Министерство угольной промышленности СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
по безопасности работ в горной промышленности
МакНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАХТНЫХ АГРЕГАТИРОВАННЫХ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

МАКЕЕВКА—ДОНБАСС
1971

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ
В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(МакНИИ)

Утверждено МакНИИ
29 декабря 1971 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проектированию и эксплуатации шахтных агрегатированных воздухоохладителей

Макеевка-Донбасс
1971

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1. Конструкция	5
П. Рекомендации по проектированию	10
Ш. Выбор и расчет	10
1У. Оптимальные условия работы	15
У. Транспортировка, монтаж и эксплуатация	18
Рисунки 4-26	21-42
Примеры расчета воздухоохладителей	43

Настоящие методические указания разработаны МакНИИ на основании многолетнего опыта проектирования и эксплуатации шахтных воздухоохладителей, а также теоретических исследований, выполненных в последние годы.

В указания включены данные о конструкции и технической характеристике шахтных агрегатированных воздухоохладителей, серийный выпуск которых освоен Моспинскими ЦЭММ треста Донецкуглеобогащение. Дается графоаналитический расчет (выбор) и приводятся рекомендации по монтажу и эксплуатации воздухоохладителей.

Методические указания являются руководящим материалом и предназначены для инженерно-технических работников проектных организаций и угольных шахт (комбинатов), эксплуатирующих шахтные холодильные установки кондиционирования воздуха.

Настоящие указания составлены научными сотрудниками кандидатом технических наук Черниченко В.К. и инженером Юцкевичем М.В.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Агрегатированные воздухоохладители относятся к группе местных воздухоохладителей и предназначены для обработки воздуха, поступающего в очистные и подготовительные забои шахт. Агрегаты периодически передвигаются по мере отработки лавы или прохождения тупиковой выработки.

Основной диапазон изменения холодопотребности очистных и подготовительных выработок шахт покрывается рядом агрегатов, состоящим из семи типоразмеров (табл.1).

Три типа агрегатов оборудованы электровентиляторами и четыре - пневмовентиляторами. Первые предназначены для установки в выработках шахт, допускающих применение электроэнергии. Вторые устанавливаются в выработках, где применение электроэнергии запрещено.

В качестве хладоносителя, подаваемого в агрегатированные воздухоохладители, служит вода.

Для охлаждения рудничного воздуха, поступающего в лаву, в случае необходимости могут быть установлены параллельно или последовательно несколько агрегатированных воздухоохладителей.

1. Конструкция

Агрегатированные воздухоохладители собираются на специальной тележке из типовых ребристотрубных секций (рис.1). Крепление секций между собой и к раме тележки производится при помощи болтовых соединений. Трубки располагаются горизонтально. Электровентиляторы размещаются на самостоятельной тележке, а пневмовентиляторы крепятся непосредственно на диффузоре воздухоохладителя. Общие виды агрегатированных воздухоохладителей представлены на рис.2,3.

Агрегаты изготавливаются (в зависимости от заказа) для колеи 600 и 900 мм.

Для обеспечения установки воздухоохладителя у стенки выработки или в ее уширении, без специальной прокладки рельсового пути со стрелкой для заезда, агрегаты оборудованы стационарными винтовыми домкратами и катками. Для удобства установки домкраты выполнены поворотными.

Таблица 1

Техническая характеристика ряда агрегатированных воздухоохладителей

Тип агрегата	Габариты аппарата xx), мм			Количество рядов, секций		№ секций	Тип вентилятора	Вес агрегата
	длина	ширина	высота	по высоте	по ходу воздуха			
АРВЭ-1	4120	1220	1250	3	8	1	ВМ-5	3770
АРВЭ-2	4120	1220	1550	4	8	1	ВМ-6 x)	4132
АРВЭ-3	4120	1220	1841	5	8	1	ВМ-8 x)	5978
АРВП-1	2952	950	1250	3	8	0	ВМП-4	1960
АРВП-2	3250	950	1250	3	8	0	ВМП-5	1970
АРВП-3	3430	950	1250	3	8	0	ВМП-6	2140
АРВП-4	3430	950	1550	4	8	0	ВМП-6	2580

Примечания: x) Временно, до освоения серийного выпуска вентиляторов ВМ-6 и ВМ-8, агрегат АРВЭ-2 оборудуется двумя вентиляторами ВМ-5, агрегат АРВЭ-3 - двумя вентиляторами СВМ-6М.

xx) Длина агрегата определена с учетом размера вентилятора на тележке при условии непосредственного (через гибкую вставку) соединения воздухоохладителя с вентилятором и без конфузора.

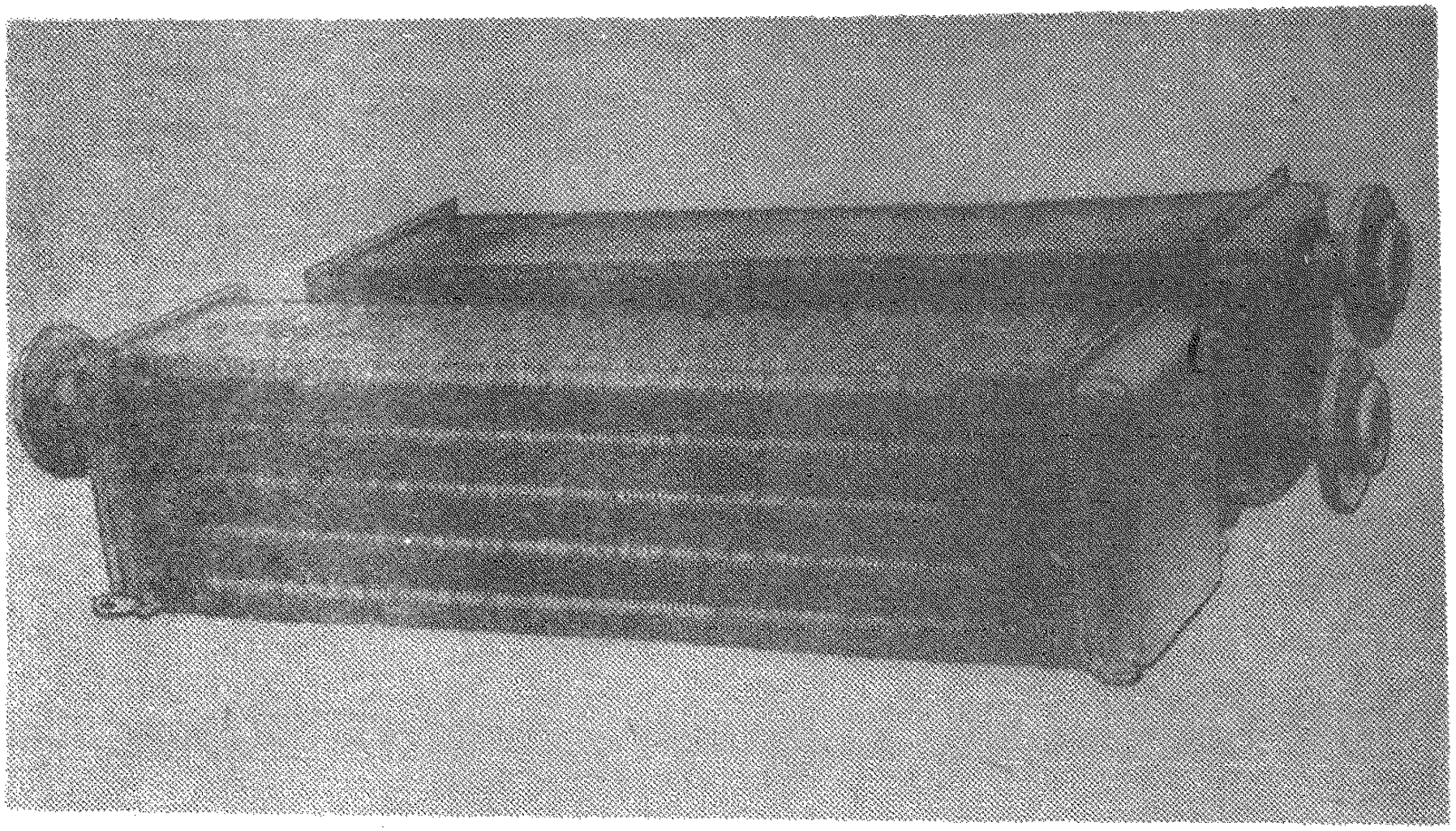


Рис. 1. Секция воздухоохладителя.

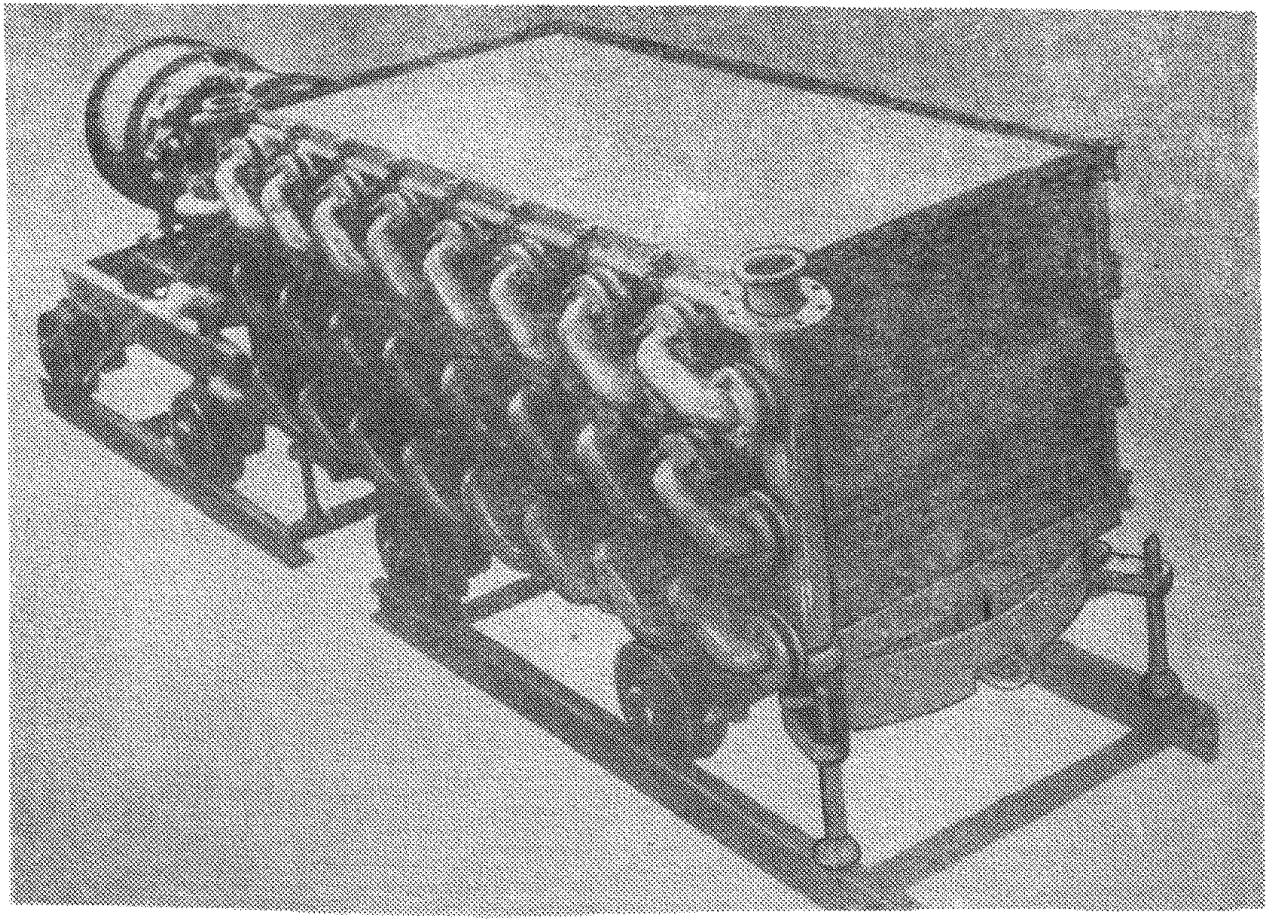


Рис. 2. Агрегатированный воздухоохладитель АРВЭ-1.

