МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОРГАНИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ШАХТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВНИИОМШС

РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕТРИВАНИЯ СТРОЯЩИХСЯ И РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ШАХТ

Харьков 1969

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Всесоюзный научно-исследовательский институт
организации и механизации шахтного строительства
ВНИИОМШС

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель министра
угольной промышленности СССР

И.А. ПОЛУЭКТОВ

30 декабря 1968г.

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель министра строительства предприятий тяжелой индустрии СССР

Я.К. ЧУКСЕЕВ

30 декабря 1968г.

Р У К О В О Д С Т В О

по проектированию и организации проветривания строящихся и реконструируемых шахт

Харьков 1969

Ответственный за выпуск - инж. Коханов Ф.А.

Заказ № 69/69 от 5 марта 1969г. Формат 30х40/4. Печ. л. 8,0.
Тираж 1000 экз. Цена 50 коп.

Ротапринт ВНИИОМЭСа, Харьков, ГСП, ул. Отакара Яроша, № 18.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Введение 5

I. Общие положения 7

II. Основные принципы организации проветривания строящихся и реконструируемых шахт 7

III. Содержание проекта и схемы проветривания шахты по периодам . . . . . .

1. Проветривание стволов 8

2. Проветривание водоотливных камер в стволах 12

3. Проветривание сбоек 16

4. Проветривание при проходке околоствольных выработок 19

5. Проветривание при проходке горизонтальных и наклонных выработок 19

6. Проветривание выработок большой протяженности 23

7. Проветривание выработок, проходимых по выбросоопасным пластам (породам) 26

IV. Определение ожидаемого метановыделения при проходке выработок 28

V. Определение количества воздуха для проветривания

1. Общие положения 32

2. По газовыделению 32

3. По взрывным работам 33

4. По наибольшему числу людей 35

5. По пылевому фактору 36

6. По тепловому фактору 36

7. Количество воздуха для проветривания камер 45

8. Утечки воздуха через вентиляционные сооружения 47

9. Количество воздуха, необходимого для проветривания шахты 50

Стр.

VI. Подсчёт депрессии

1. Депрессия выработок и трубопроводов 51

2. Определение величины естественной тяги воздуха в шахте 56

3. Расчёт вентиляционного окна 60

VII. Вентиляционное оборудование и устройства

1. Вентиляторы 63

2. Вентиляционные трубопроводы 65

3. Воздухораспределительные устройства . . 74

VIII. Выбор вентиляционного оборудования

1. Трубопроводы 74

2. Вентиляторы местного проветривания 75

3. Главные вентиляторы 77

4. Режим работы вентиляторных установок

А. Регулирование работы вентиляторов . . . 78

Б. Совместная работа вентиляторов . . . 80

IX. Калориферные установки 82

X. Контрольно-измерительная аппаратура . . 87

Приложения 89

Литература 183

В В Е Д Е Н И Е

Правильное проектирование и организация проветривания при строительстве шахт являются основой безопасных условий труда и обеспечения высоких скоростей проходки выработок.

"Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах" дают лишь общие направления по вопросам проветривания. Поэтому возникла потребность в специальном руководстве, в котором даны были бы общие методы и детальные решения вопросов, связанных с проектированием и организацией проветривания строящихся и реконструируемых шахт.

Настоящее руководство составлено на основе последних достижений науки и техники с учетом всех изменений в технологии и организации строительства шахт, методах и средствах проветривания горных выработок.

Руководство предназначено для работников проектных организаций и инженерно-технического персонала строящихся и реконструируемых шахт.

В составлении руководства приняли участие :

главный инженер ГУКСа канд.техн.наук А.М. Федоров - руководитель работы;

ст. научный сотрудник Р.А. Коханов - руководитель работы;

ст. научный сотрудник П.П. Демянко - исполнитель.

I. Общие положения

1. Проветривание горных выработок строящихся и реконструируемых шахт должно производиться по проекту, являющемуся частью оргстройпроекта.

2. В проекте вентиляции приводятся схемы проветривания горных выработок по этапам развития горнотехнических работ; дается расчет количества воздуха, подаваемого в шахту, на участки и в отдельные выработки: рекомендуется перечень вентиляционного оборудования (на наиболее трудный период проветривания) с указанием его типа, места расположения и способов регулирования; указываются конструкции и места расположения воздухораспределительных устройств и сооружений.

3. Горные работы на строящейся (реконструируемой) шахте характеризуются несколькими периодами: проходка (углубка) стволов, проведение сбоек, околоствольных и остальных горизонтальных и наклонных выработок. В соответствии с этим применяется та или иная общая схема проветривания, которая изменяется по мере развития горных работ. Поэтому при проектировании схема проветривания разрабатывается по периодам.

4. Система проветривания строящейся шахты должна удовлетворять следующим основным требованиям :

а) обеспечивать содержание кислорода и других газов в воздухе в пределах допустимых концентраций, приведенных в "Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах";

б) обеспечивать разжижение ядовитых газов, образующихся при производстве взрывных работ, в течение 30 минут;

в) предусматривать надежную и непрерывную работу вентиляторов;

г) быть наиболее экономичной.

II. Основные принципы организации проветривания строящихся и реконструируемых шахт

5. Проветривание сети подземных горных выработок строящихся и реконструируемых шахт должно осуществляться за счет

общешахтной депрессии при помощи непрерывно действующей вентиляторной установки, расположенной на поверхности. Проветривание горных выработок за счет естественной тяги воздуха не допускается.

При одновременной проходке выработок от главных стволов, вскрывающих центральную часть поля, и от фланговых стволов (шурфов), вскрывающих верхние или нижние горизонты шахтного поля, организуются две или три самостоятельные системы проветривания, которые к моменту окончания строительства шахт соединяются в одну общую вентиляционную систему.

Каждая вентиляционная система включает в себя сеть выработок и свою главную вентиляторную установку на поверхности. Общая вентиляционная система шахты обслуживается главными общешахтными вентиляторными установками.

6. Вентиляторная установка должна состоять из двух одинаковых самостоятельных агрегатов, работающего и резервного. На негазовых шахтах допускается установка одного вентиляторного агрегата с резервным двигателем.

7. При выборе вентилятора для системы проветривания при строительстве и реконструкции шахты необходимо ориентироваться на использование постоянных вентиляторов, которые намечены к установке для работы на период эксплуатации, но этот вопрос должен решаться на основе технико-экономического сравнения различных вариантов.

8. За счет общешахтной депрессии должно подаваться количество воздуха, достаточное для обеспечения надлежащего проветривания всей сети выработок данной системы на период полного развития горнопроходческих работ.

9. Тупиковые выработки проветриваются вентиляторами местного проветривания.

III. Содержание проекта и схемы проветривания шахты по периодам

1. Проветривание стволов

10. Для составления проекта необходимо иметь данные о глубине и диаметре ствола, о метановыделении, обводненности ствола по глубине и общей организации работ по проходке.

II. В проекте даются схемы и расчёт проветривания камер промежуточного водоотлива и сбоек, соединяющих стволы.

I2. В период проходки и крепления устья ствола (глубина I0-I5 м) допускается естественное проветривание забоя, а после укладки основной проходческой рамы и устройства нулевой площадки организуется искусственное проветривание.

I3. Искусственное проветривание проходимых стволов осуществляется по одной из следующих схем (рис. I) :

с помощью трубопровода, присоединенного к вентилятору, установленному вблизи ствола;

вентиляторами с применением сквозной струи воздуха. Эта схема требует наличия близко расположенных и одновременно проходимых стволов, соединенных между собой сбойками по горизонтам. Схема может применяться только при отсутствии метановыделений в стволах.

До соединения сбойками проветривание стволов осуществляется вентиляторами с помощью труб (схема I, рис. I).

После соединения стволов № I и 2 сбойкой на поверхности размещают вентиляторную установку, работающую на отсасывание и, если ствол предназначен на период эксплуатации шахты для исходящей струи, отработанный воздух движется по стволу, заранее запроектированному вентиляционному каналу и выходит на поверхность. При отсутствии вентиляционного канала к вентилятору подсоединяют трубопровод.

Устье ствола герметизируется. Воздух с поверхности поступает в ствол № 2, движется вниз, затем по соединительной сбойке и далее вверх по стволу № I - к вентилятору.

Для проветривания тупиковых участков устанавливаются вентиляторы местного проветривания, подающие по трубам свежий воздух к забоям стволов. Сопротивление трубопроводов, работающих на всасывание, должно быть меньше сопротивления трубопроводов, работающих на нагнетание.

Двигатель и пусковая аппаратура вентиляторных установок должны быть во взрывобезопасном исполнении. Во избежание рециркуляции воздуха к всасам вентиляторов присоединяются

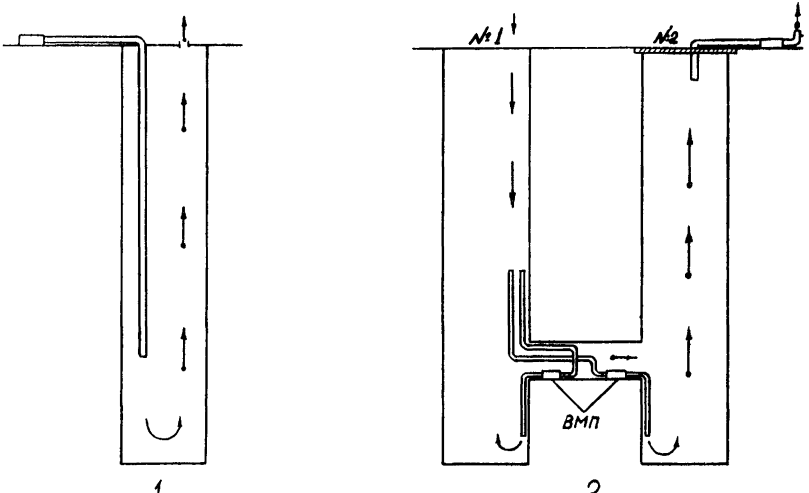


Рис. 1. Схемы проветривания при проходке стволов
1- с помощью трубопровода; 2- сквозной струей и ВМП.

трубопроводы, которые выводятся на свежую струю воздуха. После проведения между стволами следующей сбойки вентиляторы местного проветривания переносятся на новую сбойку, а использованная сбойка перекрывается перемычками.

Проветривание по этой схеме сложно и применяется в случаях, когда требуется подавать большое количество воздуха, а сближенные стволы соединяются сбойками по горизонтам.

I4. При проветривании по трубам, как правило, применяется нагнетательный способ подачи воздуха.

I5. Вентиляторы на поверхности должны устанавливаться на расстоянии не ближе I5 м от ствола для устранения возможного засасывания из него отработанного воздуха.

I6. В зависимости от того, какое количество воздуха требуется подать в забой ствола, применяются один или два трубопровода и одна или две вентиляторные установки. Выбор вентиляторных установок и числа трубопроводов производится на основании расчётов.

I7. В тех случаях, когда для проветривания ствола после взрывных работ требуется подавать воздуха значительно больше, чем при других процессах, в целях экономии энергии необходимо осуществлять проветривание при двойном вентиляционном режиме. С учётом этого, рекомендуется следующее число вентиляторов в каждой вентиляторной установке: при проходке стволов диаметром 5-8,5 м, глубиной до 300 м - один или два небольших вентилятора (типа СВМ или ВМ), соединенных на последовательную (параллельную) работу и подключенных к трубопроводу диаметром 600-700 мм; для стволов диаметром 5-8,0 м и глубиной 300-800 м - проходческий вентилятор (типа ВЦПД-8) с трубопроводом диаметром 700, 800 или 900 мм; для стволов диаметром 7-8,5 м и глубиной 700-1500 м и выше - проходческий вентилятор (типа ВЦП-I6) с трубопроводом диаметром 900, I000 или I200 мм.

В каждом конкретном случае следует производить расчет по выбору вентилятора и трубопровода.

При проветривании стволов установкой из двух вентиляторов после взрывания ВВ включаются оба вентилятора, в остальное время - один, если он обеспечивает подачу необ-

ходимого количества воздуха.

Если установлен один высоконапорный вентилятор, то после взрывных работ он должен переключаться на режим с большей производительностью.

I8. При выборе вентиляторных установок для проветривания стволов можно руководствоваться "Альбомом вентиляторных установок и вентиляционных сооружений для строящихся шахт", разработанным институтом ВНИИОМШС в I968 г.

I9. Проветривание стволов при углубке и выработок углубочного горизонта должно осуществляться за счет общешахтной депрессии, создаваемой постоянной вентиляторной установкой действующей шахты.

Исходящая струя воздуха из выработок углубочного горизонта должна выводиться в общешахтную исходящую струю кратчайшим путем.

Тупиковые забои выработок, как правило, проветриваются при помощи вентиляторов частичного проветривания и трубопроводов.

На рис. 2-4 приведены схемы проветривания стволов при углубке.

2. Проветривание водоотливных камер в стволах

20. При проходке глубоких стволов могут устраиваться 3-4 камеры для передаточного водоотлива. При организации проветривания перекачных камер учитываются следующие факторы: размеры, метановыделение в камере и в стволе, накопление теплоты в камере, глубина её расположения от поверхности и общее состояние проветривания ствола.

2I. В негазовых шахтах камеры могут проветриваться за счет диффузии только на расстояния, допустимые Правилами безопасности. В камерах устанавливаются вентиляторы местного проветривания, на всасе или нагнетающей стороне которых имеются трубопроводы, выходящие в ствол. Если в камере установить вентилятор невозможно, последний устанавливается на поверхности.

