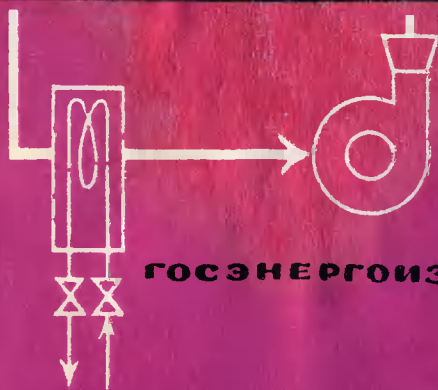


**Библиотека  
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**

*И.И. Лигерман*

# **ВЕНТИЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

**ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**



**ГОСЭНЕРГОИЗДАТ**

601.311

1-55

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 96

И. И. ЛИГЕРМАН

ВЕНТИЛЯЦИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН  
ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ

12252



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В.,  
Каминский Е. А., Мандрыкин С. А., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

---

ЭЭ-3-3

УДК 621.313.697.92.

*В брошюре рассмотрены способы расчетов и примеры конструктивного выполнения различных систем вентиляции крупных электрических машин, двигателей механизмов и машинных помещений. Также даны схемы управления приводами вентиляционных установок и основные сведения по выбору вентиляционного и связанного с ним электрического оборудования.*

*Брошюра предназначена для квалифицированных производителей работ, занимающихся монтажом и эксплуатацией электрооборудования промышленных предприятий.*

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
1. Вентиляция крупных машин . . . . .	5
2. Вентиляция двигателей производственных механизмов . . . . .	16
3. Вентиляция машинных помещений . . . . .	20
4. Тепловые потери электрического оборудования . . . . .	26
5. Выбор и компоновка оборудования . . . . .	34
6. Управление приводами вентиляционных установок . . . . .	62

*Лигерман Иосиф Израйлевич. Вентиляция электрических машин промышленных предприятий. М.-Л., Госэнергоиздат, 1963, 72 с. с черт. (Б-ка электро-монтера. Вып. 96)*

\* \* \*

Редактор С. А. Мандрыкин

Техн. редактор Г. Е. Ларионов

Сдано в пр-во 8/III 1963 г.

Подписано к печати 13/VI 1963 г.

Формат бумаги 84×108<sup>1/32</sup> 3,69 п. л.

3,8 уч.-изд. л.

T-07365 Тираж 8 900 экз.

Цена 13 коп.

Зак. 110

---

Типография № 1 Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

---

---

## ВВЕДЕНИЕ

В брошюре рассмотрены способы предварительных расчетов и примеры конструктивного выполнения различных систем вентиляции крупных электрических машин и агрегатов, двигателей производственных механизмов и электромашинных помещений.

Также даны схемы управления приводами вентиляционных установок и основные сведения для выбора вентиляционного и связанного с ним электрического оборудования.

Вентиляция электрических машин обеспечивает отвод тепловых потерь, выделяемых машинами, и гарантирует их номинальную мощность. От того, насколько правильно выполнена вентиляция, зависят хорошее охлаждение, чистота и сохранность электрических машин, а также температура в машинных помещениях.

Безукоризненно выбранная и смонтированная электрическая машина может не дать всех заложенных в ней преимуществ, если вентиляционные установки работают неудовлетворительно.

Ошибки при проектировании и монтаже вентиляционных систем, а также отсутствие их наладки и надлежащей эксплуатации ухудшают качество электроустановок и могут быть устранены только ценой больших затрат.

Например, недостаточное количество охлаждающего воздуха, подаваемого в машину, приводит к ее перегреву и резкому снижению мощности машины.

Повышение температуры входящего в машину воздуха сверх допустимых пределов увеличивает нагрев обмоток машины и, следовательно, способствует преждевременному износу изоляции. Она высыхает, теряет эластичность, приобретает хрупкость и становится механически непрочной, уменьшая при этом срок службы машины.

Низкая влажность воздуха, циркулирующего в машине, вредит процессу коммутации машины, сокращает долговечность ее щеток и ухудшает состояние изоляции машины.

Загрязненный воздух окружающей среды не позволяет содержать машину в чистоте, требует частой чистки ее (продувки) и ухудшает теплоотдачу обмоток машины, что снижает эффективность вентиляции.

Можно привести еще ряд примеров, подтверждающих, что создание благоприятных условий для эксплуатации электрических машин и работы обслуживающего персонала зависит от целесообразно выбранной системы вентиляции.

Современный уровень общеобразовательной и специальной подготовки персонала, обслуживающего электрические установки, достаточно высок, и поэтому элементарные знания в области вентиляции электрических машин позволят широкому кругу мастеров и электромонтеров — монтажников и эксплуатационников более квалифицированно наблюдать за работой вентиляционных систем, а также принимать в отдельных случаях самостоятельные решения по вопросам улучшения и реконструкции вентиляционных установок электрических машин.

Эти знания помогут также в процессе монтажа электрического оборудования осуществлять контроль над сооружением и наладкой вентиляционных систем.

На многих промышленных предприятиях вентиляционные установки электрических машин работают недостаточно эффективно. Сведения, приведенные в этой брошюре, в ряде случаев могут помочь эксплуатационникам-электрикам разобраться в причинах плохой работы вентиляционных установок и наметить пути для их устранения.

Брошюра написана на основе многолетнего опыта института «Тяжпромэлектропроект» и лично автора по проектированию вентиляционных установок для электрических машин промышленных предприятий.

Рекомендации приведены в объеме, необходимом электрикам для выдачи заданий специализированным организациям на разработку технологического проекта вентиляции электрических машин.

## 1. ВЕНТИЛЯЦИЯ КРУПНЫХ МАШИН

В электрической машине преобразование энергии связано с потерями, которые выделяются в виде тепла. Коэффициент полезного действия (к. п. д.) машин обычно равен 90—95%, следовательно, потери в них составляют соответственно 10—5% установленной мощности. Электрические машины промышленных предприятий характеризуются большой установленной мощностью и, следовательно, значительными тепловыделениями.

Нормально электрические машины рассчитаны на работу при окружающей температуре воздуха не выше  $+35^{\circ}\text{C}$ . При этом перегрев воздуха внутри машины допускается около  $15\text{--}18^{\circ}\text{C}$ . Эти условия заставляют искусственно удалять тепло от машин. Для этого устраивают вентиляцию электрических машин. Вентилируя машину, можно сохранить отдаваемую ею мощность на уровне номинальной. Без вентиляции мощность машины резко снижается.

**Исполнение кожухов машин.** Выбор системы вентиляции во многом зависит от конструктивного исполнения машин. Каждая машина имеет кожух, при помощи которого создается организованное направление воздушных потоков в машине с целью их наилучшего

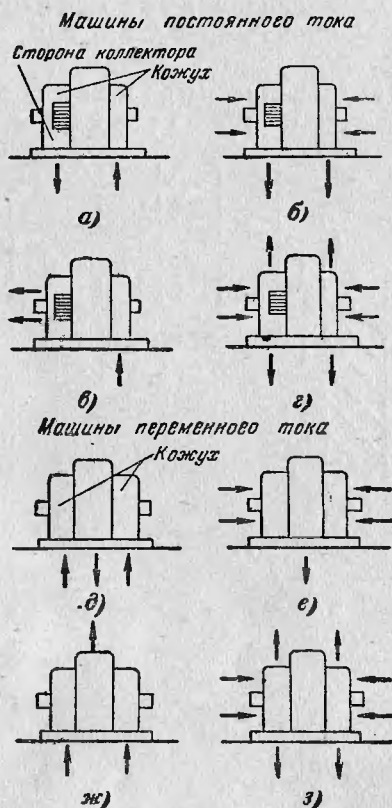


Рис. 1. Исполнение кожухов машин по вентиляции.

*а, д*—замкнутый цикл; *б, е*—полузамкнутый цикл с выбросом воздуха в подвал; *в, ж*—проточный цикл с выбросом воздуха в цех; *г, з*—самовентиляция. Стрелками указаны направление и места входа и выхода воздуха в машину и из машины. Направления потоков воздуха внутри машин не показаны.

использования. Исполнение кожуха (рис. 1) зависит от рода тока машины и от предполагаемой системы вентиляции.

В машину постоянного тока холодный воздух обычно подается со стороны, противоположной коллектору, а нагретый выбрасывается со стороны коллектора. В машину переменного тока воздух подается с двух сторон по оси вала и выбрасывается через среднюю часть кожуха.

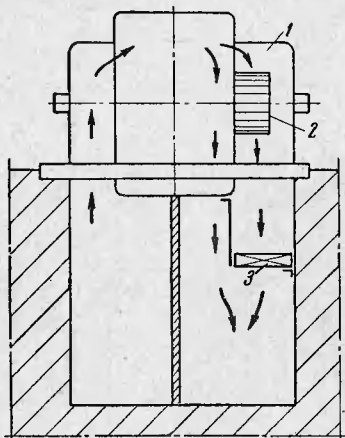


Рис. 2. Установка фильтра для щеточной пыли.

1 — машина; 2 — коллектор; 3 — фильтр (кассетный).

В машинах постоянного тока при выбросе воздуха со стороны коллектора исключается попадание щеточной пыли с коллектора в машину, что особенно важно при значительном количестве щеток и их повышенном износе. Поэтому машины, устанавливаемые в машинных помещениях, желательно выполнять с открытым коллектором при условии, что конструкция его предотвращает засос щеточной пыли с коллектора внутрь машины. Для этого некоторые заводы-изготовители разрабатывают

кожухи машин с лабиринтными перегородками в околоколлекторном пространстве, препятствующими проникновению пыли в машину. При этом коллектор находится вне замкнутого цикла вентиляции, что облегчает доступ к нему, а также наблюдение за щетками и их смену.

В замкнутых системах вентиляции, где подсос воздуха извне может нарушить вентиляцию, зазор между коллектором и кожухом машины в месте вращения должен быть минимальным. Машины, устанавливаемые открыто в цехе, выполняют с закрытым коллектором, потому что воздушная среда цеха содержит много пыли.

Заманчивым является создание машины с кожухом, позволяющим разделить поток воздуха внутри машины так, чтобы фильтр можно было установить только на часть воздуха, обдувающего коллектор (рис. 2). Фильтр

получается небольших размеров и очищает воздух, наиболее загрязненный щеточной пылью.

Более прогрессивными являются машины с водяными воздухоохладителями, фильтрами для щеточной пыли и вентиляторами для замкнутой системы вентиляции, встроенными в основание машины. Такая конструкция не требует сооружения сложного фундамента под машину. Она может быть установлена в машинном помещении, не имеющем подвала.

## СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

По способу охлаждения электрические машины выполняют с естественной, самостоятельной, обдуваемой и принудительной (независимой) вентиляцией. Естественная вентиляция без специальных приспособлений применяется для машин малой мощности. При этом тепло от машин отводится циркулирующим вокруг воздухом. Машины с самостоятельной вентиляцией (самовентиляцией) охлаждаются при помощи встроенного вентилятора, укрепленного на валу машины. Он засасывает воздух из окружающей среды и прогоняет его через машину. Машины с обдуваемой вентиляцией охлаждаются воздухом, подаваемым внешним вентилятором, обычно насаженным на вал машины. При принудительной вентиляции сооружается независимая вентиляционная установка с вентилятором, имеющим собственный привод.

Здесь в основном рассмотрены способы принудительной вентиляции электрических машин. Для средних и крупных электрических машин применяют: замкнутую (автономную), полузамкнутую (с включением машинного помещения) и проточную (продуваемую, разомкнутую) системы вентиляции.

**Замкнутая система вентиляции.** Для обеспечения большей чистоты и лучшего охлаждения машин, а также для поддержания допустимой температуры в машинном помещении применяют замкнутые системы вентиляции (рис. 3,а и 4,а).

Замкнутую систему вентиляции устраивают для машин большой мощности (свыше 1000 кВт) при наличии относительно чистой воды с температурой не выше 30°С и при большой загрязненности наружного воздуха (более 2 мг/м<sup>3</sup>).

При большом количестве машин в небольшом машинном помещении, когда ожидаются значительные тепловыделения, замкнутую систему вентиляции устраивают и для машин меньшей мощности (300—500 квт). В нор-

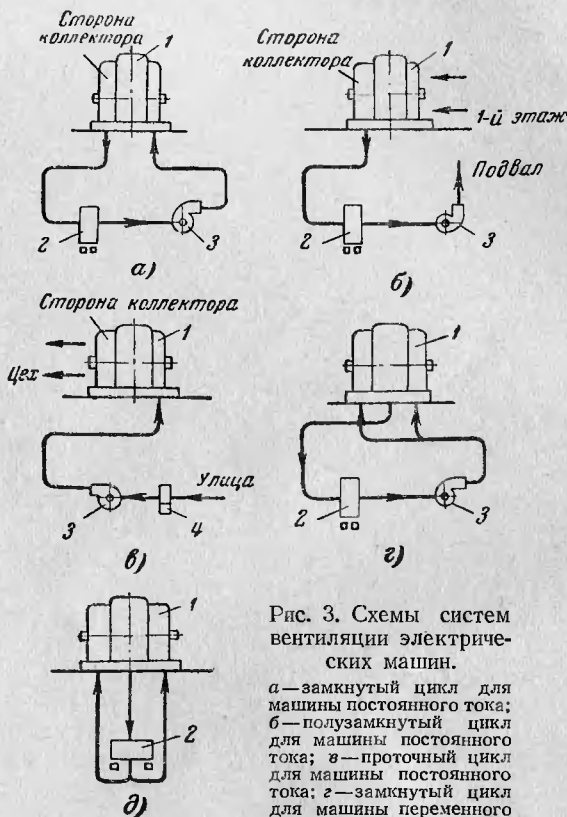


Рис. 3. Схемы систем вентиляции электрических машин.

а—замкнутый цикл для машины постоянного тока; б—полузамкнутый цикл для машины постоянного тока; в—проточный цикл для машины постоянного тока; г—замкнутый цикл для машины переменного тока; д—замкнутый цикл при самовентиляции для машины переменного тока. 1—машина; 2—воздухоохладитель; 3—вентилятор; 4—фильтр.

мальном режиме эта система работает по циклу машина — воздухоохладитель — вентилятор — машина, т. е. воздух, нагреваясь в машине, охлаждается в воздухоохладителе и затем прогоняется вентилятором опять через машину, после чего цикл повторяется. Если это конструктивно несложно, то рекомендуется предусматривать

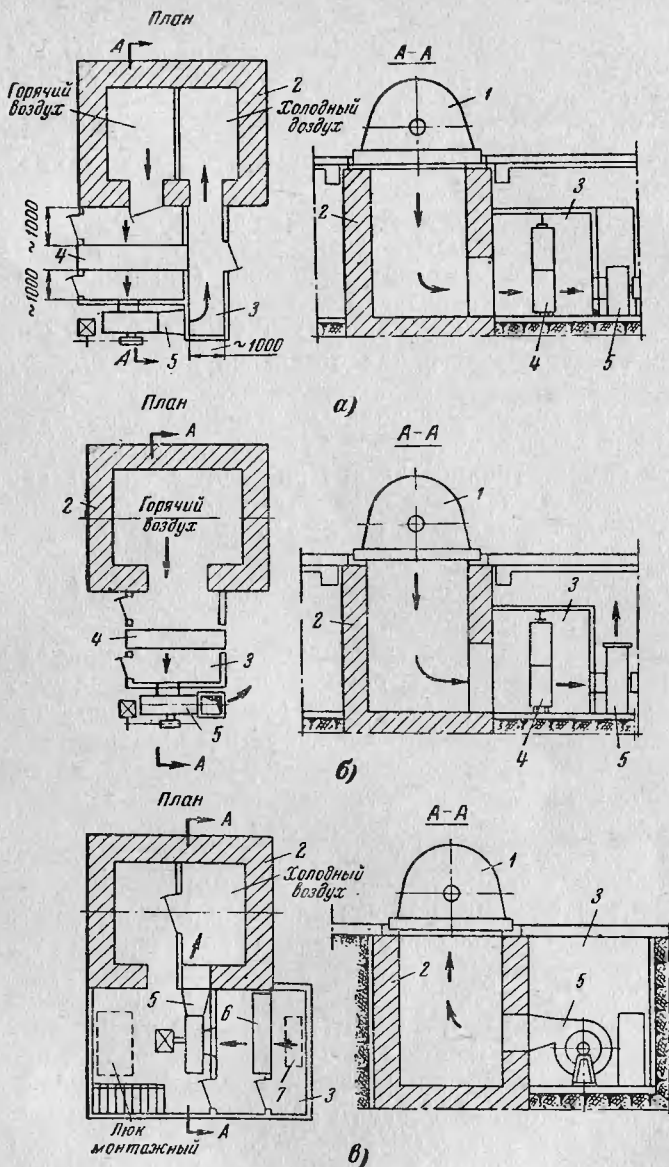


Рис. 4. Примеры компоновки вентиляционных установок машин постоянного тока.

а—замкнутая система вентиляции; б—полузамкнутая (с выбросом воздуха в подвал); в—проточная (с выбросом воздуха в цех).

Стрелками показано направление движения воздуха.

1—машина; 2—фундамент машины; 3—вентиляционное помещение; 4—воздухоохладитель; 5—вентилятор; 6—кассетный фильтр; 7—воздухозаборная шахта.

возможность размыкания цикла вентиляции. При этом холодный воздух засасывается вентилятором из машинного помещения, а нагретый выбрасывается с помощью короба в цех или на улицу, минуя воздухоохладитель. Это может потребоваться, например, при выходе из строя воздухоохладителей.

Компенсация дополнительного расхода воздуха в этом режиме осуществляется установкой, подающей добавочный воздух в машинное помещение. (Назначение установки добавочного воздуха рассмотрено в § 3.) Можно также выбрасывать нагретый воздух в машинное помещение, используя его для отопления в холодное время года.

Некоторые быстроходные машины при выходе из строя вентилятора могут благодаря своей быстроходности самовентилироваться. При этом с машин снимают кожухи. Однако это приводит к повышению температуры в машинном помещении и в ряде случаев к перегреву машин, а поэтому может быть рекомендовано только на короткое время, необходимое для ремонта вышедшего из строя оборудования.

Для ответственных тихоходных машин, например для прокатных двигателей блюминга, которые вследствие небольшой скорости вращения (50—100 *об/мин*) не могут обеспечить самовентиляцию, устанавливают два вентилятора. Один из них является рабочим, а другой — резервным.

Если в системе установлены два вентилятора, засасывающие воздух из одной камеры, то на их выходе предусматривают заслонки, которые автоматически закрываются на неработающем вентиляторе. Заслонки предотвращают утечки воздуха через неработающий вентилятор.