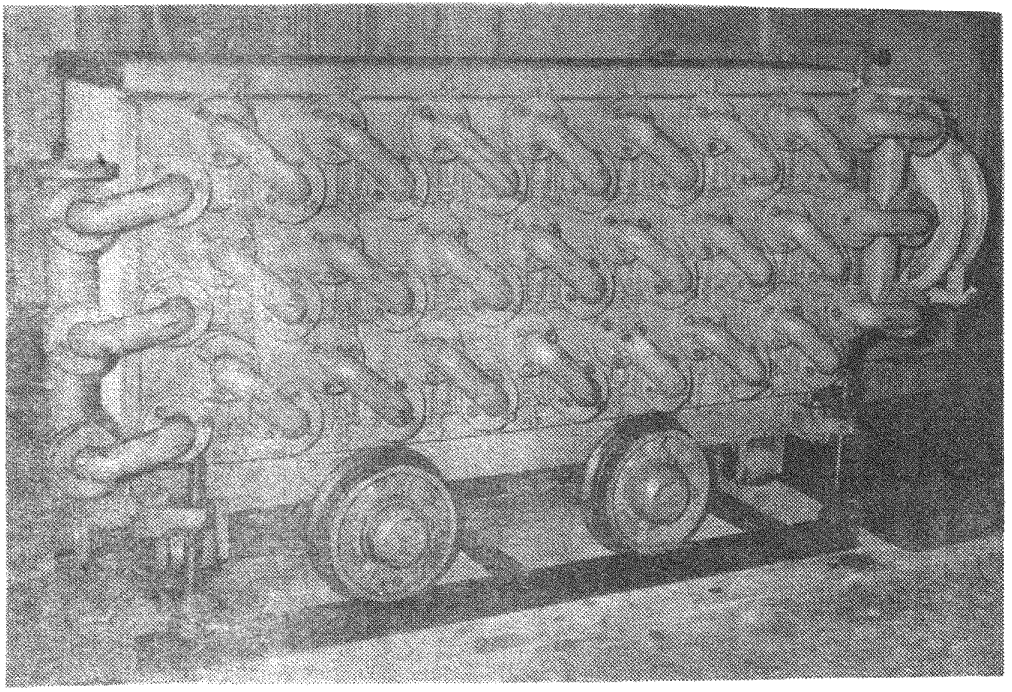


Рис. 3. Агрегатированный воздухоохладитель АРП-1.

Тележки оборудованы буферными и прицепными устройствами из нормализованных деталей, которые обеспечивают транспортировку воздухоохладителей в шахте.

П. Рекомендации по проектированию

Агрегатированные воздухоохладители используются в схемах местного охлаждения рудничного воздуха стационарными холодильными установками.

Выбор места установки аппарата в выработке производится на основании результатов тепловых расчетов и технико-экономических решений. Агрегаты устанавливаются у стенки горной выработки или в ее уширении (рис.4) с соблюдением зазоров, обусловленных Правилами безопасности.

В проекте размещения воздухоохладителя в горной выработке необходимо предусматривать установку запорной арматуры и измерительных средств в соответствии с принципиальной схемой, приведенной на рис.5. В качестве расходомеров применяются скоростные счетчики или дроссельные расходомеры.

В проектах установки воздухоохладителей необходимо: предусматривать разрыв струи хладоносителя либо устройство расширительной емкости, устанавливать вентилятор так, чтобы воздухоохладитель находился только на стороне нагнетания воздуха; хладоноситель подключать в противоток движению охлаждаемого воздуха.

Перед воздухоохладителем на линии хладоносителя необходимо устанавливать фильтр-отстойник (грязевик промывочный), выполняемый по нормали МН-1265-56, общий вид которого приведен на рис.6.

Соединение вентилятора с воздухоохладителем производится по схемам, представленным на рис.7.

Максимальный расход охлаждаемого воздуха достигается в схеме "а", поэтому ее следует считать основной.

Ш. Выбор и расчет

Работа воздухоохладителя должна обеспечить покрытие всей холодопотребности участка (забоя). Однако каждый агрегатированный воздухоохладитель имеет постоянную теплообменную поверхность и может обработать определенное количество воздуха. В этих условиях расчет

сводится к определению необходимого режима работы агрегата, выбранного из типового ряда. При проектировании и эксплуатации возможны различные задачи. Наиболее характерные разобраны на примерах, приведенных в конце настоящих указаний.

Исходными данными для расчета воздухоохладителей являются:

холодопотребность $-Q_в$, ккал/час
расход вентиляционного
воздуха по штреку $-V$, м³/мин
параметры воздуха до охлаждения:
температура по сухому термометру $-t^c_р$, град;
температура по мокрому термометру $-t^м_р$, град.

Эти данные определяются в результате прямого и обратного тепловых расчетов вентиляционного воздуха.

По величине холодопотребности и возможному расходу вентиляционного воздуха через аппарат необходимо, используя таблицу 2, выбрать тип агрегатированного воздухоохладителя, производительность которого наиболее близка к требуемой. При этом следует учитывать, что наиболее благоприятные гигиенические условия и режим работы аппарата создаются в том случае, когда через воздухоохладитель проходит близкая к единице доля воздуха от воздуха, проходящего по выработке. Исходя из этого, во всех случаях, когда воздухоохладитель непосредственно соединен с вентилятором (рис.7а), долю воздуха, проходящего через аппарат, следует доводить до 0,9÷0,95.

Расход воздуха через аппарат определяется по графикам рис.8,9, на которых, кроме характеристик вентиляторов, представлены аэродинамические характеристики воздухоохладителей для случая, когда вентиляторы непосредственно соединены с диффузорами аппаратов.

Если вентиляционная сеть дополняется воздуховодами, включенными между вентилятором и воздухоохладителем, либо устанавливаемыми после аппарата, тогда аэродинамическое сопротивление сети увеличивается. Для определения фактического расхода воздуха через аппарат следует рассчитать характеристику данной вентиляционной сети, использовав соответствующие инструктивные материалы по расчетам шахтных воздуховодов, и совместить ее с характеристикой вентилятора. Величину аэродинамического сопротивления конфузора в расчетах рекомендуется принимать равной 0,57 кμ.

Таблица 2

Нормализованная производительность агрегатированных воздухоохладителей

Тип агрегата	Холодопроизводительность x), тыс.ккал/час	Расход воздуха (расчетный), $м^3$/мин	Аэродинамическое сопротивление $\frac{кг\ сек^2}{м^3}$	Расход хладоносителя (расчетный), $м^3$/час
АРВЭ-1	131,5	268,0	5,6	24,0
АРВЭ-2	205,0	438,0	3,14	33,0
АРВЭ-3	287,0	618,0	2,0	43,0
АРНП-1	90,5	150,0	11,9	24,4
АРНП-2	111,5	200,0	11,9	24,4
АРНП-3	129,5	250,0	11,9	24,4
АРНП-4	173,0	330,0	6,7	32,5

x) Холодопроизводительность рассчитана для условий : температура рудничного воздуха $t^c_p = 26^oC$; относительная влажность воздуха $\varphi_p = 0,85$, удельный вес $\gamma = 1,275$ кг/$м^3$. Барометрическое давление $B = 825$ мм рт.ст.;
температура хладоносителя на входе в агрегат $t_ж = 10^oC$.

В связи с тем, что фактические условия работы воздухоохладителя отличаются от нормализованных, то есть принятых при составлении табл.2, холодопроизводительность аппарата будет отличаться от приведенной в таблице. Поэтому необходимо учесть отклонение холодопроизводительности аппарата от нормализованной.

Для обеспечения расчетных температур рудничного воздуха холодопроизводительность воздухоохладителя должна равняться холодопотребности в месте установки аппарата $Q_a = Q_б$

Действительная холодопроизводительность аппарата определяется по формуле x)

$$Q_a = Q_o \cdot n_\varphi \cdot n_в \cdot n_\gamma \cdot n_v \cdot n_t \cdot n_{v_ж}, \text{ ккал/час}, \qquad (1)$$

где Q_o - нормализованная холодопроизводительность агрегата, $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$;

n_φ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние относительной влажности;

$n_в$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние барометрического давления;

n_γ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние удельного веса рудничного воздуха;

$n_{v_в}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние расхода воздуха через аппарат;

n_t - поправочный коэффициент, учитывающий влияние начальных температур рудничного воздуха и хладоносителя;

$n_{v_ж}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние расхода хладоносителя через аппарат.

Численное значение величины нормализованной холодопроизводительности Q_o принимается по табл.2.

В каждом конкретном случае величины коэффициентов $n_в$, n_φ, n_γ являются постоянными, не зависящими от воли проектировщика. Величина коэффициента $n_{v_в}$ определяется принятой схемой взаимной установки воздухоохладителя и вентилятора.

Исходя из требований, изложенных в разделе II настоящих указаний, схема соединения вентилятора с воздухоохладителем выбирается

---

x) Действительная холодопроизводительность учитывает количество тепла, выделяющееся в вентиляторе.

из условий максимального пропуска воздуха через агрегат с учетом горно-технических и горно-геологических факторов. Таким образом, в каждом конкретном случае для свободного варьирования остаются лишь величины, определяющие значения коэффициентов n_t и $n_{v_ж}$.

Для определения величины относительной влажности рудничного воздуха по данным "сухой" и "мокрой" температур можно воспользоваться графиком (рис. 10).

Барометрическое давление воздуха в месте расположения воздухоохладителя определяется по формуле:

$$B = P_б + 0{,}09H, \text{ мм рт. ст.}; \qquad (2)$$

где $P_б$ – барометрическое давление атмосферного воздуха, мм рт. ст.;
H – глубина, на которой проходит выработка в месте установки воздухоохладителя, м;

Для определения удельного веса рудничного воздуха следует определить по графику (рис. 11) парциальное давление насыщенных водяных паров в рудничном воздухе. Удельный вес рудничного воздуха определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{B - 0{,}38P_1}{2{,}15(273 + t^c_p)}, \text{ кг/м}^3 \qquad (3)$$

где $P_1 = \varphi \cdot P_н$ – парциальное давление водяных паров в рудничном воздухе, мм рт. ст.

Поправочные коэффициенты n_φ, n_B и n_γ определяются по графикам на рис. 12, 13, 14.

Поправочный коэффициент $n_{v_б}$ определяется для соответствующего агрегата по графикам на рис. 15, 16.

Приняв температуру хладоносителя на входе в воздухоохладитель $t_ж$ с учетом предполагаемого режима работы всех воздухоохладителей, холодильных машин, протяженности сети трубопроводов и вида изоляции, по соответствующей номограмме на рис. 17, 18, 19, 20, 21 определяется значение коэффициента n_t на пересечении кривой $t_ж = const$ с соответствующим значением температуры рудничного воздуха t^c_p.

Величина последнего неизвестного коэффициента $n_{v_ж}$ определя-

ется из формулы (1), записанной в виде

$$n_{V\text{ж}} = \frac{Q_a}{Q_0} \frac{1}{n_\varphi \cdot n_s \cdot n_z \cdot n_w n_t} \qquad (4)$$

Используя графики (рис.22,23), по величине коэффициента $n_{V\text{ж}}$ определяется расход хладоносителя через воздухоохладитель, который при соблюдении всех приведенных выше параметров охлаждаемого воздуха и хладоносителя обеспечит необходимую холодопроизводительность.

Потеря напора хладоносителя определяется по рис.24.

1У. Оптимальные условия работы

1. При выборе режима работы воздухоохладителя с учетом конкретных значений тепловлажностных параметров рудничного воздуха в месте установки аппарата возможны случаи, когда расчетное количество хладоносителя выйдет за пределы рекомендуемого диапазона, представленного на графиках (рис.22, 23). Если потребное количество хладоносителя меньше минимального, это свидетельствует о том, что выбран аппарат большего типоразмера. Если потребное количество хладоносителя больше максимального, холодопотребность превышает возможную холодопроизводительность аппарата в выбранных условиях.

В том и другом случае необходимо выполнить перерасчет режима работы воздухоохладителя по методике, представленной в разделе Ш, с учетом следующих рекомендаций, которые представлены в порядке, соответствующим их экономической и технической целесообразности.

А. Если расчетный расход хладоносителя ниже минимального рекомендуемого расхода, необходимо:

а) принять к установке агрегат меньшего типоразмера;

б) увеличить температуру хладоносителя на входе в аппарат (только за счет изменения режима работы холодильной машины, если это возможно осуществить без ущерба для других аппаратов);

в) снизить расход охлаждаемого воздуха, то есть уменьшить долю охлаждаемого воздуха от всего количества вентиляционного воздуха, проходящего по выработке в месте установки воздухоохладителя.

Б. Если расчетный расход хладоносителя выше максимального рекомендуемого расхода, необходимо:

а) приблизить агрегат к объекту охлаждения;
б) принять к установке агрегат большего типоразмера;
в) установить два агрегата параллельно по охлаждаемому воздуху (рис.25 в,г);
г) установить два агрегата последовательно по охлаждаемому воздуху (рис.25 а,б);
д) снизить температуру хладоносителя на входе в аппарат.