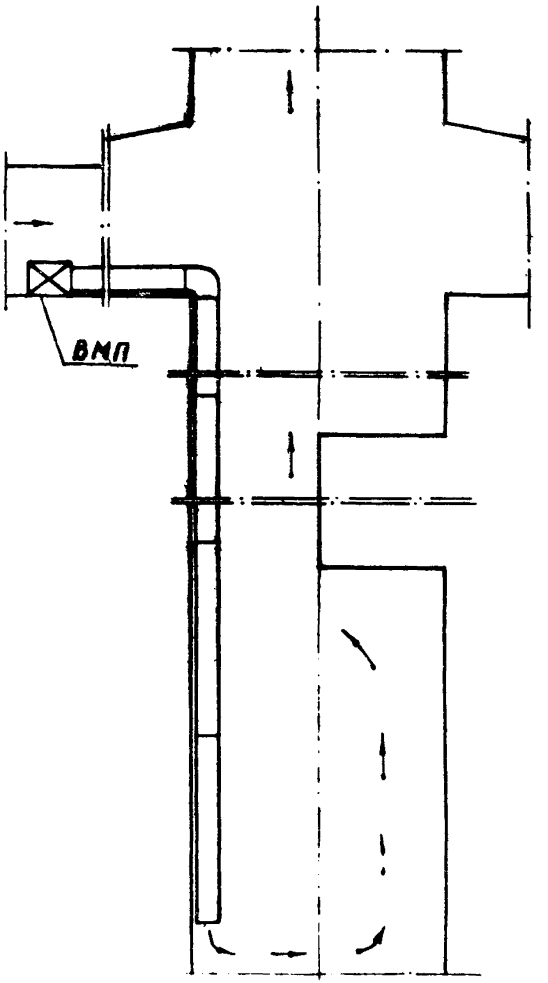


Рис. 2. Схема проветривания при углубке ствола сверху вниз

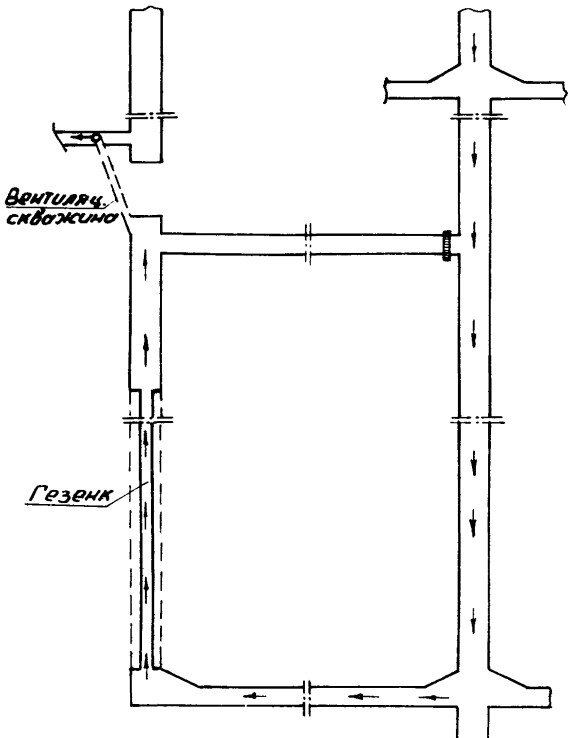


Рис.3. Схема проветривания через гезенк при углубке ствола сверху вниз

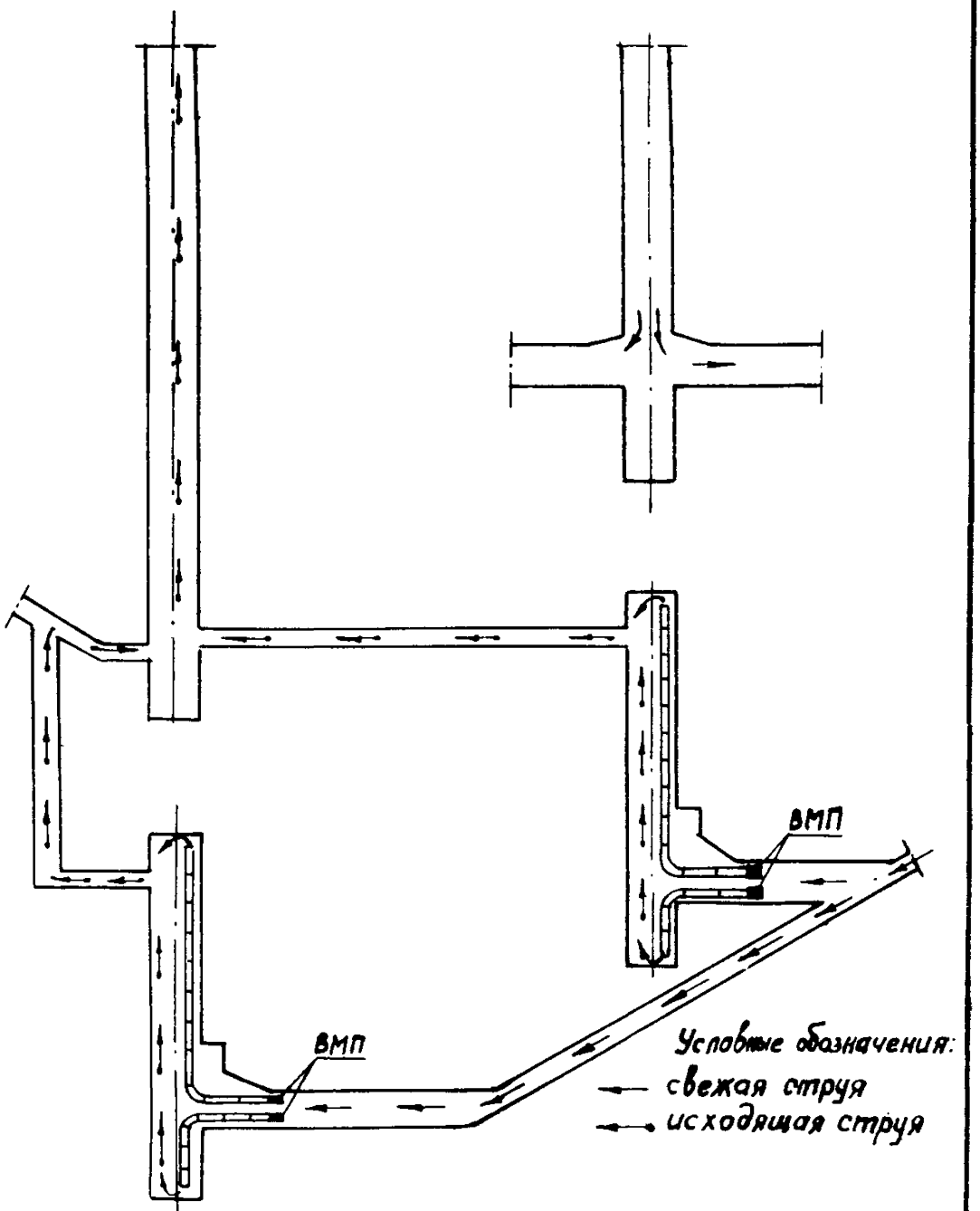


Рис. 4. Схема проветривания при углубке стволов сверху вниз с углубочного горизонта.

22. В шахтах, опасных по газу, камеры проветриваются с помощью вентиляторов и труб. Вентиляторы устанавливаются на поверхности вблизи ствола.

3. Проветривание сбоек

23. После того как шахтные стволы достигли проектной глубины, их необходимо в первую очередь соединить между собой вентиляционной сбойкой, чтобы как можно скорее организовать проветривание посредством сквозной струи воздуха.

24. В случае проведения сбойки между центрально-расположенными стволами или между стволом, расположенным в центре поля, и отнесенным вентиляционным, проветривание можно производить при помощи той же вентиляторной установки, которой проветривался ствол. Для этого от поднесенного в стволе трубопровода прокладывают к забою сбойки горизонтальный трубопровод (рис. 5а и 5б).

25. При других схемах вскрытия шахтных полей проветривание сбоек может осуществляться следующим способом.

В центре поля расположен один ствол, который необходимо соединить сбойкой с отнесенным (фланговым) вентиляционным стволом (рис. 5в).

Вентиляционная сбойка, во избежание больших аэродинамических сопротивлений, должна проводиться по методу парных выработок. Вентиляционный трубопровод, проложенный по стволу и далее по выработке околоствольного двора до места заложения сбойки, присоединяется посредством перемычек к парной выработке. Вентиляторная установка, с помощью которой проветривался ствол, переключается для работы на всасывание. (В целях отепления ствола вентиляторная установка может работать и на нагнетание).

Свежий воздух по стволу поступает в шахту, а затем проходит по выработке околоствольного двора и сбойке. Далее движется по последнему соединительному просеку, параллельной выработке, по трубопроводам, проложенным по выработке околоствольного двора и стволу и уходит на поверхность. Тупиковые забои сбойки и парной выработки проветриваются по схеме "вентилятор-трубы".

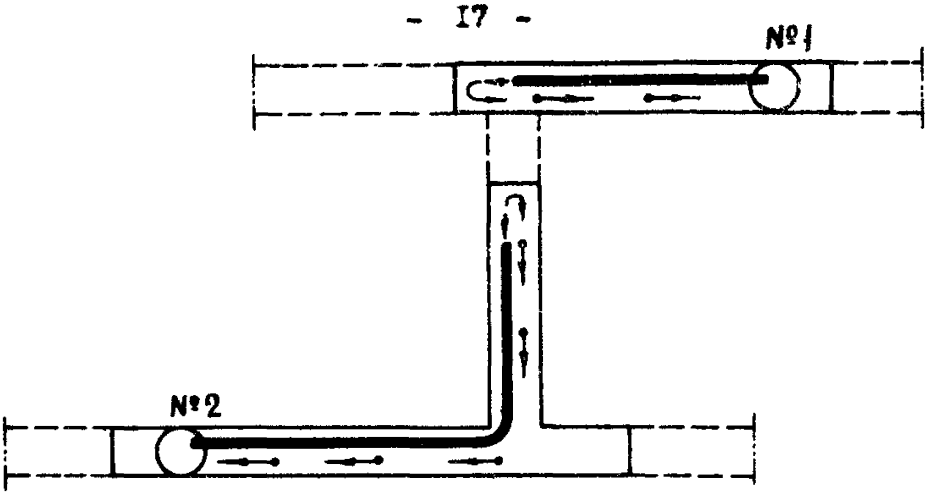


Рис. 5а. Проветривание сбойки
(стволы №1 и №2-центрально-расположенные)

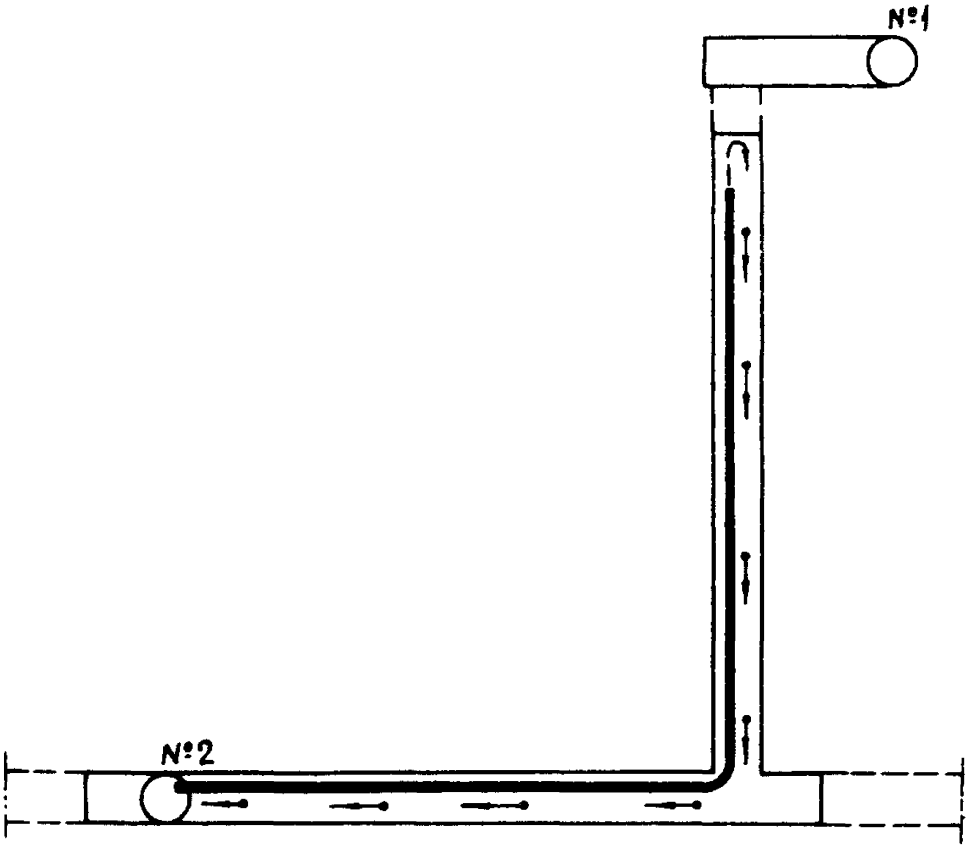


Рис. 5б. Проветривание сбойки
(ствол №1-центрально-отнесенный)

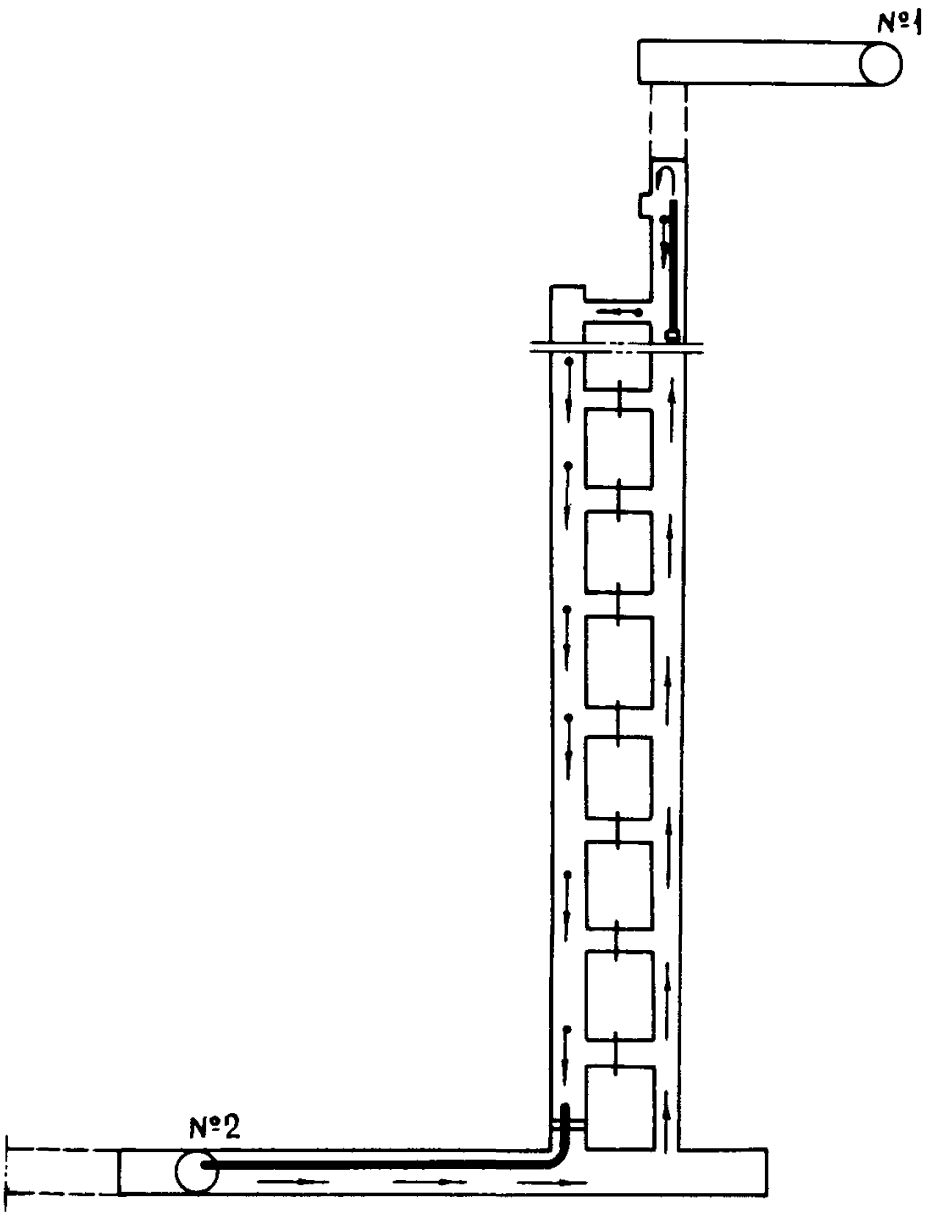


Рис 5в. Проветривание сбойки
(ствол №1 - отнесенный, фланговый).

4. Проветривание при проходке околоствольных выработок

26. Проведение выработок околоствольного двора при наличии центрально-расположенных стволов должно производиться только после проходки вентиляционной сбойки и организации пропуска через неё сквозной струи воздуха

27. Проветривание выработок околоствольного двора (рис. 6) производится по методу местного проветривания.

Околоствольные выработки должны проходиться с таким расчетом, чтобы действие сквозной струи воздуха все время увеличивалось, а длина и количество тупиковых выработок уменьшались.