В замкнутых системах вентиляции ввиду возможности засоса воздуха в машину извне через открытый коллектор или неплотности в кожухах целесообразно предусматривать «точку атмосферы», т. е. искусственное соединение места наибольшего разрежения системы с атмосферой через кассетный фильтр. При этом дополнительно засасываемый в систему воздух, устремляясь по пути наименьшего сопротивления через фильтр, будет очищаться от пыли, содержащейся в окружающей воздушной среде.

«Точки атмосферы» обычно устраивают для машин с открытым коллектором вблизи коллектора, а для машин с закрытым коллектором — в камере разрежения вентилятора.

Разрежение допускается только в тех местах системы, куда благодаря надежным уплотнениям исключается просачивание воздуха. Для машин, установленных в машинных помещениях, отрицательное давление (более низкое, чем в помещении) в некоторых местах системы допустимо, потому что засасываемый через неплотности воздух уже отфильтрован установкой добавочного воздуха. Для машин, установленных в цехе, отрицательное давление недопустимо из-за загрязненности засасываемого извне воздуха.

Утечки воздуха в замкнутых системах вентиляции, по данным замеров, доходят до 20% циркулирующего воздуха. Причиной утечек является неплотное прилегание кожуха и перегородок к корпусу машины и фундаментным плитам. При высоких скоростях воздуха даже небольшие щели могут оказаться причиной больших утечек.

Чтобы восполнить эти утечки и воспрепятствовать проникновению в замкнутую систему загрязненного воздуха, необходимо внутри системы создать избыточное (повышенное) давление. Для этого иногда в месте наибольшего разрежения системы, в «точке атмосферы», дополнительно устанавливают небольшой вентилятор (снабженный кассетным фильтром), который препятствует образованию отрицательного давления в любом месте замкнутой системы вентиляции.

Системы вентиляции для машин переменного тока (рис. 3,г и 5, а) аналогичны системам для машин постоянного тока, однако конструктивно они различаются.

Так, фундаментная яма для машин постоянного тока делится перегородкой на два отсека — холодного и горячего воздуха, а для машин переменного тока в фундаментной яме обычно выполняется специальный металлический короб (рукав) для горячего воздуха, выходящего из машины. Для машин переменного тока замкнутая система вентиляции, так же как и для машин постоянного тока, может быть выполнена с размыканием цикла или снабжена резервным вентилятором.

Синхронные двигатели часто развивают давление, достаточное для самовентиляции, поэтому заводы-изготови-

тели гарантируют работу их без внешнего вентилятора (с помощью вентилятора, насаженного на вал ротора машины) (рис. 3,д и 5,б). При этом для уменьшения сопротивления воздуху воздухоохладители устанавливают

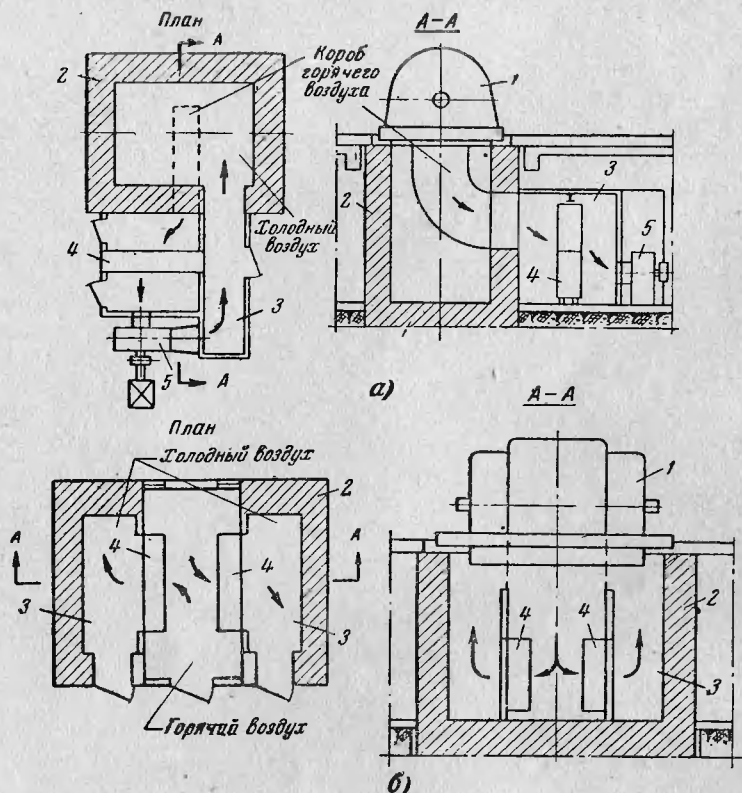


Рис. 5. Примеры компоновки вентиляционных установок машин переменного тока (синхронных), работающих по замкнутой системе вентиляции.

а—с внешним вентилятором; б—без внешнего вентилятора (самовентиляция).  
 1—машина; 2—фундамент машины; 3—вентиляционное помещение;  
 4—воздухоохладитель; 5—вентилятор.

внутри фундаментной ямы, а воздуховоды выполняют возможно более короткими.

Для нескольких расположенных рядом машин, участвующих в общем технологическом процессе, или для агрегатов, состоящих из нескольких машин, целесообразно

но, если это конструктивно несложно, устраивать общую замкнутую систему вентиляции (рис. 6).

При этом все машины, обслуживаемые этой системой, должны находиться примерно в одинаковых условиях: нужное распределение воздуха между отдельными машинами достигается регулируемыи заслонками, устанавливаемыми на входе воздуха в машину. Особенно

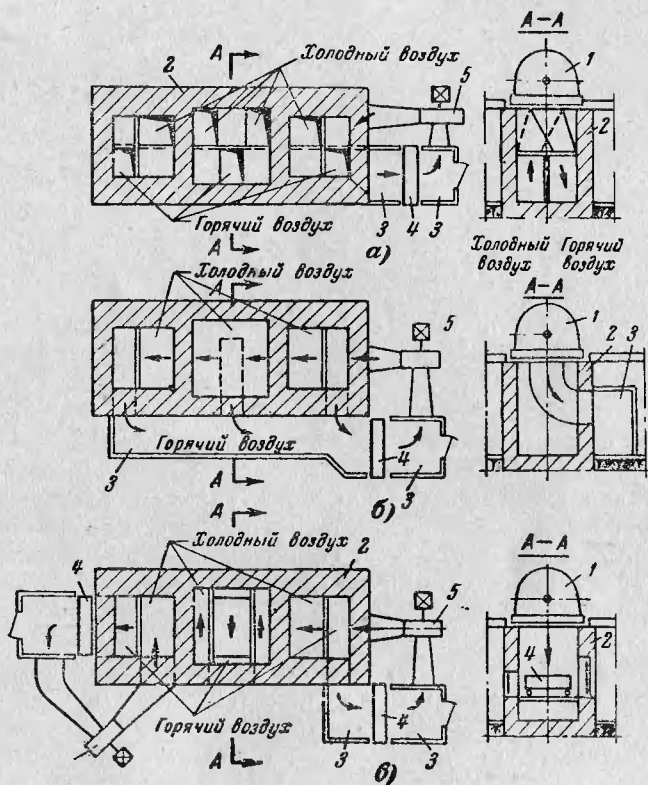


Рис. 6. Примеры компоновки вентиляционных установок многомашинных преобразовательных агрегатов, работающих по замкнутой системе вентиляции.

*a* — вентиляционная установка общая для синхронного приводного двигателя и двух генераторов постоянного тока — воздухопроводы размещены в пределах фундамента агрегата; *б* — то же, но воздухопроводы размещены частично в пределах фундамента и частично за его пределами; *в* — вентиляционная установка отдельная для синхронного приводного двигателя и каждого генератора.

1 — машина; 2 — фундамент машины; 3 — вентиляционное помещение; 4 — воздухоохладитель; 5 — вентилятор.

тщательно требуется распределить воздух для машин, разных по величине и скоростям вращения, поскольку падение давления воздуха в машине возрастает в квадрате при увеличении скорости воздуха.

Конструктивно такую систему вентиляции выполняют с помощью туннелей для горячего и холодного воздуха, расположенных внутри фундамента (рис. 6,а). При небольших или неглубоких фундаментах один из туннелей (обычно для горячего воздуха) приходится выносить за пределы фундамента (рис. 6,б).

Наличие самовентилируемых синхронных приводных двигателей в составе многомашинных агрегатов заставляет дробить вентиляционные установки, выполняя для генераторов, расположенных по краям агрегата, отдельные установки (рис. 6,в). Дробление вентиляционных установок часто требуется по условиям выбора вентиляционного оборудования, например, когда даже большой вентилятор недостаточен по производительности для всего агрегата или круглые вентиляторы не могут быть установлены в стесненных условиях подвала машинного помещения.

Преимущество замкнутой системы вентиляции заключается в том, что в машину поступает более холодный воздух, так как нагретый в машине воздух охлаждается в воздухоохладителях и вновь поступает для охлаждения машин. Таким образом, в системе циркулирует почти постоянный объем воздуха. При этом количество наружного воздуха, подаваемого в машинное помещение, сравнительно невелико и поэтому количество заносимой в него с улицы пыли незначительно.

Недостатком замкнутой системы вентиляции является потребность в большом количестве охлаждающей воды с температурой не выше  $25^{\circ}\text{C}$ . Этот недостаток не имеет существенного значения в тех случаях, когда вода после воздухоохладителей может быть использована для технологических нужд. При этом давление воды, подаваемой к воздухоохладителям, должно быть повышено до  $3\text{--}3,5\text{ кг/см}^2$ .

Полузамкнутая система вентиляции с включением машинного помещения и выбросом нагретого воздуха в подвал имеет ограниченное применение, потому что при этой системе через машину прогоняется более загрязненный воздух и температура в машинном помещении повы-

шается за счет выброса в машинное помещение нагретого воздуха. Полузамкнутую систему вентиляции применяют для машин средней мощности (до 1 000 квт) при наличии относительно чистой и холодной воды с температурой до 25° С, когда применение такой системы способствует поддержанию нужной температуры в машинном помещении (рис. 3,б и 4,б). Холодный воздух засасывается из машинного помещения и прогоняется через машину. Из машины воздух выходит нагретым и охлаждается в воздухоохладителях, после чего он подается вентилятором в подвал машинного помещения, а затем через проемы в перекрытии поступает в машинное помещение, откуда опять засасывается в машины. В нормальном режиме система работает по циклу машинное помещение — машина — воздухоохладитель — вентилятор — подвал — машинное помещение.

Полузамкнутая система оправдана, например, для многомашинных агрегатов, питающих двигатели механизмов, управляемых по системе генератор — двигатель.

Конструктивно такая система проста. Нет надобности в устройстве разделяющих перегородок внутри фундаментной ямы, а количество отсеков в вентиляционном помещении получается минимальным. В фундаментах этих агрегатов обычно устраивают один общий для всех машин туннель нагретого воздуха. В этом случае выполнить для этих агрегатов замкнутую систему вентиляции конструктивно сложнее, так как отдельные машины, входящие в состав этих агрегатов (синхронный приводной двигатель и генераторы постоянного тока), имеют различное исполнение по вентиляции.

Полузамкнутую систему вентиляции с выбросом нагретого воздуха в машинное помещение, работающую по циклу подвал — вентилятор — воздухоохладитель — машина — машинное помещение — подвал, в настоящее время не применяют, потому что при этой системе нагретый воздух выбрасывается в машинное помещение, где он увеличивает и без того высокую температуру воздуха.

**Проточная система вентиляции** применяется в тех случаях, когда замкнутая или полузамкнутая система вентиляции не может быть осуществлена вследствие отсутствия воды необходимой чистоты и низкой температуры, а также при небольшой загрязненности наружного воздуха.

При этом воздух засасывается с улицы или из цеха (рис. 3, в и 4, в), тщательно очищается фильтрами от пыли, прогоняется вентилятором через машину и выбрасывается в цех или на улицу.

Преимуществом этой системы является отсутствие воздухоохладителей.

Недостатком проточной системы вентиляции является необходимость фильтрации большого количества непрерывно обновляющегося воздуха, что требует больших затрат на фильтры и значительных площадей для их размещения. Такие системы вентиляции приводят к загрязнению машин, так как даже при высокой степени очистки воздуха фильтрами количество пыли, заносимое в машинное помещение, будет довольно значительным. Эти системы могут иметь применение там, где наружный воздух мало запылен (менее  $2 \text{ мг/м}^3$  воздуха).

Приведенные примеры конструктивного выполнения вентиляционных установок даны для условий, когда наличие свободных площадей позволяет выполнить компоновку наиболее просто.

## 2. ВЕНТИЛЯЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Для интенсивно работающих механизмов или механизмов, расположенных в загрязненной или горячей среде, принимают закрытые двигатели, продуваемые воздухом для уменьшения их перегрева и увеличения отдаваемой ими мощности. Вентиляцию двигателей осуществляют по проточной системе с выбросом нагретого воздуха в цех.

Если машинное помещение расположено поблизости от производственных механизмов, то воздух для вентилируемых двигателей берут из подвала машинного помещения. В этом случае воздух, расходуемый на вентиляцию двигателей механизмов, восполняется от установки добавочного воздуха, забирающей воздух с улицы через фильтры.

Расходы воздуха, потери давления, привязки и размеры вентиляционных отверстий для закрытых продуваемых двигателей переменного и постоянного тока приведены в табл. 1 и 2 и на рис. 7.

**Расход воздуха, потеря давления и размеры  
вентиляционных отверстий для закрытых продуваемых  
двигателей переменного тока с фазным ротором типа МТ  
до 500 в, ПВ=100%**

Двигатель			Расход воз- духа, м <sup>3</sup> /мин	Потеря дав- ления, мм вод. ст.	Размеры, мм (рис. 7)				
Тип	Мощ- ность, квт	Скорость враще- ния, об/мин			А	Б	В	Г	Д
МТ-51-8	22	723	11,5	45	280	62	255	271	250
МТ-52-8	30	725	14	70	280	62	295	271	250
МТВ-611-10	45	575	17	40	300	95	294	326	315
МТВ-612-10	60	578	20	55	300	95	344	326	315
МТВ-613-10	80	580	23	75	300	95	392	326	315
МТВ-711-10	100	584	28	35	300	95	359	403	400
МТВ-712-10	125	587	34	50	300	95	394	403	400
МТВ-713-10	160	587	40	70	300	95	434	403	400

Для вентиляции нескольких двигателей механизмов вентилятор выбирают на суммарный расход воздуха и на максимальную потерю давления в одном двигателе. При этом для получения полного давления максимальное давление в двигателе обычно удваивают для учета потерь давления в сети. Потери давления в сети приближенно подсчитывают по формуле (18).

Вентиляторы нагнетают воздух в повысительные камеры, откуда он под давлением подается по ряду труб к двигателям, требующим принудительной вентиляции (рис. 8). Трубы прокладывают в грунте и фундаментах оборудования. Для того чтобы преодолеть сопротивление воздуху в двигателях и вентиляционной сети, выполненной трубами небольших сечений, приходится иногда устанавливать вентиляторы высокого давления (свыше 200—300 мм вод. ст.).

К нескольким рядом расположенным двигателям воздух может подаваться по одной трубе, имеющей разветвления у места подвода воздуха.

При расположении продуваемых двигателей на значительном расстоянии от машинного помещения (более 50 м) в районе расположения этих двигателей целесообразно устраивать самостоятельные вентиляционные установки, не связанные с машинным помещением.

**Расход воздуха, потеря давления и размеры  
вентиляционных отверстий для закрытых продуваемых  
двигателей постоянного тока типа ДП 220 в, ПВ=100%**

Двигатель			Расход воз- духа, м <sup>3</sup> /мин	Потеря дав- ления, мм вод. ст.	Размеры, мм (рис. 7)				
Тип	Мощ- ность, квт	Скорость вращения, об/мин			А	Б	В	Г	Д

**Параллельные тихоходные**

ДП-12	3	1 150/1 200	2,5	25	75	75	139	155	160
ДП-21	4,5	1 020/1 050	3,5	17	75	75	157	185	180
ДП-22	6	1 090/1 130	4,5	30	75	75	180	185	180
ДП-31	8,5	830/870	6	22	100	100	145	220	225
ДП-32	12	760/790	7	30	100	100	180	220	225
ДП-41	16	690/710	8	20	100	100	225	250	250
ДП-42	21	640/660	10	30	100	100	270	250	250
ДП-52	32	730/760	13	35	100	140	281	280	280
ДП-62	46	600/625	18	35	160	160	211	325	315
ДП-72	67	540/560	25	40	180	180	263	365	355
ДП-82	95	480/500	33	40	210	210	292	415	400
ДП-92	135	460/470	40	55	240	240	337	457	450

**Параллельные быстроходные**

ДП-21	5,5	1 420/1 460	3,5	17	75	75	157	185	180
ДП-22	8	1 490/1 550	4,5	30	75	75	180	185	180
ДП-31	12	1 350/1 410	6	22	100	100	145	220	225
ДП-32	16	1 180/1 230	7	30	100	100	180	220	225
ДП-41	22	1 100/1 160	8	20	100	100	225	250	250
ДП-42	29	1 020/1 040	10	30	100	100	270	250	250
ДП-52	38	980/1 020	13	35	100	140	281	280	280
ДП-82А	140	610/640	40	60	210	210	292	415	400

Примечания: 1. Скорость вращения указана дробью: в числителе — для двигателей со стабилизирующей обмоткой, в знаменателе — без нее.

2. Расходы воздуха, потери давления и размеры вентиляционных отверстий указаны для параллельных двигателей. Они действительны также для последовательных и смешанных двигателей аналогичного типа.

В этом случае вентиляционные установки оборудуют фильтрами. При прекращении подачи воздуха к вентилируемым двигателям они могут в результате перегрева выйти из строя, что повлечет за собой перерыв в работе механизмов. Если такой перерыв недопустим, то повысительную установку снабжают двумя вентиляторами, из которых один является рабочим, а другой — резервным.