2. При реконструкции шахтной холодильной установки могут возникнуть такие условия, когда существующая сеть хладоносителя и насосы не смогут обеспечить расчетный расход хладоносителя.

В этих случаях необходимо определить величину расхода хладоносителя, которая может быть обеспечена существующей сетью, и принять ее в расчете воздухоохладителя.

Для обеспечения потребной холодопроизводительности агрегата необходимо:

а) приблизить агрегат к объекту охлаждения;
б) принять к установке агрегат большего типоразмера;
в) снизить температуру хладоносителя на входе в агрегат;
г) установить два агрегата параллельно по охлаждаемому воздуху;
д) установить два агрегата последовательно по охлаждаемому воздуху.

При установке двух агрегатов последовательно по воздуху (рис.25 а,б) во всех случаях, когда расход хладоносителя меньше максимального, хладоноситель следует направлять последовательно через оба аппарата (рис.25 б). В случае, если расход хладоносителя выше максимально-допустимого, рекомендуется параллельная схема соединения (рис.25 а).

В случае установки двух воздухоохладителей последовательно по обрабатываемому воздуху необходимо проверять возникающие перепады температур с тем, чтобы предотвратить простудные заболевания у горнорабочих, вызываемые переходом из зоны с высокой температурой в зону с низкой температурой воздуха.

При установке двух воздухоохладителей параллельно по обрабатываемому воздуху (рис.25 в,г), если расход хладоносителя меньше

двойного минимально-допустимого, рекомендуется последовательная схема соединения аппаратов по воде (рис.25 г). Общая холодопроизводительность двух аппаратов определяется по формуле

$$\sum Q_a^{пос} = \left(2 - 0{,}065 \frac{Q_o \cdot n_\varphi \cdot n_\gamma \cdot n_в \cdot n_{v_б} n_{v_ж}}{c_ж \cdot G_ж}\right) Q_o \cdot n_\varphi \cdot n_\gamma \cdot n_в \cdot n_{v_б} n_{v_ж} \cdot n_t \,, \quad (5)$$

Если расход хладоносителя выше максимально-допустимого, производят параллельное подключение аппаратов к сети хладоносителя (рис.25 в). Хладоноситель распределяют поровну между двумя аппаратами, а общая холодопроизводительность их равна удвоенной холодопроизводительности одного аппарата

$$\sum Q_a^{пар} = 2 Q_o \cdot n_\varphi \cdot n_в \cdot n_\gamma \cdot n_{v_б} n_t \cdot n_{v_ж} \,. \quad (6)$$

В том случае, если величина расхода хладоносителя находится в пределах от двойного минимального до максимально-допустимого, возможно как последовательное, так и параллельное подключение аппаратов по хладоносителю. Выбор целесообразной схемы подвода хладоносителя производится по графику (рис.26). Выше граничных линий находится область применения параллельного, ниже - последовательного подвода хладоносителя.

3. По мере отработки лавы воздухоохладитель необходимо передвигать вслед за забоем. Величина шага переноски аппарата определяется из технико-экономических соображений по формуле

$$\ell = \sqrt[3]{\frac{CL}{2MN}} \,, \text{ м}, \quad (7)$$

где C - стоимость одной переноски, руб;

L - длина участка до границы шахтного поля, м;

$$M = KG \frac{1+\varepsilon}{W} \quad (8)$$

Здесь K - коэффициент стоимости 1000 ккал холода, руб/ккал;

G - средний расход воздуха по выработке, кг/час;

W - скорость подвигания лавы, м/час;

$\varepsilon = \frac{r \cdot \Delta d}{c_p \cdot \Delta t}$ - отношение тепла, внесенного влагой, к "сухому" теплу в откаточном штреке длиной L ;

$$N = A_1 \cdot c_p (T_n - t_o) + \frac{U q_o}{G} \qquad (9)$$

Здесь A_1 - коэффициент, учитывающий теплообмен между воздухом и массивом, определяется по методике ИТТФ АН УССР, 1/м;

C_p - теплоемкость рудничного воздуха, ккал/кг град, (Ср=0,24);

T_n - температура породы, град;

t_o - температура рудничного воздуха, град;

U - периметр горной выработки, м;

q_o - тепловыделение от окисления, определяется по методике ИТТФ АН УССР, ккал/м^{2}час;

γ - теплота парообразования, ккал/кг, (γ =597);

Δd - приращение влагосодержания воздуха на участке шахтного поля длиной L, кг/кг;

Δt - приращение температуры воздуха на участке шахтного поля длиной L, град.

Приращение влагосодержания Δd и температуры воздуха Δt на участке штрека длиной L определяется на основании тепловых расчетов рудничного воздуха без охлаждения по методике ИТТФ АН УССР.

У. Транспортировка, монтаж и эксплуатация

Доставка воздухоохладителя к месту установки производится в собранном виде без вентилятора. Вентилятор транспортируется отдельно.

ТРАНСПОРТИРОВКА ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ В СОСТАВЕ ПАРТИИ ШАХТНЫХ ВАГОНЕТОК НЕ ДОПУСКАЕТСЯ !

Снятие воздухоохладителя с рельс и установка в выработке производится с использованием домкратов и катков.

Для этого необходимо: воздухоохладитель поднять на домкратах, оперев их на рельсовый путь, подложить под катки поперечные направляющие, например деревянные брусья или шпалы, освободить домкраты и передвинуть воздухоохладитель на катках к месту установки. Для обеспечения подъема на домкратах и перемещения на катках необходимо следить за наличием смазки на трущихся поверхностях.

Размещение воздухоохладителя в выработке необходимо производить в строгом соответствии с проектом. Не допускать загроможде-

ния выработки со стороны всасывания вентилятора и на выходе охлажденного воздуха из воздухоохладителя.

Подключение к сети хладоносителя выполняется в соответствии с принципиальной схемой (см.рис.5), с установкой необходимой запорной арматуры и измерительных устройств.

При подключении воздухоохладителя к системе хладоносителя последняя должна быть очищена от грязи и промыта. Заполнение системы хладоносителя следует производить при открытых воздухоспускных вентилях на фильтре-отстойнике и исходящем трубопроводе хладоносителя.

Оценка работы воздухоохладителя производится по количеству вырабатываемого холода. Холодопроизводительность агрегата определяется как произведение расхода хладоносителя, определяемого по расходомеру, на разность температур хладоносителя на входе и выходе из воздухоохладителя.

Для измерения расхода хладоносителя включается расходомер, для чего открывают задвижку до и после расходомера и перекрывают задвижку на обводной магистрали (см.рис.5).

Регулирование количества хладоносителя через аппарат осуществляется только с помощью задвижки на подающей ветви хладоносителя. После распределения хладоносителя по всем агрегатам полностью открывают задвижки на обводных линиях и отключают расходомеры. В период эксплуатации расход хладоносителя определяется не реже одного раза в месяц и производится соответствующая запись в журнале.

Замер температур хладоносителя производят ртутными термометрами с ценой деления не более 0,5°С. Перед измерением температуры хладоносителя необходимо убедиться в наличии масла в термогильзах.

Уменьшение с течением времени производительности воздухоохладителя при неизменном расходе и температуре рудничного воздуха может явиться следствием уменьшения расхода хладоносителя или загрязнения теплообменной поверхности аппарата. При уменьшении нагрева хладоносителя на величину более 15 % от расчетной необходимо определить причины уменьшения нагрева и устранить их.

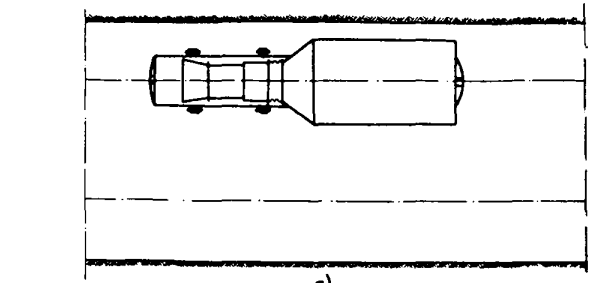
Степень загрязнения наружной поверхности воздухоохладителя определяется визуально. Промывку воздухоохладителя следует производить струей воды из брандспойта. При этом целесообразно снимать

верхнюю крышку с аппарата. Периодичность и продолжительность очистки определяется практическим путем в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

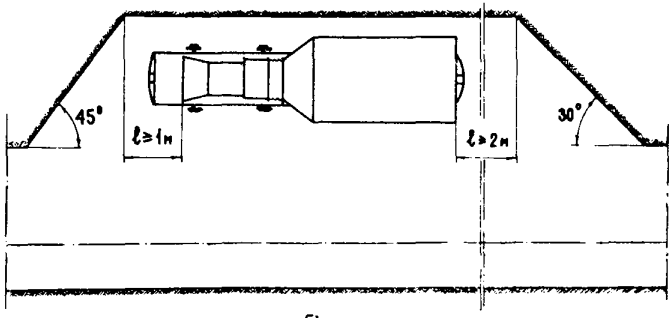
Уменьшение расхода хладоносителя, вызванное загрязнением внутренней поверхности трубок, устанавливается на основании замеров перепада давления хладоносителя до и после воздухоохладителя и сопоставления результатов замеров с расчетными. Для этого открытием задвижки, установленной перед воздухоохладителем, доводят расход хладоносителя до первоначального. Образцовыми манометрами с ценой деления 0,1 кг/см^2 измеряют перепад давления по хладоносителю (при первоначальной величине расхода). Сравнивают полученный результат с расчетным, определенным по графику (рис.24). Если рост перепада не превышает 12-15 %, изменение расхода вызвано другими причинами (изменение режима работы насоса, изменение характеристики сети на любом другом установленном воздухоохладителе).

Наиболее вероятным местом скопления грязи является фильтр-отстойник, который необходимо ревизовать не реже одного раза в месяц. Если при эксплуатации воздухоохладителя уменьшение расхода по причине загрязнения внутренней поверхности трубок достигнет 40 %, агрегат должен быть подвергнут химической очистке.

По мере подвигания забоя эффективность использования воздухоохладителя будет понижаться, поэтому агрегат необходимо периодически передвигать на новое, заранее подготовленное место установки. Оптимальное расстояние переноски следует определять для каждого воздухоохладителя проектом.



а)



б)

Рис. 4. Установка воздухоохладителя в горной выработке:

а - у стенки без уширения;

б - в уширении.

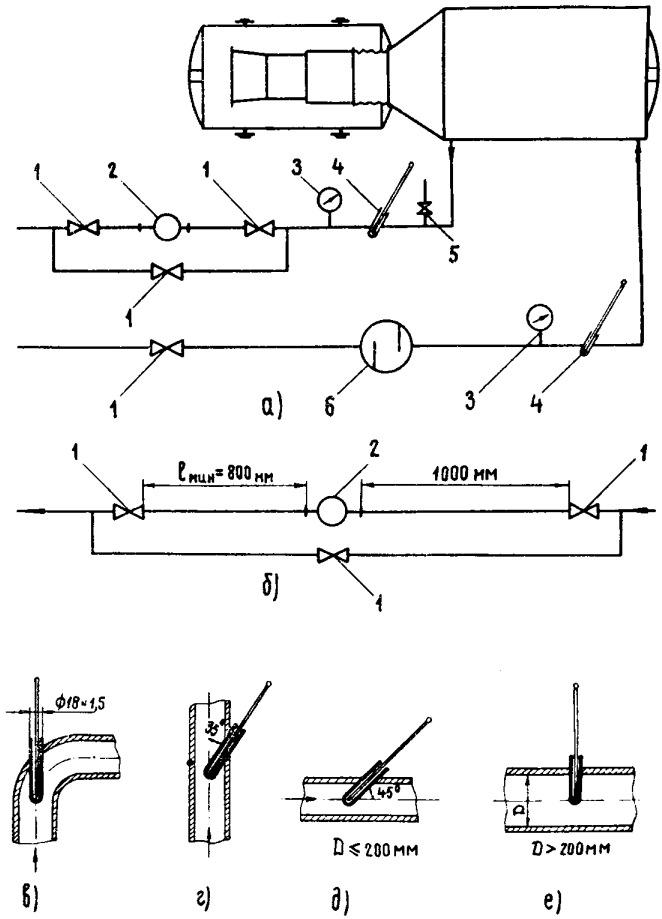


Рис. 5. Подключение агрегата к системе хладоносителя:
а - принципиальная схема переключения;
1 - вадвижка; 2 - расходомер; 3 - манометр;
4 - термогильза; 5 - воздухоспускной вентиль;
6 - фильтр-отстойник; б - узел установки
расходомера; в,г,д,е - установка термогильзы.

