12,8	17	25,5	34	47	5,6	7,5	11,2	15	22,5	30	37
	50—120	5,6	7,5	11,2	15	22,5	30	37	4,9	6,5	9,8	13	19,6	26	33
	120—300	4,9	6,5	9,8	13	19,6	26	32	4,2	5,6	8,4	11,2	16,8	22,5	28
300	4,3	5,8	8,7	11,6	17,4	23	29	3,8	5,1	7,6	10,2	15,2	20,5	26	
4—6	10—17	15,8	21	31	42	62	84	104	14	18,6	26	37	56	74	93
	17—25	12,1	16,1	24	32	48	64	80	10,6	14,1	21	28	42	56	70
	25—35	10,2	13,6	20,5	27	41	54	68	8,9	11,9	17,8	24	35	48	59
	35—50	8,5	11,4	17	23	34	46	57	7,4	9,9	14,8	19,8	30	40	50
	50—80	7	9,3	14	18,6	28	37	46	6,1	8,1	12,2	16,2	24,5	32	40
	80—150	5,9	7,9	11,8	15,8	23,5	32	40	5,2	6,9	10,4	13,8	21	27,5	35
150—400	5,2	7	10,5	14	21	28	35	4,6	6,1	9,2	12,2	18,4	24,5	30	
400	4,6	6,2	9,3	12,4	18,6	25	31	4	5,4	8,1	10,8	16,2	21,5	27	

Удельная мощность равномерного освещения для светильника ОДОР

 $\rho_n = 70\%$; $\rho_c = 50\%$; $\rho_p = 10\%$

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	Нормируемая освещенность, лк													
		Лампа ХБ, ТБ—80 вт							Лампа ХБ, ТБ—30, 40 вт						
		75	100	150	200	300	400	500	75	100	150	200	300	400	500
2—3	10—15	8	10,7	16	21,5	32	43	54	6,8	9,1	13,6	16,2	27	36	46
	15—25	6,9	9,2	13,8	18,4	27,5	37	46	5,8	7,8	11,7	15,6	23,5	31	39
	25—50	5,6	7,7	11,6	15,4	23	31	38	5	6,6	10	13,2	20	26,5	33
	50—150	5	6,7	10	13,4	20	27	33	4,2	5,6	8,4	11,2	16,8	22,5	28
	150—300	4,5	6	9	12	18	24	30	3,8	5,1	7,6	10,2	15,2	20,5	26
	300	4,1	5,5	8,2	11	16,4	22	27	3,5	4,7	7	9,4	14	18,8	24
3—4	10—15	10,3	13,8	20,5	27,5	41	55	69	7,8	11,7	15,6	23,5	31	47	59
	15—20	9	12	18	24	36	48	60	7,6	10,2	15,2	20,5	30	41	51
	20—30	8	10,6	16	21	32	42	53	6,7	9	13,5	18	27	18	45
	30—50	6,7	9	13,5	18	27	36	45	5,8	7,7	11,6	16,4	23	31	38
	50—120	5,6	7,5	11,2	15	22,5	30	37	4,7	6,3	9,4	12,6	18,8	25	32
	120—300	4,9	6,5	9,8	13	19,6	26	33	4,1	5,5	8,2	11	18,4	22	27
	300	4,5	6	9	12	18	24	30	3,8	5	7,6	10	15	20	25
4—6	10—17	13,3	17,8	26,5	35	53	71	89	11,4	15,2	23	30	45	61	76
	17—25	11,1	14,8	22	29,5	44	59	74	9,5	12,6	19	25	38	50	63
	25—35	9,7	13	19,4	26	39	52	65	8,5	11,3	17	22,5	34	45	57
	35—50	8,4	11,2	16,8	22,5	34	45	56	7,2	9,6	14,4	19,2	29	36	48
	50—80	7,5	10	15	20	30	40	50	6,4	8,5	12,8	17	25,5	34	42
	80—150	6,3	8,4	12,6	16,8	25	34	42	5,3	7,2	10,6	14,2	21	28,5	36
	150—400	5,2	7	10,5	14	21	28	35	4,4	5,9	8,8	11,8	17,6	23,5	30
	400	4,6	6,2	9,3	12,4	18,6	25	37	4	5,3	8	10,6	16	21	27