28. Регулирование направления вентиляционных струй и количества протекающего воздуха должно производиться посредством перемычек глухих и с окнами, подбираемых в соответствии с условиями проведения выработок.

Для регулирования вентиляционных струй применение вспомогательных вентиляторов (толкачей) не допускается.

5. Проветривание при проходке горизонтальных и наклонных выработок

29. Горизонтальные и наклонные выработки при проходке являются тупиковыми. Проветривание их обеспечивается за счет воздуха из сквозной струи.

30. По правилам безопасности проветривание тупиковых выработок может производиться за счет общешахтной депрессии и с помощью вентиляторов местного проветривания:

а) Проветривание за счет общешахтной депрессии

I вариант. Параллельно основной выработке, по которой проходит струя свежего воздуха, проводится выработка для отвода отработанной струи. Между собой эти выработки периодически соединяются сбойками. По мере проведения новых сбоек старые заделываются перемычками. Воздух по основной выработке, последней соединительной сбойке и параллельной выработке движется за счет общешахтной депрессии и,

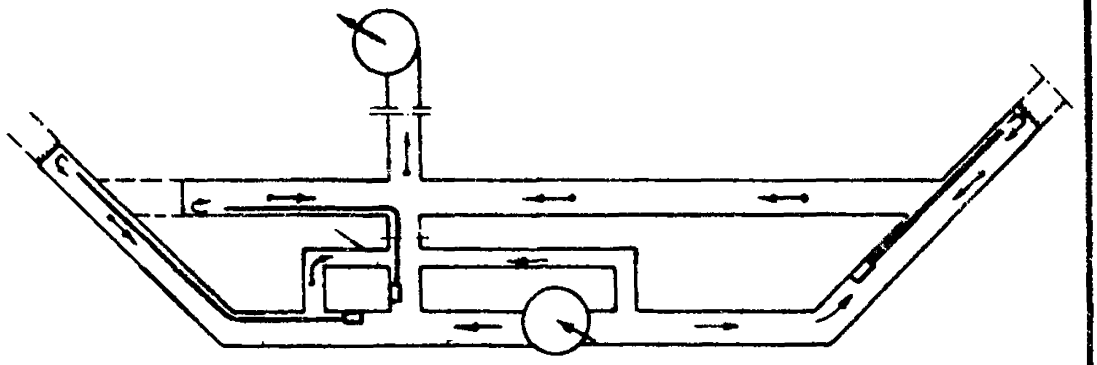


Рис. 6. Проветривание при проходке выработок околоствольного двора.

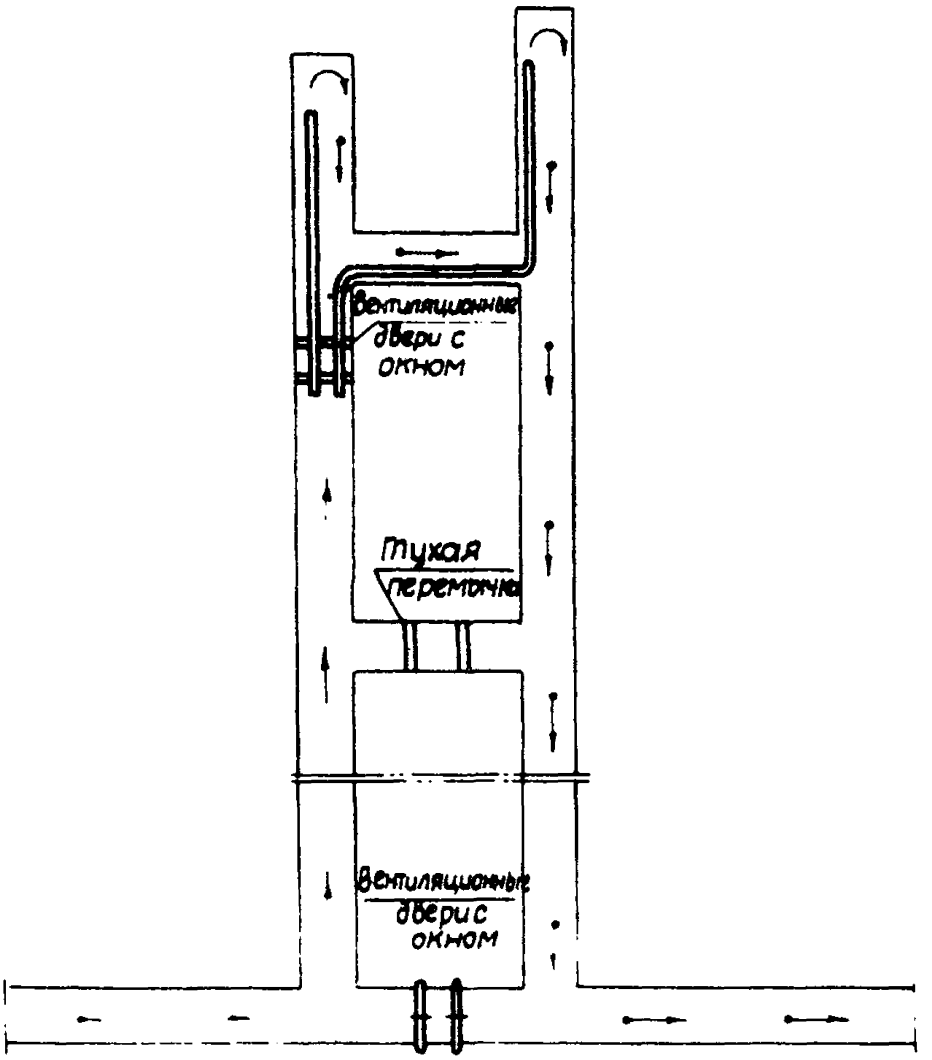


Рис. 7. Проветривание тупиковых выработок за счет общешахтной депрессии.

таким образом, по всей системе выработок действует сквозная струя.

Для подачи воздуха к тупиковым забоям выработок применяются трубы (присоединенные к выработке с помощью перемычек) или продольные перегородки (рис. 7). Согласно требованиям Правил безопасности длина труб и перегородок допускается не более 60 м.

Способ этот отличается надежностью и применим для проветривания метанообильных выработок. Однако он требует дополнительных затрат на проведение параллельной выработки. Он применим для выработок, проходимых по пласту угля (штреков с параллельными просеками, бремсбергов или уклонов с параллельными людскими ходками).

2 вариант. Выработка, находящаяся в проходке, разделяется продольной перегородкой на два отделения: основное, служащее обычно для откатки грузов и пропуска свежего воздуха, и вентиляционное, меньшее по сечению и служащее для отвода исходящей струи воздуха.

За счет общешахтной депрессии по одному отделению свежий воздух движется в направлении забоя, по другому - отработанный воздух движется к выходу из выработки (рис.8). Призабойная часть выработки проветривается за счет турбулентной диффузии воздуха, вызванной поворотом струи.

Перегородки делаются простые дощатые с обмазкой глиной или цементным раствором, чураковые из отрезков дерева, укладываемых на глине, кирпичные, бетонитовые, а также из сборно-разборных железобетонных блоков.

Во всех случаях перегородки должны быть достаточно воздухонепроницаемыми и прочными.

б) Проветривание с помощью вентилятора местного проветривания.

В выработке со сквозной струей воздуха, от которой проводится тупиковая выработка, устанавливают вентилятор местного проветривания, а от него к забою прокладывают вентиляционный трубопровод для подачи свежего воздуха (или отсасывания отработанного). Трубопровод по мере про-

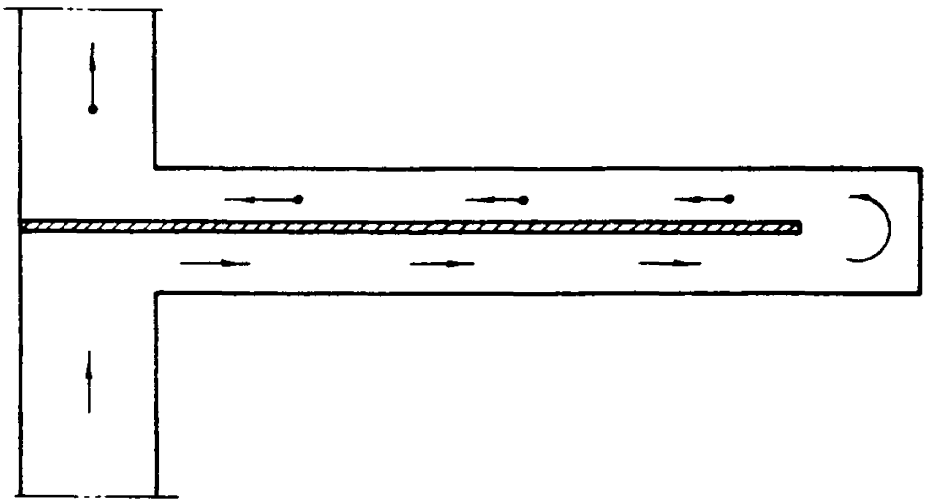


Рис.8. Проветривание тупиковой выработки за счет общешахтной депрессии посредством продольной перегородки.

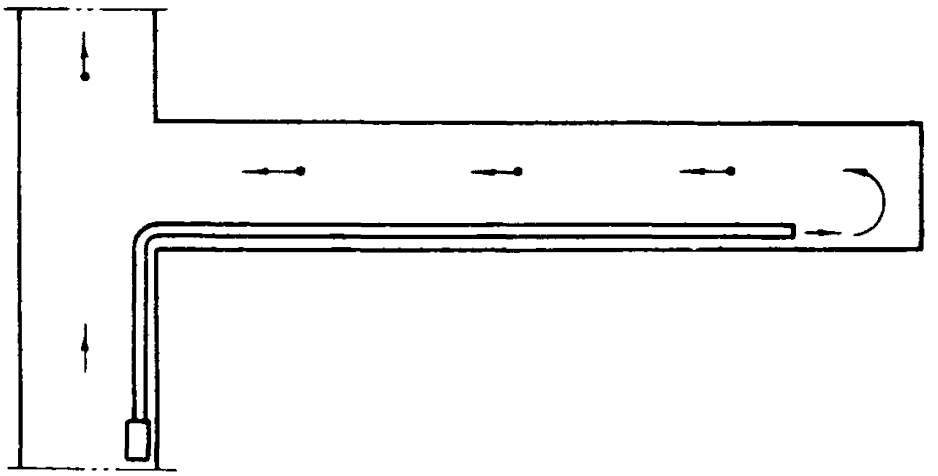


Рис. 9. Проветривание тупиковой выработки с помощью вентилятора местного проветривания и труб

ходки выработки наращивается путем присоединения новых звеньев.

Выходящий из трубопровода свежий воздух омывает призабойную часть выработки, а отработанный уходит в выработку со сквозной струей (рис. 9) при нагнетательном проветривании или, наоборот, отработанный воздух всасывается в трубопровод и из него поступает в выработку со сквозной струей при всасывающем проветривании.

6. Проветривание выработок большой протяженности

31. К выработкам большой протяженности относятся выработки длиной более 500-600 м: протяженные сбойки, квершлаги, коренные штреки и т.д.

32. Выбор схем и способов проветривания выработок большой протяженности производится на основании технико-экономических расчетов. При разработке схемы проветривания выработок по пластам, опасным по газу, учитываются следующие требования безопасности:

а) не допускать размещения электрических вентиляторов и пусковой аппаратуры в проходимой выработке;

б) подачу воздуха осуществлять по трубам способом нагнетания;

в) не допускать всасывающий способ проветривания.

33. Рекомендуются следующие типовые схемы для выработок большой протяженности:

Схема № 1. Проветривание одним вентилятором и одним трубопроводом. Воздух подается нагнетанием по металлическим или гибким трубам (рис. 10,1).

Схема № 2. Проветривание несколькими последовательно работающими вентиляторами, установленными вразбежку. Воздух подается нагнетанием по одному трубопроводу (рис. 10,2). Эта схема применима на всех шахтах, не опасных по газу или пыли.

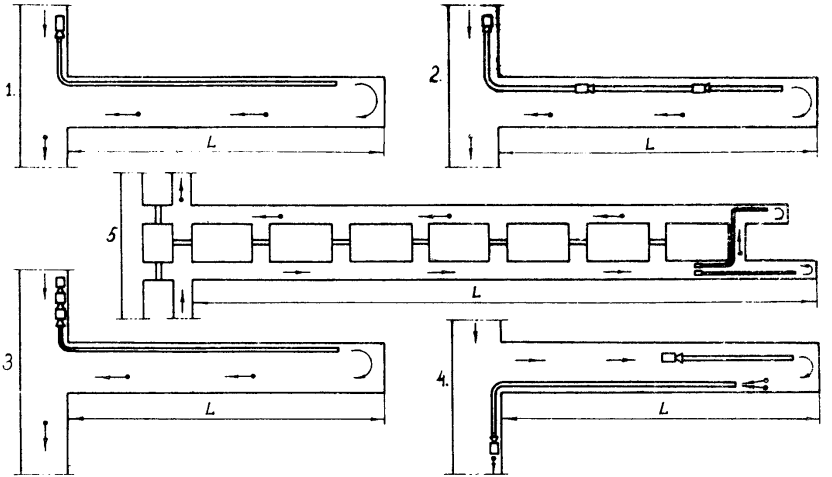


Рис. 10. Типовые схемы проветривания выработок большой протяженности

Схема № 3. Проветривание несколькими последовательно работающими вентиляторами, установленными в выработке со сквозной струей в одном пункте. Воздух подается нагнетанием по металлическим или гибким трубам (рис. 10, 3)

Схема проветривания применима при проходке газообильных выработок и в случае невозможности почему-либо применить схему № 1.

Схема № 4. Проветривание двумя вентиляторными установками (комбинированное): одной - основной, работающей на отсасывание воздуха из забоя, расположенной в выработке со сквозной струей и имеющей металлический трубопровод, другой - вспомогательной - расположенной в призабойной зоне и работающей на нагнетание. Во избежание рециркуляции воздуха в забое, нагнетательный вентилятор должен подавать его на 30% меньше количества, поступающего во всасывающий трубопровод (рис. 10.4).

Схема проветривания применима в выработках, в которых отсутствует метановыделение, когда почему-либо требуется исключить движение вредных газов и пыли по выработке с отводом их в исходящую струю воздуха.

Схема № 5. Проветривание с помощью сквозной струи воздуха и вентиляторов местного проветривания. Параллельно основной проводится вспомогательная выработка для пропуска отработанной струи воздуха. Соединительные сбойки проводятся на расстоянии до 100 м одна от другой. Тупиковые участки выработок проветриваются отдельными вентиляторами и трубопроводами (рис. 10,5).

Схема применима на всех шахтах, где проведение параллельных выработок экономически целесообразно.

34. При наличии метановыделения и пылеобразования необходимо применять такие схемы проветривания, при которых воздух вентиляционной струи, омыв одну выработку, как правило, поступает в исходящую струю.

35. Проветривание длинных тупиковых выработок может осуществляться при помощи буровых скважин. Этот способ проветривания имеет следующие основные варианты.

I. Проветривание глухих выработок через скважины, пробуренные с поверхности. Этот вариант может иметь три схемы:

I) отсасывание через скважину отработанного воздуха специально подобранным вентилятором (рис. II,I);

2) нагнетание свежего воздуха через скважину (рис. II,2);

3) нагнетательно-всасывающая схема (рис. II,3).

II. Проветривание глухих выработок через скважины, пробуренные между этажными выработками или выработками разных горизонтов (рис. I2). Этот вариант может иметь схемы, аналогичные первому варианту.