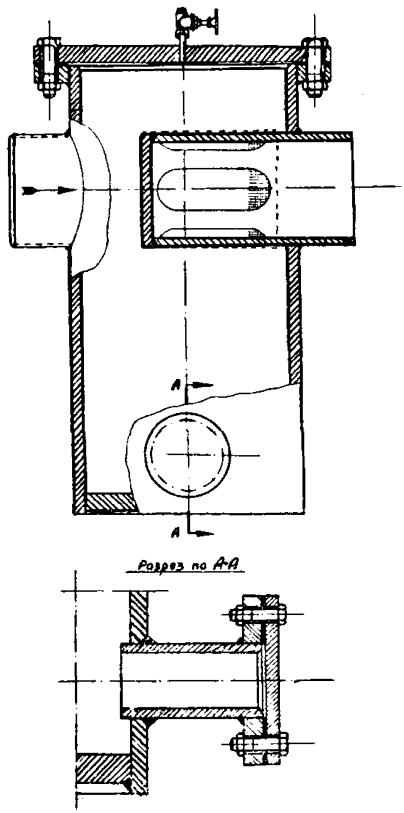


Рис. 6. Фильтр - отстойник

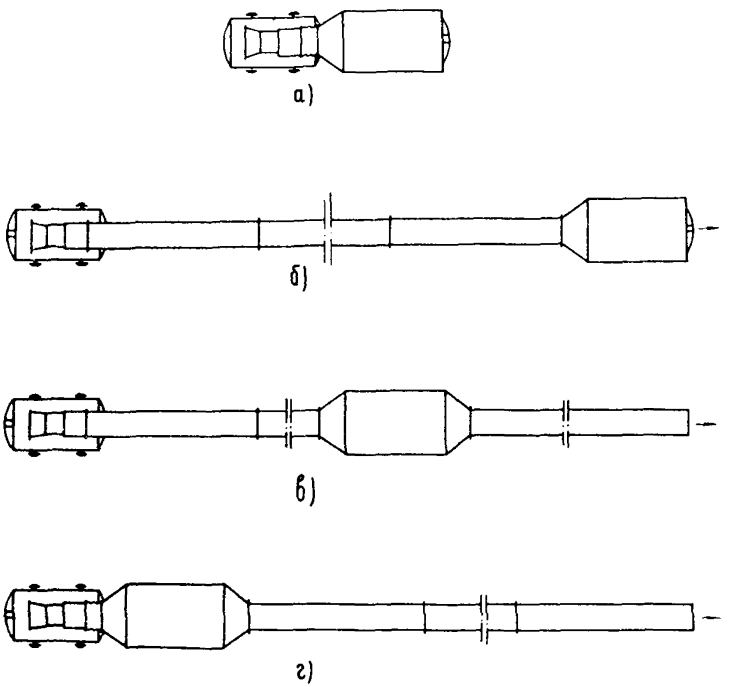


Рис. 7. Взаимное расположение воздухоохладителя и вентилятора в различных схемах подачи охлажденного воздуха:
а, б - подача воздуха непосредственно в выработку;
в, г - подача воздуха в выработку по трубопроводу.

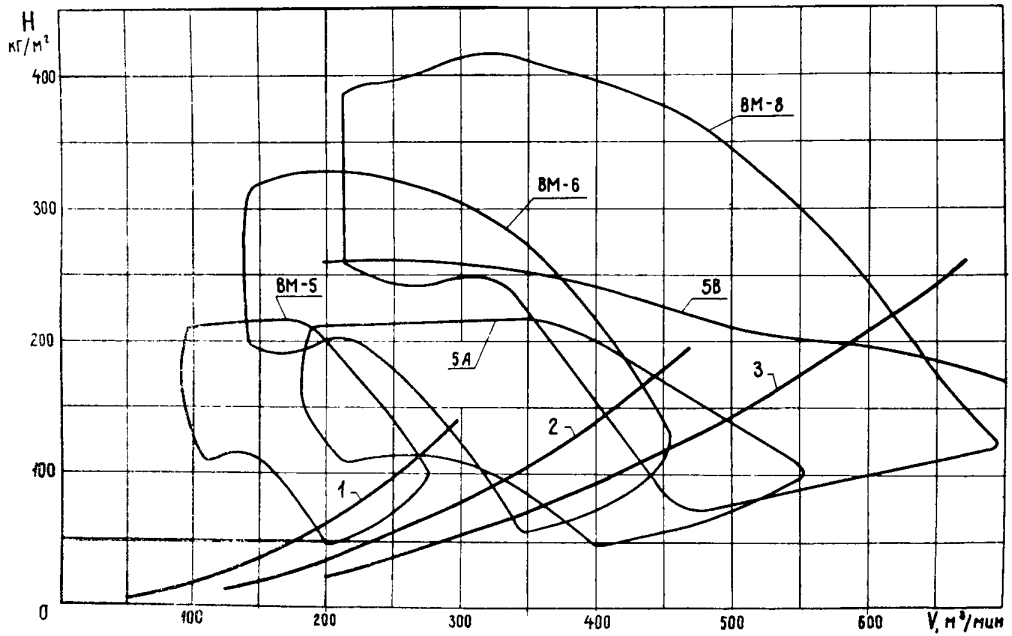


Рис. 8. Поля производительности агрегатов типа АРВЭ по воздуху: 1 - агрегат АРВЭ-1; 2 - агрегат АРВЭ-2; 3 - агрегат АРВЭ-3; 5А - поле производительности двух параллельных вентиляторов ВМ-5; 5В - кривая производительности двух параллельных вентиляторов СВМ-6М.

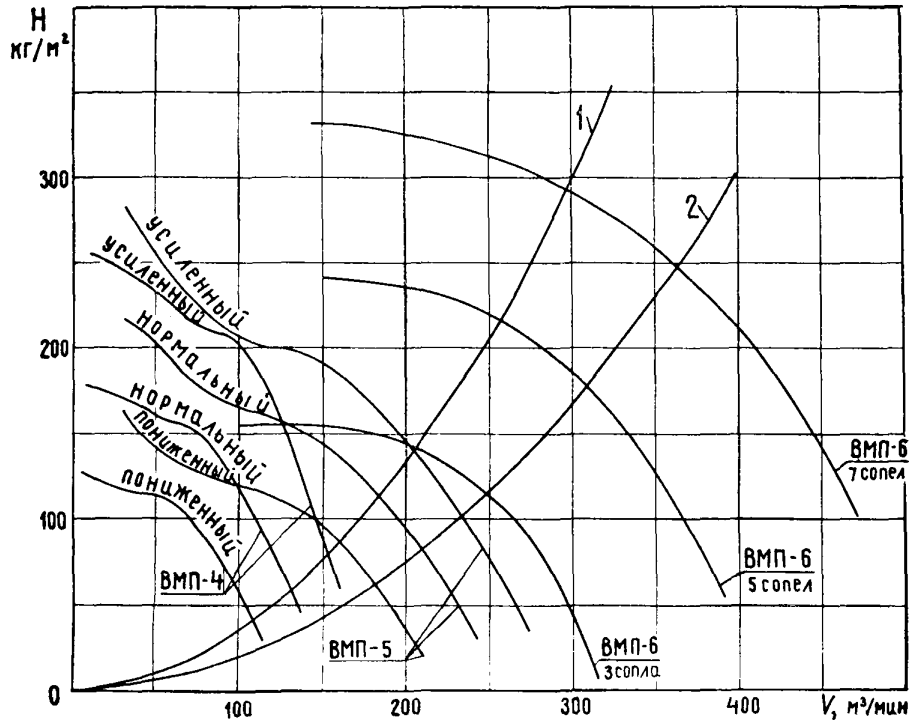


Рис. 9. Аэродинамические характеристики вентиляторов типа ВМП и сети воздухоохладителей: 1 -агрегатов АРП-1,2,3; 2 - агрегата АРП-4.

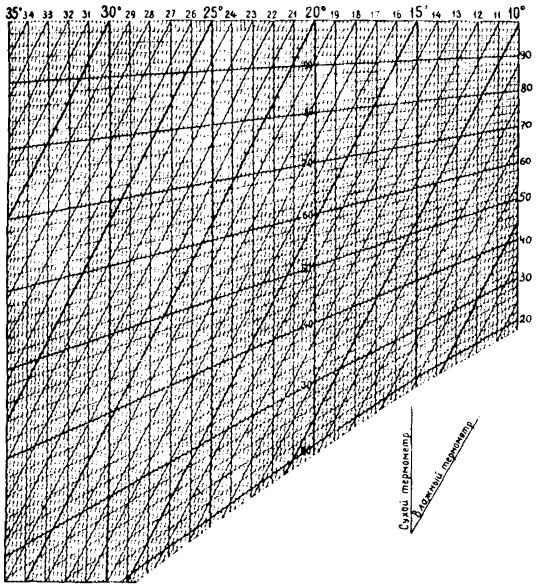


Рис. 10. Номограмма для определения относительной влажности воздуха.

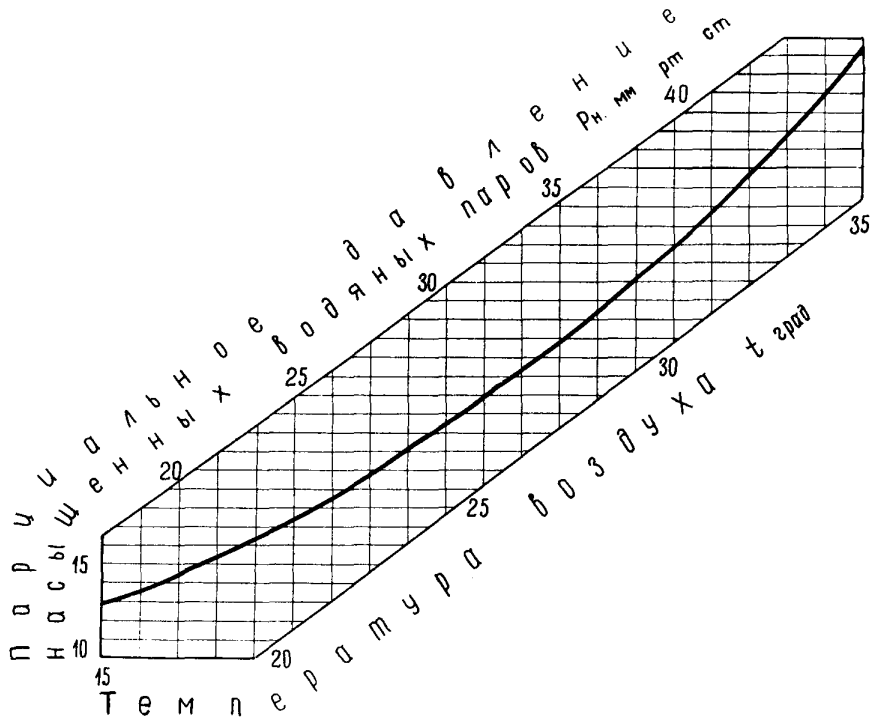


Рис. 11. Зависимость парциального давления насыщенных водяных паров от температуры.

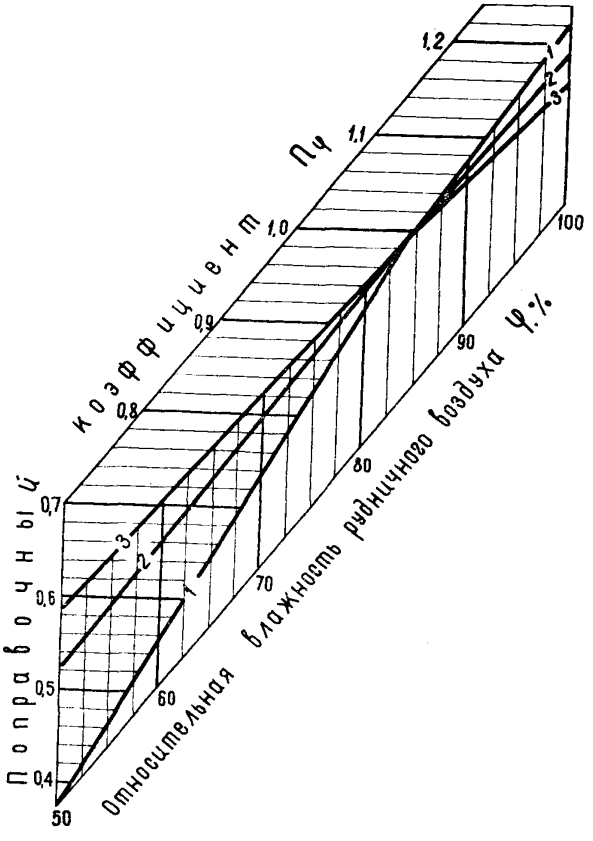


Рис. 12. Влияние относительной влажности воздуха на холодопроизводительность воздухоохладителя:
1 - при температуре рудничного воздуха 21°С;
2 - при температуре рудничного воздуха 26°С;
3 - при температуре рудничного воздуха 32°С.