Таблица 17

Удельная мощность равномерного освещения для светильника ПВЛ—1

 $\rho_n = 70\%$; $\rho_c = 50\%$; $\rho_p = 10\%$

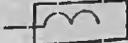
Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь, м ²	Нормируемая освещенность, лк													
		Лампа ХБ, ТБ—80 вт							Лампа ХБ, ТБ—30, 40 вт						
		75	100	150	200	300	400	500	75	100	150	200	300	400	500
2—3	10—15	9,7	13	19,4	26	39	52	65	7,8	10,4	15,6	21	31	46	52
	15—25	8,3	11,1	16,6	22	33	44	55	7,3	9,7	14,6	19,4	29	39	49
	25—50	7	9,4	14	18,8	28	38	47	6,2	8,2	12,4	16,5	25	33	41
	50—150	5,8	7,7	11,6	15,5	23	31	39	5,1	6,8	10,2	13,6	20,5	27	34
	150—300	5,1	6,8	10,2	13,7	20,5	27,5	34	4,5	6	9	12	18	24	30
	300	4,7	6,3	9,4	12,6	18,8	25	31	4,1	5,5	8,2	11	16,4	22	27
3—4	10—15	13,2	17,7	26,5	35	53	70	88	11,7	15,6	23,5	31	47	62	78
	15—20	11	14,7	22	29,5	44	59	74	9,7	12,9	19,4	26	39	52	65
	20—30	9,7	12,9	19,4	26	39	52	65	8,5	11,3	17	22,5	34	45	56
	30—50	8,3	11,1	16,6	22	33	44	55	7,3	9,7	14,6	19,4	29	39	49
	50—120	7	9,3	14	18,6	28	37	46	6,1	8,1	12,2	16,3	25	32	40
	120—300	5,6	7,5	11,2	15	22	30	37	4,9	6,5	9,8	13	19,6	26	33
	300	5,1	6,8	10,2	13,7	20,5	27,5	34	4,5	6	9	12	18	24	30
4—6	10—17	16,5	22	33	44	66	88	110	14,5	19,3	29	39	58	78	97
	17—25	13,5	18	27	36	54	72	90	11,8	15,8	23,5	32	47	63	79
	25—35	12	16	24	32	48	64	80	10,4	13,9	21	28	42	56	70
	35—50	10,2	13,7	20,5	27,5	41	55	69	9	12	18	24	36	48	60
	50—80	8,7	11,6	17,4	23	35	46	58	7,6	10,2	15,3	20,5	30	41	51
	80—150	7,4	9,9	14,8	19,8	29,5	40	50	6,5	8,7	13	17,4	26	35	44
	150—400	6,2	8,2	12,4	16,5	25	33	41	5,4	7,2	10,8	14,4	21,5	29	36
	400	5,3	7,1	10,6	14,2	21	28,5	35	4,6	6,2	9,3	12,4	18,6	25	31

Таблица 18

Условные обозначения светильников
Согласно ГОСТ 7621-55

Наименование	Обозначение
Светильник Глубокоизлучатель эмалированный (Гэ)	
Лампа ртутная высокого давления (ДРЛ)	
Светильник Универсаль без затенителя (У)	
Светильник Универсаль с полуматовым затенителем (Уз)	
Светильник Универсаль в пылезащищенном исполнении (Уп)	
Светильник Люцетта цельного молочного стекла (Лц)	
Светильник Шар молочного стекла (Ш)	
Светильник кольцевой (ПМ, КСО, СК, С-177, С-178)	
Светильник потолочный Плафон (П): а — число ламп, б — мощность ламп, <i>вт</i>	а б
Светильник Плафон потолочный, встраиваемый в потолок (П)	
Светильник фарфоровый полугерметический с полуматовым колпаком (Фм)	
Светильник полугерметический (ПГ)	
Светильник промышленный уплотненный (ПУ) без отражателя с матовым стеклом	
То же с отражателем, с прозрачным стеклом (ПУ ₀)	
Светильник пылеводонепроницаемый (СПБ)	