III. Проветривание параллельных выработок посредством горизонтальных скважин, пробуренных между ними.

В слабых породах скважины должны обсаживаться трубами.

Тупиковая часть выработки может проветриваться при помощи труб или перегородки.

Если диаметр скважины достаточно большой (больше 0,5м), для проветривания выработки можно использовать напор главного вентилятора; при малом диаметре скважины она оборудуется дополнительным вентилятором.

Расчёт проветривания при помощи скважин осуществляется по формулам разделов У, УI и УП.

7. Проветривание выработок, проходимых по выбросоопасным пластам (породам)

36. При проектировании и организации проветривания таких выработок следует предусматривать, чтобы исходящая струя воздуха из этих выработок направлялась кратчайшим путем на поверхность.

37. Так как газодинамические явления носят эпизодический характер, то борьбу с ними следует вести специальными способами (дегазация и другие), предусмотренными ПБ и специальными инструкциями.

38. В тупиковых выработках, где возможны газодинамические явления, должен применяться только нагнетательный способ проветривания.

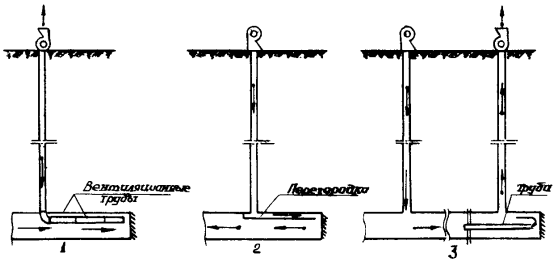


Рис. 11. Проветривание глухих выработок через буровые скважины, пробуренные с поверхности.

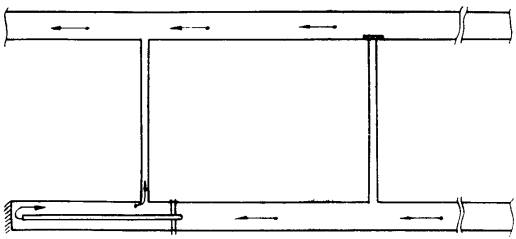


Рис. 12 Проветривание глухой выработки через буровые скважины, пробуренные с вышележащего горизонта.

39. В целях обеспечения надежности проветривания должны применяться только жесткие трубопроводы из прочного и негорючего материала.

IУ. Определение ожидаемого метановыделения при проходке выработок

40. Геологоразведочные организации представляют материалы с результатами опробования пластов на метаноносность, которая определяется по специальной инструкции при проведении геологоразведочных работ по шахтным полям. На основании этих же материалов устанавливается глубина зоны метанового выветривания.

На пластовых картах проводится линия, обозначающая нижнюю границу этой зоны. Наносятся также линии одинаковой метаноносности (изогазы). Метаноносность пластов на участках между пунктами с известной метаноносностью может определяться интерполированием.

41. Абсолютная метанообильность подготовительной выработки слагается из метановыделения с обнаженных поверхностей угля разрабатываемого пласта j_1 и отбиваемого угля j_2

При скоростной непрерывной проходке

$$j = n_1 \, z \, m_n \, v_k \, Q_o \left(2\sqrt{\frac{L}{v_k}} - 1\right), \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (1)$$

где n_1 – количество неподвижных обнаженных поверхностей пласта;

z – размерный коэффициент (z = 1 мин);

m_n – полная суммарная мощность угольных пачек пласта, м;

v_k – истинная скорость движения комбайна, м/мин;

L – длина выработки, проходимой со скоростью v_k, м;

Q_o – начальная интенсивность выделения метана с единицы площади обнажения, м^3/м2 · мин.

$$Q_o = 0{,}026 \times \left[0{,}0004 \left(V^r\right)^2 + 0{,}16\right], \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{мин}, \qquad (2)$$

где X – природная метаноносность угольного пласта на данном горизонте, м³/т угля;

V^r – выход летучих веществ, %.

Выход летучих веществ V^r и природная метаноносность пласта X берутся по материалам геологоразведочных организаций.

Метаноносность X в середине длины наклонной выработки берется как среднеарифметическая величина метаноносности на нижнем и верхнем горизонтах.

$$j_2 = \beta \gamma m_\beta (x - x_1) \quad , м^3/мин, \quad (3)$$

где β – ширина забоя по углю, м;

γ – объемный вес угля, т/м³;

m_β – вынимаемая суммарная мощность угольных пачек пласта, м;

x_1 – остаточная метаноносность угля, выданного на поверхность, м³/т угля.

Величина остаточной метаноносности угля, выданного на поверхность, определяется по формуле

$$x_1 = \frac{x_r(100 - W - A)}{100(1 + 0{,}31W)} \quad , м^3/т угля, \quad (4)$$

где x_r – остаточная метаноносность угля, выданного на поверхность (м³/т горючей массы), определяемая по табл. I;

W – природная влажность угля, %;

A – природная зольность угля, %.

Значения W и A даются геологоразведочными организациями.

42. При проходке выработок буровзрывным способом или комбайном с обычной скоростью выделение метана с обнаженных поверхностей и из отбитого угля определяется по формулам (I) и (3), но скорость проходки при этом принимается приблизительно средняя. Пример расчета по формулам (I) и (3) приведен в приложении I3, пример I.

43. При проведении выработки на расстоянии L от пласта метановыделение в выработку отсутствует.

Таблица I

Выход летучих веществ, %	Остаточная метаноносность угля, выданного на поверхность, $м^3/т$ горючей массы
2-8	I2-8
8-I2	8-7
I2-I8	7-6
I8-26	6-5
26-35	5-4
35-42	4-3
42-50	3-2

Значения величины L, установленные на основе практических данных, приведены в табл. 2.

44. При проведении полевых штреков вблизи пласта на расстоянии, меньшем величины L, метановыделение определяется по формуле

$$J_{п.ш} = K_2 J, \qquad м^3/мин, \quad (5)$$

где J - абсолютная метанообильность подготовительной выработки, проводимой по угольному пласту, $м^3/мин$ $(J = J_1 + J_2)$

K_2 - коэффициент, учитывающий уменьшение метановыделения в полевой штрек в связи с изменением L, расстояния от пласта до выработки.

Коэффициент K_2 на основе имеющихся практических данных принимать: при уменьшении приведенных в табл. 2 значений L в I,2 раза - K_2=0,3; в I,5 раза - K_2=0,5; в два раза - K_2=0,75; в три раза - K_2 =0,9.

Таблица 2

Условия проведения полевых штреков			Расстояние L от пласта до выработки (считая по нормали), м
залегание	расположение выработки	породы между пластом и выработкой	
Крутое, угол падения 75-90 град	Выработка располагается в кровле, в почве	Газопроницаемые (песчаники). Слабогазопроницаемые (глинистые сланцы	10,0 2,0
Крутое, угол падения 45-75 град	Выработка расположена над пластом	Газопроницаемые (песчаники) Слабогазопроницаемые (глинистые сланцы)	8,0 2,0
	Выработка расположена в почве пласта	Газопроницаемые (песчаники) Слабогазопроницаемые (глинистые сланцы	12,0 2,5
Наклонное, угол падения 25-45 град	Выработка расположена над пластом	Газопроницаемые (песчаники) Слабогазопроницаемые (глинистые сланцы)	8,0 2,0
	Выработка расположена в почве пласта	Газопроницаемые (песчаники) Слабогазопроницаемые (глинистые сланцы)	12,0-15,0 2,5-3,0
Пологое, угол падения 0-25 град	Выработка расположена над пластом	Газопроницаемые (песчаники) Слабогазопроницаемые (глинистые) сланцы	8,0 2,0
	Выработка расположена в почве пласта	Газопроницаемые (песчаники) Слабогазопроницаемые (глинистые сланцы)	15,0 3,0-3,5

У. Определение количества воздуха для проветривания

I. Общие положения

45. В соответствии с "Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах" количество воздуха, необходимое для проветривания проводимых горных выработок, должно рассчитываться: по углекислому газу, по метану, по газам, образующимся при взрывных работах, по пылевому фактору и по числу занятых одновременно на работе людей.

Проверку количества воздуха по тепловому фактору следует производить для тех шахт, глубина которых составляет 800 м и более.

К учёту принимается количество воздуха, наибольшее из подсчитанных по перечисленным факторам.

46. Все указанные факторы являются постоянно действующими и лишь фактор взрывных работ кратковременного действия. Однако, во многих случаях он вызывает большие расходы воздуха и энергии.

Если по фактору взрывных работ требуемое количество воздуха на проветривание значительно больше, чем по другим факторам, то в целях экономии энергии может применяться двойной вентиляционный режим: для проветривания после взрывания шпуров в забой подается повышенное количество воздуха, требующееся по расчету, а для проветривания в остальное время - уменьшенное количество воздуха, равное наибольшему из подсчитанных по остальным факторам.

2. По газовыделению

47. Количество воздуха, которое необходимо подать в забой выработки, подсчитывается по формуле

$$Q_з = \frac{100 J_з}{d_g - d_o}, \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (6)$$

Общее количество воздуха, которое необходимо подать в подготовительную выработку

$$Q_п = \frac{100 J_п}{d_g - d_o}, \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (7)$$

где $J_з$ - максимальное количество газа, выделяющегося в забое подготовительной выработки, м³/мин;

$d_д$ - допустимое содержание газа в исходящей вентиляционной струе, %;

$d_о$ - концентрация газа в поступающем воздухе, %;

$J_п$ - максимальное количество газа, выделяющегося в подготовительной выработке, м³/мин, определяется по формулам (I и 3).

48. На действующих шахтах газовыделение в подготовительной выработке устанавливается на основании фактических замеров. Газовыделение в призабойной части выработки определяется путем набора проб и замера количества воздуха на расстоянии 20 м от забоя при выполнении работ, обусловливающих максимальное газовыделение. Общее газовыделение в подготовительной выработке определяется путем набора проб и замера количества воздуха на расстоянии I0 м от её устья.

49. Для проектируемых шахт Подмосковного бассейна ожидаемое выделение углекислого газа в подготовительные выработки определяется по формуле

$$J_{CO_2} = \Pi S, \text{ м}^3/\text{сутки}, \qquad (8)$$

где Π - выделение углекислого газа с I м² открытой поверхности разрабатываемого пласта, м³/сутки.

Величина П для "свежих" открытых поверхностей угольного пласта (менее I2 месяцев) принимается равной 0,08 м³/сутки, а для "старых" обнажений (более I2 месяцев)- -0,02 м³/сутки;

S - площадь открытых поверхностей угольного пласта подготовительными выработками, м².

3. По взрывным работам

50. Количество воздуха по фактору взрывных работ как для участков (выработок), так и для всей шахты в целом, должно определяться по количеству вредных продуктов взрыва (окислы азота, окись углерода), образующихся при взрывании максимального заряда $Bв$.

51. Количество воздуха, подаваемого в каждый забой, где производятся взрывные работы, должно быть таким, чтобы перед допуском рабочих в указанный забой образовавшиеся при взрывании ядовитые продукты взрыва (условная окись углерода) были разбавлены не менее, чем до 0,008% по объему (в течение 30 минут).

При определении условной окиси углерода принимать 1л двуокиси азота равным 6,5 л окиси углерода.

52. Подсчет количества воздуха, необходимого для проветривания тупиковой выработки, по расходу ВВ производится по формуле

$$Q_з = 2{,}25 \frac{S}{t} \sqrt[3]{\frac{\varphi_1 B b}{S \rho_у^2} L^2}, \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (9)$$

где S – площадь поперечного сечения выработки, м^2;

t – время проветривания, мин;

B – количество одновременно взрываемых ВВ, кг;

b – газовость ВВ, л/кг, принимается равной 100л/кг при взрывании по углю и 40 л/кг – по породе;

L – длина выработки, м;

$\rho_у$ – коэффициент утечек воздуха, определяется по формулам 77, 78 или по табл. 21;

φ_1 – коэффициент, учитывающий обводненность выработки, приведен в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика выработок	φ_1
Стволы сухие любой глубины (приток до 1 м^3/ч) и обводненные глубиной не более 200 м. Горизонтальные и наклонные выработки проходятся по сухим породам	0,8
Стволы обводненные (приток до 6 м^3/ч) глубиной более 200 м. Горизонтальные и наклонные выработки частично проходятся по водоносным породам (влажные выработки)	0,6
Стволы обводненные (приток от 6 до 15 м^3/ч), капеж в виде дождя. Горизонтальные и наклонные выработки на всю длину проходятся по водоносным породам или с применением водяных заслонов (обводненные выработки)	0,3
Стволы обводненные (приток более 15 м^3/час), капеж в виде ливня	0,15

При длине выработки большей, чем критическая длина, определенная по формуле

$$L_{max} = 12{,}5 \frac{B \delta K_т}{S}, \text{ м}, \qquad (10)$$

в формулу (9) подставляется длина $L = L_{max}$, а коэффициент утечек $P_у$ берется также для этой длины,

где $K_т$ - коэффициент турбулентной диффузии полных круглых свободных струй (определяется по таблице 4)

Таблица 4

$l/d_п$	3,22	3,57	3,93	4,28	4,80	5,40	6,35
$K_т$	0,247	0,262	0,276	0,287	0,300	0,335	0,395
$l/d_п$	7,72	9,60	12,10	15,80	21,85	30,80	48,10
$K_т$	0,460	0,529	0,600	0,672	0,744	0,810	0,873

Примечание:

l - длина свободной струи, м; при практических расчётах эту длину можно принимать равной расстоянию от конца труб до забоя согласно требованиям ПБ;

$d_п$ - приведенный диаметр вентиляционного трубопровода у забоя, зависящий от положения его в поперечном сечении выработки, м; при расположении трубопровода в углу (в верхнем или нижнем) $d_п = 2 d_{тр}$, при его расположении у стенки, посередине высоты или ширины выработки $d_п = 1{,}5\, d_{тр}$

$d_{тр}$ - действительный диаметр трубопровода, м.

4. По наибольшему числу людей

53. Количество воздуха для проветривания выработок по наибольшему числу работающих людей

$$Q_з = 6 n, \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (11)$$

где n - наибольшее число людей, занятых одновременно на работе в выработке;

6 - норма воздуха ($м^3$/мин) на одного человека по Правилам безопасности.

54. Для подачи в забой принимается наибольшее количество воздуха, полученное при расчетах по вышеуказанным факторам. Принятое количество воздуха проверяется по минимальной скорости его движения согласно ПБ,

$$Q \geq 60VS, \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (12)$$

где V - минимально допустимая скорость движения воздуха, м/сек;

S - поперечное сечение выработки, м^2.

Кроме этого, количество воздуха, необходимое для проветривания подготовительной выработки, проверяется по пылевому и тепловому факторам.

5. По пылевому фактору

55. Расчёт количества воздуха по пылевому фактору следует производить по оптимальным скоростям, приведенным в табл. 5 для негазовых шахт при температуре воздуха менее 20^0С.

Таблица 5

Скорость движения воздуха	Скорость движения воздуха, м/сек	
	в подготовительных забоях	в выработках с конвейерной доставкой
Минимально-допустимая	0,3	0,7
Оптимальная	0,6	I,3
Максимально-допустимая	-	I,8

56. В случае проведения мероприятий, обеспечивающих содержание пыли в воздухе подготовительных выработок и выработок с конвейерной доставкой в пределах установленных норм, скорость воздуха принимается согласно требованиям ПБ.

6. По тепловому фактору

57. Тепловые расчеты шахты производятся путем подсчёта тепловыделения от всех основных источников тепла для каждой отдельной выработки.