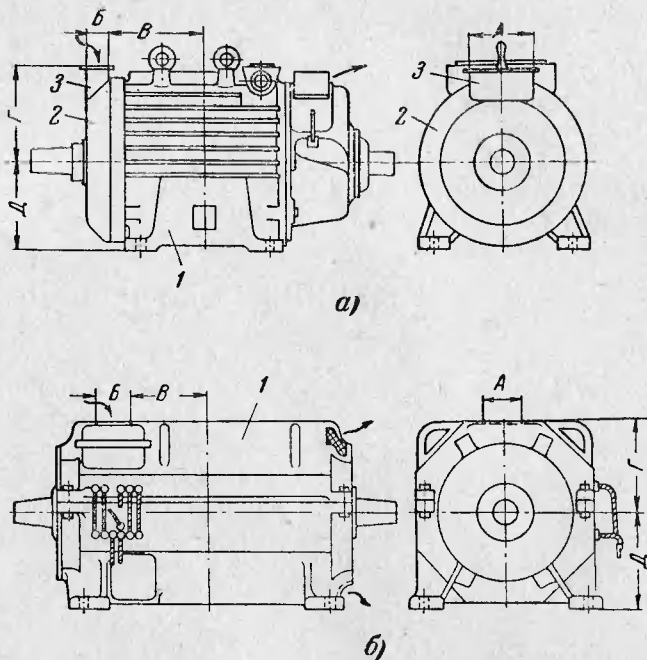


Рис. 7. Расположение вентиляционных отверстий в закрытых продуваемых двигателях механизмов (к табл. 1 и 2).

*a*—двигатели типов МТ и МТВ; *б*—двигатели типа ДП.  
 1—двигатель; 2—кожух; 3—вентиляционный патрубок. У двигателя типов МТ и МТВ кожух с вентиляционным патрубком можно повернуть в любую сторону на угол 90°. Стрелками показаны вход холодного и выход нагретого воздуха.

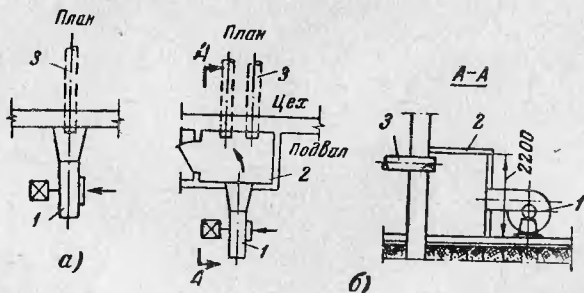


Рис. 8. Вентиляционная установка двигателей механизмов.

*a*—без повысительной камеры; *б*—с повысительной камерой.  
 1—вентилятор; 2—повысительная камера; 3—воздуховоды (трубы) к двигателям механизмов.

Имеется стремление охлаждать двигатели механизмов с помощью небольших и малошумных вентиляторов-«наездников», расположенных рядом с вентилируемым двигателем и составляющих с ним одно целое. Воздух забирается из окружающей среды через кассетный фильтр. При этом не требуются повысительные установки, отпадает надобность в воздуховодной сети, уменьшаются габариты вентилятора и мощность его двигателя.

### 3. ВЕНТИЛЯЦИЯ МАШИННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Для создания нормальных условий работы для обслуживающего персонала и содержания машин и аппаратуры в чистоте машинное помещение искусственно вентилируют.

Выбор системы вентиляции машинного помещения и машин определяется объемом машинного помещения и установленной мощностью электрооборудования. Если на каждый киловатт установленной мощности приходится более  $12 \text{ м}^3$  машинного помещения, то нет необходимости в устройстве искусственной вентиляции. Отвод тепла в этом случае осуществляется путем естественного обмена воздуха в помещении. При этом могут быть приняты машины открытого исполнения.

Если на каждый киловатт установленной мощности приходится от 3 до  $12 \text{ м}^3$  машинного помещения, то искусственная вентиляция становится обязательной. В этом случае система вентиляции машин может быть выполнена общей (полузамкнутой) для машин и машинного помещения.

Если на каждый киловатт установленной мощности приходится менее  $3 \text{ м}^3$  машинного помещения, то систему вентиляции машин и машинного помещения выполняют раздельной. При этом машины вентилируют по замкнутой системе вентиляции.

Вентиляцию машинного помещения осуществляют от установки добавочного воздуха, с помощью которой:

1) отводят тепло, выделяемое установленным в машинном помещении оборудованием, машинами, ящиками сопротивлений и т. п.;

2) покрывают расход воздуха, потребный для машин, работающих по проточной системе вентиляции, а также

для двигателей механизмов, работающих с принудительной вентиляцией, если они вентилируются от повысительных установок, расположенных в машинном помещении;

3) поддерживают некоторое избыточное давление (подпор) в машинном помещении для предотвращения попадания извне загрязненного воздуха;

4) восполняют неизбежные утечки воздуха из машинного помещения через неплотности здания.

Обычно устраивают одну или несколько установок добавочного воздуха (при расходах воздуха свыше  $80\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ ). В последнем случае обеспечивается более равномерное распределение воздуха по машинному помещению.

Установка добавочного воздуха состоит из воздухозаборной шахты и вентиляционного помещения, где устанавливают калориферы, увлажнительные устройства, фильтры и вентиляторы (рис. 9).

Установка работает по циклу улица — калорифер — увлажнительное устройство — фильтр — вентилятор — машинное помещение — улица.

Недостаточное количество добавочного воздуха и неправильное распределение его по площади машинного помещения снижают эффективность вентиляции.

До сих пор широко распространена система вентиляции машинного помещения «снизу — вверх» (рис. 10). При этой системе наружный воздух, пройдя установку для добавочного воздуха, нагнетается вентилятором в подвал машинного помещения, откуда частично поступает для охлаждения двигателей механизмов, если повысительные установки расположены в подвале машинного помещения, а основная масса воздуха устремляется через проемы в перекрытии подвала в машинное помещение.

Проемы располагают как вдоль внутреннего периметра машинного помещения, так и на свободных площадях вблизи мест больших тепловыделений, например в районе расположения крупных машин.

Проемы закрывают решетками и размещают равномерно и преимущественно в тех местах, где имеются наибольшие тепловыделения или постоянно находится дежурный персонал. Сечения проемов принимают пропорционально количеству выделяемого тепла. Их выбирают, исходя из скорости воздуха около  $5\text{ м/сек}$ .

Проемы лестничных клеток и монтажные люки, если они выполнены решетчатыми, также служат для подачи воздуха из подвала в машинное помещение.

Воздух, попадая из подвала в машинное помещение, отводит тепло, выделяемое работающими машинами и аппаратурой, а также создает избыточное давление в ма-

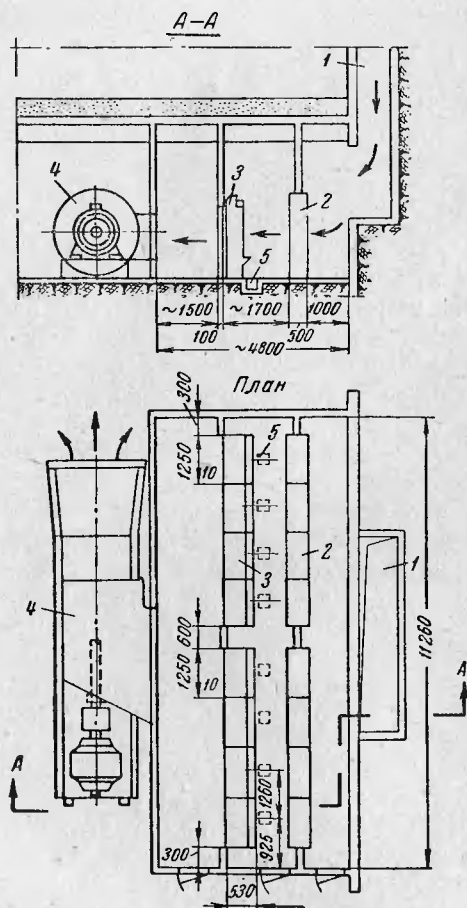


Рис. 9. Установка добавочного воздуха для вентиляции машинного помещения.

1 — воздухозаборная шахта; 2 — calorifer; 3 — масляный самоочищающийся фильтр; 4 — вентилятор; 5 — приемок для стока масла.

шинном помещении, тем самым препятствуя проникновению загрязненного воздуха с улицы. Нагретый воздух поднимается кверху, откуда он удаляется естественным путем или вентиляторами. Частично тепло из машинного помещения удаляется через ограждающие конструкции (стены, крышу и т. п.).

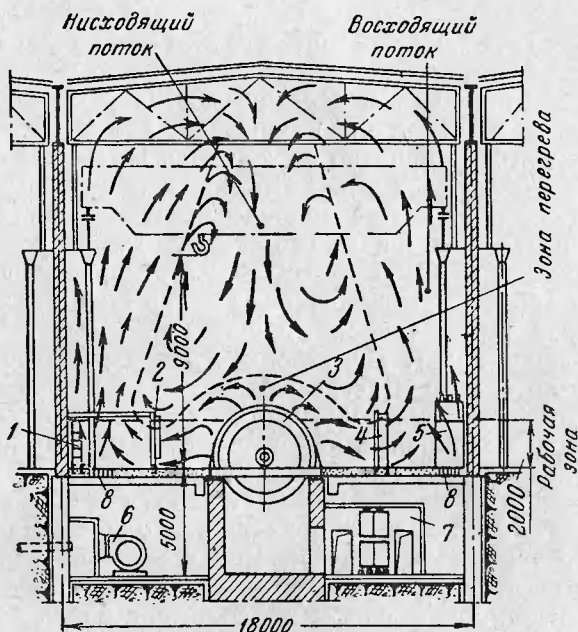


Рис. 10. Распределение потоков воздуха в машинном помещении.

1, 2, 3, 4, 5—источники тепловыделений; 6—вентиляционная установка для двигателей механизмов; 7—вентиляционная установка для машинного агрегата; 8—проем для выхода воздуха.

Однако при такой системе вентиляции трудно осуществить распределение воздуха в соответствии с тепловыделениями, поскольку выпускные отверстия размещаются в машинном помещении в местах, свободных от оборудования, обычно у стен помещения, т. е. не в зоне наибольших тепловыделений. При этом воздух проходит в машинное помещение вертикальными потоками, преимущественно стелющимися по стенам, и, направляясь к перекрытию, создает в середине машинного помещения

нисходящий обратный поток, подавляющий конвективные<sup>1</sup> потоки воздуха над источниками тепла, и искусственно создает в рабочей зоне очаги перегрева.

Кроме того, в подвале приточный воздух частично теряет свой напор и, проходя через проемы в перекрытии с небольшими скоростями, не всегда в состоянии преодолеть естественные тепловые циркуляции воздуха в машинном помещении и создать необходимую подвижность воздуха для его перемешивания.

Все это приводит к неравномерному распределению температур в машинном помещении, где высокие температуры неблагоприятно отражаются на работе оборудования и обслуживающего персонала.

Лучших результатов можно добиться, если воздух подается отдельно на первый этаж и в подвал машинного помещения. При этом воздух распределяют при помощи коробов, расположенных вдоль стен помещения на уровне рабочей зоны (пространство высотой 2 м над уровнем пола). Получается лучшее распределение воздуха по очагам перегрева.

В последнее время применяют системы вентиляции, создающие в машинных помещениях воздушные потоки, направленные в сторону расположения основных источников тепловыделений. Воздух подается с небольшой скоростью (2—3 м/сек), достаточной, однако, для рассеивания очагов перегрева. Количество подаваемого воздуха соответствует тепловыделениям от этих очагов. Вентиляционные установки располагают вдоль машинного помещения. При этом воздух подается в машинное помещение, в рабочую зону, сосредоточенными горизонтальными струями, направленными в зоны наибольших тепловыделений. Захватывая тепло, воздух, нагревшись, устремляется вверх, где через регулируемые проемы удаляется за пределы машинного помещения. Иногда применяют факельную систему вентиляции, заключающуюся в том, что с обоих торцов машинного помещения устанавливают мощные вентиляционные установки, которые подают воздух сильными струями (факелами). Эти факелы направляют с высоты 4—7 м вниз со скоростью воздуха 10—12 м/сек вдоль машинно-

---

<sup>1</sup> Конвекция — перенос тепла перемещающимися частицами вещества, в данном случае — воздуха.

го помещения. При такой системе вентиляции хорошо перемешивается воздух и не требуются распределительные воздуховоды.

В машинном помещении должно поддерживаться избыточное давление около 2—3 мм вод. ст. для предотвращения засоса пыли извне. Поэтому чем больше проемов в верхней части машинного помещения, тем труднее создать в нем необходимый подпор. Расположение и размеры проемов для выпуска приточного воздуха из машинного помещения не должны образовывать зон с повышенной температурой.

Повышение температуры воздуха по высоте машинного помещения по проведенным замерам составляет 0,5—1° С на каждый метр высоты помещения. Площадь проемов для удаления нагретого воздуха принимают около 1 м<sup>2</sup> на каждые 100 000 м<sup>3</sup>/ч приточного воздуха, поступающего в машинное помещение.

В машинных помещениях с температурой воздуха свыше +30° С создают остекленные помещения с кондиционированным воздухом для обслуживающего персонала.

Для частичного обогрева воздуха машинного помещения в холодное время года теплый внутренний рециркуляционный<sup>1</sup> воздух подмешивают к поступающему наружному холодному воздуху. Температура такой смеси должна быть не ниже +5° С. Рециркуляционный воздух чище наружного, и поэтому уменьшается загрязнение фильтров в установках добавочного воздуха.

Для обогрева воздуха машинного помещения можно также пользоваться нагретым в машинах воздухом, выбрасывая его из полужамкнутых систем вентиляции минуя воздухоохладители.

Отопления машинного помещения не предусматривают, если тепла, поступающего от оборудования, достаточно для поддержания температуры в нем +16÷22° С. При этом выполняют только дежурное отопление, обеспечивающее в машинном помещении температуру не ниже +5° С.

Для обогрева наружного воздуха в холодный период года и подачи в машину воздуха с температурой

<sup>1</sup> Рециркуляция (здесь) — повторное возвращение воздуха для подмешивания его к циркулирующему в системе вентиляции воздуха с целью регулирования температуры помещения.

не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  служат калориферы. При подаче в машину более холодного воздуха возможно образование конденсата на поверхности машины.

В качестве теплоносителя используют горячую воду или пар, пропускаемые через трубки калорифера. Снаружи эти трубки омываются воздухом, воспринимающим тепло от нагретого калорифера. Их устанавливают по ходу воздуха до фильтров для предохранения масла фильтров от загустения.

Для вентиляции машинных помещений желателен применение типовых кондиционеров, собираемых из отдельных налаженных элементов заводского производства. Они создают и поддерживают заданные температуру, влажность, скорость и чистоту воздуха.

Такие установки, снабженные контрольно-измерительными приборами с выносом показаний на централизованный щит, позволяют дистанционно наблюдать за работой вентиляционных установок.

#### 4. ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тепловые потери от различных видов электрооборудования определяют следующим образом:

1. Потери в электрических машинах, если они не указаны в формулярах или на габаритных чертежах машин, определяют как

$$\Delta P_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}(1 - \eta)}{\eta} K \text{ [квт]} \text{ (для двигателей);} \quad (1)$$

$$\Delta P_{\text{н}} = P_{\text{н}}(1 - \eta) K \text{ [квт]} \text{ (для генераторов),} \quad (2)$$

где  $P_{\text{н}}$  — номинальная мощность машины, *квт*;

$\eta$  — к. п. д. машины;

$K$  — коэффициент загрузки (фактический или перспективный).

Известно, что расчетные запасы мощностей в электрических машинах при увеличении производительности технологического оборудования быстро используются. Поэтому недогрузки машин, наблюдающиеся в первое время эксплуатации, учитывать не следует. Для ряда машин обычно учитывают одновременность их работы.

Определение потерь по к. п. д. не всегда является правильным, потому что он вычисляется, исходя из температуры нагрева обмоток 75° С (ГОСТ 183-55).

Фактически эта температура, ограничиваемая классом изоляции<sup>1</sup> обмоток, может быть выше, что увеличивает потери. Поэтому лучше дополнительно к к. п. д. запрашивать у заводов-изготовителей машин истинные греющие потери.

На рис. 11 приведены средние значения к. п. д. для машин по данным завода-изготовителя. Ими можно пользоваться только для приближенных расчетов.

Если к. п. д. машины не учитывает потерь на ее возбуждение, то их определяют отдельно:

$$\Delta P_B = 1,24 i_B^2 r_B \cdot 10^{-3} [\text{квт}], \quad (3)$$

где  $i_B$  — ток возбуждения, *a*;

$r_B$  — сопротивление обмоток возбуждения в холодном состоянии, *ом*;

1,24 — коэффициент увеличения сопротивления при нагреве обмоток; значение этого коэффициента приведено для обычного перепада температур между нагретой и холодной обмотками, равного 75 — 15 = 60° С.

Для других величин температурного перепада сопротивление горячей обмотки будет

$$r_T = r_x (1 + \alpha t_n) [\text{ом}], \quad (4)$$

где  $r_x$  — сопротивление холодной обмотки, *ом*;

$\alpha$  — температурный коэффициент, равный для меди 0,004;

$t_n$  — перепад температур между горячей и холодной обмотками, °С.

Потери на возбуждение добавляют к основным потерям, которые определяются по формулам (1) и (2).

Суммарные тепловые потери в машине делятся на две части, из которых большая (92%) уносится охлаждающей водой (в замкнутых и полужамкнутых систе-

---

<sup>1</sup> Изоляция по нагревостойкости в зависимости от материала делится на классы. Например, класс А допускает предельную температуру нагрева 105° С, класс В — 130° С, класс F — 155° С.

мах вентиляции) или воздухом (в проточных системах вентиляции), а меньшая (8%) отводится конвекцией и лучеиспусканием через корпус машины непосредствен-

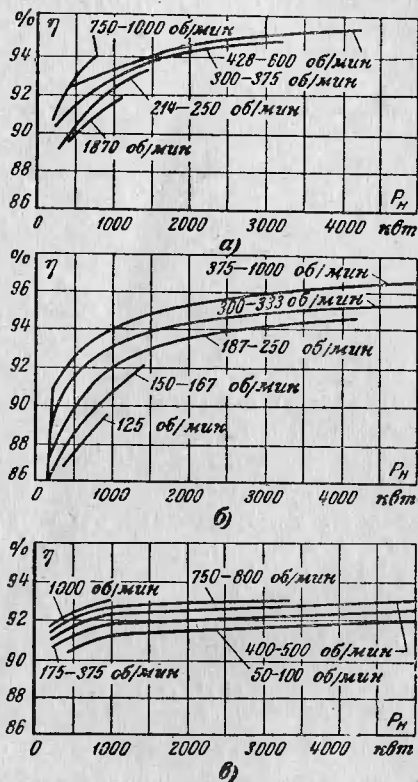


Рис. 11. Средние значения к. п. д. для крупных электрических машин (по данным завода-изготовителя).