Наименование	Символ
Светильник рудничный нормальный с матовым стеклом (РН)	
Светильник повышенной надежности против взрыва (НОВ) без отражателя	
То же с отражателем, (НОВ ₀)	
Светильник взрывонепроницаемый без отражателя (ВЗБ), (В4А)	
Светильник Люстра (Л): а — число ламп, б — мощность лампы, вт	
Светильник местного освещения	
Светильник уплотненный без отражателя (Сх)	
Патрон стенной наклонный (Пс)	
Светильник подвесной с люминесцентными лампами: а — число ламп, б — мощность лампы, вт	
Розетка штепсельная двухполюсная: а — нормальная, б — герметическая	
Мачта прожекторная (М), вышка (В) на крыше здания № по плану: а — общая установленная мощность, кВт, б — высота установки прожектора, м, в — высота вышки, м	
Линия рабочего освещения	
Линия сети аварийного освещения	
Нормируемая минимальная освещенность, лк	
а — мощность ламп, устанавливаемых в светильнике, вт, б — высота подвеса светильника над полом, м	

Наименование	Обозначение
Щиток групповой рабочего освещения	
Щиток групповой аварийного освещения	
Электродвигатель асинхронный	
Электродвигатель постоянного тока	
Несколько электродвигателей, составляющих много-двигательный привод	
Силовой трансформатор	
Вентиль (выпрямитель ртутный)	
Вентиль (выпрямитель полупроводниковый)	
Шкаф со статическими конденсаторами	
Подстанция трансформаторная	
Печь электрическая сопротивления	
Печь электрическая дуговая	
Печь электрическая индукционная	

Литература

1. Аббасов М. А., Буяновский Л. А., Рутштейн С. М. Электроснабжение и электрооборудование нефтегазоперерабатывающих заводов. Баку, 1959.
2. Анхимюк В. Л., Ильин О. П. Автоматизированный электропривод производственных и общепромышленных механизмов. Минск, 1964.
3. Айзенберг Ю. Б. Что нужно знать о люминесцентных лампах. М.—Л., 1964.
4. Архипов А. С., Козик И. В. Освещение общепромышленных предприятий. М., 1966.
5. Бенерман В. И., Ловицкий Н. Н. Проектирование силового электрооборудования промышленных предприятий. Л., 1966.
6. Бергер А. Я. Вопросы экономики при проектировании электрических машин. М., 1967.
7. Богданов А. И. Механическое оборудование цементных заводов. М., 1961.
8. Бокшицкий В. В. Пластические массы и их пожарная опасность. М., 1958.
9. Буланов И. А. Оборудование керамических и огнеупорных заводов. М., 1965.
10. Буланов И. А., Силенок С. Г. Машины для производства строительных материалов. М., 1950.
11. Булгаков К. В. Электроснабжение промышленных предприятий. М.—Л., 1966.
12. Вейнберг К. Л. и др. Оборудование стекольных заводов. М., 1961.
13. Взрывоопасное электрооборудование. Под общ. ред. Ю. А. Дикого. М.—Л., 1967.
14. Волобринский С. Д., Каялов Г. М., Клейн П. М., Мешель Б. С. Электрические нагрузки промышленных предприятий. М.—Л., 1964.
15. Волоцкой Н. В. Люминесцентные лампы и схемы их включения в сеть. М.—Л., 1967.
16. Волоцкой Н. В. Светотехника. М.—Л., 1961.
17. Вольман С. Н. Электроснабжение целлюлозно-бумажных предприятий. М., 1964.
18. Временные правила техники безопасности и промышленной санитарии взрыво- и огнеопасных химических производств. М., 1964.
19. Временные руководящие указания по определению электрических нагрузок промышленных предприятий. М.—Л., 1962.
20. Выбор электрооборудования для химических производств проектируемых ГИАП. М., 1967.