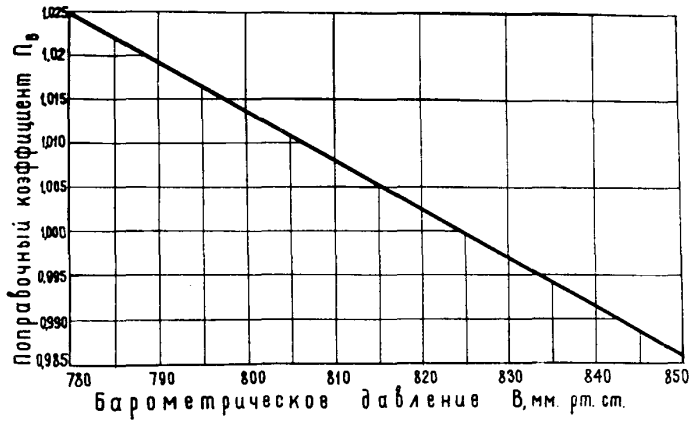


Рис. 13. Влияние барометрического давления на холодопроизводительность воздухоохладителя.

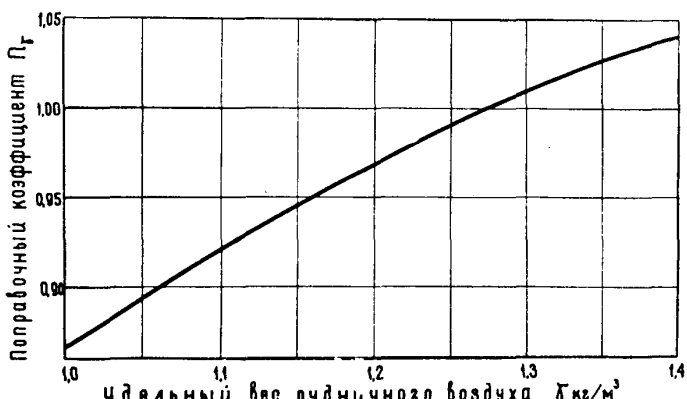


Рис. 14. Влияние удельного веса рудничного воздуха на холодопроизводительность воздухоохладителя.

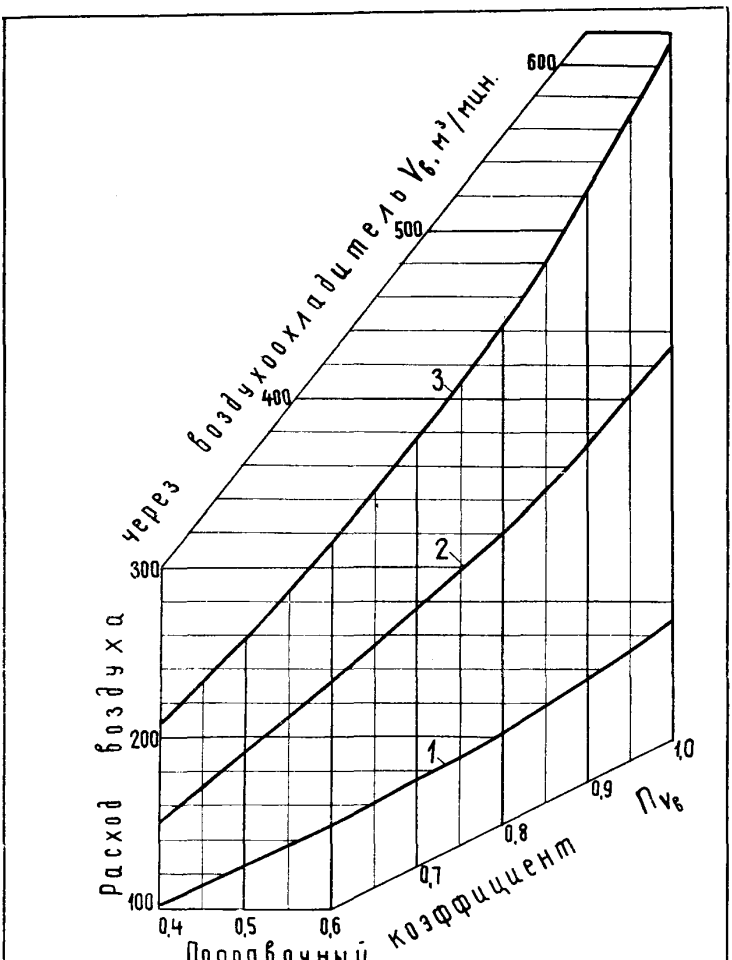


Рис. 15. Поправочный коэффициент на расход воздуха через агрегаты: 1-АРВЭ-1; 2-АРВЭ-2; 3-АРВЭ-3.

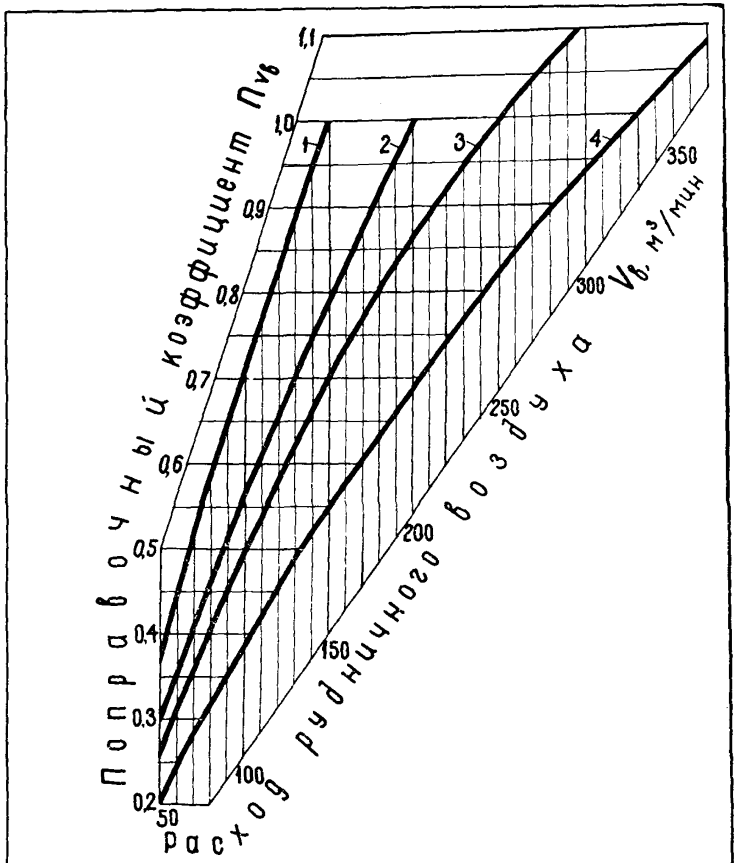


Рис. 16. Поправочный коэффициент на расход воздуха через агрегаты: 1-АРВП; 2-АРВП-2; 3-АРВП-3; 4-АРВП-4.

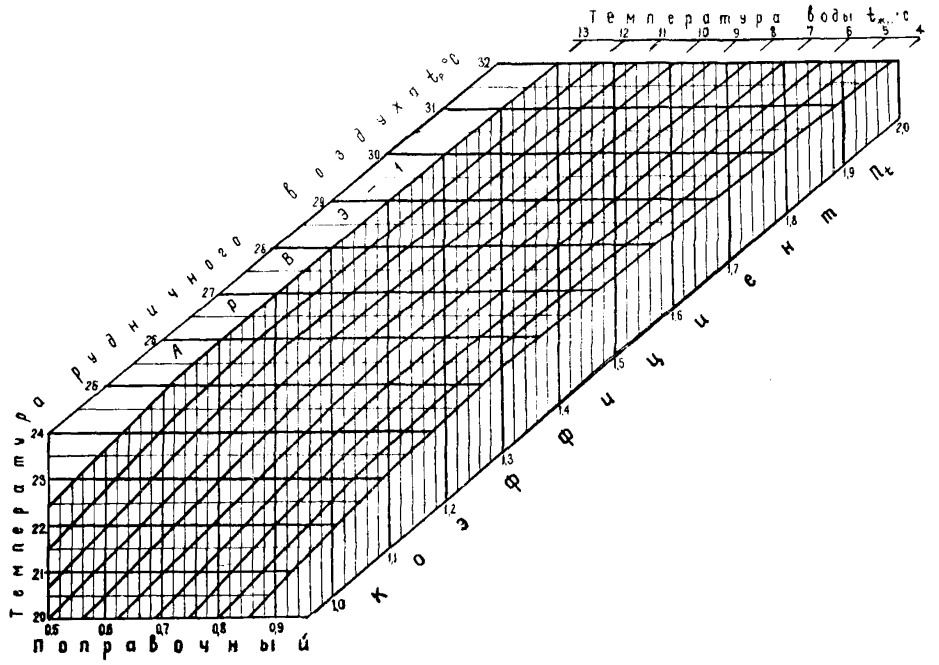


Рис. 17. Поправочный коэффициент на температуру воды и воздуха для агрегата АРВЭ-1

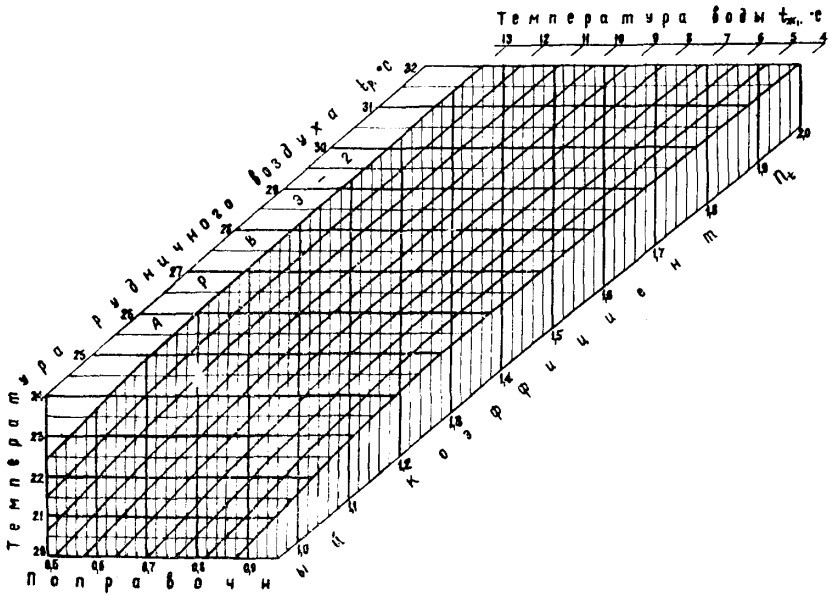


Рис. 18. Поправочный коэффициент на температуру воды и воздуха для агрегата АРВЭ-2