а — асинхронные двигатели; б — синхронные двигатели; в — двигатели и генераторы постоянного тока.

но в машинное помещение или цех в зависимости от того, где установлена машина.

Выделение тепла с поверхности корпусов крупных машин обычно составляет около 0,5 кВт на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

2. Потери в ртутных выпрямителях определяют как потери в дуге:

$$\Delta P_{\text{в}} = \frac{I_{\text{н}} \Delta U}{1000} \text{ [квт]}, \quad (5)$$

где  $I_{\text{н}}$  — номинальный ток ртутного выпрямителя,  $a$ ;  
 $\Delta U$  — падение напряжения в дуге,  $b$  (обычно 20  $b$ ).

Тепловые потери, отдаваемые в помещение, где установлены выпрямители, при воздушном их охлаждении, составляют 100%!, а при водяном — 10% полученной мощности потерь.

3. Потери в жидкостных регуляторах скольжения определяют как

$$\Delta P_{\text{р}} = S P_{\text{н}} \text{ [квт]}, \quad (6)$$

где  $S$  — среднее скольжение (около 7—8%);

$P_{\text{н}}$  — номинальная мощность двигателя,  $\text{квт}$ .

Подавляющая часть этих потерь уносится водой и только 7—8% выделяется в машинное помещение. Таким образом, 0,5%! мощности асинхронного приводного двигателя агрегата отводится боковой поверхностью регулятора скольжения.

4. Потери от приводных двигателей вентиляторов определяют как полную мощность, потребляемую двигателем из сети:

$$\Delta P = \frac{N}{\eta_{\text{д}}} \text{ [квт]}, \quad (7)$$

где  $N$  — полезная (требуемая) мощность двигателя вентилятора,  $\text{квт}$  [формула (21)];

$\eta_{\text{д}}$  — к. п. д. двигателя вентилятора (обычно 0,9);

Полезная мощность, развиваемая двигателем вентилятора, расходуется на создание напора воздуха, который при преодолении сопротивлений в вентиляционном оборудовании и трении о стенки воздухопроводов теряется. Воздух при этом нагревается.

При нескольких вентиляторах суммарную потребляемую мощность их двигателей определяют с учетом коэффициента спроса (обычно 0,7—0,8).

Для замкнутых и проточных систем вентиляции 10%! этих потерь выделяется в машинное помещение и 90% уносится соответственно водой воздухоохладителей или воздухом и учитывается в своих системах вен-

тиляции. (Для отвода потерь двигателя вентилятора обычно требуется 10—15% воздуха, циркулирующего в системе.)

Для полузамкнутых систем вентиляции и установок добавочного воздуха 100%<sup>1</sup> этих потерь выделяется в машинное помещение.

5. Потери от катушек контакторов и реле, установленных на станциях управления, принимают в среднем по 0,2 кВт на каждую панель или как мощность источника питания, питающего цепи управления.

6. Потери от ящиков пусковых сопротивлений принимают в среднем по 1 кВт на каждый установленный ящик или 8% установленной мощности двигателей, в силовых цепях которых имеются пусковые сопротивления.

7. Потери от силовых трансформаторов, установленных в комплектных трансформаторных подстанциях (КТП), принимают приблизительно 2% мощности трансформаторов.

Например, общие потери для трансформаторов 10/0,4 кв составляют: 180 ква — 5,3 кВт, 320 ква — 8,1 кВт, 560 ква — 11,9 кВт, 1 000 ква — 19,9 кВт.

8. Потери от высоковольтных ячеек типа КРУ или КСО (600—1 000 а) принимают по 0,5—1 кВт на каждую ячейку, если они полностью нагружены по току.

9. Потери в ошиновках постоянного и переменного тока, проложенных в пределах машинного помещения, приближенно можно принять 0,25% передаваемой мощности.

10. Потери в силовых кабелях и проводах, питающих производственные механизмы, определяют как

$$\Delta P = I^2 R \cdot 10^{-3} \text{ [вт/пог. м]}, \quad (8)$$

где  $I$  — номинальный ток, а;

$R$  — сопротивление, ом/км;

$10^{-3}$  — переводной коэффициент из километров в метры;

Их обычно принимают около 0,5% мощности двигателей механизмов.

11. Потери от светильников (при отсутствии дневного освещения) составляют около 15 вт на 1 м<sup>2</sup> площади помещения. Однако эти потери в общем балансе тепловыделений не следует учитывать, так как они выделяются в верхней зоне машинного помещения, где допускаются большие перегревы воздуха.

## КОЛИЧЕСТВО ВОЗДУХА ДЛЯ МАШИН

Количество воздуха, необходимое для уноса потерь, выделяемых машиной, приближенно определяют как

$$Q = \frac{860P}{3600C_p\gamma\Delta t} \text{ [м}^3\text{/сек]}, \quad (9)$$

где  $P$  — отводимые потери, *квт*;

860 — коэффициент для перевода киловатт в килокалории;

$C_p$  — теплоемкость воздуха, равная 0,24 *ккал/кг·град*;

$\gamma$  — удельный вес воздуха, равный 1,2 *кг/м<sup>3</sup>* (при температуре +20°C или абсолютной температуре 273 + 20 = 293°K);

$\Delta t$  — перегрев воздуха в машине, °C (обычно допускается 15 — 18°C).

Удельный вес воздуха зависит от влажности, плотности, давления и температуры, а также химического состава его. При практических расчетах влияние этих факторов, кроме температуры, незначительно и учитывать их не нужно.

Влияние температуры на удельный вес воздуха сказывается в большей мере. Например, при температуре входящего в машину холодного воздуха, равной +35°C, температура выходящего из машины нагретого воздуха будет

$$t_{\text{ВЫХ}} = t_{\text{ВХ}} + \Delta t = 35 + (15 \div 18) = 50 \div 53^\circ \text{C}. \quad (10)$$

Отсюда средняя температура воздуха в машине получится

$$t_{\text{СР}} = \frac{t_{\text{ВХ}} + t_{\text{ВЫХ}}}{2} = \frac{35 + (50 \div 53)}{2} = 42,5 \div 44^\circ \text{C}, \quad (11)$$

или, округляя,  $t_{\text{СР}} \approx 45^\circ \text{C}$ .

Удельный вес воздуха при этой температуре будет равен

$$\gamma_{45} = \gamma_0 \frac{T_0}{T_{45}} = 1,2 \frac{273 + 20}{273 + 45} = 1,1 \text{ кг/м}^3, \quad (12)$$

где  $\gamma_0$  — удельный вес воздуха при температуре +20°C;  
 $T_0$  — абсолютная температура воздуха, равная 273°K ( $T^\circ\text{K} \approx t^\circ\text{C} + 273^\circ$ ).

Найдем согласно уравнению (9) количество воздуха при температуре  $+45^{\circ}\text{C}$ , требующееся в 1 мин для отвода 1 квт потерь:

$$Q = \frac{860 \cdot 1}{60 \cdot 0,24 \cdot 1,1(15 \div 18)} = 3,62 \div 3,02 \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (13)$$

В среднем принимается 3,5—3 м<sup>3</sup>/мин, или 210—180 м<sup>3</sup>/ч.

Количество воздуха, задаваемое заводами-изготовителями машин, не рекомендуется уменьшать даже в том случае, если воздух подается в машину более холодным (ниже  $+35^{\circ}\text{C}$ ). При уменьшении количества воздуха поток его становится более спокойным и исчезает турбулентность (вихревое движение воздуха), необходимая для равномерного охлаждения всех нагреваемых частей машины. Кроме того, уменьшенный расход воздуха ухудшает теплоотдачу машины и повышает ее перегрев по отношению к температуре охлаждающего воздуха.

Заводы-изготовители машин иногда принимают несколько увеличенное количество воздуха (до 4 м<sup>3</sup>/мин на 1 квт потерь), например для машин, работающих на разных скоростях, в том числе и на низких, когда вентиляционный эффект, создаваемый самой машиной, уменьшается, а также для сильно нагруженных или еще не освоенных и не прошедших испытания машин.

### КОЛИЧЕСТВО ВОЗДУХА ДЛЯ МАШИННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Для определения количества воздуха, подаваемого в машинное помещение, и выяснения производительности установки добавочного воздуха и необходимого количества фильтров сравнивают расходы воздуха, потребные по условиям: 1) кратности обмена воздуха в машинном помещении для создания избыточного давления; 2) отвода потерь (тепловыделений). При этом принимают больший из расходов. Кратность обмена воздуха в машинном помещении при надлежащей его герметизации принимают равным 2—3 объемам в течение 1 ч.

Расход воздуха для отвода тепловых потерь из машинного помещения зависит от теплонпряженности:

$$T = \frac{860 \Delta P}{V} \text{ [ккал/м}^3\text{]}, \quad (14)$$

где  $\Delta P$  — суммарные отводимые потери, *квт*;  
 $V$  — объем помещения,  $\text{м}^3$ .

При этом для вентиляции машинных помещений, где имеются затруднения с отводом потерь (невозможность устройства аэрации<sup>1</sup>), допускаются льготные условия превышения температуры в рабочей зоне машинного помещения над температурой наружной среды, а именно: для теплонпряженности до  $20 \text{ ккал/м}^3$  допускается перепад температур  $5^\circ \text{C}$ , до  $50 \text{ ккал/м}^3$  —  $7^\circ \text{C}$  и свыше  $50 \text{ ккал/м}^3$  —  $10^\circ \text{C}$ .

Большинство насыщенных оборудованием машинных помещений характеризуются теплонпряженностью менее  $20 \text{ ккал/м}^3$  (перепад  $\Delta t = 5^\circ \text{C}$ )

При увлажнении воздуха можно допустить больший перепад температур между внутренним и наружным воздухом ( $7$ — $8^\circ \text{C}$ ), потому что увлажнение снижает температуру проходящего воздуха примерно на  $2$ — $3^\circ \text{C}$ .

Количество воздуха, необходимого для уноса потерь, выделяемых в машинном помещении, определяют как

$$Q = \frac{860 \Delta P}{C_p \gamma \Delta t} m \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (15)$$

При этом добавляют воздух, необходимый для по-  
высительных установок.

Отводимые потери  $\Delta P$  определяют отдельно по подвалу и по первому этажу машинного помещения. При обычно принятой системе вентиляции «снизу — вверх», когда приточный воздух подается в рабочую зону и удаляется из верхней зоны, потери по первому этажу принимают приблизительно с коэффициентом  $m = 0,85$ , учитывающим долю тепла, уносимого вверх минуя рабочую зону и поэтому не перегревающую ее. Этот коэффициент по данным Гипротиса получен опытным путем после обследования ряда машинных помещений.

Для случая подачи воздуха в машинное помещение горизонтально направленными сосредоточенными струями этот коэффициент, по-видимому, будет несколько меньше.

---

<sup>1</sup> Аэрация — организованная естественная вентиляция, обеспечиваемая формой, расположением и размерами входных и выходных вентиляционных отверстий.

Получается, что для отвода из машинного помещения 1 квт потерь требуется воздуха с учетом отвода части тепла ограждающими конструкциями (стенами, крышей и т. п.) 360—480 м<sup>3</sup>/ч, а иногда и более.

Столь значительное количество воздуха для вентиляции машинного помещения по сравнению с количеством воздуха, потребным для вентиляции машин (180—210 м<sup>3</sup>/ч) требуется потому, что перепад температур между внутренним и наружным воздухом составляет для машинных помещений 5—7° С, а для машин 15—18° С.

Практически количество добавочного воздуха не должно быть менее 10% общего количества воздуха, циркулирующего через электрические машины. Когда машин мало и этот фактор не является показательным, а также при большем количестве тепловыделений и неплотностей в машинном помещении может потребоваться увеличение количества добавочного воздуха.

## 5. ВЫБОР И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

Вентиляционное и относящееся к нему электрическое оборудование выбирают, исходя из обеспечения наилучших условий охлаждения, вентиляции, очистки и увлажнения воздуха, поступающего в электрические машины и помещения, где они установлены.

Это оборудование располагают так, чтобы обеспечить легкий доступ к нему и удобное его обслуживание. Для монтажа и ремонта оборудования предусматривают устройства для его транспортировки (тельферы, тали, тележки и т. п.).

### ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛИ

Для охлаждения воздуха в системах вентиляции машин применяют поверхностные воздухоохладители типа ВУП, комплектуемые с машинами завода «Электросила», и типа ВО, комплектуемые с машинами ХЭМЗ.

Эти воздухоохладители потребляют в среднем для отвода 1 квт потерь 0,25—0,4 м<sup>3</sup> воды в час при температуре 25° С. Нагрев охлаждающей воды в них не превосходит 2—4° С. Воздух, проходящий через них, охлаждается в среднем на 10° С.

Вода в воздухоохладителях протекает через ряд параллельных металлических (латунных) трубок с развитой при помощи ребер или медных проволок поверхностью. Вода, охлаждая стенки трубок, отнимает тепло у воздуха, который омывает наружную поверхность этих трубок.

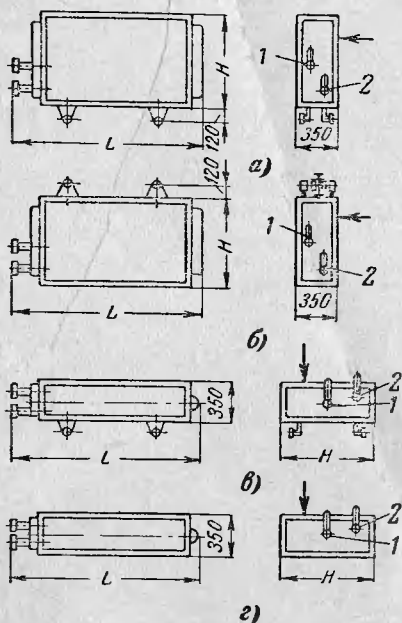


Рис. 12. Воздухоохладители типа ВУП (размеры  $L$  и  $H$  по табл. 3).

$a$  — напольный вертикальный;  $б$  — подвесной;  
 $в$  — напольный горизонтальный;  $г$  — фланцевый  
 $1$  — вход воды;  $2$  — выход воды.

Стрелками показано направление движения воздуха.

В настоящее время ведутся разработки по созданию новых воздухоохладителей без применения цветных металлов.

Воздухоохладители типа ВУП (рис. 12 и табл. 3) выбирают по отводимым потерям и расходу воздуха в зависимости от разности температур охлажденного воздуха и холодной воды (рис. 13—17). Максимальная температура охлажденного воздуха принимается  $+35^{\circ}\text{C}$ , поэтому разность температур всегда зависит

### Технические данные и основные размеры воздухоохладителей типа ВУП (рис. 12)

Тип	Отводимые потери квт		Вес, кг		Размеры, мм	
	при $\tau=7^{\circ}\text{C}$	при $\tau=10^{\circ}\text{C}$	без воды	с водой	L	H
ВУП-16×6×1000-6	36—53	52—76	428	484	1 428	950
ВУП-16×6×1500-4	54—80	78—115	573	641	1 928	950
ВУП-22×6×1500-4	76—110	108—158	684	778	1 928	1 250
ВУП-16×6×2500-2	93—136	133—194	651	743	2 928	950
ВУП-22×6×2500-2	128—188	184—267	856	982	2 928	1 250

Примечания:  $\tau$ —разность температур охлажденного воздуха и холодной воды.

2. Воздухоохладители каждого типа имеют четыре исполнения по рис. 12.

3. Вес воздухоохладителей указан для наиболее тяжелого исполнения (подвесного).

4. Пределы отводимых потерь зависят от количества воды, протекающей через воздухоохладитель.

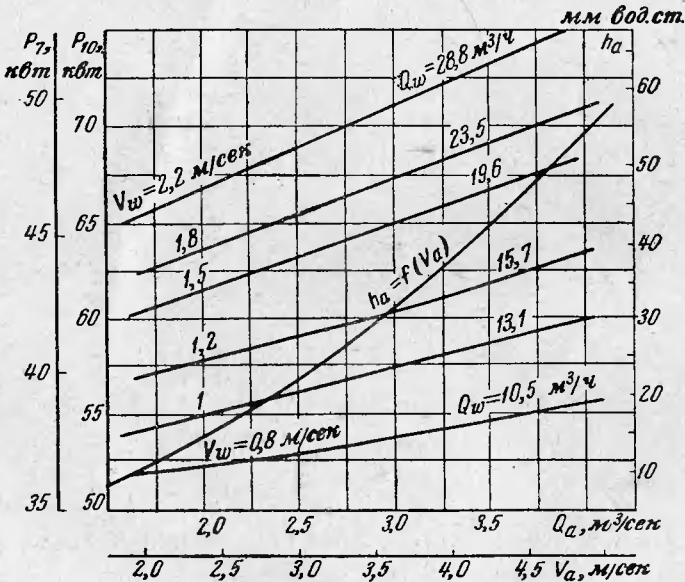


Рис. 13. Характеристики воздухоохладителя типа ВУП-16×6×1000-6.

$\tau$ —разность температур охлажденного воздуха и холодной воды, °С;  $P_7$  и  $P_{10}$ —отводимые воздухоохладителем потери соответственно при  $\tau=7^{\circ}\text{C}$  и  $\tau=10^{\circ}\text{C}$ , квт;  $h_a$ —потеря давления воздуха, мм вод. ст.;  $Q_w$ —расход воды, м³/ч;  $Q_a$ —расход воздуха, м³/ч;  $V_w$ —скорость воды, м/сек;  $V_a$ —скорость воздуха, м/сек.

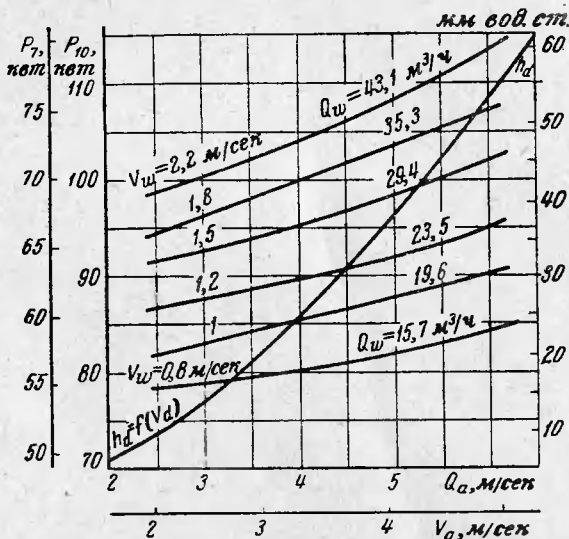


Рис. 14. Характеристики воздухоохладителя типа ВУП-16×6×1 500-4 (обозначения величин приведены на рис. 13).