Количество воздуха по тепловым условиям подсчитывается по формуле

$$Q_{теп} = \frac{Q_{общ}}{C_p \Delta t \gamma 60}, \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (13)$$

где $Q_{общ}$ - общее тепловыделение, ккал/ч;

C_p =0,24 - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, ккал/кг ^{0}С;

Δt - температурный перепад между выходящим (отработанным) и входящим (свежим) воздухом в выработку, ^{0}С.

Согласно ПБ температура в выработке не должна превышать 26^{0}С

γ - объемный вес воздуха, кг/м^3.

Общее тепловыделение в выработке подсчитывается по следующей формуле

$$Q_{общ} = Q_{охл} + Q_{сж} + Q_{ок} + Q_м \text{ , ккал/ч,} \qquad (14)$$

где $Q_{охл}$ - тепловыделение от охлаждения горных пород, ккал/ч;

$Q_{сж}$ - теплоприращение от сжатия (расширения) воздуха, ккал/ч;

$Q_{ок}$ - тепловыделение от окисления, ккал/ч;

$Q_м$ - тепловыделение от местных источников, ккал/ч.

Тепловыделение от охлаждения горных пород

58. Тепловыделение от охлаждения горных пород определяется по формуле

$$Q_{охл} = K_t U L (t_п - t) \text{ , ккал/ч,} \qquad (15)$$

где K_t - коэффициент нестационарного теплообмена, ккал/м^{2}ч ^{0}С;

U - периметр сечения выработки, м;

L - длина выработки, м;

$t_п$ - температура неохлажденных горных пород для данной глубины, ^{0}С;

t - средняя температура воздуха в выработке, ^{0}С. (принимается согласно ПБ).

K_t - определяется по формуле

$$K_\tau = \frac{\lambda\left(1 + 0{,}27\sqrt[4]{\frac{a\tau_{расч}}{R^2}}\right)}{0{,}88\sqrt{a\tau_{расч}} + \lambda/\alpha_1}, \text{ ккал/м}^2\text{ч }^\circ\text{С}, \quad (16)$$

или по монограмме (приложение I, рис. I),

где λ - коэффициент теплопроводности породы, ккал/м ч °С.

Для распространенных горных пород значения коэффициента теплопроводности приведены в приложении 2.

a - коэффициент температуропроводности, принимается из приложения 2 или определяется по формуле

$$a = \frac{\lambda}{C_n \gamma_n}, \text{ м}^2/\text{ч}, \quad (17)$$

Здесь C_n - удельная теплоемкость породы, ккал/кг °С;

γ_n - объемный вес породы, кг/м^3 (см. приложение 2);

$\tau_{расч}$ - расчетное время протекания процесса теплообмена, ч.

При непрерывном проведении выработки

$$\tau_{расч} = 0{,}279\,\tau_н, \text{ ч}, \quad (18)$$

При прерывном проведении выработки

$$\tau_{расч} = \frac{\tau_н + \tau_к + 2\sqrt{\tau_н \tau_к}}{4}, \text{ ч}, \quad (19)$$

где $\tau_н$ - время, истекшее от начала проведения выработки, ч;

$\tau_к$ - время, истекшее от момента окончания проходческих работ в пункте выработки, для которого определяется температура, ч.

R - приведенный (эквивалентный) радиус, м;

$$R = 0{,}564\sqrt{S}, \text{ м}, \quad (20)$$

где S - площадь сечения выработки, м^2;

α_1 - коэффициент теплоотдачи, ккал/м^2 ч °С.

$$\alpha_1 = 2\,\frac{\varepsilon V^{0,8}\gamma^{0,8}U^{0,2}}{S^{0,2}}, \text{ ккал/м}^2\text{ ч }^\circ\text{С}, \quad (21)$$

где V - скорость воздуха в выработке, м/сек;

γ - удельный вес воздуха, кг/м^3;
U - периметр выработки, м;
S - площадь сечения выработки, м^2.

Коэффициент ϵ следует выбирать из таблицы (приложение 3).

Для облегчения расчетов по формуле (21) построена номограмма, приведенная в приложении I, рис. 2.

Для гладкостенных каналов различных форм данные следует брать при ϵ =I.

Значения t_n принимаются из справочной литературы или рассчитываются по формуле

$$t_n = t_n^o + \frac{H - h_o}{\Gamma_{ст}}, \ ^oC, \qquad (22)$$

где t_n^o - температура пород, на которой не сказываются годовые и суточные колебания температур воздуха, ^oC (берется для конкретного района как среднегодовая температура наружного воздуха);

H - глубина от поверхности земли, м;

h_o - глубина зоны (от поверхности) постоянной температуры, м;

$\Gamma_{ст}$ - геотермическая ступень, м/^oC

Значения t_n^o, h_o и $\Gamma_{ст}$ приведены в табл. 6.

Таблица 6

Угольный бассейн	Глубина зоны постоянной температуры h_o, м	Среднегодовая температура t_n^o, ^oC	Геотермическая ступень $\Gamma_{ст}$, м/^oC
Донбасс	25	8,5	33
Кузбасс	30	2,5	30
Караганда	35	2,5	35
Мосбасс	30	3,0	30

Теплоприращение от сжатия (расширения) воздуха

59. Теплоприращение от сжатия (расширения) воздуха при движении его по вертикальным (наклонным) выработкам определяется по формуле

$$Q_{сж(расш)} = \pm 8{,}4 \cdot H \cdot G \quad , \text{ ккал/ч}, \qquad (23)$$

где H - глубина заложения выработки, м;

G - расход вентиляционного воздуха, кг/сек.

Знак "+" относится к случаю сжатия воздуха, знак "-" - к случаю расширения воздуха.

Тепловыделения от окисления

60. Суммарные тепловыделения от окисления угля, угольной пыли и крепежного леса для различных выработок подсчитываются по формуле

$$Q_{ок} = q_0 V^{0,8} U L \quad , \text{ ккал/ч}, \qquad (24)$$

где q_0 - удельное тепловыделение от окисления, отнесенное к I м^2 поверхности стен выработки в час;

V - скорость движения воздуха, м/сек;

U - периметр выработки, м;

L - длина выработки, м.

Значения q_0 приближенно можно принимать равным 3-4 ккал/м^{2}ч.

Тепловыделения от местных источников

61. К местным источникам относятся: охлаждение добытого ископаемого, механическая работа, тепловые потери в электрических машинах, кабелях и осветительных приборах, охлаждение шахтной воды, тепловыделения от присутствия людей, от взрывания ВВ и др.

62. Влияние охлаждения добытого ископаемого учитывается по формуле

$$Q_{охл} = \left[\kappa'_{охл} n_л \Delta t_л + \kappa''_{охл} n_у \Delta t_у\right] S_в \text{, ккал/ч}, \qquad (25)$$

где $K'_{отл}$ - удельное тепловыделение разрыхленной транспортируемой породы, ккал/м^2 ч ^{0}С;

$K''_{отл}$ - удельное тепловыделение от окисления и охлаждения разрыхленного транспортируемого угля, ккал/м^2 ч ^{0}С;

$n_п$ - среднее количество вагонеток с породой, находящееся в выработке в течение часа;

$n_у$ - среднее количество вагонеток с углем, находящееся в выработке в течение часа;

$\Delta t_п$ - средний температурный перепад между породой и воздухом, ^{0}С (температура разрыхленной породы принимается на 3-4^{0}С выше температуры неохлажденных горных пород $t_п$);

$\Delta t_у$ - средний температурный перепад между углем и воздухом, ^{0}С (температура разрыхленного угля принимается на 2-2,5^{0}С выше температуры неохлажденных горных пород $t_п$);

$S_в$ - площадь горизонтального сечения вагонетки на уровне её бортов, м^2;

$t_п$ - температура горных неохлажденных пород для данной глубины, ^{0}С.

По экспериментальным данным

$$K'_{отл} = 20 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^0\text{С}, \quad K''_{отл} = 33 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^0\text{С}.$$

63. Тепловыделения от работы машин и механизмов:
при работе агрегата вместе с электродвигателем

$$\Delta Q_{эд} = \frac{860 N K_э}{\eta_э}, \text{ ккал/ч}, \qquad (26)$$

или по номограмме (приложение I рис. 3);
при работе электровозной откатки по формуле

$$\Delta Q_{э.о} = \frac{K_{э.о} A_c L \quad 860}{\tau_{э.о}}, \text{ ккал/ч}, \qquad (27)$$

или по номограмме (приложение I рис. 4); при торможении вагонеток

$$\Delta Q_т = \frac{(q_1 + q_2) n h}{427}, \text{ ккал/ч}, \qquad (28)$$

при работе трансформатора по формуле

$$\Delta Q_{тр} = 860 N m_т \quad , \text{ ккал/ч}, \qquad (29)$$

или по номограмме (приложение I рис. 5);
при освещении

$$\Delta Q_{ос} = 860 N \quad , \text{ ккал/ч}, \qquad (30)$$

при работе привода конвейера

$$\Delta Q_к = 860 (N \pm 0{,}00273 P \cdot L \sin\Psi \quad), \text{ ккал/ч}, \qquad (31)$$

где N - мощность токоприемника, квт;
$K_з$ - коэффициент загрузки во времени;
$\eta_м$ - механический к.п.д.;
$K_{э.о}$ - расход электроэнергии на 1 ткм перевезенного груза, квт.ч;
$A_с$ - суточная производительность расчетного участка, т/сутки;
L - длина откатки, км;
$\tau_{э.о}$ - продолжительность работы электровозной откатки в сутки, ч;
g_1 - полезный груз вагонетки, кг (объемный вес горных пород см. приложение 2);
g_2 - вес самой вагонетки, кг;
n - число вагонеток, проходящих по выработке в течение часа;
h - вертикальная высота подъема, м;
$m_т$ - потери шахтного трансформатора, в среднем 0,05;
P - производительность конвейера, кг/ч;
$L_к$ - длина конвейера, м;
Ψ - угол наклона выработки, град.

В формуле (31) знак "-" относится к случаю нисходящего движения конвейера, знак "+" - к случаю восходящего.

64. Тепловыделения при охлаждении шахтной воды в закрытых канавках

$$\Delta Q_{возд} = K_в F (t_{возд} - t), \text{ ккал/ч}, \quad (32)$$

где $K_в$ - коэффициент теплопередачи от воды к воздуху, ккал/м² ч °С;

F - поверхность покрытия канавки, м²;

t - температура воздуха, °С (принимается согласно ПБ),

$$K_в = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ ккал/м}^2 \text{ ч °С}, \quad (33)$$

где α_2 - коэффициент теплоотдачи от воды к покрытию канавки, ккал/м² ч °С;

α_1 - коэффициент теплоотдачи от поверхности покрытия к воздуху (общий для выработки в целом), ккал/м² ч °С определяется по формуле (21);

δ - толщина покрытия, м;

λ - коэффициент теплопроводности покрытия, ккал/м ч °С (можно принимать при 20°С для железобетонных плит - 0,7-1,2: для дерева - 0,1-0,15; для кера за- 50).

Коэффициент теплоотдачи от воды к покрытию

$$\alpha_2 = B \frac{(\gamma w)^{0,8}}{d_{экв}^{0,2}}, \text{ ккал/м}^2 \text{ ч °С}, \quad (34)$$

где B - коэффициент, учитывающий теплофизические свойства воздуха;

γ - удельный вес воды, кг/м³;

w - скорость движения воды в канавке, м/сек;

$d_{экв}$ - эквивалентный диаметр канавки, принимаемый для упрощения равным ширине канавки, м.

Значения величины B в зависимости от температуры воды приведены в табл. 7.

Таблица 7

Воды	0	20	40	60
В	4,91	6,45	7,98	9,3

При охлаждении шахтной воды с открытой поверхности

$$\Delta Q_{воды} = \alpha_1 F(t_{воды} - t) + \beta F(p_{t_ш} - p_п), \text{ ккал/ч}, \quad (35)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи от воды к воздуху, ккал/м² ч °С (определяется по формуле (21);

$t_{воды}$ - температура шахтной воды, °С, как правило, на 1,0-1,5° выше температуры вентиляционной струи;

t - температура воздуха, °С;

$p_{t_ш}$ - давление насыщенных паров при температуре шахтной воды, мм рт. ст (см. приложение 4);

$p_п$ - парциальное давление паров в рудничном воздухе, мм рт. ст.;

$$p_п = \frac{\varphi p_{t_ш}}{100}, \text{ мм рт. ст}, \quad (36)$$

Здесь φ - относительная влажность воздуха, % (берется из приложения 5);

β - коэффициент массоотдачи, который можно приближенно определять по скорости движения воздуха v по формуле

$$\beta = 9,7 + 3v, \text{ ккал/м}^2 \text{ ч мм рт. ст.}; \quad (37)$$

Приращение температуры вентиляционной струи воздуха от теплообмена с шахтной водой можно определять по номограмме (приложение I рис. 6).

65. Тепловыделения людей определяются по формуле

$$\Delta Q_р = q_р n_р, \text{ ккал/ч}, \quad (38)$$

или по номограмме (приложение I, рис. 7),

где $q_р = 250$ - количество тепла, выделяемое телом одного рабочего, ккал/ч;

$n_р$ - количество рабочих в выработке.

66. Тепловыделение от применяемых в настоящее время ВВ берется из расчета, что из I кг взорванного ВВ выделяется около 500 кал.

67. При гидратации бетона

$$\Delta Q_б = q_б \pi d_{св} l_ц \quad , \text{ ккал/ч}, \qquad (39)$$

где $q_б$ - удельное выделение теплоты гидратации, ккал/м^2 ч. С достаточной для практических целей точностью можно принимать

$q_б$ = 50 ÷ I00 ккал/м^2 ч;

$d_{св}$ - диаметр выработки в свету, м;

$l_ц$ - длина участка, бетонируемого за один цикл проходки, м.

В случае, когда по тепловому фактору требуется подавать в забой воздуха больше, чем по другим факторам, технико-экономическим расчётом необходимо установить целесообразность охлаждения подаваемого воздуха.

7. Количество воздуха для проветривания камер

68. Для проветривания складов ВМ количество воздуха определяется по формуле:

$$Q_к = 0{,}07 V \quad , \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (40)$$

где V - суммарный объем выработок склада ВМ, м^3.

69. Количество воздуха для проветривания камер с работающими электрическими установками определяется по формуле

$$Q_к = I0 N (I - \eta) \cdot K_з, \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (4I)$$

где η - к.п.д. электродвигателя;

N - мощность установок, квт;

$K_з$ - коэффициент загрузки в течение суток, принимается равным 0,8.

70. Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания зарядных камер,

$$Q_к = 30 n_б \quad , \text{ м}^3/\text{мин}, \qquad (42)$$

где $n_б$ - количество одновременно заряжаемых аккумуляторных батарей.

71. При производстве сварочных работ в шахте выполняется проверочный расчет количества поступающего воздуха по фактору сварочных работ по формулам

$$Q_{св} = 2{,}8\,\frac{n'\,K_э\,\varkappa\,\rho}{N_в\,C_п}\ ,\ м^3/сек, \qquad (43)$$

где $Q_{св}$ - количество воздуха, необходимого для разбавления сварочной пыли (окислы марганца и другие) до допустимой концентрации, $м^3/сек$;

n' - число сварочных постов, действующих в выработке одновременно;

$K_э$ - коэффициент, учитывающий выполнение плана сварочных работ, равный 1-1,2;

$\varkappa$ - количество сварочной пыли, образующейся при сжигании 1 кг электрода (см. табл. 8);

ρ - расход электродов на сварку 1 м шва (принимается по нормам расхода), кг/м;

$N_в$ - норма времени на 10 м сварочного шва, ч;

$C_п$ - норма предельно допустимой концентрации пыли, $кг/м^3$ (окислов марганца - 0,3; сварочная пыль, содержащая до 10% свободной $Si\,O_2$ - 4)

$$Q_г = 0{,}035\,\frac{K_э\,n\,\rho\,\varkappa_1}{N_в}\ ,\ м^3/сек, \qquad (44)$$

Здесь $Q_г$ - количество воздуха, необходимого для разжижения ядовитых газов до допустимой концентрации, $м^3/сек$;

$\varkappa_1$ - количество ядовитых газов, образующихся при сварочных работах, л/кг.