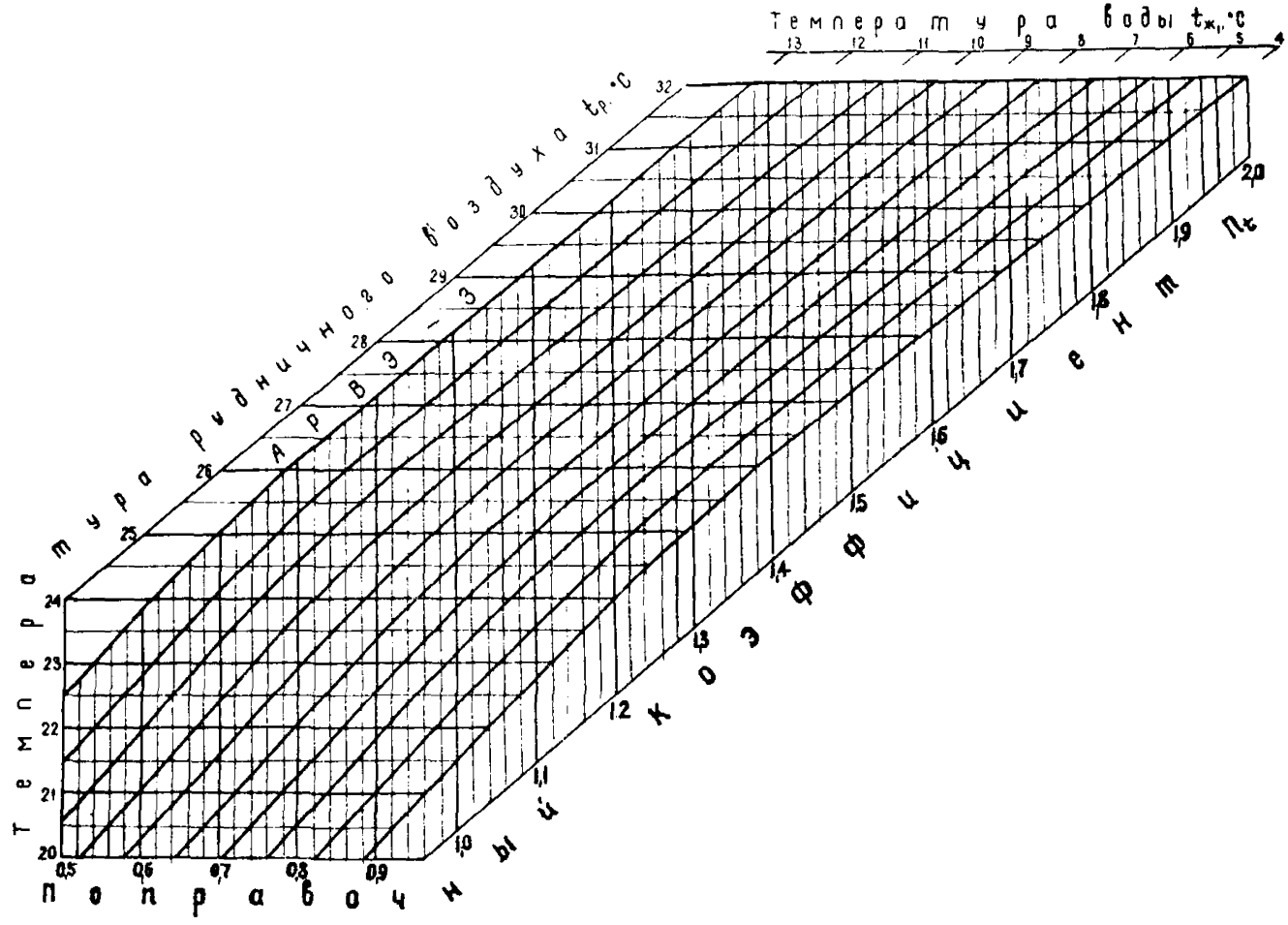


Рис. 19. Поправочный коэффициент на температуру воды и воздуха для агрегата АРВЭ-3

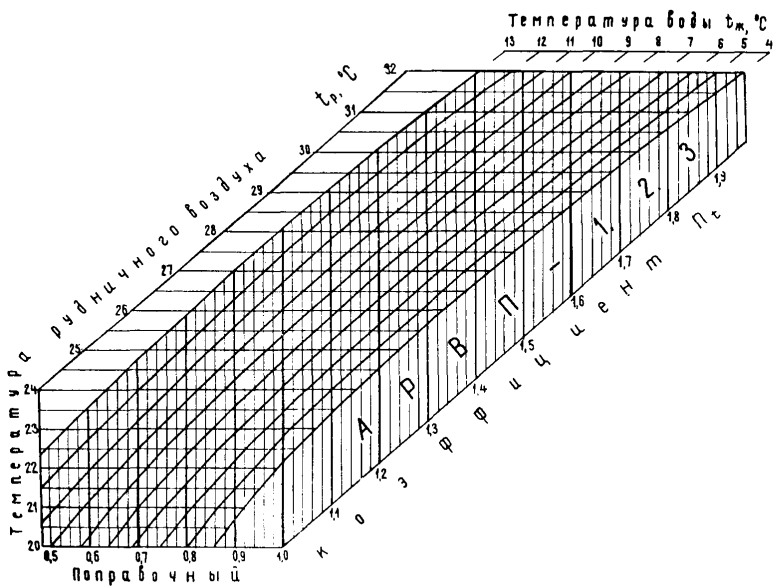


Рис. 20. Поправочный коэффициент на температуру воды и воздуха для агрегатов АРВП-1,2,3

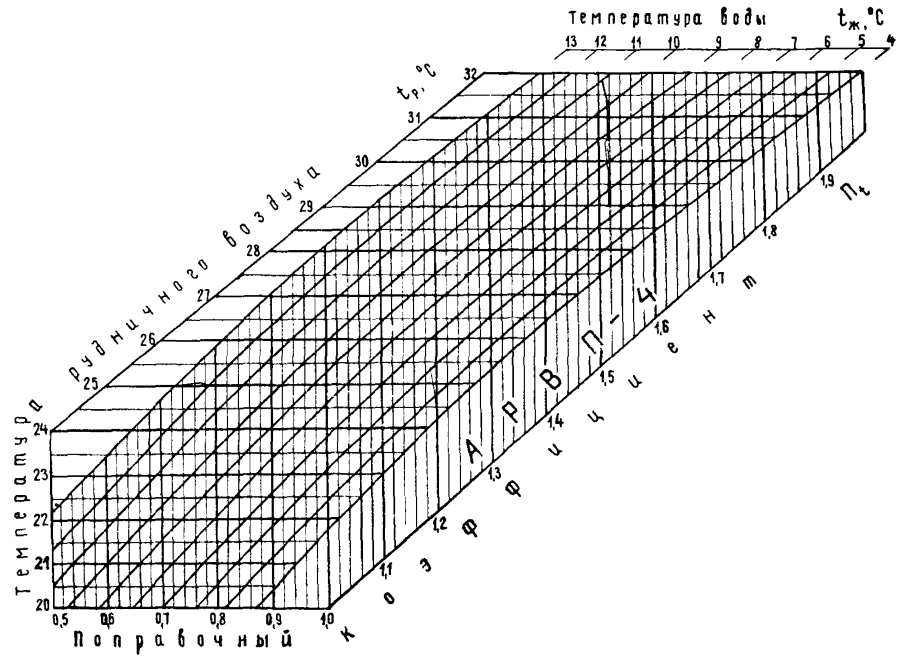


Рис. 21. Поправочный коэффициент на температуру воды и воздуха для агрегата АРВП-4

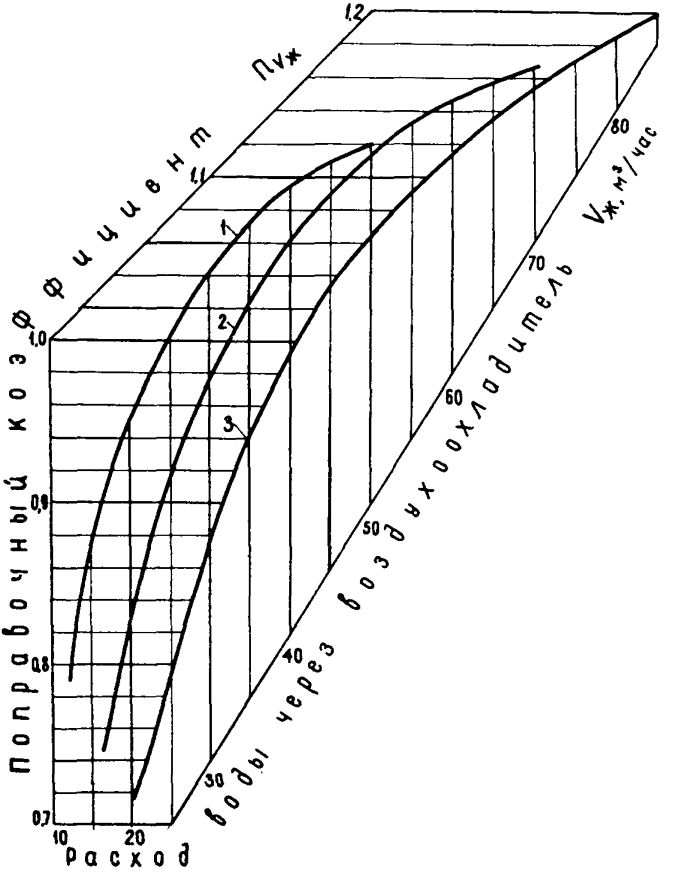


Рис. 22. Поправочный коэффициент на расход хладоносителя через агрегаты типа:
1-АРВЭ-1; 2-АРВЭ-2; 3-АРВЭ-3.

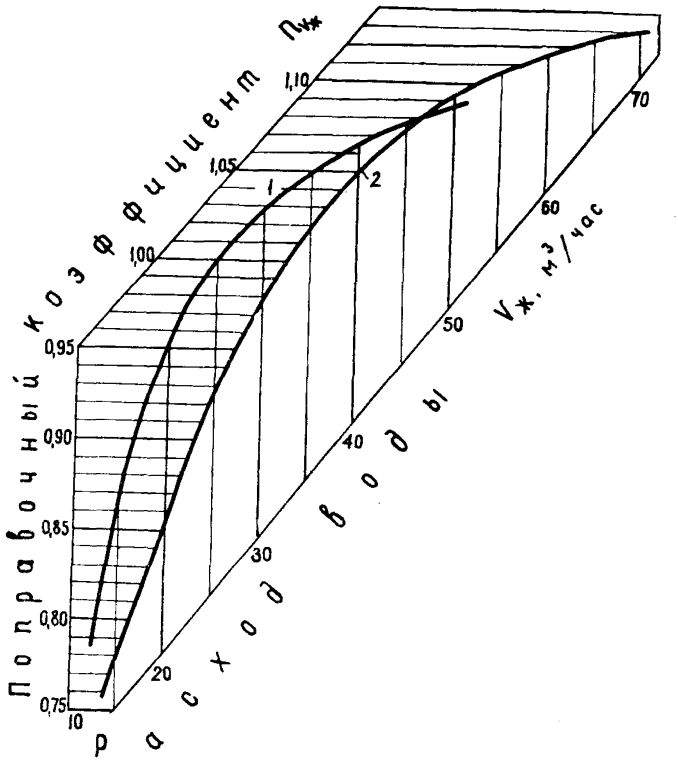


Рис. 23. Поправочный коэффициент на расход хладоносителя через агрегаты типа:
1-АРВП-1,2,3; 2-АРВП-4.

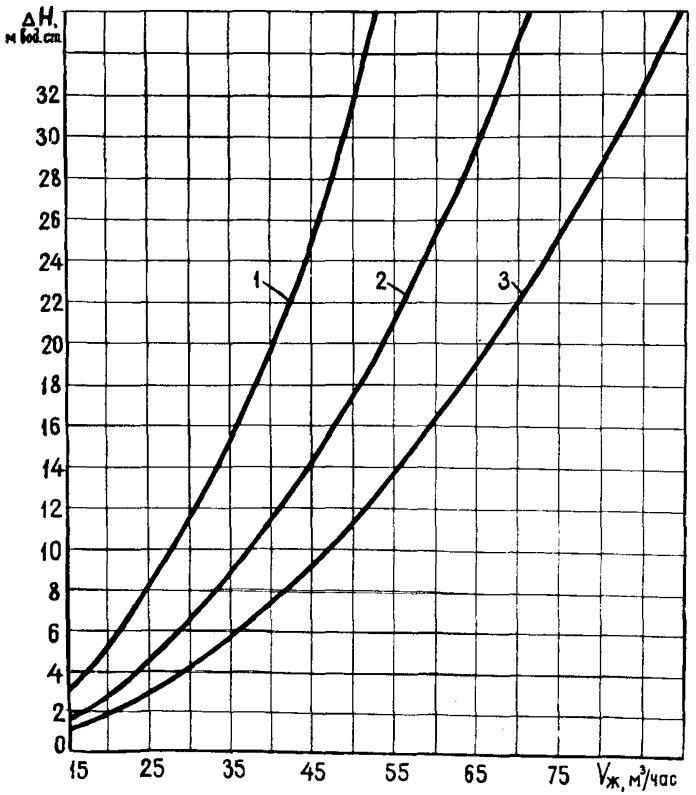


Рис. 24. Потеря напора хладоносителя в агрегатах:
1-АРВЭ-1, АРВП-1,2,3;
2-АРВЭ-2, АРВП-4;
3-АРВЭ-3.