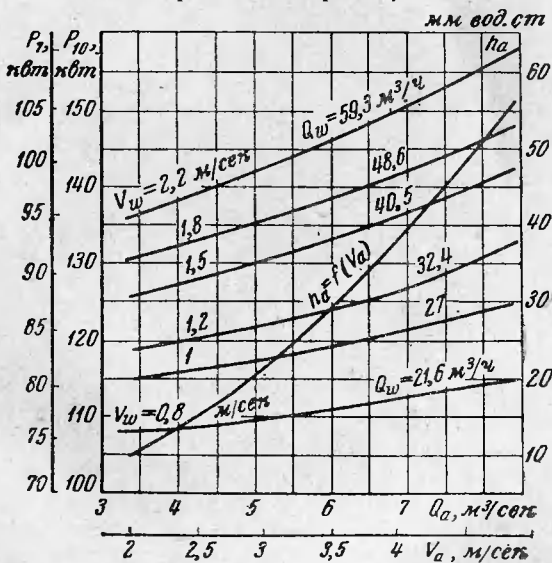


Рис. 15. Характеристики воздухоохладителя типа ВУП-22×6×1 500-4 (обозначения величин приведены на рис. 13).

от температуры холодной воды.  $\tau=7^{\circ}\text{C}$  при температуре воды  $28^{\circ}\text{C}$  и  $\tau=10^{\circ}\text{C}$  при температуре воды  $25^{\circ}\text{C}$ . При другой разности температур пропорционально меняются отводимые воздухоохладителем потери.

Когда отвод заданных потерь может быть обеспечен двумя типами воздухоохладителей, то выбирают, как правило, меньший по габаритам тип, если при этом

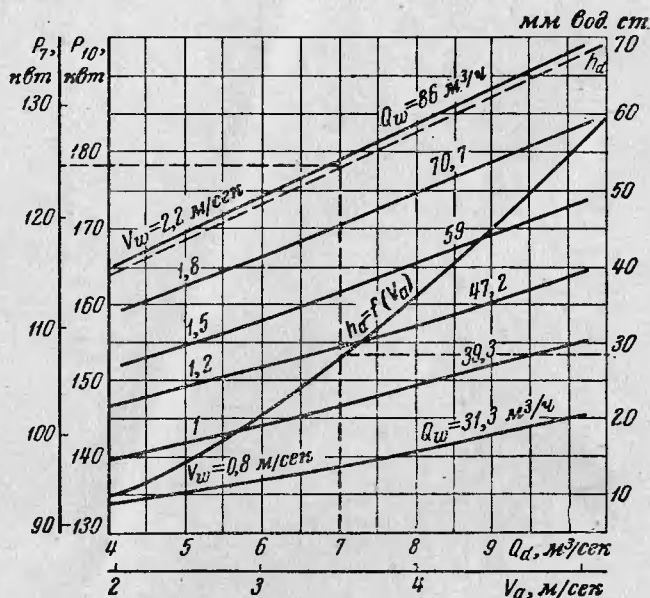


Рис. 16. Характеристики воздухоохладителя типа ВУП-16×6×2 500-2 (обозначения величин приведены на рис. 13).

Пунктиром показан пример выбора воздухоохладителя для  $P_7 = 124$  кВт и  $Q_a = 7$  м³/сек.

получаются допустимые перепады давлений воздуха и воды, а также скорость и расход воды (рис. 18).

Увеличенные расходы воды и соответственно скорость и потерю давления воды можно допустить, если вода после воздухоохладителей используется для технологических нужд.

Для воздухоохладителей, встраиваемых в фундаменты электрических машин, стремление к минимальным габаритам и весу является оправданным, хотя и при-

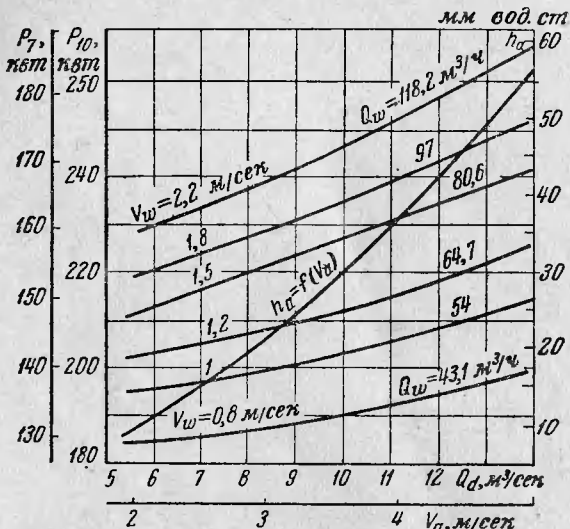


Рис. 17. Характеристики воздухоохладителя типа ВУП-22×6×2500-2 (обозначения величин приведены на рис. 13).

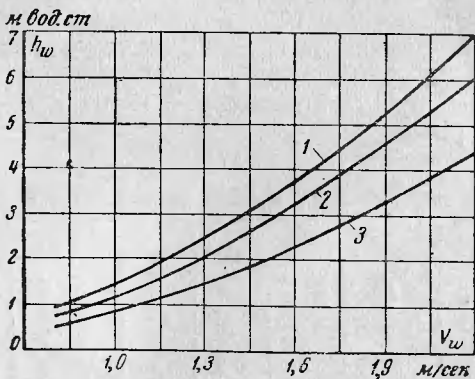


Рис. 18. Кривые зависимости потери давления воды  $h_w$  в воздухоохладителях от ее скорости  $V_w$ .

1—ВУП-16×6×1000-6; 2—ВУП-16×6×1500-4 и ВУП-22×6×1500-4; 3—ВУП-16×6×2500-2 и ВУП-22×6×2500-2.

водит в ряде случаев к значительному увеличению расхода воды.

В условиях промышленных предприятий увеличение расходов воды (более  $0,25 \text{ м}^3/\text{ч}$  на отвод  $1 \text{ кВт}$  потерь) нерационально в связи с увеличением эксплуатационных расходов, особенно при невозможности дальнейшего использования этой воды.

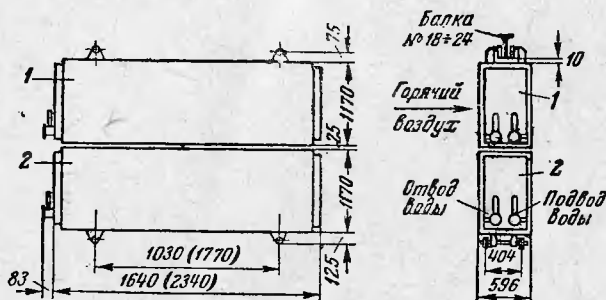


Рис. 19. Воздухоохладители типов ВО-100 и ВО-150.

1 — верхняя секция; 2 — нижняя секция.

В скобках даны размеры для воздухоохладителя типа ВО-150.

Поэтому часто целесообразно выбирать ближайший больший по габаритам воздухоохладитель.

Воздухоохладители типа ВО (рис. 19 и табл. 4) выбирают по отводимым потерям и температуре холодной воды (рис. 20). При незначительном увеличении температуры холодной воды резко уменьшаются отводимые потери.

Таблица 4

Технические данные воздухоохладителей типа ВО (рис. 19)

Тип	Отводимые потери, кВт	Воздух			Вода			Вес (без воды), кг
		Расход $\text{м}^3/\text{ч}$	Потеря давления, мм вод. ст.	Температура (выход), $^{\circ}\text{C}$	Расход, $\text{м}^3/\text{ч}$	Потеря давления, мм вод. ст.	Температура (аход), $^{\circ}\text{C}$	
ВО-100	100	16 300	35	35	42	2,5	25	1 175
ВО-150	150	25 200	35	35	42	4	25	1 300

В теплый период года вода низких температур ( $5\text{--}15^{\circ}\text{C}$ ) может быть получена либо из подземных

скважин, либо от холодильных установок. Однако воды из подземных скважин обычно недостаточно, и она бывает сильно засорена механическими и химическими примесями.

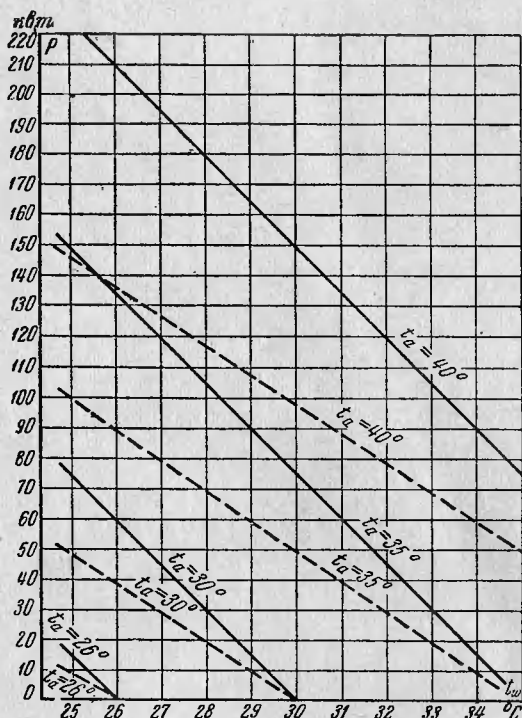


Рис. 20. Характеристики воздухоохладителей типов ВО-150 и ВО-100.

Пунктиром показаны кривые для воздухоохладителя типа ВО-100.

$P$  — отводимые воздухоохладителем потери;  $t_a$  — температура воздуха, входящего в машину (обычно  $+35^\circ\text{C}$ );  $t_w$  — температура воды, входящей в воздухоохладитель; при  $t_w = 25^\circ\text{C}$  и  $t_a = 35^\circ\text{C}$  гарантируется отвод номинальных потерь соответственно 150 и 100 *квт*.

Целесообразность приготовления в летнее время холодной воды с температурой  $5\text{--}10^\circ\text{C}$  с помощью различных холодильных установок должна в каждом случае проверяться экономическим расчетом. В большинстве случаев это оказывается невыгодным, потому что

тепловая энергия, расходуемая на приготовление этой воды, соизмерима с потерями в машинах, для отвода которых эти установки предназначены.

Стоимость технической воды — около  $0,5 \text{ коп/м}^3$ . Стоимость воды, например, температуры  $15-5^\circ \text{C}$ , приготовленной на холодильных пароэжекторных установках (по данным Гипромеза), составляет около  $6-12 \text{ коп/м}^3$  (при стоимости пара  $1,8 \text{ руб/т}$  и перепаде температур воды в воздухоохладителях  $6^\circ \text{C}$ ). Поэтому обычно используют техническую воду.

Выбор воздухоохладителей производится с запасом  $10\%$  к их охлаждающей способности для учета ухудшения их работы в периоды между чистками.

Вода, протекающая через воздухоохладитель, часто бывает засорена механическими примесями, которые образуют на внутренней стороне водоводных трубок воздухоохладителя пленку, ухудшающую условия передачи тепла от воздуха к воде.

Поэтому периодически через сроки, определяемые качеством воды, должна осуществляться чистка трубок от накопившейся грязи.

Чистку осуществляют с обоих торцов воздухоохладителя металлическими шомполами. Для этого воздухоохладители устанавливают так, чтобы оба его торца были доступны для снятия торцовых крышек.

Существует также способ промывки воздухоохладителей противотоком воды — на сброс без снятия с них крышек (рис. 21). При этом скорость воды повышается в  $2-5$  раз. Обычно скорость воды бывает  $0,5-1,6 \text{ м/сек}$ , а при промывке противотоком воды допускается предельная скорость ее до  $2-2,5 \text{ м/сек}$ . Большая скорость воды может повлечь разрушение трубок воздухоохладителя.

При промывке вода прогоняется через воздухоохладитель то в одном, то в другом направлении и каждый раз сбрасывается на слив. При этом получается разрыв водяной струи на выходе, т. е. устраняется подпор и увеличивается скорость воды, благодаря чему прочищаются трубки воздухоохладителя. Иногда чистку дополнительно осуществляют химическим растворением осадков.

При сильно загрязненной воде целесообразна установка на общем вводе фильтров с приспособлением для

хлорирования охлаждающей воды, поступающей в воздухоохладители, с тем чтобы они не засорялись механическими примесями и не обрастали микроорганизмами, содержащимися в воде. Фильтры могут быть также установлены на головных водоочистных сооружениях. Для очистки наружных поверхностей воздухоохладителей к ним подводят горячую воду.

Для лучшего охлаждения воздуха применяют противоточную систему, заключающуюся в том, что вода и воздух движутся навстречу друг другу (горячий воз-

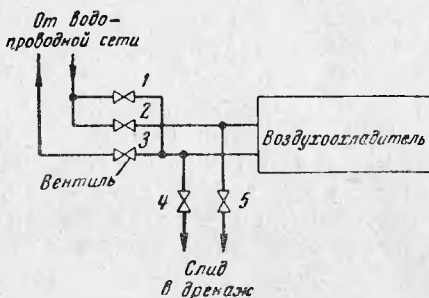


Рис. 21. Схема подсоединения воздухоохладителя к водопроводной сети для промывки противотоком воды. При работе открыты вентили 2 и 3, при промывке открыты поочередно вентили 2 и 4 или 1 и 5.

дух движется навстречу холодной воде), что создает наибольшие разности температур между воздухом и охладителем на всем его протяжении и наибольшую отдачу тепла. Для этого воздухоохладители устанавливают так, чтобы горячий воздух соприкасался с более нагретой стороной воздухоохладителя и наоборот. (Холодная вода поступает в воздухоохладитель со стороны выхода охлажденного воздуха.)

Воздухоохладители в замкнутых системах вентиляции устанавливают по направлению потока воздуха после фильтров для предотвращения попадания на воздухоохладители пыли. Ребра воздухоохладителя почти всегда покрыты конденсированной влагой, которая способствует образованию корки из слипшейся пыли. Эти наросты уменьшают живое сечение воздухоохладителя и снижают отводимые им потери.

Воздухоохладители изготавливаются отдельными секциями. Наиболее часто применяют секции вертикального исполнения: нижние — напольные и верхние — подвесные. Воздухоохладители могут быть установлены друг над другом (в два яруса). При этом лучше используется высота вентиляционного помещения.

Для выкатки нижних секций предусматривают направляющие в полу, а для выкатки верхних секций — металлические балки под потолком вентиляционных помещений. Если установлено несколько комплектов воздухоохладителей, то для возможности индивидуальной выкатки их располагают в плане смещенными друг по отношению к другу (в шахматном порядке).

Воздухоохладители устанавливают с возможностью выкатки их в сторону, противоположную подводу водопроводных труб. Магистральные трубы, подводящие воду к воздухоохладителям, обычно прокладывают в каналах в полу подвала машинного помещения. Прокладка этих труб под перекрытием подвала нежелательна из-за близости к шинам, кабелям и другим коммуникациям, обычно прокладываемым в подвале машинного помещения.

От отдельных групп воздухоохладителей на случай их течи и для целей промывки устраивают уклон полов для стока воды в водосборные приемки, откуда вода откачивается насосом в цеховую водосливную сеть.

## ВЕНТИЛЯТОРЫ

Для вентиляционных установок электрических машин и машинных помещений широко применяют центробежные вентиляторы.

Их изготавливают разных исполнений (рис. 22). Они удобны в компоновке, потому что позволяют осуществлять засос и выброс воздуха под углом  $90^\circ$ . Кроме того, выброс воздуха может осуществляться по касательной к лопастям вентилятора через каждые  $45^\circ$  (рис. 23). К преимуществам этих вентиляторов можно еще отнести то, что вентилятор и его двигатель устанавливаются вне воздухопроводов и, следовательно, более доступны осмотру.

Преимущественно применяют центробежные вентиляторы типов Ц4-70 (рис. 24 и табл. 5) Ц9-57 и др.

Они обладают сравнительно высоким к. п. д.— до 0,8. Эти вентиляторы рассчитаны на производительность до 150 000 м<sup>3</sup> воздуха в час и давление до 200 мм вод. ст.

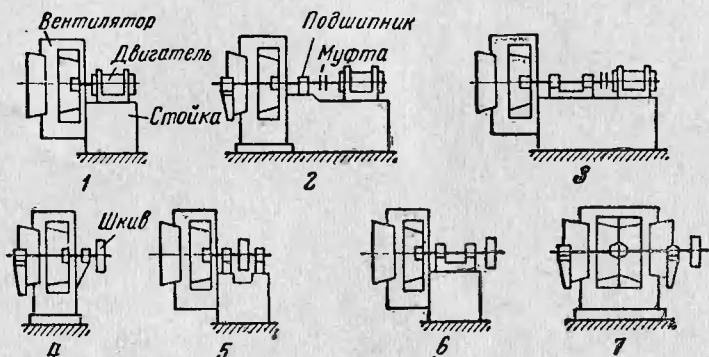


Рис. 22. Исполнения центробежных вентиляторов в зависимости от их сочленения с приводом.

1, 2, 3—непосредственное соединение с двигателем;  
4, 5, 6, 7—соединение с двигателем через клиноременную передачу.

Вентиляторы выбирают по кривым (рис. 25) в зависимости от расхода воздуха и полного давления. При этом нужно стремиться к выбору вентилятора с наи-

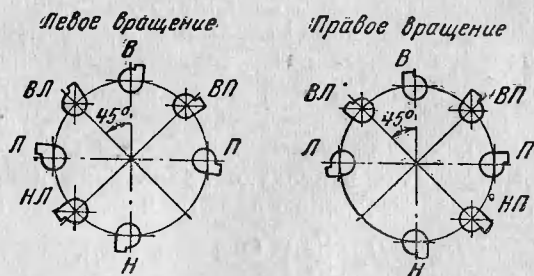


Рис. 23. Положения кожуха центробежных вентиляторов.

Направление вращения указано, если смотреть со стороны привода.

большим или незначительно отличающимся от него к. п. д.

Расход воздуха для машин определяют по данным завода-изготовителя или исходя из 180—210 м<sup>3</sup> воздуха в час для отвода 1 квт потерь.

Для машинного помещения расход воздуха принимают, исходя из отводимых потерь и перепада температур между внутренним и наружным воздухом по формуле (15).

Полное давление складывается из статического и динамического давлений:

$$H_{\text{п}} = H_{\text{с}} + H_{\text{д}} \quad [мм вод. ст.]. \quad (16)$$

Статическое давление состоит из суммы потерь давлений в оборудовании и воздуховодах.