21. Галимзянов Ф. Г. Вентиляторы. Атлас конструкций. М., 1968.
22. Гахов А. Г., Шумилин Г. Д. Монтаж и эксплуатация сельскохозяйственных электроосветительных установок. Минск, 1964.
23. Гейлер Л. Б. Электропривод в тяжелом машиностроении. М., 1957.
24. Голован Я. Ф. Электросиловое оборудование деревообрабатывающих предприятий. М.—Л., 1960.
25. Государственный стандарт (Лампы осветительные и светотехническая аппаратура). М., 1965.
26. Дадномов М. С. Прожекторное освещение. М.—Л., 1960.
27. Демчев В. И., Царьков В. М. Прожекторное освещение. М.—Л., 1962.
28. Дремяницкий Н. С., Карпов В. В. Справочник проектировщика-электрика жилых и гражданских зданий. М.—Л., 1965.
29. Жудро С. Г. Основы проектирования целлюлозно-бумажных предприятий. М., 1965.
30. Журавлев М. И. Оборудование заводов вяжущих материалов. М., 1967.
31. Жуманов И. М. Шахтные вентиляторы. М.—Л., 1951.
32. Иноземцев А. И. О проектировании электросилового электрооборудования и освещения нефтеперерабатывающих заводов.
33. Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок Тяжпромэлектропроекта. М., 1966.
34. Инструкция по монтажу электрооборудования взрывоопасных установок. М.—Л., 1966.
35. Каган С. С., Сегал А. Я. Техника безопасности в производстве органических красителей. М., 1967.
36. Карвовский Г. А. Влияние среды на электрооборудование. М.—Л., 1964.
37. Карвовский Г. А., Окороков С. П. Справочник по асинхронным двигателям и пускорегулирующей аппаратуре. М.—Л., 1962.
38. Карякин И. А. Световые приборы прожекторного и проектного типов. М., 1966.
39. Ключев С. А. Как рассчитать электрическое освещение производственного помещения. М.—Л., 1964.
40. Ключев В. И. Выбор электродвигателей для производственных механизмов. М.—Л., 1964.
41. Кнорринг Г. М. Проектирование осветительных установок. М.—Л., 1958.
42. Кнорринг Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения. Л., 1968.
43. Козулин Н. А., Соколов В. Н., Шапиро А. Я. Примеры и задачи по курсу оборудования заводов химической промышленности. М.—Л., 1966.
44. Колпаков Г. М. Электрооборудование коксохимических заводов. Киев, 1965.
45. Конденсаторы. Каталог. М., 1968.
46. Кошелев Ф. Ф., Климов Н. С. Общая технология резины. М., 1958.

47. Кузнецов Б. В., Бекман С. М. Повышение коэффициента мощности электроустановок на промышленных предприятиях. Минск, 1964.
48. Куликовский П. К., Шустов А. Д. Электроприводы машин целлюлозно-бумажной промышленности. М., 1962.
49. Лампы электрические осветительные и светотехническая аппаратура. М., 1965.
50. Лившиц В. С. К определению эффективного числа электроприемников при расчетах электрических нагрузок. Минск, 1965.
51. Лурье М. Г., Райцельский Л. А., Ципперман Л. А. Осветительные установки. М., 1968.
52. Малкин Д. Я. Применение газоразрядных источников света. М., 1967.
53. Мехедко Ф. В. Новые серии электрических машин. Материалы по обмену передовым производственно-техническим опытом в промышленной энергетике БССР. Минск, 1962.
54. Мукосеев Ю. Л. Вопросы электроснабжения промышленных предприятий. М.—Л., 1963.
55. Мясковский И. Г. Электрооборудование заводов строительных материалов. М., 1964.
56. Пашенко П. И. Предприятия с агрессивными средами. Л., 1967.
57. Правила и нормы искусственного освещения для предприятий азототуковой промышленности. Харьков, 1962.
58. Правила и нормы техники безопасности и промышленной санитарии для строительства и эксплуатации заводов резиновых технических изделий. М., 1964.
59. Правила и нормы техники безопасности и промышленной санитарии для проектирования, строительства и эксплуатации производства целлюлозно-бумажной промышленности. М., 1963.
60. Правила и нормы техники безопасности в промышленной санитарии для проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации цехов по производству термоминдикаторов. М., 1964.
61. Правила и нормы техники безопасности и промышленной санитарии для строительства и эксплуатации производств азокрасителей. М., 1961.
62. Правила устройства электротехнических установок. М., 1965.
63. Преобразователи. Каталог. М., 1968.
64. Проектирование, монтаж и эксплуатация электроустановок химических предприятий. Материалы конференции. М., 1966.
65. Проектирование цементных и асбоцементных заводов. Под ред. А. Ф. Семендяева. М.—Л., 1966.
66. Ракович И. И. Электрооборудование взрывоопасных производств. М.—Л., 1968.
67. Рибас Ю. М., Аккерман Ф. М., Пятецкий Г. М., Кнопович А. Г. Взрывозащищенное электрооборудование для нефтяной и химической промышленности. М., 1964.
68. Руководящие указания по повышению коэффициента мощности в установках потребителей электрической энергии. М.—Л., 1961.
69. Рябинин Д. Д., Лукач Ю. Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей. М., 1965.
70. Сандлер А. С. Электрооборудование производственных механизмов. М.—Л., 1968.