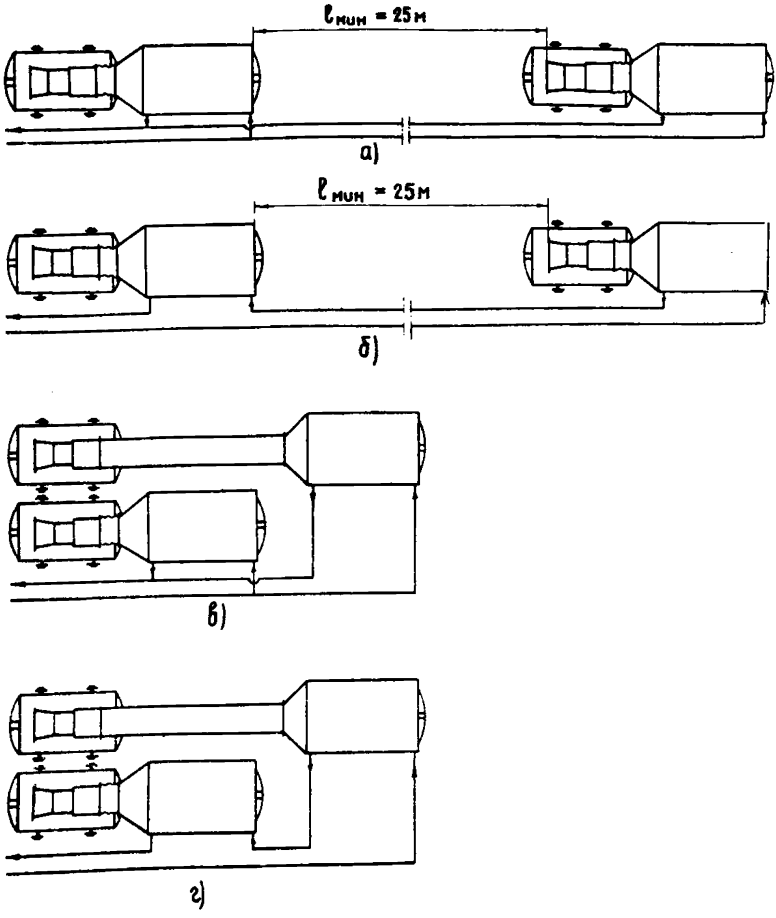


Рис. 25. Установка двух воздухоохладителей в выработке: а,б - последовательно по охлаждаемому воздуху при параллельном и последовательном подключении к системе хладоносителя;в,г - параллельно по охлаждаемому воздуху при параллельном и последовательном подключении к системе хладоносителя.

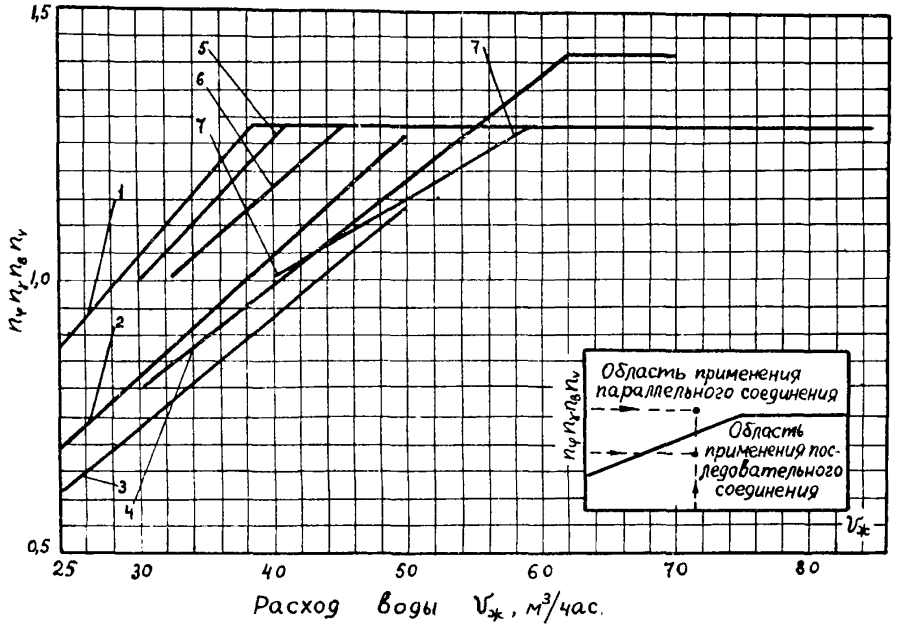


Рис 26. Определение целесообразной схемы подсоединения хладоносителя : 1 - два АРВП-1; 2 - два АРВП-2 ; 3 - два АРВП-3 ; 4 - два АРВП-4 ; 5 - два АРВЭ-1 ; 6 - два АРВЭ-2 ; 7 - два АРВЭ-3 ;

Примеры расчета воздухоохладителей

Пример 1.

Выбрать воздухоохладитель для условий охлаждения рудничного воздуха, поступающего на проветривание лавы.

Дано. Расход воздуха в месте установки воздухоохладителя V_1 =500 м³/мин; холодопотребность участка Q_t=250000 ккал/час; температура рудничного воздуха в месте установки воздухоохладителя t_p^c =26°С; $t_p^м$ =25°С; глубина разрабатываемого участка H =1000 м. Воздухоохладитель непосредственно соединен с вентилятором.

Выбор воздухоохладителя и режима его работы. Холодопроизводительность воздухоохладителя Q_a, определяемая по формуле (1), должна покрыть холодопотребность участка

$$Q_t = Q_a = Q_o \cdot n_\varphi \cdot n_\beta \cdot n_\gamma \cdot n_{v_б} n_t \cdot n_{v_ж} = 250000 \text{ ккал/час.}$$

Исходя из данных таблицы 2, учитывая расход воздуха по штреку и величину холодопроизводительности, наиболее подходящим агрегатом для установки является агрегат АРВЭ-2, нормализованная холодопроизводительность которого составляет Q_o=205,0 тыс.ккал/час.

Для определения значения коэффициента n_φ следует определить относительную влажность воздуха по значениям температур по сухому t_p^c и мокрому $t_p^м$ термометрам. Пересечение прямых, соответствующих t_p^c =26°С и $t_p^м$ =25°С на номограмме (рис. 10) соответствует относительной влажности φ =92 %. Поправочный коэффициент на величину относительной влажности, определенный по графику (рис. 12), n_φ =1,095.

Барометрическое давление в месте установки воздухоохладителя определяется по формуле (2)

$$B = P_б + 0{,}09H = 745 + 0{,}09 \cdot 1000 = 835 \text{ мм рт.ст.}$$

Поправочный коэффициент на величину барометрического давления (рис. 13) составит n_β =0,994.

Для определения удельного веса воздуха по формуле (3) следует на номограмме (рис. 11) по величине t_p^c =26°С определить парциальное давление насыщенных водяных паров

$$P_н = 26{,}3 \text{ мм рт.ст.}$$

Удельный вес воздуха

$$\gamma = \frac{B - 0{,}38 P_1}{2{,}15(273 + t_1)} = \frac{835 - 0{,}38 \cdot 26{,}3 \cdot 0{,}92}{2{,}15(273 + 26)} = 1{,}286 \text{ кг/м}^3$$

Поправочный коэффициент на удельный вес воздуха определяется по графику (рис.14) $n_\gamma = 1{,}00$

Агрегат АРВЭ-2, оборудованный двумя вентиляторами ВМ-5 (взамен еще не освоенного промышленностью ВМ-6), при принятом непосредственном соединении вентиляторов с воздухоохладителем обеспечивает обработку 440 м^3/мин воздуха (рис.8). Поправочный коэффициент на расход воздуха определяется по графику (рис.15) $n_{V_6} = 1{,}00$.

Температура хладоносителя на входе в агрегат определяется из технико-экономических расчетов с учетом работы всех воздухоохладителей, протяженности трубопроводов, наличия и качества изоляции. Приняв температуру воды на входе в воздухоохладитель $t_{ж_1} = 8^\circ$С, по номограмме (рис.18) на пересечении прямой $t_p^c = 26^\circ$С с кривой $t_{ж_1} = 8^\circ$С находят значение коэффициента $n_t = 1{,}125$.

Для определения режима работы воздухоохладителя необходимо найти расход хладоносителя через агрегат, для чего надо определить величину поправочного коэффициента $n_{V_ж}$ по формуле (4)

$$n_{V_ж} = \frac{Q_0}{Q_0} \cdot \frac{1}{n_\varphi \cdot n_\beta \cdot n_\gamma \cdot n_{V_6} \cdot n_t} = \frac{250000}{205000 \cdot 1{,}095 \cdot 0{,}994 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}125} \simeq 1{,}00$$

По величине коэффициента $n_{V_ж} = 1{,}00$, используя график (рис.22), определяется расход хладоносителя $V_ж = 32{,}5$ м^3/час

Пример 2.

Выбрать воздухоохладитель для условий охлаждения рудничного воздуха, поступающего на проветривание лавы.

Дано. Расход воздуха в месте установки воздухоохладителя $V_1 = 500$ м^3/мин; холодопотребность лавы $Q_6 = 320000$ ккал/час; температура рудничного воздуха в месте установки воздухоохладителя $t_p^c = 26^\circ$С; $t_p^м = 25^\circ$С; глубина разрабатываемого участка $H = 1000$ м. Воздухоохладитель непосредственно соединен с вентилятором.

Выбор воздухоохладителя и режима его работы. Исходя из данных таблицы 2, наиболее подходящим агрегатом для установки является агрегат АРВЭ-2, нормализованная холодопроизводительность которого составляет Q_0=205000 ккал/час. Установка агрегата АРВЭ-3, который ближе подходит по холодопроизводительности вызовет рециркуляцию воздуха в штреке либо потребует искусственного уменьшения расхода воздуха через агрегат (см.рис.8).

Поскольку исходные условия, исключая холодопотребность, для примера 2 взяты из примера 1, значения коэффициентов $n_\varphi, n_в, n_\gamma, n_{v_с}$ и n_t остаются такими же, как и в примере 1: n_φ=1,095; $n_в$=0,994; n_γ=1,00; $n_{v_с}$=1,00; n_t=1,125 (для условий $t_р^с$ =26°С; $t_{ж_1}$=8°С).

Для определения расхода хладоносителя через агрегат необходимо найти величину поправочного коэффициента $n_{v_ж}$

$$n_{v_ж}=\frac{Q_а}{Q_0}\cdot\frac{1}{n_\varphi\cdot n_в\cdot n_\gamma\cdot n_{v_с}\cdot n_t}=\frac{320000}{205000\cdot1,095\cdot0,994\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,125}=1,275$$

Из графика (рис.22) следует, что расчетный коэффициент $n_{v_ж}$=1,275 лежит за пределами рекомендуемого расхода хладоносителя, который для агрегата АРВЭ-2 не превышает 70 м³/час.

Потребная холодопроизводительность воздухоохладителя может быть обеспечена только за счет снижения температуры хладоносителя, поступающего на воздухоохладитель. В том случае, если изменение температуры хладоносителя не вызывает необходимость пересчета других воздухоохладителей, принимают расход хладоносителя в пределах рекомендованного $V_ж$ =60 м³/час. Тогда поправочный коэффициент составит $n_{v_ж}$ =1,145 (рис.22). Для определения значения необходимой температуры хладоносителя следует найти величину поправочного коэффициента

$$n_t=\frac{Q_а}{Q_0}\cdot\frac{1}{n_\varphi\cdot n_в\cdot n_\gamma\cdot n_{v_с}\cdot n_{v_ж}}=\frac{320000}{205000\cdot1,095\cdot0,994\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,145}=1,25$$

Температура хладоносителя $t_{ж_1}$ =6°С, подаваемого в воздухоохладители, находится по номограмме (рис.18) на пересечении прямой $t_р^с$ =26°С с прямой n_t =1,25. Воздухоохладитель отнимает от воздуха 320000 ккал/час тепла при условии, что через него пропустят: 440 м³/мин

воздуха, параметры которого соответствуют заданным, и 60 м^3/час воды с температурой $t_{ж_1}$=6^{0}С.

В том случае, если изменение температуры хладоносителя невозможно по каким-либо причинам, к установке должен быть принят агрегат большего типоразмера, в данном случае АРВЭ-3. Для предотвращения рециркуляции воздуха в месте установки воздухоохладителя необходимо искусственно уменьшить расход воздуха через агрегат, доведя его до 450÷ 480 м^3/мин. Расчетная холодопроизводительность этого агрегата составит Q_a =287000 ккал/час.

Значения коэффициентов $n_\varphi, n_в, n_\gamma$ не зависят от типоразмера агрегата и поэтому могут быть взяты из примера 1: n_φ =1,095; $n_в$ =0,994; n_γ =1,00.

Поправочный коэффициент на расход воздуха определяется по графику (рис.15). При расходе воздуха через воздухоохладитель $V_б$ =450 м^3/мин $n_{V_б}$=0,82.