Потери давления в оборудовании (машинах, воздухоохладителях, фильтрах и т. п.) принимают в соответствии с техническими данными оборудования. Потери давления в машинах зависят от конструкции машин и указываются заводом-изготовителем. Потери давления для закрытых (окожуженных) крупных машин

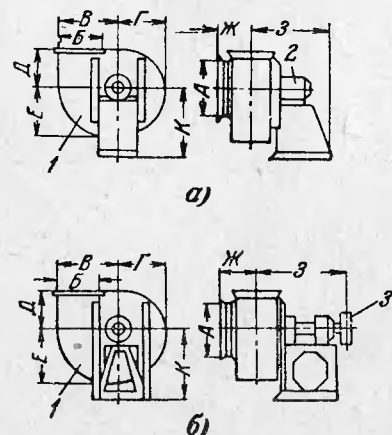


Рис. 24. Общие виды центробежных вентиляторов типа Ц4-70.

а — исполнение 1 (непосредственное соединение с двигателем), вентиляторы № 2  $\frac{1}{2}$ , 3, 4, 5, 6, 7, 8; б — исполнение 6

(соединение с двигателем через клиноременную передачу), вентиляторы № 8, 10, 12, 16.

1 — вентилятор; 2 — двигатель; 3 — шкив. Буквенными индексами указаны основные размеры вентиляторов по табл. 5.

обычно не превосходят 60—100 мм вод. ст.

Потери давления в воздухоохладителях и фильтрах зависят от количества проходящего через них воздуха:

$$H_{\text{ф}} = H_{\text{н}} \left( \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{н}}} \right)^2 [мм вод. ст.], \quad (17)$$

где  $H_{\text{ф}}$  — фактическая потеря давления, мм вод. ст.;

$H_{\text{н}}$  — потеря давления при номинальном расходе воздуха, мм вод. ст.;

$Q_{\text{ф}}$  — фактический расход воздуха, м<sup>3</sup>/сек;

$Q_{\text{н}}$  — номинальный расход воздуха, м<sup>3</sup>/сек.

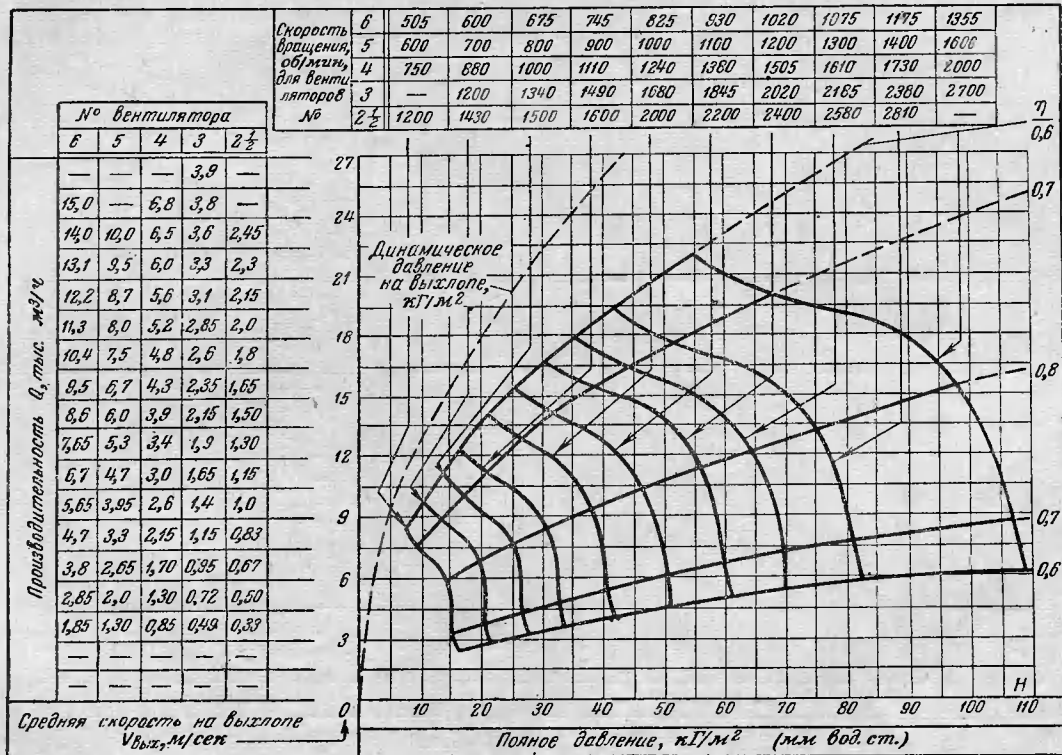
Потери давления в воздуховодах, определяемые трением воздуха о стенки каналов, определяют как

$$H_{\text{в}} = \lambda \frac{l}{d} \left( \frac{v}{4} \right)^2 [мм вод. ст.], \quad (18)$$

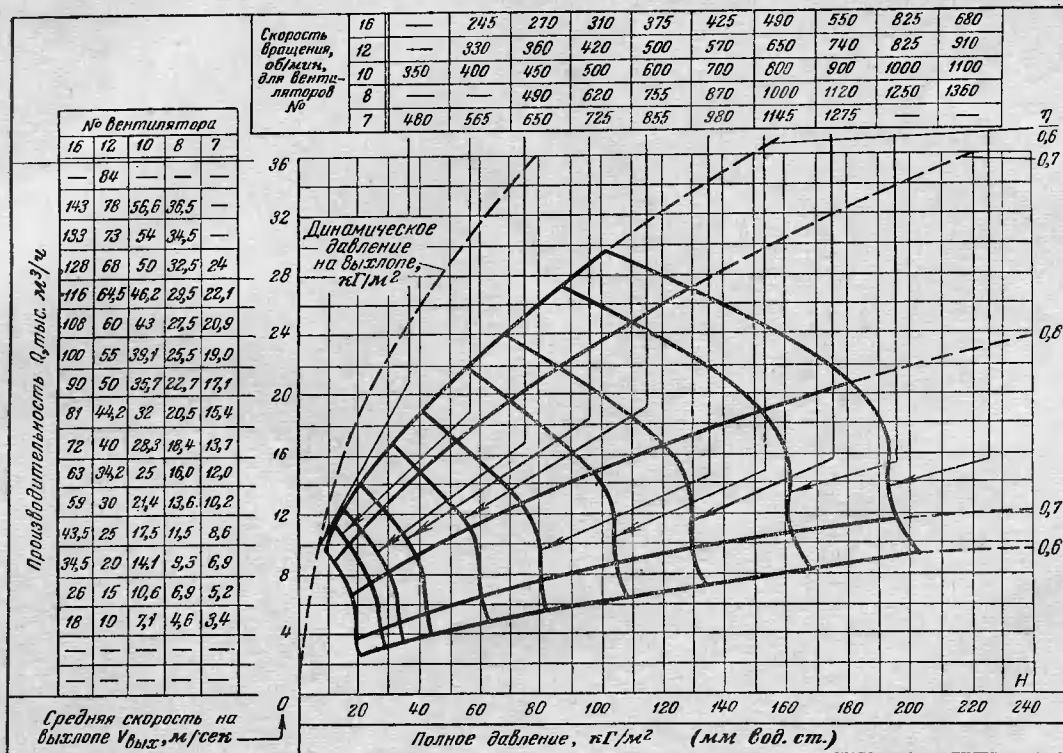
Основные размеры центробежных вентиляторов типа Ц4-70

Вентилятор		Положение кожуха		Размеры, мм (рис. 24)								
№	Исполнение	Левое вращение	Правое вращение	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	К
2 <sup>1/2</sup>	1	П, ВП, В, ВЛ, Л, НЛ, Н	Л, ВЛ, В, ВП, П, НП, Н	250	178	251	200	188	232	109	341	287
3	1	То же	То же	300	214	300	240	228	277	136	392	350
4	1	" "	" "	400	285	403	315	288	365	181	502	460
5	1	" "	" "	500	356	502	390	358	455	221	629	575
6	1	" "	" "	600	426	602	466	421	541	270	743	690
7	1	" "	" "	700	496	707	541	504	613	311	899	805
8	$\frac{1}{6}$	" " П, ВП, В, ВЛ, Л, НЛ	" " Л, ВЛ, В, ВП, П, НП	720	560	839	616	518	718	365	776	890
10	1	П, ВП, В, ВЛ, Л, НЛ, Н	Л, ВЛ, В, ВП, П, НП, Н	1 016	700	1 042	768	643	893	433	1 018	1 103
	6	П, ВП, В, ВЛ, Л, НЛ	Л, ВЛ, В, ВП, П, НП									
12	6	То же	То же	1 200	840	1 242	918	768	1 068	523	1 198	1 281
16	6	—	Л, В, П	1 679	1 120	1 600	1 200	1 010	1 396	664	1 659	1 685

Примечание. Размеры даны по исполнению наибольшего габарита.



а)



б)

Рис. 25. Характеристики для выбора вентиляторов типа Ц4-70.

а — вентиляторы № 2  $\frac{1}{2}$  — б; б — вентиляторы № 7 — 16.

где  $H_B$  — потеря давления на трение в воздуховодах, *мм вод. ст.*;  
 $\lambda$  — коэффициент трения (приближенно 0,02);  
 $l$  — длина воздуховода, *м*;  
 $d$  — диаметр круглого сечения воздуховода, *м* (для прямоугольного сечения воздуховода со сторонами  $a$  и  $b$  эквивалентный диаметр будет  $d_v = \frac{2ab}{a+b}$ );  
 $v$  — скорость воздуха, *м/сек.*

Отсюда потеря давления, например, в прямоугольном воздуховоде длиной 10 *м* и сечением 2 *м*<sup>2</sup> (высота 2 *м* и ширина 1 *м*) при скорости движения воздуха 10 *м/сек* получится

$$H_B = 0,02 \frac{10}{1,33} \left( \frac{10}{4} \right)^2 = 1 \text{ мм вод. ст.} \quad (19)$$

Потери давления в местных сопротивлениях, связанные с изменением скорости или направления движения потока воздуха, принимают ориентировочно 5 *мм вод. ст.* на каждый поворот воздуховода на угол 90°.

Потери давления в вентиляторах на входе и выходе обычно малы и не превышают 5 *мм вод. ст.*

Динамическое давление определяют как

$$H_d \approx \left( \frac{v}{4} \right)^2 [\text{мм вод. ст.}], \quad (20)$$

где  $v$  — скорость воздуха, *м/сек.*

Динамическое давление иногда приближенно учитывают коэффициентом 1,2 к статическому давлению.

Потребную мощность двигателя вентилятора определяют как

$$P_d \approx \frac{QH}{3600 \cdot 102 \eta_v \eta_{II}} [\text{квт}], \quad (21)$$

где  $Q$  — расход воздуха, *м<sup>3</sup>/ч*;

$H$  — полное давление воздуха, *мм вод. ст.*;

$\eta_v$  — к. п. д. вентилятора;

$\eta_{II}$  — к. п. д. передачи, равный при непосредственном соединении вентилятора с двигателем 1, с помощью муфты — 0,98, клиновыми ремнями — 0,95 и плоскими ремнями — 0,9.

Установленную мощность двигателя вентилятора определяют с учетом коэффициента запаса мощности (обычно  $K_3=1,1$ ). Мощность двигателя вентилятора принимают ближайшей большей по шкале мощностей двигателей единой серии.

Предпочтителен непосредственный привод вентилятора от двигателя. Если требуемая скорость вращения вентилятора не совпадает со скоростью вращения двигателя, их соединения осуществляют при помощи клиноременной передачи.

Следует избегать совместной работы двух вентиляторов (параллельной или последовательной) как неэкономичной. При параллельной работе должны применяться одинаковые вентиляторы.

Окружная скорость вентиляторов определяется как

$$v = \frac{3,14Dn}{60} \text{ [м/сек]}, \quad (22)$$

где  $D$  — диаметр рабочего колеса вентилятора, м;  
 $n$  — скорость вращения вентилятора, об/мин.

Допускаемая по условиям механической прочности и относительной бесшумности окружная скорость центробежных вентиляторов в промышленных предприятиях 40—55 м/сек.

В последнее время наряду с центробежными вентиляторами применяют также осевые вентиляторы типов ОМК, ОМКД и др. шахтного типа. Они обладают высокой производительностью в одном агрегате, простым сопряжением с двигателем, высоким к. п. д. (0,7—0,8) и возможностью регулирования давления при помощи поворота лопаток. Недостатком этих вентиляторов является их громоздкость и, следовательно, неудобство установки в стесненных условиях подвалов машинных помещений, а также шум, создаваемый ими при работе.

### ФИЛЬТРЫ

Для очистки от пыли воздуха, охлаждающего электрические машины и машинные помещения, применяют масляные самоочищающиеся фильтры (рис. 26).

Фильтр состоит из металлического кожуха, в котором перемещаются взаимно перекрывающиеся штор-

ки. Эти движущиеся шторки создают на пути воздуха бесконечный фильтрующий слой, периодически передвигающийся с помощью соленоидного или двигательного привода. Каждый привод обслуживает одну-две панели фильтров.

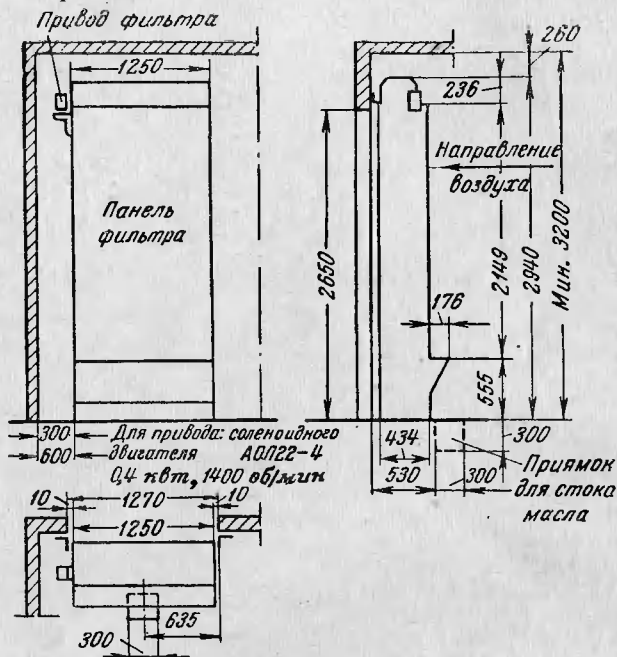


Рис. 26. Масляный самоочищающийся фильтр для воздуха (Славянского завода).

Максимальная пылевая нагрузка  $20 \text{ мг/м}^3$ , пропускная способность  $25000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , скорость воздуха  $2,9 \text{ м/сек}$ , площадь живого сечения  $2,4 \text{ м}^2$ , потеря давления  $14 \text{ мм вод. ст.}$ , степень очистки воздуха  $96-98\%$ , скорость передвижения шторок  $3,5 \text{ мм/мин}$ , вес фильтра  $510 \text{ кг}$ , вес масла  $150 \text{ кг}$  (привод может быть установлен как слева, так и справа от фильтра).

Перемещаясь, запылившаяся часть сетчатых шторок окунается в ванну с маслом, расположенную в нижней части фильтра. При этом шторки очищаются от накопившейся в них пыли. Степень очистки воздуха от пыли в этих фильтрах практически не превышает  $85-90\%$  и зависит от дисперсности (величины) пыли.

Во избежание уноса масла и осаждения его на стенках вентиляционных камер и обмотках машин прини-

мают пропускную способность фильтра 18 000 м<sup>3</sup>/ч, что соответствует скорости воздуха 2,1 м/сек. При сниженной скорости воздух лучше очищается от пыли.

В последнее время при высокой загрязненности фильтруемого воздуха устанавливают масляные самоочищающиеся фильтры ВНИИСТО, имеющие несколь-

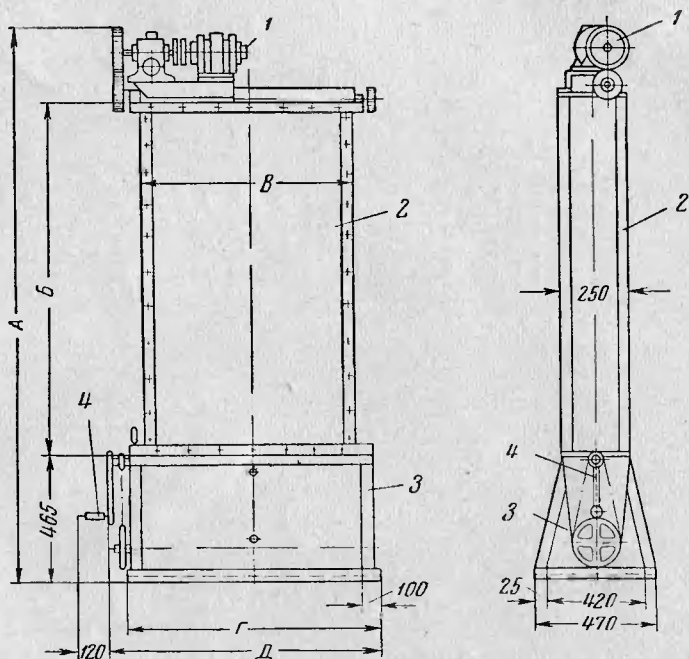


Рис. 27. Масляный самоочищающийся фильтр для воздуха ВНИИСТО (табл. 6).

1—привод (двигатель АОЛ21-4 0,27 квт, 1500 об/мин); 2—фильтрующая поверхность; 3—ванна для масла; 4—мешалка для взмучивания масла (привод может быть установлен как слева, так и справа от фильтра).

ко исполнений по производительности (рис. 27 и табл. 6). В них имеются две последовательно установленные непрерывно передвигающиеся с помощью двигательного привода сетчатые ленты. При этом первая из них по ходу воздуха перемещается со скоростью вдвое большей, чем вторая.

Сетки (четыре фильтрующих слоя) проходят через масляную ванну, где отмываются от осевшей на них

пыли. В нижней части ванны предусмотрена ручная или двигательная мешалка для взмучивания осадка перед удалением отработанного масла. Смена масла требуется при пылесодержании 0,3 кг пыли на 1 л масла.

Для эффективной работы фильтра требуется равномерное распределение воздушного потока по его поверхности. Для очистки панелей масляных самоочищающихся фильтров от грязи предусматривают подвод горячей воды в камеру, где установлены фильтры. Для фильтров целесообразно предусматривать установку для периодической очистки масла.

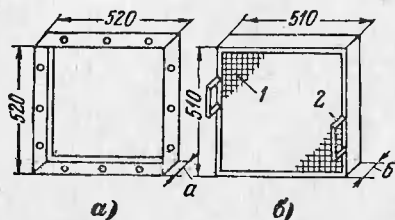


Рис. 28. Масляный кассетный сетчатый фильтр для воздуха (размеры по табл. 7).