71. Сапожников М. Я. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. М., 1962.
72. Сборник справочных материалов для курсового и дипломного проектирования. Под ред. Б. И. Неклепаева. М.—Л., 1966.
73. Светильники для производственных помещений с тяжелыми условиями среды. М., 1965.
74. Светотехнические изделия. Источники света. Каталог. М., 1968.
75. Скачков А. С., Левин С. Ю. Оборудование предприятий резиновой промышленности. М., 1968.
76. Соколов М. М., Липатов Д. Н. Электропривод и электроснабжение промышленных предприятий. М.—Л., 1965.
77. Справочные данные по электрооборудованию, том I. М.—Л., 1964.
78. Солтамов Б.-С. Д. Электрооборудование предприятий целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности. М., 1966.
79. Справочник по электроустановкам промышленных предприятий. Под общ. ред. Н. С. Новоезова и А. И. Храмушина. М., 1967.
80. Справочник энергетика промышленных предприятий, т. I. Под ред. А. А. Федорова, Я. М. Большама и Г. В. Сербиновского. М., 1961—1963.
81. Справочник электрика промышленных предприятий. Составил проф. Л. Б. Гейлер. Минск, 1962.
82. Соколов М. М. Электрооборудование общепромышленных механизмов. М.—Л., 1959.
83. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей. М.—Л., 1963.
84. Трансформаторы. Комплектные трансформаторные подстанции и реакторы. Каталог. М., 1968.
85. Федоров А. А. Электроснабжение промышленных предприятий. М.—Л., 1961.
86. Химические источники тока. Каталог. М., 1967.
87. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода. М.—Л., 1965.
88. Шепелев И. Г. Оборудование коксохимических заводов. М., 1966.
89. Эксплуатация и ремонт взрывозащищенного электрооборудования для нефтяной, газовой и химической промышленности. Под общ. ред. В. А. Хоружего. М., 1967.
90. Электрические машины переменного тока мощностью свыше 0,6 квт. Каталог. М., 1963.
91. Электрические машины постоянного тока свыше 0,6 квт. Каталог. М., 1968.
92. Электрическое освещение производственных и гражданских зданий. Под общ. ред. Г. М. Кнорринга. М.—Л., 1964.
93. Электросварочное оборудование. Каталог. М., 1968.
94. Электроснабжение промышленных предприятий. Под общ. ред. Н. А. Казака и Б. А. Князевского. М.—Л., 1966.
95. Электротермическое оборудование. Каталог. М., 1968.
96. Электрический справочник в трех томах. Под ред. М. Г. Чиликина и др., т. I, II и III, 1962—1964.

Оглавление

Предисловие	3
Глава 1. Особенности химических предприятий и их электрооборудования	5
§ 1.1. Общая часть	5
§ 1.2. Классификация помещений	8
§ 1.3. Исполнение электрооборудования по способу защиты от воздействия среды	11
§ 1.4. Краткие сведения по сериям электрических машин отечественного производства	18
1.4.1. Асинхронные машины	18
1.4.2. Машины постоянного тока	25
1.4.3. Синхронные машины	28
§ 1.5. Экономика электропривода	30
Глава 2. Выбор двигателей к общепромышленным и специальным механизмам	35
§ 2.1. Исходные данные к расчету и выбору электропривода	35
§ 2.2. Выбор двигателей к общепромышленным механизмам	37
2.2.1. Вентиляторы	37
2.2.2. Насосы	39
2.2.3. Компрессоры	43
2.2.4. Механизмы непрерывного транспорта	43
§ 2.3. Специальное общепромышленное электрооборудование	46
2.3.1. Сварочное оборудование	46
2.3.2. Электротепловые установки	48
2.3.3. Преобразующие агрегаты	50
2.3.4. Полупроводниковые выпрямители	52
§ 2.4. Электрооборудование целлюлозно-бумажных и лесохимических производств	52
2.4.1. Особенности целлюлозно-бумажных и лесохимических производств	52
2.4.2. Расчет мощности электроприводов	59
§ 2.5. Электрооборудование основных цехов резинотехнических производств	62
2.5.1. Подготовительное производство	62
2.5.2. Отделения производства резинотехнических изделий (РТИ)	63
	273