Поправочный коэффициент на температуру (рис.19) n_t =1,14 (при $t_р^с$ =26^{0}С и $t_{ж_1}$=8^{0}С).

Поправочный коэффициент на расход хладоносителя через агрегат

$$n_{V_ж}=\frac{Q_a}{Q_o\cdot n_\varphi\cdot n_в\cdot n_\gamma\cdot n_v\cdot n_t}=\frac{320000}{287000\cdot1,095\cdot0,994\cdot1,0\cdot0,82\cdot1,14}=1,1$$

Расход хладоносителя определяется по графику (рис.22).

$$V_ж=57\ м^3/час.$$

Пример 3.

С течением времени происходят изменения горно-технических условий, в которых работал воздухоохладитель, установленный ранее. Необходимо установить, какую холодопроизводительность обеспечивает воздухоохладитель в новых условиях.

Известно: расход воздуха в месте установки V_1 =800 м^3/мин; расход хладоносителя через воздухоохладитель $V_ж$ = 70 м^3/час; температура воздуха $t_р^с$ =25,5^{0}С; относительная влажность воздуха φ =85 %; барометрическое давление $в$ =825 мм рт.ст.; удельный вес воздуха γ =1,275 кг/м^3; температура хладоносителя, поступающего в

агрегат $t_{ж_1}$ =6°С. Установлен агрегат АРВЭ-3 с непосредственным соединением вентилятора с воздухоохладителем. Расход воздуха через агрегат $V_б$ =580 м³/мин.

Холодопроизводительность агрегата подсчитывается по формуле

(1) $$Q_a = Q_o \cdot n_\varphi \cdot n_в \cdot n_\gamma \cdot n_{V_б} \cdot n_t \cdot n_{V_{ж}} \text{ , ккал/час,}$$

где Q_o =287000 ккал/час (в таблице 2).

Величины поправочных коэффициентов составят: n_φ=1 (рис.12), $n_в$ =1 (рис.13), n_γ =1 (рис.14), $n_{V_б}$=0,96 (рис.15), n_t =1,2 (рис.19), $n_{V_{ж}}$=1,155 (рис.22).

Холодопроизводительность агрегата

$$Q_a = 287000 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}96 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}155 = 382000 \frac{ккал}{час}.$$

Пример 4.

В качестве группового воздухоохладителя предполагается установить несколько параллельных агрегатов типа АРВЭ.

Известно: холодопотребность группового воздухоохладителя $Q_б$ =1250000 $\frac{ккал}{час}$; расход воздуха в месте установки V_1 =2580 м³/час; температура воздуха $t_р^с$ =24,8°С, $t_р^м$ =22,0°С; глубина установки воздухоохладителя от дневной поверхности H =980 м.

Принимаем непосредственное соединение вентилятора с воздухоохладителем.

Выбор воздухоохладителей и режима работы. В связи с тем, что холодопотребность и расход воздуха велики, выбираем из таблицы 2 агрегат АРВЭ-3. Установим, какую холодопроизводительность может обеспечить агрегат.

Относительная влажность воздуха φ =78 % (рис.10).
Поправочный коэффициент n_φ =0,9 (рис.12).

Барометрическое давление в месте установки воздухоохладителя

$$B = P_б + 0{,}09H = 745 + 0{,}09 \cdot 980 = 833 \text{ мм рт.ст.}$$

Поправочный коэффициент $n_в$=0,995 (рис.13).
Парциальное давление насыщенных водяных паров

$P_н$ =23,5 мм рт.ст. (рис.11).

Удельный вес воздуха (формула 3)

$$\gamma = \frac{B - 0{,}38 \cdot P_t}{2{,}15(273 + t_1)} = \frac{833 - 0{,}38 \cdot 23{,}5 \cdot 0{,}78}{2{,}15 \cdot (273 + 24{,}8)} = 1{,}29 \text{ кг/м}^3$$

Поправочный коэффициент $n_\gamma = 1{,}0$ (рис. 14).

Поправочный коэффициент $n_{V_\phi} = 1{,}0$ (рис. 15).

Приняв температуру хладоносителя на входе в воздухоохладитель $t_{ж_1} = 4^\circ$С, находят поправочный коэффициент $n_t = 1{,}28$ (рис. 19). Приняв расход воды через один воздухоохладитель равным 60 м^3/час, находят поправочный коэффициент $n_{V_ж} = 1{,}115$ (рис. 22).

Холодопроизводительность одного агрегата

$$Q_a = 287000 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}995 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}28 \cdot 1{,}115 = 365000 \text{ ккал/час.}$$

Потребное количество воздухоохладителей

$$N = \frac{Q_t}{Q_a} = \frac{1250000}{365000} = 3{,}4$$

Приняв к установке 3 воздухоохладителя АРВЭ-3, находят разность между холодопотребностью и холодопроизводительностью трех агрегатов.

$$\Delta Q_t = Q_t - 3 \cdot Q_a = 125000 - 3 \cdot 365000 = 155000 \text{ ккал/час.}$$

Для покрытия дефицита в 155000 ккал/час следует подобрать агрегат меньшего типоразмера. Исходя из таблицы 2, целесообразно остановиться на агрегате АРВЭ-1, нормализованная холодопроизводительность которого $Q_o = 131500$ ккал/час. Значения поправочных коэффициентов n_φ, n_B, n_γ остаются прежними. Поправочный коэффициент $n_{V_\phi} = 1$ (вентилятор непосредственно соединен с воздухоохладителем, т.е. прогоняет максимальное количество воздуха).

Поправочный коэффициент $n_t = 1{,}25$ (рис. 17). Потребный расход хладоносителя определяется по значению поправочного коэффициента $n_{V_ж}$

$$n_{V_ж} = \frac{155000}{131500 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}995 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}28} = 1{,}03.$$

Расход хладоносителя $V_ж = 28$ м^3/час (рис. 22).

Итак, для охлаждения воздуха на групповом штреке устанавливается четыре агрегата, работающих параллельно. Три агрегата АРВЭ-3 и один агрегат АРВЭ-1.

Температура поступающего хладоносителя $t_{ж_1} = 4^\circ$С, суммарный расход хладоносителя - 208 м^3/час.

Пример 5.

Подобрать воздухоохладитель для охлаждения воздуха, поступающего в тупиковый забой.

Известно: количество воздуха, поступающего в тупиковый забой, $V = 360$ м^3/мин; количество воздуха, проходящего в месте установки вентилятора, $V_1 = 800$ м^3/мин; холодопотребность забоя $Q_{\text{х}} = 180000$ ккал/час; температуры воздуха в месте установки вентилятора $t_p^c = 25^0$C; $t_p^м = 23,5^0$C; глубина разрабатываемого участка $H = 1200$ м.

Воздухоохладитель соединен с вентилятором посредством воздуховода длиной $l_в = 100$ м.

Выбор воздухоохладителя и режима его работы. По заданной холодопотребности и расходу вентиляционного воздуха к установке может быть принят агрегат АРВЭ-2 (табл.2). Однако поскольку воздухоохладитель соединен с вентилятором посредством воздуховода, окончательный выбор типоразмера агрегата можно произвести только после расчета воздуховода.

Приняв, что воздух в забой подается по гибкой трубе диаметром 600 мм, по соответствующей литературе определяют падение давления в трубопроводе, откуда находят величину аэродинамического сопротивления.

Для рассматриваемого примера эта величина составляет 1,72 кг сек^2/ м^8. *)

По таблице 2 определяют величину аэродинамического сопротивления агрегата АРВЭ-2 $R = 3,14$ кг сек^2/м^8. Секундный расход воздуха через воздухоохладитель $Q = 360/60 = 6$ м^3/сек. Потеря напора в сети (воздуховод плюс воздухоохладитель) $H = \Sigma RQ^2 = (1,72+3,14)\cdot 6^2 = 175$ мм вод.ст.

По рис.8 определяют, что требуемый режим может быть обеспечен, при этом для уменьшения расхода необходимо будет изменить угол поворота направляющих лопаток вентилятора. Весь ход дальнейшего расчета аналогичен разобранному в примерах 1 и 2.

---

*) при подсчете использован "Сборник задач по рудничной вентиляции" А.И.Ксенофонтовой, Углетехиздат, 1954.

Пример 6.

Подобрать воздухоохладитель для охлаждения воздуха, поступающего на проветривание лавы.

Известно: количество воздуха, поступающего в лаву $V = 480$ м^3/мин; холодопотребность забоя $Q_t = 450$ тыс.ккал/час; температуры воздуха в месте установки воздухоохладителя $t_p^c = 27^\circ$С, $t_p^м = 25^\circ$С; глубина разрабатываемого участка $H = 1000$ м; температура хладоносителя на входе в агрегат $t_{ж_1} = 6^\circ$С.

Воздухоохладитель непосредственно соединен с вентилятором.

Выбор воздухоохладителя и режима его работы. По таблице 2, учитывая расход воздуха и холодопотребность, следует принять к установке агрегат АРВЭ-2, имеющий $Q_a = 205{,}0$ тыс.ккал/час. Из рис.8 следует, что с двумя вентиляторами ВМ-5 (которыми комплектуется агрегат АРВЭ-2 временно, до освоения выпуска вентиляторов ВМ-6) агрегат может обрабатывать 440 м^3/мин воздуха. Такое количество воздуха может быть пропущено через воздухоохладитель. Относительная влажность воздуха $\varphi = 85$ % (рис.10).

Поправочный коэффициент $n_\varphi = 1{,}00$ (рис.12).

Барометрическое давление

$$B = P_б + 0{,}09H = 745 + 0{,}09 \cdot 1000 = 835 \text{ мм рт.ст.}$$

Поправочный коэффициент $n_B = 0{,}994$ (рис.13).

Парциальное давление насыщенных водяных паров

$$P_н = 26{,}9 \text{ мм рт.ст.}$$

Удельный вес воздуха

$$\gamma = \frac{B - 0{,}38P_1}{2{,}15(273 + t_1)} = \frac{835 - 0{,}38 \cdot 26{,}9 \cdot 0{,}85}{2{,}15 \cdot (273 + 27)} = 1{,}28 \text{ кг/м}^3$$

Поправочный коэффициент $n_\gamma \simeq 1{,}00$ (рис.14).

Поправочный коэффициент $n_{V_c} = 1{,}00$ (рис.15).

Поправочный коэффициент $n_t = 1{,}35$ (рис.18).

Поправочный коэффициент $n_{V_ж}$

$$n_{V_ж} = \frac{Q_a}{Q_o \cdot n_\varphi \cdot n_B \cdot n_\gamma \cdot n_{V_c} \cdot n_t} = \frac{450000}{205000 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}994 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}35} = 1{,}64$$

Расход хладоносителя лежит за рекомендуемым верхним пределом (рис.22). Температура хладоносителя не может быть изменена. Для того, чтобы обеспечить нормальные тепловые условия в лаве, необходимо установить второй агрегатированный воздухоохладитель. Учитывая расход воздуха по штреку, второй агрегат может быть установлен только последовательно по обрабатываемому воздуху. Хладоноситель к обеим агрегатам следует подключать параллельно (рис.25 а).

Расчет воздухоохладителей. Приняв для воздухоохладителя, установленного первым по ходу воздуха, что расход хладоносителя составляет 70 м^3/час, которому соответствует поправочный коэффициент $n_{V_ж}=1,165$, определяют холодопроизводительность

$$Q'_a=Q_0 \cdot n_\varphi \cdot n_B \cdot n_{V_в} \cdot n_t \cdot n_{V_ж}=205000 \cdot 1,0 \cdot 0,994 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,135 \cdot 1,165=320000 \frac{ккал}{час}$$

Второй воздухоохладитель должен обеспечить холодопроизводительность $Q''_a=130000$ ккал/час.

Параметры рудничного воздуха после выхода из первого воздухоохладителя определяются с помощью t-d диаграммы влажного воздуха $t_{охл}=14^oC$.

После смешения воздуха в штреке температура смеси составит 15,5^{o}С. Дальнейшее охлаждение воздуха в месте установки первого воздухоохладителя производить нельзя, т.к. это приведет к установлению недопустимого с гигиенической точки зрения перепада температур. В рассматриваемом случае следует применить ступенчатое охлаждение воздуха.

Ответственный за выпуск канд. техн. наук Черниченко В.К.

Ротапринт МакНИИ. Подп. к печати 11/ 1-72г. БП 12252
Заказ 86-200. Объём 2,5 печ.л.

...ецкой обл.,ул. Лихачёва,60

gost.e-ecolog.ru