*a* — рамка (обойма); *б* — кассета (ячейка). 1 — сетка; 2 — ручка.

Наиболее тонкую степень очистки воздуха (до 98—99%) обеспечивают электростатические фильтры, однако они занимают больше места и значительно дороже, чем масляные самоочищающиеся фильтры.

Масляные самоочищающиеся фильтры применяют при больших расходах воздуха (свыше 10 000 м<sup>3</sup>/ч). При меньших расходах воздуха применяют масляные кассетные, сетчатые фильтры (рис. 28 и табл. 7). Эти фильтры промасливают и затем подсушивают. Это помогает задерживать пыль и предохраняет их от коррозии. Кассеты вставляют в рамки, которые монтируют на каркасе.

По данным ряда обследований, запыленность воздуха на территориях, примыкающих к промышленным предприятиям, например металлургического профиля, оценивается до 2 мг/м<sup>3</sup>. Если принять степень очистки воздуха фильтром 93%, то после фильтрации воздух будет содержать пыли 0,15 мг/м<sup>3</sup>.

Эта концентрация пыли является максимально допустимой для циркуляции в системах вентиляции электрических машин по условиям содержания их в чистоте.

Например, для машины мощностью 5 000 квт при к. п. д. 0,93 и расходе воздуха 210 м<sup>3</sup>/ч для отвода 1 квт потерь количество пыли, заносимое с улицы в машину

Таблица 6

**Технические данные и основные размеры масляных самоочищающихся фильтров  
для воздуха ВНИИСТО (рис. 27)**

Тип фильтра	Пропуск- ная спо- собность, м <sup>3</sup> /ч	Скорость воздуха, м/сек	Площадь живого сечения, м <sup>2</sup>	Потеря давления, мм вод. ст.	Степень очистки воздуха, %	Вес фильтра без масла, кг	Вес масла, кг	Размеры, мм				
								А	Б	В	Г	Д
Кд1006А	10 000	2,8	1	10	99	213	60	2 130	1 374	850	950	1 010
Кд2006А	20 000	2,8	2	10	99	292	110	2 130	1 374	1 610	1 710	1 650
Кд4006А	40 000	3,3	3,4	10	99	485	140	2 630	1 874	2 120	2 220	2 160

Таблица 7

**Технические данные масляных кассетных сетчатых фильтров для воздуха (рис. 28)  
(конструкции ВНИИСТО)**

Модель	Запылен- ность воздуха, мг/м <sup>3</sup>	Колле- ство сеток в кассете, шт.	Расход масла на кассету, г	Сопротивление кассеты при про- изводительности м <sup>3</sup> /ч, кг/м <sup>2</sup> (мм вод. ст.)			Степень очистки при сред- ней запы- ленности, %	Пылеем- кость кассеты, г	Размеры по рис. 28		Вес кас- сеты с рамкой, кг
				1 100	1 500	2 000			а	б	
М (малая) . . . . .	До 5	12	120—200	6	10	16	97—98	До 700	50	70	10
Б (большая) . . . . .	„ 20	18	250—350	6	10	20	97—98	До 1 200	100	120	14,5

Примечания: 1. Сопротивление незапыленных фильтров вдвое меньше сопротивлений, указанных в таблице.

2. Перед установкой кассеты фильтра промасливают. Промывают кассеты горячим содовым раствором при температуре

в течение года (7 000 ч работы) при запыленности наружного воздуха  $2 \text{ мг/м}^3$  и отсутствии фильтров, будет  $5\,000 \cdot 0,07 \cdot 210 \cdot 2 \cdot 7\,000 \cdot 10^{-6} = 1\,000 \text{ кг/год}$ .

Даже если только 10% этой пыли застрянет в машине, то чистка ее будет затруднена. Кроме того, пыль, проносимая через машину транзитом, в зависимости от ее качества и величины может неблагоприятно отразиться на сохранности изоляции обмоток машин (истирание изоляции, перегрев обмоток из-за сужения вентиляционных каналов машины).

При установке фильтров количество пыли снижается до 70 кг в год, что при коротких периодах между чистками позволяет содержать машины в чистоте.

Избавиться от пыли, проникшей в машину, очень трудно, поэтому наружный воздух, подаваемый в электрические машины при проточной системе вентиляции и в машинные помещения, необходимо фильтровать.

В последнее время заводы-изготовители машин требуют установки фильтров в замкнутых системах вентиляции, где общее количество пыли сравнительно невелико и определяется количеством щеточной (графитовой) и коллекторной (медной) пыли (образующейся при трении щеток о коллектор) и пыли, заносимой с воздухом, подсасываемым в систему извне.

По данным обследований, щеточная и коллекторная пыль составляет около 10—20% всей пыли, циркулирующей в замкнутой системе вентиляции.

Количество пыли от износа щеток составляет около 200 г в месяц на каждые 1 000 квт мощности машины постоянного тока. У быстроходных машин (свыше 100 об/мин) количество щеточной пыли значительно выше. По данным эксплуатации, количество щеточной пыли возрастает у машин, работающих с пиковыми нагрузками. Эта пыль обладает проводимостью, бывает очень мелкой и поэтому трудно улавливается фильтрами. Различные виды пыли могут послужить причиной коротких замыканий, замыканий на землю и перекрытий в электрическом оборудовании. Некоторые виды пыли обладают абразивными свойствами, вызывающими повышенный износ коллекторов.

В замкнутых системах вентиляции, где скорости воздуха большие (до 15 м/сек), трудно рассчитывать на осаждение пыли в воздуховодах и ее дальнейшую убор-

ку. В большинстве случаев пыль многократно возвращается в машину.

Пыль, циркулируя с воздухом, попадает на обмотки машин и, осаждаясь на них, ухудшает теплоотдачу, т. е. охлаждение машин. При наличии в воздухе паров масла или большого количества влаги пыль слипается и может быть удалена с большими трудностями.

Кроме того, пылью засоряются внутренние вентиляционные каналы машин, вследствие чего уменьшается количество проходящего через машину охлаждающего воздуха. Во время чистки машин при помощи продувки сжатым воздухом разрушается и преждевременно портится изоляция обмоток машин.

Уборка удаленной из машины пыли производится мощными промышленными пылесосами или централизованной пылеотсасывающей установкой.

Однако установка фильтров в замкнутых системах вентиляции сопряжена с трудностями. Установка масляных фильтров вблизи машин нежелательна из-за возможности заноса воздушным потоком масла или его паров в машину. Применение кассетных фильтров требует постоянного ухода (замена и чистка), выполняемого вручную. Оба вида фильтров требуют много места для их размещения, что встречает затруднения в стесненных условиях фундаментов машин и подвалов машинных помещений. В последнее время ведутся разработки по созданию новых малогабаритных фильтров-ионизаторов. Ожидается, что такой фильтр будет способен улавливать пыль из зоны радиусом 2 м при скорости воздуха 10 м/сек.

### УВЛАЖНЕНИЕ ВОЗДУХА

Содержание влаги характеризуется относительной влажностью воздуха. При данной температуре воздух может быть насыщен только определенным количеством водяных паров. Чем выше температура воздуха, тем большим количеством паров он может быть насыщен, и наоборот. Если воздух был в состоянии насыщения и температура его снизилась, то избыточные пары превращаются в воду (конденсируются).

Относительная влажность воздуха определяется содержанием в нем влаги по отношению к насыщению. Если относительная влажность воздуха 50%, то в нем

содержится только половина того количества влаги, которое при данной температуре соответствует его насыщению. При относительной влажности не более 60% помещения считают сухими.

В последнее время для увлажнения воздуха устраивают водяное орошение брызгального типа. Эти устройства располагают в установках добавочного воздуха перед фильтрами, а в системах вентиляции машин — после воздухоохладителей.

Оросительные устройства при помощи ряда форсунок (сопел) разбрызгивают холодную воду (желательно питьевую или дистиллированную), которая, испаряясь, несколько снижает температуру проходящего воздуха (примерно на 3°С). При этом воздух увлажняется и частично очищается от пыли. Увлажнение особенно требуется, когда влажность воздуха понижена.

Увлажнение воздуха до 40—60% помогает процессу коммутации машин, благоприятно отражается на состоянии изоляции обмоток машин, так как изоляция при этом менее подвержена высыханию, а также увеличивает долговечность щеток. Избыток или недостаток влаги (менее 2 г/м<sup>3</sup>) в воздухе, окружающем коллектор, может быть причиной искрения машин.

Желательно предусматривать возможность регулировки степени влажности, с тем чтобы в жаркие периоды года влажность воздуха в машинном помещении не превышала 30—40%. Большая влажность при высоких температурах воздуха создает неблагоприятные условия для работы обслуживающего персонала.

Во время длительных остановок машины температура ее может оказаться ниже точки выпадения росы<sup>1</sup>; тогда при повышении температуры в машинном помещении избыточная влага из воздуха конденсируется на обмотках машины, снижая ее изоляционные свойства.

Когда машина работает, она, будучи теплее окружающего воздуха, не принимает в себя влагу.

Для обогрева неработающей машины и поддержания ее изоляции сухой при колебаниях температуры в фундаментных ямах устанавливают электропечи (грелки).

---

<sup>1</sup> Точка росы — температура, при которой наступает конденсация находящихся в воздухе водяных паров при охлаждении воздуха в результате соприкосновения его с сухой холодной поверхностью или повышения давления.

Для машин, устанавливаемых в машинных помещениях и работающих по замкнутой системе вентиляции, исключая забор наружного (холодного) воздуха, установка грелок не требуется, потому что во время остановки машин температура воздуха в машинном помещении благодаря дежурному отоплению не снижается ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Для машин, установленных в цехе, установка грелок является обязательной.

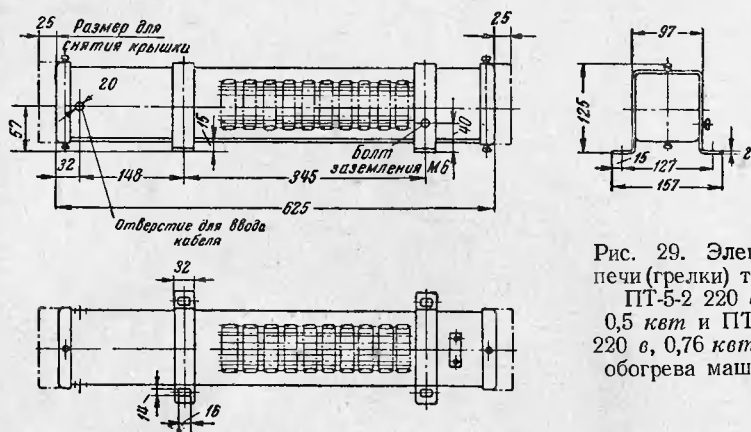


Рис. 29. Электропечи (грелки) типов ПТ-5-2 220 в, 0,5 квт и ПТ-8-2 220 в, 0,76 квт для обогрева машин.

Обычно применяют грелки типа ПТ-10-2 мощностью 1 квт, 220 в переменного тока (рис. 29 и 30). Грелки однофазные и включаются равномерно в три фазы.

Их выбирают в зависимости от поверхности машин:

$$P_{\Gamma} = K \cdot t_{\Pi} \cdot S_{\text{м}}, \text{ вт},$$

где  $P_{\Gamma}$  — мощность грелки, вт;

$K$  — коэффициент теплопередачи, равный  $2,2 \cdot 10^{-2}$  вт/см<sup>2</sup> 0°;

$t_{\Pi}$  — перепад между желаемой температурой машины ( $+5^{\circ}\text{C}$ ) и окружающей средой (например,  $t_{\Pi} = t_{\text{м}} - t_{\text{окр.ср}} = +5^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}) = 15^{\circ}\text{C}$ );

$S_{\text{м}}$  — площадь поверхности машины, см<sup>2</sup>.

Иногда грелки выбирают в зависимости от веса машин, исходя из одной грелки для 5 т веса средних машин (весом до 30 т) и 10 т веса крупных машин (весом свыше 30 т). Грелки обычно устанавливают для машин мощностью свыше 300 квт.

При подаче в машину наружного воздуха (например, в проточных системах вентиляции) с температурой ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  необходим его постоянный подогрев во время работы машины до температуры не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ , а во время стоянок до температуры не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ , при которой не образуется конденсат и не происходит отсыревание обмоток машин.

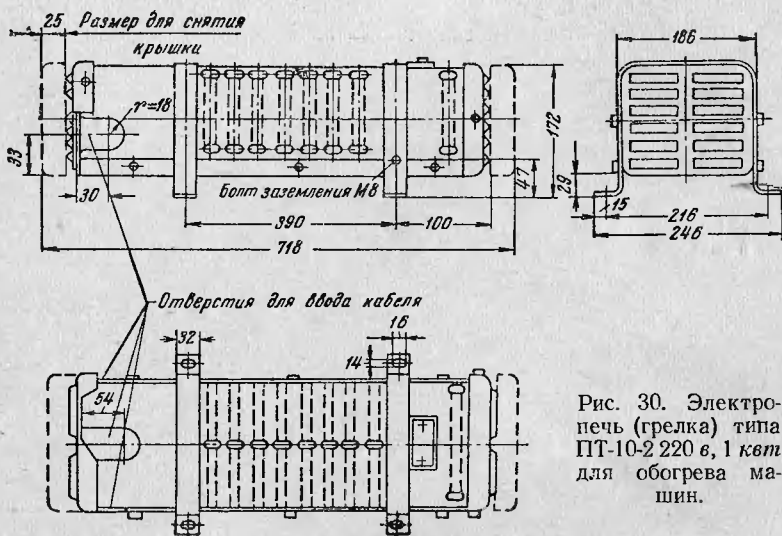


Рис. 30. Электропечь (грелка) типа ПТ-10-2 220 в, 1 квт для обогрева машин.

## ВОЗДУХОВОДЫ

В установку добавочного воздуха должен поступать возможно более холодный и чистый воздух, поэтому целесообразнее засасывать воздух снаружи выше уровня крышки цеха или через шахту, расположенную в тени.

При выборе места вывода воздухозасасывающей шахты наружу следует проверять, не выбрасывается ли поблизости горячий или загрязненный воздух или воздух, насыщенный вредными газами. При этом учитывают преобладающее направление ветров. Иногда забор чистого воздуха осуществляют через туннель с расположением воздухозаборной шахты в зеленой зоне. Жалюзи для забора воздуха располагают на высоте не менее 3 м от уровня земли, чтобы не засасывать почвенную пыль из окружающей среды.

Для уменьшения сопротивления движению воздуха воздуховоды выполняют минимальной длины с наименьшим количеством поворотов, без выступающих углов и резких изменений сечений, а также с гладкой поверхностью.

Гладкая поверхность нужна также для того, чтобы пыль не осаждалась на стенках вентиляционных помещений. Поэтому внутренние стены вентиляционных воздуховодов и камер облицовывают глазурованными керамическими плитками.

Вентиляционные помещения одновременно служат воздуховодами вентиляционной системы, поэтому их размеры должны обеспечивать необходимые сечения на пути движения воздуха.

Сечения воздуховодов ориентировочно определяют допустимой по условиям эксплуатации скоростью воздуха: в воздухозаборных жалюзийных решетках — 2,5—3 м/сек, в каналах и воздуховодах — до 15 м/сек, на выходе после вентилятора — 10—12 м/сек. Иногда принимают в среднем 0,01 м<sup>2</sup> сечения воздуховода на 1 квт потерь.

Скорость воздуха в воздуховодах определяют по формуле

$$v = \frac{Q}{S \cdot 3600} \text{ [м/сек]}, \quad (23)$$

где  $Q$  — расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$S$  — площадь сечения воздуховода, м<sup>2</sup>.

Некоторая экономия места, занимаемого вентиляционными установками, может быть достигнута при выполнении воздуховодов в виде металлических коробов.

Металлические перегородки в воздуховодах, разделяющие каналы горячего и холодного воздуха, следует теплоизолировать во избежание передачи тепла от горячего к холодному воздуху.

Габариты вентиляционных помещений, примыкающих к фундаментам машин, должны обеспечивать нормальные проходы обслуживания вокруг оборудования (не менее 1 м).

Высоту вентиляционных помещений определяют по размерам вентиляционного оборудования. Ее нельзя завышать, так как между перекрытиями вентиляционного и машинного помещений могут прокладываться шины,

кабели и провода. Высота вентиляционных помещений должна обеспечивать возможность свободного прохода обслуживающего персонала.

Входы в вентиляционные помещения в тех случаях, когда давление наружного воздуха на площадь двери из-за разрежения воздуха, созданного внутри помещения, превосходит 30 кг, следует оборудовать тамбурами.

## 6. УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДАМИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

### УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯТОРАМИ

Приводы вентиляторов электрических машин являются простейшими, однако к ним предъявляют требования высокой надежности. Она требуется потому, что машина, работающая с принудительной вентиляцией, как правило, должна быть остановлена, если вентилятор вышел из строя, иначе она подвергнется недопустимому перегреву, а во многих случаях и возможным повреждениям. Для управления приводом вентилятора электрических машин чаще всего применяют станции управления (блоки) типа БУ5126 и др. (рис. 31) в сочетании с универсальными переключателями, осуществляющими дистанционное управление. Станции управления комплектуют в щиты. Пускатели и кнопки для управления приводами вентиляторов электрических машин применяют редко, так как при них трудно выполнить блокировки и сигнализацию. Двигатель вентилятора управляется с одного места (например, со щита), если щит расположен поблизости от вентилятора, или с двух мест, если двигатель и щит управления удалены друг от друга либо расположены в разных помещениях. При управлении с двух мест возможно равноценное управление, когда с любого места можно как включить, так и отключить двигатель вентилятора, и преимущественное управление, когда основное управление осуществляется со щита, а запрет включения и опробование двигателя — с места установки вентилятора (рис. 32). Этот способ управления является наиболее удобным по условиям эксплуатации, хотя и требует дополнительной аппаратуры. Запрет включения необходим для возможности производства работ около привода без опасения, что он будет включен с основного места управления.