Таблица 8

Тип электрода	Марка электрода	Сварочная пыль, г		Газы CO и NO_2 (в пересчете на условную окись углерода), л
		общее количество	в том числе окислов марганца	
Э-42	ЦМ-7	48,3	4,2	15,8
	ОММ-5	18,6	1,2	20,6
	УОНИ-13/45	19,3	0,15	23,8
ЭА-1	Аустенит	6,4	0,33	15,2
Э-46	АНО-1	9,2	0,98	1,61
	АНО-3	7,5	0,90	4,4
	АНО-4	4,2	0,70	4,4

В справочниках и других литературных источниках количество ядовитых газов, выделяющихся при сварочных работах, обычно дается в г/кг сожженного электрода. Для пересчета весовых единиц в объемные применяется формула

$$Q_п = 1{,}05 \frac{a}{\rho}, \qquad (45)$$

где $Q_п$ – количество ядовитых газов, выделяемых при сжигании 1 кг электрода, приведенное к нормальным рудничным условиям (15°С, 760 мм рт.ст.), л;

a – количество ядовитых газов, выделяемых при сжигании 1 кг электрода, г;

ρ – плотность газа, г/л.

При выделении большого количества вредных газов требуется местное проветривание для отсасывания или разбавления их.

К расчету принимается наибольшее количество воздуха, подсчитанное по трем факторам (пыль SiO_2, MnO_2 и газы CO и NO_2).

8. Утечки воздуха через вентиляционные сооружения

72. Нормы утечек воздуха ($м^3$/мин) через глухие перемычки приведены в табл. 9.

Таблица 9

Тип перемычек	Площадь перемычек, $м^2$				
	2	4	7	10	15
Бетонные, каменные, кирпичные	7	10	13	16	19
Чураковые	11	15	20	24	30

73. Нормы утечек воздуха через перемычки с дверьми приведены в таблице 10.

Таблица IO

Тип перемычки и двери	Площадь двери, $м^2$				
	I,5	2,5	3,5	4,5	5,5
I. Одностворчатые двери, установленные:					
а) в бетонных, каменных, кирпичных перемычках	34	37	4I	-	-
б) в чураковых перемычках	38	4I	45	-	-
2. Двухстворчатые двери в выработках с рельсовыми путями, установленные :					
а) в бетонных, каменных, кирпичных перемычках	-	5I	57	65	70
б) в чураковых перемычках	-	55	62	70	75

Примечания: I. Двери имеют войлочные или прорезиненные прокладки, плотно обиты герметизирующим материалом, имеются пороги и фартуки.

2. В таблице IO приведены нормы утечек воздуха при депрессии 50 $кг/м^2$. Если расчетная депрессия вентиляционных сооружений отличается от указанной, необходимо производить пересчет по формуле

$$Q_1 = Q_1' \sqrt{\frac{h_1}{50}}, \ м^3/мин, \quad (46)$$

где Q_1 - допустимые утечки при данной депрессии, $м^3/мин$;

Q_1' - допустимые утечки воздуха при депрессии 50 $кг/м^2$, $м^3/мин$;

h_1 - расчетная депрессия, $кг/м^2$.

74. В главных вентиляционных выработках (в уклонах, ходках, квершлагах, вентиляционных сбойках и в околоствольных дворах) нормы утечек воздуха следует увеличивать в два раза.

75. В шлюзах при установке двух или трех дверей нормы утечек воздуха пересчитываются по формуле

$$Q_1 = \eta Q, \ м^3/мин, \qquad (47)$$

где Q - нормы утечек воздуха, $м^3$/мин;

η - коэффициент, зависящий от количества дверей:

при одной двери η = I,0;
при двух дверях η = 0,76;
при трех дверях η =0,66.

76. Утечки воздуха через кроссинги определяются по утечкам через шлюзы и перемычки кроссингов.

77. Утечки воздуха в параллельных выработках определяются по формуле

$$Q_{ут} = \frac{0{,}01\, m\, P_{пр}\, Q_{кон}}{\psi} \ м^3/мин, \qquad (48)$$

где m - число перемычек;

ψ - коэффициент приведения площади перемычки, определяемый по графику рис. I3;

$P_{пр}$ - приведенные утечки воздуха, принимаются в соответствии с табл. II;

$Q_{кон}$ - количество воздуха, которое необходимо подать в конец параллельных выработок, $м^3$/мин.

Таблица II

Перемычки	Значение $P_{пр}$, %	
	нетрещиноватые породы	трещиноватые породы
Шлако - и бутобетонные	0,60	I,05
Каменные	0,70	I,20
Шлакоблочные	0,80	I,40
Чураковые	I,00	I,75
Дощатые	I,40	2,45

78. Утечки воздуха через надшахтные сооружения и каналы вентиляторов учитываются коэффициентом при определении производительности вентилятора (см. формулу 85).

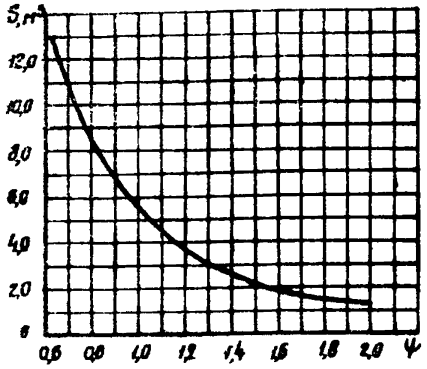


Рис.13 Зависимость коэффициента Ψ от площади перемычки.

9. Количество воздуха, необходимого для проветривания шахты

79. Общее количество воздуха для проветривания строящейся шахты определяется по формуле

$$Q_ш = 1{,}1\,(\sum Q_{уг} + \sum Q_к + \sum Q_{ут}),\ м^3/мин,\ (49)$$

где 1,1 - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения воздуха по выработкам;

$\sum Q_{уг}$ - количество воздуха для проветривания участков, $м^3$/мин.

Количество воздуха для проветривания участка определяется по формуле

$$Q_{уг} = 1{,}43\,(q_1 + q_2 + q_3 + \cdots + q_n),\ м^3/мин,\ (50)$$

где $q_1; q_2; q_3; q_n$ - количество воздуха, подаваемого в каждую выработку (за исключением выработок, проветриваемых последовательно одной сквозной струей, в этом случае учитывается только выработка с наибольшим значением q), находящуюся в проходке, $м^3$/мин (определяется по формулам 6-13);

1,43 - поправочный коэффициент, удовлетворяющий требова-

требованиям Правил безопасности и производительности вентиляторов в выработке, не превышающей 70% количества воздуха, проходящего по выработке;

$\sum Q_к$ - количество воздуха для обособленного проветривания камер, м³/мин, определяется по формулам (40-42);

$\sum Q_{ут}$ - утечки воздуха при его движении от поверхности на участки, м³/мин. Утечки подсчитываются по формулам (47-48) и принимаются по нормам (табл. 9-10).

80. В последний период строительства шахты, когда заканчиваются нарезные работы, общее количество воздуха, подаваемого в шахту для проветривания, должно быть не меньше принятого по проекту на момент сдачи шахты в эксплуатацию.

УІ. Подсчёт депрессии

І. Депрессия выработок и трубопроводов

81. При определении общей депрессии струи учитываются все выработки, проветриваемые за счет шахтной депрессии.

Для определения депрессии вентиляционной системы в целом принимается путь движения воздушной струи с наибольшей депрессией.

Общая депрессия при этом определяется по формуле

$$h_{общ} = h_1 + h_2 + \cdots + h_{в.м} + \cdots + h_{n-1} + h_n, \text{кг/м}^2 \quad (51)$$

где h_1 - депрессия первой выработки, в которую входит воздух (ствол);

h_2 - депрессия следующей выработки и т.д.;

$h_{в.м}$ - депрессия воздушного моста;

h_{n-1} - депрессия предпоследней выработки;

h_n - депрессия последней выработки, через которую выходит воздушная струя (вентиляционный ствол).

82. Депрессия отдельной выработки определяется по формуле

$$h = \frac{\alpha P L Q^2}{S^3} = r L Q^2, \text{кг/м}^2, \quad (52)$$

где α - коэффициент аэродинамического сопротивления выработки, $\frac{кг \cdot сек^2}{м^4}$;

P - периметр поперечного сечения выработки, м;

L - длина прямолинейного участка выработки с постоянным поперечным сечением и одинаковым видом крепи, м;

S - поперечное сечение выработки, $м^2$;

Q - количество воздуха, проходящего по данной выработке, $м^3/сек$;

$r = \frac{\alpha P}{S^3}$ - сопротивление I м выработки.

Для выработок с поворотами, с переменным сечением и разной крепью депрессия должна подсчитываться для каждого прямолинейного участка с постоянным поперечным сечением и одинаковой крепью по формуле (52). Депрессия всей выработки получается их суммированием с добавлением величины сопротивления поворотов.

83. Для выработок с постоянным коэффициентом утечек воздуха (разделенные продольной перегородкой; при проветривании выработок вентиляторами частичного проветривания и жесткими трубами; параллельные выработки, разделенные забутовкой из породы), подчиненных квадратичному закону, депрессия определяется по формуле[x)]

$$h = \left(\frac{r}{2K_в}\right)^{2/3} \left(Q_н^3 - Q_к^3\right)^{2/3}, \text{ кг/м}^2, \qquad (53)$$

где $Q_н$ - количество воздуха, проходящего в начале выработки, $м^3/сек$;

$Q_к$ - то же, в конце выработки (считая по струе);

r - сопротивление I м выработки, равное $\frac{\alpha P}{S^3}$;

$K_в$ - удельный коэффициент утечек воздуха (утечки на длине I м выработки при разности давления I $кг/м^2$).

Для определения удельного коэффициента утечек воздуха $K_в$ через перегородки обычно пользуются коэффициентом воздухопроницаемости K (количество воздуха, $м^3/сек$, проникающее через неплотности I $м^2$ стенки толщиной в I см и перепаде давлений в I $кг/м^2$).

---

x) А.М. Федоров "К расчёту количества воздуха при движении его по выработкам, разделенным продольной перегородкой" "Шахтное строительство", № 4, 1965 г.

Учитывая данные исследования В.Б. Комарова и М.А. Патрушева, можно принять следующие значения К для различных перегородок: дощатая одинарная, промазанная глиной - 0,05-0,I; то же, двойная - 0,05-0,03; чураковая -0,06-0,I; шлакоблочная или кирпичная - 0,027 - 0,047; бутобетонная- 0,02-0,036. Большие значения коэффициентов относятся к трещиноватым боковым породам.

Пользуясь указанными значениями К и формулой М.А. Патрушева коэффициент утечек воздуха через стенки определяется по формуле

$$K_в = \frac{S\ K}{\sqrt{\delta}}\ , \qquad (54)$$

где S - площадь стенки или перегородки выработки на длине I м в м²;

δ - толщина стенки в см.

84. При проветривании тупиковых выработок вентиляторами местного проветривания или при помощи перегородок и парных выработок при наличии утечек депрессия определяется по формуле (53), при этом коэффициент z равен сумме удельных сопротивлений труб и выработки, двух отделений выработки (при перемычках) или двух выработок. Коэффициент аэродинамического сопротивления α берется для металлических труб по табл. I7, а для выработок из приложений 6 и 7.

Удельный коэффициент утечек Кв для металлического трубопровода определяется по формуле 79.

85. Депрессия вентиляционных скважин подсчитывается по формуле

$$h_{скв} = R_{скв}\ Q^2\ , \text{ кг/м}^2, \qquad (55)$$

где

$R_{скв}$ - сопротивление скважины, км;

Q - количество воздуха, проходящее через скважину, м³/сек

86. Сопротивление скважины определяется по формуле (75), при этом коэффициент аэродинамического сопротивления α можно принимать (по А.Х. Дзасохову): для скважи-

ны, необсаженной трубами $\alpha = 0{,}00012$, для скважины, обсаженной трубами $\alpha = 0{,}00029$.

87. В случае проветривания тупиковой части выработки при помощи трубопровода, являющегося продолжением скважины, общее сопротивление скважины и трубопровода определяется по формуле

$$R = R_{скв} + R_{тр}, \text{ кмм}, \qquad (56)$$

Расчёт по выбору вентиляционного оборудования для скважин следует вести по формулам раздела УШ.

88. Воздушные мосты (кроссинги) обладают вентиляционным сопротивлением, которое при расчете вентиляции должно учитываться. Депрессия воздушного моста (кроссинга) определяется по формуле

$$h_{в.м} = R_{в.м} \, Q_м^2, \text{ кг/м}^2, \qquad (57)$$

где $Q_м$ - количество воздуха, проходящего через воздушный мост, м^3/сек;

$R_{в.м}$ - вентиляционное сопротивление воздушного моста (берется по табл. I2).

89. В тех случаях, когда воздушная струя проходит по нескольким параллельным выработкам, для подсчёта депрессии следует предварительно распределить поступающий в эти выработки воздух по формуле

$$Q_к = \frac{Q_0}{\sqrt{R_к} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\sqrt{R_i}}}, \text{ м}^3/\text{сек}, \qquad (58)$$

где Q_0 - общее количество воздуха, проходящего через выработки, м^3/сек;

$Q_к$ - определяемое количество воздуха, м^3/сек;

$R_к$ - сопротивление ветви, для которой определяется количество воздуха $Q_к$, кмм;

R_i - сопротивление ветвей параллельного соединения.

Сопротивление $R_к$ выработки определяется по формуле

$$R_к = \alpha \frac{PL}{S^3} = zL, \text{ кмм}, \qquad (59)$$

где α - коэффициент аэродинамического сопротивления выработки;

P - периметр выработки, м;

L - длина выработки, м;

S - поперечное сечение выработки, $м^2$.

Для определения общей депрессии шахты исходные данные и результаты подсчётов заносятся в формуляр (приложение 8).

После заполнения всех граф формуляра суммируют депрессии всех выработок (гр. II) и получают общую депрессию вентиляционной системы.

Таблица I2

Данные о вентиляционном сопротивлении воздушных мостов (по ЛГИ)

Тип вентиляционного сопротивления	Характеристика перекидного воздушного моста			Вентиляционное сопротивление, кμ
	количество труб	диаметр круглых и размер прямоугольных труб, мм	наличие коллектора и диффузора	
	I	700	Нет	
I	2	600	Нет	0,5-0,7
	3	600	Есть	
	I	900	Нет	
II	2	750	Нет	0,I5-0,25
	2	600	Есть	
	I	750	Есть	
	2	900	Нет	
	I	900	Есть	
III	2	750	Есть	0,05-0,075
	I	I200 x 600	Есть	
	2	800	Есть	
IУ	I	I500 x 750	Есть	0,0I-0,08
	I	I650 x 750	-	
У	I	2500 x I000	-	0,0I
УI	I	3000 x I250	-	0,03

90. Депрессия выработок и трубопроводов, имеющих повороты, сужения и расширения, должна корректироваться на величину местного сопротивления, определяемую по формуле (80).