2.5.3.	Расчет мощности электроприводов	
§ 2.6.	Особенности электрооборудования нефтеперерабатывающих и газовых производств	64
§ 2.7.	Особенности электрооборудования основных цехов коксохимических производств	69
2.7.1.	Коксовый цех	71
2.7.2.	Химические цехи	71
2.7.3.	Цех ректификации	74
2.7.4.	Расчет мощности электроприводов	75
§ 2.8.	Электрооборудование производств пластмассовых изделий	76
2.8.1.	Особенности производств пластмассовых изделий	80
2.8.2.	Расчет мощности электроприводов	80
§ 2.9.	Электрооборудование производств по химической технологии стекла, керамики и вяжущих материалов	81
2.9.1.	Особенности электрооборудования при производстве стекла, керамики и вяжущих материалов	82
2.9.2.	Расчет мощности электроприводов	84
§ 2.10.	Особенности электрооборудования предприятий по производству неорганических веществ и химических удобрений	89
§ 2.11.	Технологические установки электротермических производств	93
§ 2.12.	Электрооборудование лакокрасочных производств	98
2.12.1.	Краткая характеристика лакокрасочных производств	98
2.12.2.	Расчет мощности электроприводов	99
Глава 3. Электрическое освещение химических производств		105
§ 3.1.	Основные требования к освещению производственных помещений	105
§ 3.2.	Основные световые понятия и единицы	107
§ 3.3.	Источники света и их технические данные	111
3.3.1.	Лампы накаливания	111
3.3.2.	Люминесцентные лампы низкого давления	119
3.3.3.	Ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью типа ДРЛ	127
§ 3.4.	Осветительные приборы ближнего действия	128
3.4.1.	Характеристика и классификация светильников	128
3.4.2.	Светильники с лампами накаливания для производственных помещений	135
3.4.3.	Светильники с люминесцентными лампами	148
§ 3.5.	Прожекторы	152
3.5.1.	Устройство прожекторов	153
3.5.2.	Источники света, применяемые в прожекторах	155
3.5.3.	Прожекторные мачты	156
§ 3.6.	Освещение производственных зданий	159
3.6.1.	Виды и системы освещения	159
3.6.2.	Выбор величины освещенности	160
3.6.3.	Способы размещения светильников	167
§ 3.7.	Особенности освещения взрывоопасных помещений	169

Глава 4. Методы расчета электроэнергии, потребной на нужды производства. Определение количества трансформаторных подстанций	174
§ 4.1. Методы расчета силовой нагрузки	174
4.1.1. Определения и терминология	174
4.1.2. Метод коэффициента спроса	177
4.1.3. Метод коэффициентов использования	190
4.1.4. Метод упорядоченных графиков нагрузки	193
4.1.5. Определение электрических нагрузок методом удельных расходов электрической энергии на еди- ницу продукции	194
§ 4.2. Методы расчета электрического освещения	195
4.2.1. Метод прямых нормативов	195
4.2.2. Метод удельной мощности	195
4.2.3. Точечный метод расчета	197
4.2.4. Метод коэффициента использования	202
4.2.5. Расчет прожекторного освещения	206
§ 4.3. Расчет мощности батарей косинусных конденса- торов	208
§ 4.4. Расчет мощности и числа силовых трансфор- маторов	215
Приложения	224
Литература	269

Шумилин Геннадий Дмитриевич,
Краевская Наталья Павловна

Электрооборудование химических производств

Редактор Глинкин П. П.
Худож. редактор Валентович В. Н.
Техн. редактор Романчук Г. М.
Корректоры Гресик Е. Г., Рутков-
ская Л. В.

АТ 23809. Сдано в набор 8/IV 1970 г. Подп. в пе-
чать 12/VIII 1970 г. Бумага 84×108¹/₃₂, типогр. № 3.
Печ. л. 8,625 (14,49). Уч.-изд. л. 17,7 (авт. 14,84);
Тираж 2000 экз. Изд. № 63—22. Зак. тип. 554.
Цена 77 коп.

Издательство «Высшая школа» Государствен-
ного комитета Совета Министров БССР по печат-
ти. Редакция технической литературы. г. Минск,
ул. Кирова, 24.

Типография «Красный печатник» Государственного
комитета Совета Министров БССР по печат-
ти. г. Минск, пер. Калинина, 12.