Опробование нужно для возможности включения привода с места его установки после осмотра, ревизии или ремонта. Схемой управления приводом вентилятора для электрических машин обычно предусматриваются блокировки двух видов:

1. Запрещающая включение машины до тех пор, пока не пущен вентилятор. Эта блокировка осуще-

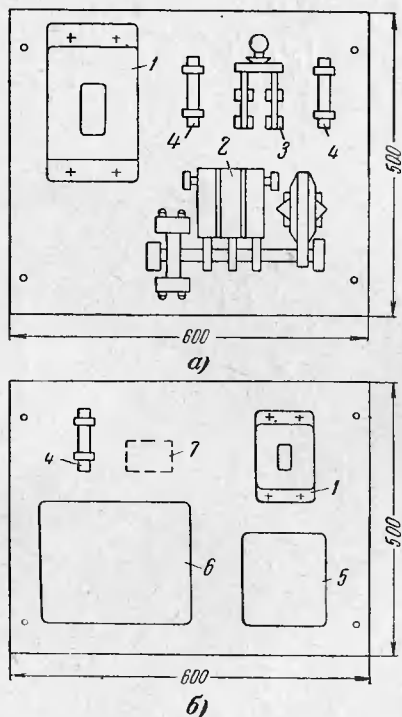


Рис. 31. Станции управления вентиляционными установками.  
 а — блок управления вентилятором типа БУ5126—|3А2|; б — блок управления фильтрами типа БПУФ-1.  
 1 — автомат; 2 — контактор; 3 — рубильник; 4 — предохранитель; 5 — пускатель; 6 — командный электроприбор; 7 — трансформатор.

ствляется блок-контактом линейного контактора привода вентилятора в цепи собранности (готовности) схемы машины. Такая блокировка обычно выполняется для всех крупных машин, работающих с принудительной вентиляцией.

2. Отключающая машину при аварийной остановке вентилятора. Эта блокировка осуществляется блок-контактом линейного контактора привода вентилятора в цепи отключения машин. Такая блокировка обычно выполняется для машин, управляемых из цеха, напри-

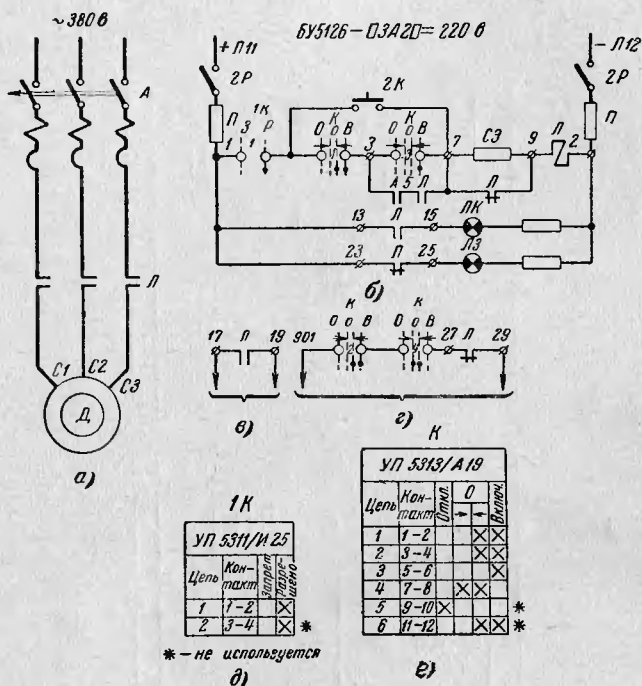


Рис. 32. Элементарная схема управления приводом вентилятора.

а — главные цепи; б — цепи управления; в — блокировка (в схему вентилируемой машины); г — узел (в схему предупреждающей сигнализации); д — ключ запрета (1К); е — ключ управления (К).

мер для прокатных двигателей, когда решение о необходимости отключения машины, продолжающей работать без вентиляции, не может быть возложено на цехового оператора, занятого выпуском продукции. Подобная блокировка не применяется для вращающихся преобразовательных агрегатов, потому что они обычно установлены в электротехнических помещениях, где обслуживающий персонал имеет возможность выяснить

причину остановки вентилятора и, если она незначительна и ее можно устранить, отключение машины может не потребоваться.

Если вентилятор является общим для нескольких машин, собранных в один агрегат, то блокировка действует на отключение приводного двигателя этого агрегата.

При сооружении нескольких вентиляционных установок для одного агрегата его приводной двигатель блокируется с вентиляторами всех установок.

Для приводов вентиляторов, подающих воздух к двигателям производственных механизмов, работающих с принудительной вентиляцией, блокировки не предусматриваются ввиду сложности их осуществления при большом количестве двигателей, обычно вентилируемых от одной повысительной установки. Кроме того, внезапная остановка ряда механизмов во многих случаях невозможна по условиям технологии производства. При аварийной остановке вентилятора дается сигнал в схему аварийной сигнализации об отключении вентилятора, после чего принимаются меры к восстановлению нормальной работы вентиляционной системы. Этот сигнал осуществляется комбинацией из блок-контакта линейного контактора привода вентилятора и двух шайб универсального переключателя с остающимися контактами, позволяющими осуществить сигнализацию на принципе несоответствия между положением переключателя и состоянием привода. (Переключатель находится в положении «включено», а двигатель отключен.) Кроме того, предусматривается сигнализация включенного и отключенного положений вентилятора с помощью ламп. Переключатель и лампы устанавливаются в одном месте, откуда производится основное управление вентилятором, например на щите. Выбор станций управления и проводов к двигателям вентиляторов приведен в табл. 8.

### УПРАВЛЕНИЕ ФИЛЬТРАМИ

Включение двигателя фильтра происходит автоматически от командного электроприбора типа КЭП-12У. Фильтр включается периодически через определенные, равные, заранее установленные промежутки времени. Величину пауз меняют в зависимости от количества пыли в воздухе.

Выбор станций управления, проводов и труб к двигателям с короткозамкнутым ротором типов А, АЛ, АО и АОЛ 380 в, ПВ=100%

Двигатель			Станция управления					Провод АПРТО или АПВ (одножильный)		
Тип	Мощность, квт	Наибольший номинальный ток статора, а	Тип		Ток расцепителя автомата, а	Размеры, мм		проложен		
			Цепи управления			Высота	Ширина	открыто	в трубе	
			220 в постоянного тока	380 в переменного тока				Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Внутренний диаметр трубы, мм
АОЛ	0,27	0,83	БУ5126-ОЗА2А	БУ5120-ОЗА3А	1,6	500	500	3(1×2,5)	3(1×2,5)	25
	0,4	1,14	БУ5126-ОЗА2А	БУ5120-ОЗА3А	1,6					
АО, АОЛ	0,6	1,6	БУ5126-ОЗА2Б	БУ5120-ОЗА3Б	2,4					
А, АЛ,	1	2,8	БУ5126-ОЗА2В	БУ5120-ОЗА3В	4					
АО, АОЛ	1,7	4,3	БУ5126-ОЗА2Г	БУ5120-ОЗА3Г	6,4					
	2,8	6,8	БУ5126-ОЗА2Д	БУ5120-ОЗА3Д	10					
	4,5	11	БУ5126-ОЗА2Е	БУ5120-ОЗА3Е	16					

	7	16	БУ5126-13А2Б	БУ5120-13А3Б	20					
	10	22	БУ5126-13А2В	БУ5120-13А3В	25				3(1×4)	
	14	30	БУ5126-13А2Г	БУ5120-13А3Г	30	500	600	3(1×4)	3(1×6)	
	20	42	БУ5126-13А2	БУ5120-13А3	50			3(1×10)	3(1×10)	
	28	58	БУ5126-23А2А	БУ5120-23А3А	60			3(1×16)	3(1×16)	
	40	81	БУ5126(7)-33А2А	БУ5120(1)-33А3А	120				3(1×25)	40
	55	109	БУ5126(7)-33А2А	БУ5120(1)-33А3А	120	1 000	500	3(1×25)	3(1×50)	50
	75	156	БУ5126(7)-33А2	БУ5120(1)-33А3	170			3(1×50)	3(1×70)	
	100	191	БУ5126(7)-43А2А	БУ5120(1)-43А3А	250			3(1×70)	3(1×95)	70
А, АЛ	125	236	БУ5126(7)-43А2А	БУ5120(1)-43А3А	250	1 000	600	3(1×95)	6(1×50)	2×50
А	160	302	БУ5126(7)-43А2	БУ5120(1)-43А3	300			3(1×120)	6(1×70)	
	200	364	БУ5126(7)-53А2Б	БУ5120(1)-53А3Б	400	1 000	700	6(1×70)	6(1×95)	2×70
	250	455	БУ5126(7)-53А2В	БУ5120(1)-53А3В	500			6(1×95)	6(1×120)	
	320	575	БУ5126(7)-53А2	БУ5120(1)-53А3	600			6(1×120)	9(1×95)	3×70

Примечания: 1. Ток расцепителей (автоматов) и сечения проводов выбраны по наибольшему или близким к ним номинальным токам двигателей указанной мощности.

2. В скобках указаны индексы для станций управления нижнего исполнения.

Для управления одним или несколькими фильтрами, расположенными поблизости, применяют блоки типа БПУФ-1, на которых и установлены командные элект-

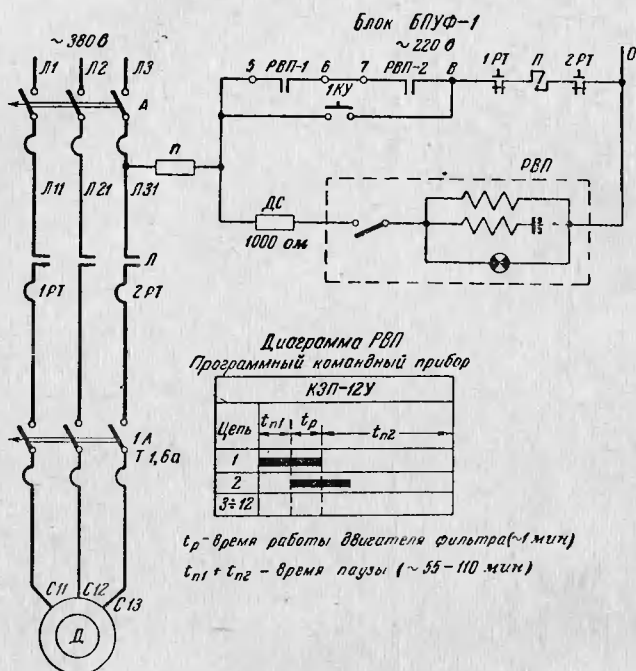


Рис. 33. Элементарная схема управления приводом масляного самоочищающегося фильтра для воздуха.

троприборы КЭП-12У (рис. 33). У фильтров устанавливают кнопку для их ручного опробования и автомат для отключения.

### ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для нормальной работы вентиляционных установок требуется наблюдение за температурой воздуха в машине, а также за температурой воды в воздухоохладителях. У крупных машин ведется также наблюдение за температурой обмоток и стали статора. Измерение осуществляют с помощью термометров сопротивления (рис. 34), меняющих свое сопротивление в зависимости

от температуры и имеющих два исполнения: утепленное — для трубопроводов (для измерения температуры воды и других жидкостей) и открытое — для помещений (для измерения температуры воздуха).

Термометры сопротивления работают в сочетании с показывающими приборами (логометрами), позво-

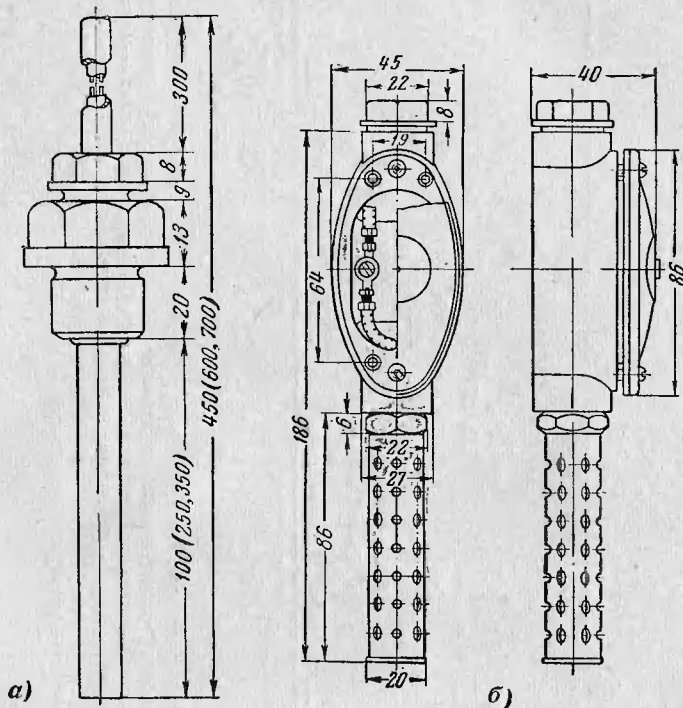


Рис. 34. Термометры сопротивления (медные).

*а*—типа ЭТМ-ХІ для трубопроводов; *б*—типа ЭТМ-ХІІ для помещений.  
Пределы измерений от 50 до 100° С; сопротивление при 0° С 53 ом.

ляющими дистанционно измерять температуру почти одновременно во многих точках вентиляционных установок.

Для измерения температуры воздуха термометры сопротивления устанавливают в воздуховодах на входе воздуха в машину и на выходе его из нее. Если одна вентиляционная установка обслуживает несколько машин, то на входящем холодном воздухе устанавливают

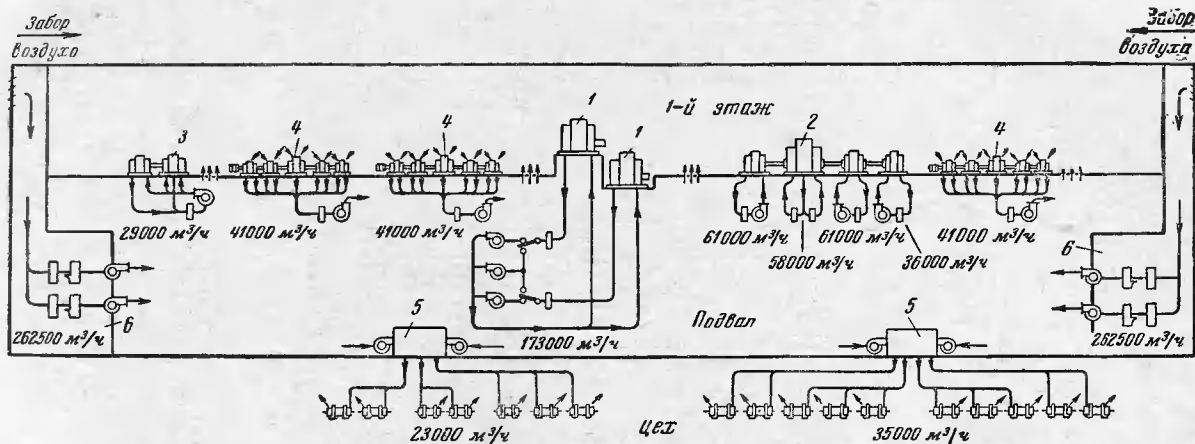


Рис. 35. Принципиальная схема вентиляции машин и машинного помещения.

1—замкнутая система для главного привода; 2—замкнутая система для агрегата, питающего главный привод (приводной двигатель агрегата самовентилируемый); 3—замкнутая система для агрегата, питающего двигателя механизмов; 4—полузамкнутая система для агрегата, питающего двигателя механизмов; 5—проточная система для двигателей механизмов (повысительная установка); 6—установка добавочного воздуха.

Около каждой системы вентиляции указан расход воздуха.

один общий термометр, а на выходящем нагретом воздухе термометры устанавливают отдельно на каждой машине.

Для измерения температуры воды в воздухоохладителях устанавливают один общий термометр сопротивления на поступающей холодной воде и по одному термометру в каждой секции воздухоохладителя со стороны выхода нагретой воды. Это нужно потому, что по разности температур нагретой и холодной воды, а также между нагретым и холодным воздухом можно судить о степени загрязнения воздухоохладителя и необходимости его чистки.

Иногда для ответственных и крупных установок на выходе нагретого воздуха из машин устанавливают температурное реле, подающее предупреждающий сигнал о перегреве воздуха, выходящего из машины, что требует принятия мер к восстановлению допустимой температуры.

На рис. 35 приведена технологическая схема вентиляции крупных электрических машин, двигателей производственных механизмов и машинного помещения для прокатного стана (слябинг). Окончательный выбор вентиляционного оборудования и связанного с ним электрического оборудования производится специализированной организацией, которой расчеты электриков передаются как задание на проектирование вентиляции электрических машин.

---

# БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

## ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

- Голубев М. Л., Аппаратура для проверки релейной защиты и автоматики (Вып. 81)
- Гумин М. И., Схемы управления масляными выключателями, автоматами и контакторами (Вып. 82)
- Ильин Е. В., Монтаж электрооборудования мостовых кранов (Вып. 83)
- Батхон И. С., Масляные выключатели 35 кВ типа ВМ-35 и МКП-35 (Вып. 84)
- Бариев Н. В., Схемы управления электроприводами экскаваторов и их наладка (Вып. 85)
- Минин Г. П., Мегомметр (Вып. 86)
- Анастасиев П. И. и Фролов Ю. А., Воздушные линии до 1000 в (Вып. 87)
- Хомяков М. В. и Якобсон И. А., Термитная сварка многопроводочных проводов (Вып. 88)
- Торопцев Н. Д., Применение трехфазного асинхронного двигателя в схеме однофазного включения с конденсатором (Вып. 89)
- Масанов Н. Ф., Тросовые электропровода (Вып. 90)
- Чернев К. К., Применение защитных средств в электроустановках (Вып. 91)
- Андреевский В. Н., Эксплуатация металлических и железобетонных опор линий электропередачи (Вып. 92)
- Гуревич Г. И., Монтаж подстанций 6—10 кВ с трансформаторами до 560 кВА (Вып. 93)
- Камышев А. Г., Грузовые и пассажирские лифты. Электрооборудование (Вып. 94)
- Семенчев А. В., Машины для погружения в грунт железобетонных свай (Вып. 95)

## ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

- Венецианов Е. А., Особенности монтажа взрывозащищенного электрооборудования
- Гринберг Г. С. и Дейч Р. С., Комплектные устройства электротехнических установок до 500 в
- Клюев С. А. и Михайлова В. Н., Электрическое освещение зданий без фонарей
- Сиданов И. А., Малообъемные масляные выключатели 3—10 кВ
- Назаренко У. П., Эксплуатация воздушных поршневых компрессоров
- Горский В. В., Что нужно знать электрослесарю при монтажных работах

\* \* \*

Госэнергоиздат заказов на книги не принимает и книг не высылает. Книги, выходящие массовым тиражом, высылают наложенным платежом без задатка отделения «Книга — почтой». Такие отделения имеются во всех республиканских, краевых и областных центрах СССР.

Заказ следует адресовать так: название республиканского, краевого или областного центра, книготорга, отделению «Книга — почтой».

Цена 13 коп.