91. Расчёт ряда вентиляционных задач (сложное распределение воздуха в сетях, отдельные случаи совместной работы вентиляторов и т.д.), решение которых обычными способами затруднительно, следует производить с использованием моделирующих установок и цифровых вычислительных машин.

2. Определение величины естественной тяги воздуха в шахте

92. При проектировании вентиляции и в процессе строительства шахты должно учитываться наличие естественной тяги, так как она оказывает определенное влияние на работу шахтного вентилятора.

Естественная тяга воздуха в шахте образуется при наличии двух и более выходов (два ствола, ствол и шурф и проч.). Тяга проявляется сильнее в более глубоких шахтах и при расположении устьев стволов на разном уровне. Под действием естественной тяги воздух движется от столба с большим весом к столбу с меньшим весом.

93. Величину естественной тяги воздуха необходимо определять измерением для действующей шахты и расчетом для проектируемой.

94. Определение естественной тяги в шахте по данным измерения производится по формуле

$$h_e = R_ш Q_e^2 \quad , \text{кг/м}^2, \qquad (60)$$

где h_e - величина естественной тяги в шахте, кг/м^2;
$R_ш$ - общее сопротивление шахты, кμ;
Q_e - количество воздуха, выходящего из шахты в результате естественной тяги, м^3/сек.

Общее сопротивление $R_ш$ подсчитывается на основании величин $h_ш$ и $Q_ш$, измеренных при работающем вентиляторе главного проветривания по следующей формуле

$$R_ш = \frac{h_ш}{Q_ш^2}, \quad кгм, \qquad (61)$$

где $h_ш$ - депрессия шахты, кг/м^2;

$Q_ш$ - количество воздуха, проходящего через шахту, м^3/сек.

Величина $Q_в$ измеряется в сечении открытой двери герметизированного надшахтного здания вентиляционного ствола при остановленном вентиляторе, опущенном шибере вентиляционного канала и после паузы в 5-8 минут для возобновления движения воздуха.

95. Величина естественной тяги расчётным путем определяется по формуле

$$h_в = P_I - P_2, \text{ кг/м}^2, \qquad (62)$$

где P_I - вес столба воздуха, проходящего в одном стволе, кг/м^2;

P_2 - вес столба воздуха, проходящего в другом стволе, кг/м^2.

В случае получения $h_в$ со знаком минус, последний означает, что направление естественной тяги обратное.

Высотой столба воздуха Н необходимо считать расстояние между двумя плоскостями: одной, проходящей через устье ствола или шурфа с самой высокой отметкой, и второй, проходящей через точку выработки с самой низкой отметкой (рис.I4 и I5).

Противостоящие воздушные столбы могут быть однородными (рис. I4) в пределах вертикальных стволов, устья которых имеют одинаковую отметку и нижние точки стволов находятся на одном уровне, или сложными, когда они включают участки с резко различными средними температурами (рис. I5).

Вес каждого участка столба подсчитывается отдельно. Вес всего столба Н представляет сумму весов отдельных участков.

Подсчёт веса столба воздуха производится по формуле

$$P_в = \frac{I3{,}6\, P_0 H}{B\,(273 + t_{ср})}, \text{ кг/м}^2, \qquad (63)$$

где P_0 - атмосферное давление на поверхности, кг/м^2;

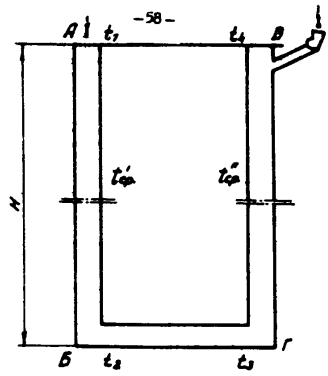


Рис. 14. К определению средней температуры воздуха.

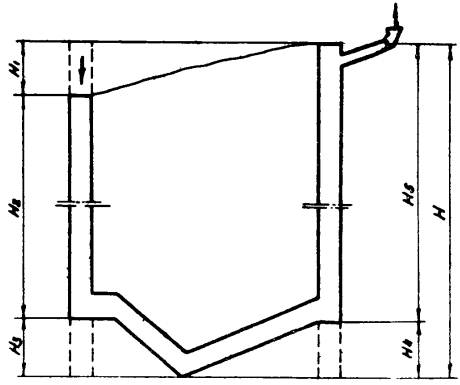


Рис. 15. К определению высоты воздушного столба.

H - высота столба воздуха, м;

B - газовая постоянная, равная 29,4;

$t_{ср}$ - средняя температура столба воздуха (см. рис. I4).

Для определения средней температуры столба воздуха необходимо знать температуру в четырех точках: внизу и вверху столба АБ, и внизу и вверху столба ВГ (t_1, t_2, t_3 и t_4).

Средняя температура воздуха равняется полусумме температур вверху и внизу столба

$$t'_{ср} = \frac{t_1 + t_2}{2}; \quad t''_{ср} = \frac{t_3 + t_4}{2}, \qquad (64)$$

в этих формулах

t_1 - среднемесячная температура наружного воздуха, берется по метеорологическим данным или как температура воздуха, подогретого в калориферах, в I0м ниже калориферного канала. Обычно в этом случае t_1=2°С;

t_2 - температура воздуха внизу воздухоподающего ствола, находится по следующей формуле

$$t_2 = -19{,}6 + \sqrt{A + \frac{H}{3{,}42}}, \qquad (65)$$

где H - глубина ствола, м.

Численные значения коэффициента A для условий Донбасса приведены в табл. I3.

Таблица I3

Месяцы	A	Месяцы	A	Месяцы	A
Январь	432	Май	II87	Сентябрь	II87
Февраль	486	Июнь	I392	Октябрь	907
Март	448	Июль	I470	Ноябрь	648
Апрель	907	Август	I392	Декабрь	486

В первом приближении формулой (65) можно пользоваться и в других районах

$t_з$ - температура воздуха внизу второго ствола (второго воздушного столба), ориентировочно принимается равной

$$t_з = t_п^{\circ} + \frac{H - h_o}{\Gamma_{ст}} - t_к, ^{\circ}C \quad , \qquad (66)$$

где $t_п^{\circ}$ - средняя годовая температура наружного воздуха данной местности, $^{\circ}C$;

H - высота столба воздуха, м;

h_o - глубина зоны с постоянной температурой, м;

$\Gamma_{ст}$ - геотермическая ступень, м/$^{\circ}C$;

$t_к$ - поправка, равная 2,5$^{\circ}C$ для летнего периода и 4,5$^{\circ}C$ - для зимнего.

Значения $t_п^{\circ}$, h_o и $\Gamma_{ст}$ приведены в табл. 6.

$t_ч$ - температура воздуха в исходящей струе, обычно ниже температуры $t_з$ в среднем на 0,4$^{\circ}C$ на каждые 100 м столба.

При высоте столба $H > 100$ м величина естественной тяги, определенная по формуле (60), умножается на поправочный коэффициент β

$$\beta = 1 + \frac{H}{10000} \quad , \qquad (67)$$

где H - высота всего столба воздуха, м.

Величина естественной тяги колеблется в значительных пределах.

3. Расчёт вентиляционного окна

96. Для распределения воздуха по вентиляционным струям в соответствии с запроектированными его количествами необходимо выравнивать струи путем установки в выработках с недостаточным сопротивлением перемычек с вентиляционными окнами.

97. Расчёт вентиляционных окон должен производиться по методу проф. Комарова в следующем порядке:

составляется общая схема проветривания шахты (рис.16);

подсчитывается сопротивление выработок по формуле 59 и депрессии по отдельным путям движения воздуха по формуле 52.

При этом общее сопротивление нескольких параллельно соединенных выработок определяется по формуле

$$\frac{1}{\sqrt{R_e}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\sqrt{R_i}}, \quad (68)$$

для подсчёта депрессии берется формула

$$h = R Q^2 \ , \ кг/м^2, \quad (69)$$

где Q - количество воздуха, $м^3/сек$, намеченное к пропуску по выработке.

Для определения количества воздуха, проходящего в каждой параллельной ветви при свободном распределении его, применяют формулу (58), которая после преобразований имеет вид

$$Q_1 = \sqrt{\frac{h}{R_1}} \ ; \quad Q_2 = \sqrt{\frac{h}{R_2}} \ ; \quad Q_3 = \sqrt{\frac{h}{R_3}} \ , \quad (70)$$

где h - депрессия в $кг/м^2$;

посредством сравнения выявляются параллельные струи с меньшим сопротивлением выработок, в которых при пропуске проектных количеств воздуха требуется установить регулировочное вентиляционное окно для образования добавочного сопротивления;

определяется сопротивление окна $R_{окн}$ по формуле

$$R_{окн} = R_1 \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 - R_2 \ , \ кмк \quad (71)$$

где R_1 - сопротивление ветви без окна;

R_2 - сопротивление ветви с окном;

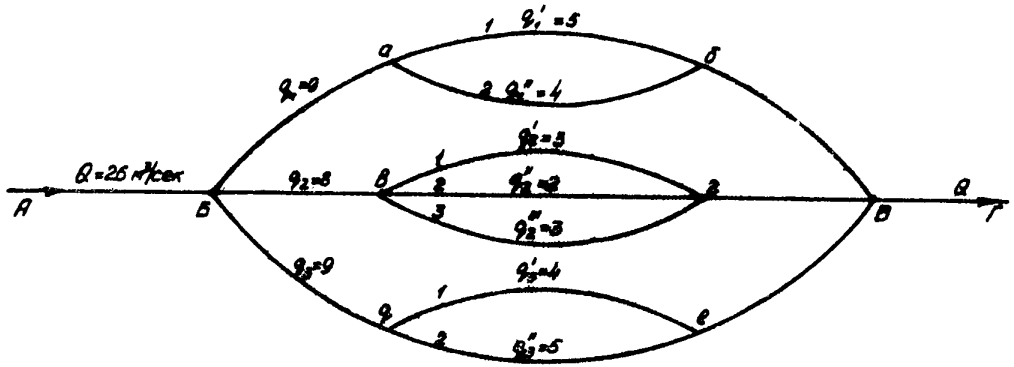


Рис. 16. Общая схема проветривания шахты.

Q_2 - количество воздуха, м^3/сек, которое должно проходить в ветви с окном;

Q_1 - количество воздуха, м^3/сек, которое должно проходить в ветви без окна;

определяется коэффициент местного сопротивления окна по формуле

$$\xi_{окн} = 16{,}3 \; R_{окн} \; S^2 \quad , \quad (72)$$

где S - площадь поперечного сечения выработки в месте установки окна, м^2.

Пользуясь графиком (рис. 17) , с помощью коэффициента сопротивления $\xi_{окн}$ находят отношение

$$S_o : S = \varepsilon \, , \quad (73)$$

где S_o - площадь вентиляционного окна, м^2;

S - площадь поперечного сечения выработки в месте установки окна, м^2;

определяется площадь вентиляционного окна

$$S_o = \varepsilon S \, , \; м^2 \quad (74)$$

Конструктивно вентиляционные окна должны быть такими, чтобы их можно было закрывать и открывать на соответствующую величину при необходимости регулирования подачи воздуха.

УП. Вентиляционное оборудование и устройства

I. Вентиляторы

98. При строительстве шахт наряду с временными вентиляторными установками применяются также постоянные, которые предназначены для проветривания выработок в период эксплуатации шахт. В случаях, если постоянные вентиляторные установки не могут быть своевременно установлены и пущены в работу или их установка экономически нецелесообразна, применяют временные вентиляторные установки.

99. При выборе временных вентиляторных установок для проветривания строящихся шахт рекомендуется пользоваться

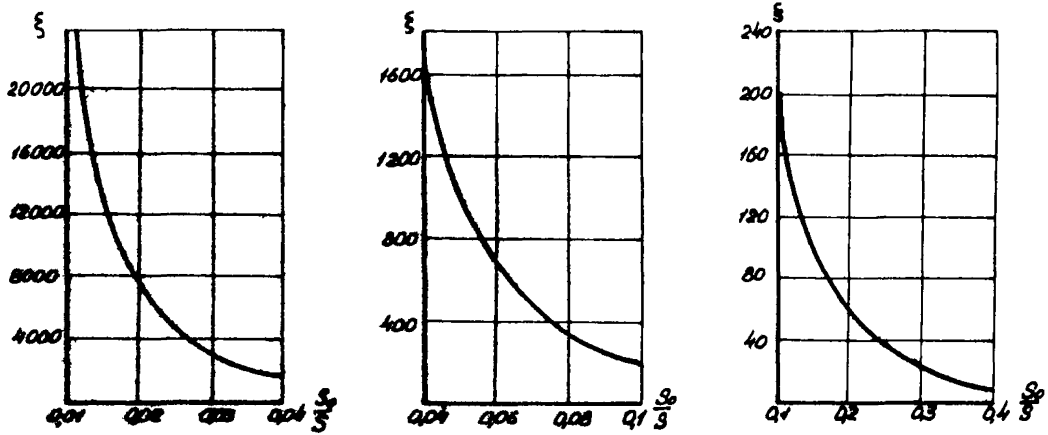


Рис. 17. Коэффициенты сопротивления вентиляционных окон в зависимости от $S_0 : S$.

"Альбомом вентиляторных установок и вентиляционных сооружений для строящихся шахт", составленным ВНИИОМШСом. Характеристики временных вентиляторных установок помещены в приложении 9.

Технические данные и аэродинамические характеристики вентиляторов приведены в приложении IO, таблицы I-3 и рис. 4-50. Для удобства выбора вентиляторов приведены сводные графики рабочих зон вентиляторов (приложение IO, рис. I-3).

2. Вентиляционные трубопроводы

I00. Трубы для вентиляции применяются металлические и гибкие из различных тканей.

I0I. Наилучшим соединением звеньев металлических трубопроводов является фланцевое на болтах с картонной или резиновой прокладкой, для чего на концах трубы привариваются фланцы из уголковой стали. При изготовлении металлических труб необходимо, чтобы все швы были плотными, фланцы представляли бы совершенно ровную плоскость и были поставлены под прямым углом к оси трубы. Толщина прокладок для уплотнения звеньев должна быть не менее 8-I0 мм, а на изгибах - не менее I5-20 мм.

I02. Гибкие трубы соединяются между собой при помощи специальных пружинящих колец. Кольцо одной трубы вводится в кольцо другой, образуя соединительный замок, поверх которого накладывается металлический желобчатый хомут.

I03. Диаметр вентиляционных труб: металлических - 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; I,0; I,2 м; гибких[x] -0,4; 0,5; 0,6; 0,8; I,0 м. Стандартная длина труб: металлических - 3,0; 3,5; 4,0 м; гибких - 5; I0; 20 м. Вес гибких (прорезиненных) и металлических вентиляционных труб приведен в табл. I4 и I5.

---

x) Гибкие трубы диаметром 0,8 и I,0 м изготовляются заводами только по заказу.

Таблица I4

Вес гибких прорезиненных вентиляционных труб, кг

Внутренний диаметр трубы, мм	Длина звеньев труб, м		
	5	I0	20
400	8,5	I6,0	3I,0
500	I0,2	I9,3	37,5
600	I2,2	22,8	44,5

Таблица I5

Средний вес I м металлических вентиляционных трубопроводов, кг

Показатели	Внутренний диаметр трубопровода, мм							
	500	600	700	800	900	I000	I200	
I	2	3	4	5	6	7	8	
Длина звена трубы 4м								
I. Вес I м трубопровода								
а) звена трубы	24,0	29,5	42,0	47,5	53,0	59,0	74,0	
б) деталей соединения	3,2	4,0	4,6	5,3	5,9	6,7	8,2	
в) деталей подвески	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,4	
2. Общий вес I м трубопровода	29,4	36,I	49,5	56,0	62,4	69,5	86,6	
Длина звена трубы 3,5м								
I. Вес I м трубопровода								
а) звена трубы	24,0	29,5	42,0	47,5	53,0	59,0	74,0	
б) деталей соединения	3,75	4,65	5,35	6,I5	6,85	7,8	9,5	
в) деталей подвески	2,55	3,00	3,35	3,75	4,I	4,45	5,I5	
2. Общий вес I м трубы	30,3	37,I5	50,7	57,4	63,95	7I,25	88,65	
Длина звена трубы 3м								
I. Вес I м трубопровода								
а) звена трубы	24,0	29,5	42,0	47,5	53,0	59,0	74,0	
б) деталей соединения	4,3	5,3	6,I	7,0	7,6	8,9	II,5	
в) деталей подвески	2,9	3,4	3,8	4,3	4,7	5,I	6,0	
2. Общий вес I м трубы	3I,2	38,2	5I,9	58,8	65,5	73,0	9I,5	

Примечание: Толщина труб диаметром до 600 мм - 2 мм,
для труб диаметром более 600 мм - 2,5 мм.

104. Подвеска вентиляционных труб в стволах производится следующими способами :

а) при наращивании труб сверху трубопровод удерживается на двух стальных канатах, навитых на барабаны подъёмных лебедок. Трубы укрепляются на канатах с помощью удерживающих хомутов;

б) при наращивании снизу (с подвесного полка) трубопровод укрепляется на крепи с помощью кронштейнов, тяг и хомутов;

в) при армировании стволов одновременно с проходкой трубопровод может укрепляться на расстрелах.

105. В горизонтальных и наклонных выработках металлические трубы прикрепляются к крепи в верхней части стенки или в верхнем углу сечения с помощью специальных подвесок, а гибкие - подвешиваются к тросу, протянутому по выработке.

106. Аэродинамическое сопротивление круглых металлических трубопроводов (скважин) принимается по табл. 16 или подсчитывается по формуле

$$R = 6{,}5\frac{\alpha L}{d_{тр}^5} = zL, \text{ кмм}, \qquad (75)$$

где L - длина трубопровода, м;

$d_{тр}$ - диаметр трубопровода, м;

α - коэффициент аэродинамического сопротивления, берется по данным табл. 17

$z = 6{,}5\frac{\alpha}{d_{тр}^5}$ - сопротивление 1 м трубопровода

Таблица I6

Аэродинамическое сопротивление металлических труб без учёта утечек

Длина трубопровода, м	Диаметр труб, мм							
	400	500	600	700	800	900	I000	I200
	аэродинамическое сопротивление, Кμ							
I00	22,9	7,28	2,93	I,I6	0,57	0,3I	0,I63	0,055
200	45,7	I4,56	5,85	2,32	I,I5	0,62	0,33	0,II
300	68,6	2I,84	8,78	3,48	I,72	0,92	0,49	0,I65
400	9I,4	29,I	II,7	4,64	2,29	I,23	0,65	0,2I9
500	II4,3	36,4	I4,63	5,8	2,86	I,54	0,82	0,274
600	-	43,68	I7,55	6,96	3,44	I,85	0,98	0,329
700	-	5I,0	20,48	8,I2	4,0	2,I6	I,I4	0,384
800	-	58,24	23,4	9,28	4,58	2,47	I,3	0,439
900	-	65,5	26,33	I0,44	5,I5	2,77	I,46	0,494
I000	-	72,8	29,26	II,6	5,72	3,08	I,63	0,549
I200	-	87,36	35,I	I3,92	6,87	3,7	I,95	0,658
I400	-	I0I,9	4I,0	I6,24	8,02	4,32	2,28	0,768
I600	-	II6,48	46,8	I8,56	9,I6	4,93	2,6	0,878
I800	-	I3I,0	54,66	20,88	I0,3	5,55	2,93	0,987
2000	-	I45,6	58,5	23,2	II,45	6,I6	3,25	I,097

Таблица I7

Коэффициент аэродинамического сопротивления металлических труб

Внутренний диаметр трубы, м	Коэффициент
0,4	0,00036
0,5	0,00035
0,6	0,00035
0,7	0,00030
0,8	0,00029
0,9	0,00028
I,0	0,00025
I,2	0,0002I

I07. Аэродинамическое сопротивление гибких прорезиненных труб, ввиду особых свойств прорезиненной ткани и непостоянства коэффициента α, устанавливается опытным путем. Величины этого сопротивления, установленные Леви, приведены в табл. I8.

Таблица I8

Аэродинамическое сопротивление гибких (прорезиненных) труб с учетом утечек

Длина трубопровода, м	Диаметр труб, мм		
	400	500	600
	аэродинамическое сопротивление, $к/м$		
25	8	3	I
50	I6	5	2
I00	30	I0	4
I50	43	I4	5,5
200	56	I8	7
250	69	22	8,5
300	8I	26	I0
400	I02	33	I3
500	-	40	I5,5
600	-	47	I8
700	-	58	20
800	-	59	22,5
I000	-	7I	28
I200	-	82	32
I400	-	9I	36
I600	-	98	40
I800	-	I07	45
2000	-	II5	50

Для учета влияния степени натяжения прорезиненных труб на величину их аэродинамического сопротивления (табл. I8) последнее умножается на поправочный коэффициент К, приведенный в табл. I9. При проектировании К=I.

Таблица I9

Коэффициент, учитывающий влияние степени натяжения прорезиненных труб на величину аэродинамического сопротивления

Степень натяжения прорезиненного трубопровода	Численное значение коэффициента К
Нормально натянутые, почти прямолинейные трубы с волнами и небольшими складками	I,0
Слабо натянутые трубы со складками	I,25

При невыдержанных профилях выработок для учёта извилистости трубопроводов вводится поправочный коэффициент аэродинамического сопротивления "С", равный I,I-I,2.

При проверочных расчетах действующих металлических трубопроводов должна учитываться их деформация. В этом случае расчетное сопротивление умножается на коэффициент, равный I,2-I,5.

Качество трубопровода характеризуется коэффициентом утечек воздуха P_y, который представляет отношение

$$P_y = \frac{Q_н}{Q_к}, \qquad (76)$$

где $Q_н$ - количество воздуха, поступающего в начале трубопровода;

$Q_к$ - количество воздуха, выходящего из конца трубопровода.

I08. При проектировании проветривания величина коэффициента утечек воздуха P_y для случаев, когда удельный коэффициент утечек (утечки воздуха на I м при разности напоров I кг/м^2) постоянен на всем протяжении и утечки воздуха подчинены квадратичному закону, определяется по формулам[x])

$$P_y = 0{,}78\, e^{\sqrt[3]{\frac{2K^2}{2}}L} + 0{,}22\, e^{-2\sqrt[3]{\frac{2K^2}{2}}L} \qquad (77)$$

x) А.М. Федоров "О подсчете параметров вентиляции при использовании вентиляторов частичного проветривания". "Шахтное строительство", I96Iг., № I2.

Разложив $e^{\sqrt[3]{\frac{zK^2}{2}}L}$ и $e^{-2\sqrt[3]{\frac{zK^2}{2}}L}$ в ряды для значений $\sqrt[3]{\frac{zK^2}{2}}L \leq 1{,}16$ с точностью до + 1,3%, можно принять

$$P_y = 1 + \frac{L}{3}\sqrt[3]{\frac{zK^2}{2}} + \frac{5}{6}L^2\sqrt[3]{\left(\frac{zK^2}{2}\right)^2}, \quad (78)$$

где L - длина трубопровода, м;

z - удельное сопротивление 1 м трубопровода или выработки;

K - удельный коэффициент утечек воздуха (утечки воздуха на 1 м при разности давлений 1 кг/м²),

$$K = \frac{K_y\, d_{тр}}{e}, \quad (79)$$

Здесь K_y - коэффициент удельной стыковой воздухопроницаемости, при оценке действующего металлического трубопровода берется по табл. 20.

При проектировании K_y следует принимать для трубопроводов с резиновыми прокладками или манжетами равным 0,0006, а с прокладкой из пенькового каната или промасленного картона - 0,003;

$d_{тр}$ - диаметр трубопровода, м;

e -длина звена трубопровода, м.

Коэффициент утечек P_y можно определять по номограмме (приложение II).

Таблица 20

Коэффициент удельной стыковой воздухопроницаемости

Условное качество соединения труб	Численное значение коэффициента K_y
Плохое	Более 0,003
Удовлетворительное	0,001-0,003
Хорошее	Менее 0,001

109. Для трубопровода из прорезиненных труб коэффициент утечек воздуха через неплотности трубопровода не подсчитывается по формуле, а принимается по табл. 21, составленной на основании опытных данных.

Таблица 21

Коэффициент утечек воздуха для гибких (прорезиненных) трубопроводов

Длина трубопровода L, м	Коэффициент P_y	Длина трубопровода L, м	Коэффициент P_y
50	1,042	600	1,35
100	1,073	700	1,39
150	1,111	800	1,43
200	1,137	1000	1,54
250	1,16	1200	1,76
300	1,19	1500	2,085
400	1,25	2000	2,63
500	1,30		

110. Сужения, расширения, повороты и фасонные части трубопровода увеличивают их вентиляционное сопротивление и повышают депрессию. Эти местные сопротивления должны учитываться при расчетах проветривания.

Величина напора воздуха, потребного для преодоления местных сопротивлений, подсчитывается по формуле

$$h_{м.с} = \xi \frac{V^2}{2g} \gamma \text{ , кг/м}^2, \qquad (80),$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления, величина которого принимается по данным, приведенным на рис. 18;

V - скорость воздуха после местного сопротивления, м/сек;

g - ускорение силы тяжести, м/сек^2;

γ - удельный вес воздуха, кг/м^3.

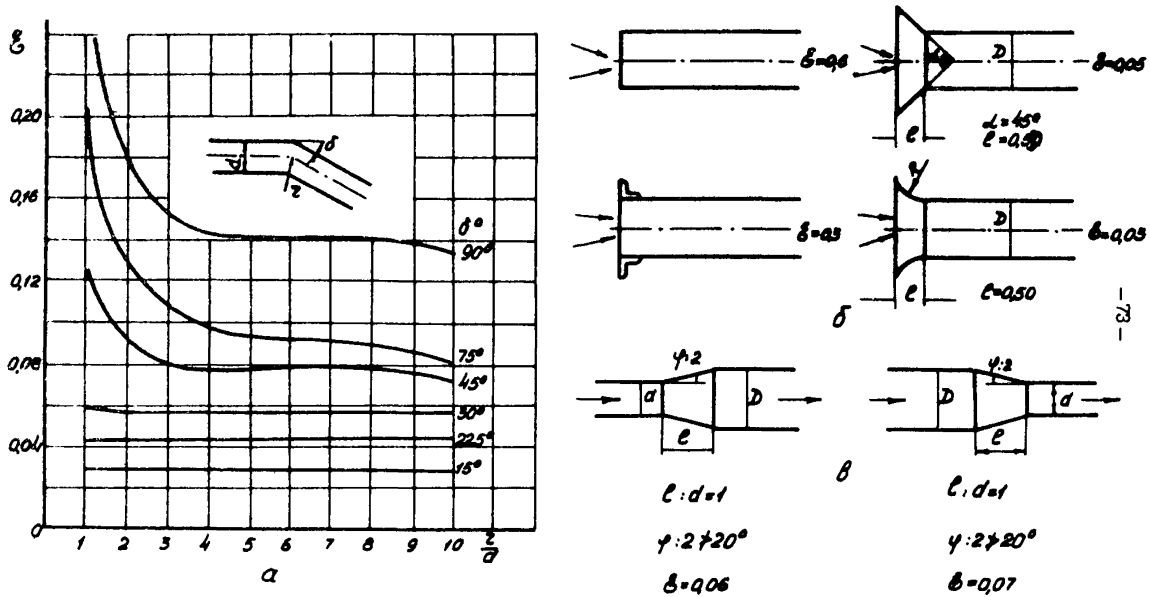


Рис. 18. Коэффициенты местных сопротивлений.
а - для поворотов; б - для различных форм входа; в - для переходов.

3. Воздухораспределительные устройства

III. Вентиляционные воздухораспределительные устройства и сооружения (перемычки, кроссинги, каналы и др.) должны обладать минимальным аэродинамическим сопротивлением и не допускать подсосов или утечек.

Численные значения сопротивления воздухораспределительных устройств и сооружений в соответствии с применяемыми их конструкциями по опытным данным приведены в табл. 22.

Таблица 22

Аэродинамическое сопротивление воздухораспределительных устройств

Виды воздухораспределительных устройств	Сопротивление, $K\mu$	Потеря напора, %
Вентиляционный канал	0,005-0,01	10-20
Герметизированное надшахтное здание	10	-
Перекрытие стволов или шурфов	-	-
Перемычки :		
- глухие дощатые	-	-
- глухие кирпичные	-	-
- с дверьми	10	-
Воздушный перекидной мост - две трубы		
Д=600	0,5	10
Д=750	0,25	10

УП. Выбор вентиляционного оборудования

I. Трубопроводы

112. Диаметр трубопроводов выбирается в зависимости от количества пропускаемого по ним воздуха и длины выработки. Чем больше длина выработки и количество пропускаемого воздуха, тем больший принимается диаметр трубопровода. При этом учитывается возможность размещения его в сечении выра-

ботки и преодоления его сопротивления существующими вентиляторными установками.

II3. Для выработок небольшой и средней длины (до I200 м) можно применять гибкие трубы; для выработок большой длины (более I200 м) необходимо применять металлические трубы.

II4. Для выработок, проходимых по пластам, опасным по выбросам угля и газа, необходимо применять металлические вентиляционные трубопроводы.

2. Вентиляторы местного проветривания

II5. Вентилятор выбирается в соответствии с принятой схемой проветривания. Он должен обеспечивать расчетную производительность $Q_в$ и расчётную депрессию $h_в$ при наиболее высоком к.п.д. работы.

Расчётная производительность вентилятора определяется по формуле

$$Q_в = P_у \, Q_к \quad , м^3/сек, \qquad (8I)$$

где $P_у$ - коэффициент утечек воздуха в трубопроводе, берется из табл. 2I или подсчитывается по формуле 77 или 78;

$Q_к$ - количество воздуха, проходящего в конце трубопровода, обслуживаемого вентилятором, $м^3$/сек, определяется по формулам, указанным в разделе У.

Расчётная депрессия (напор) вентилятора определяется по формуле

$$h_в = I,2 \, h_{тр} \quad , кг/м^2, \qquad (82)$$

где I,2 - коэффициент запаса;

$h_{тр}$ - депрессия трубопровода (формула 53) с учетом местных сопротивлений, кг/м2.

II6. Для выяснения соответствия вентилятора данным условиям проветривания необходимо применять метод наложения аэродинамических характеристик вентилятора и трубопровода на один график. При этом значения координат точек характеристик должны быть одинаковыми. С этой целью характеристика металлического трубопровода строится по уравнению

$$h_в = \frac{R\,Q_в^2}{\rho_у}, \text{ кг/м}^2, \qquad (83)$$

где R - аэродинамическое сопротивление трубопровода, ;

$Q_в$ - количество воздуха, подаваемого в начале трубопровода, м^3/сек;

$\rho_у$ - коэффициент утечек воздуха в трубопроводе.

Характеристика гибкого трубопровода строится по формуле

$$h_в = R' Q_в^2, \text{ кг/м}^2, \qquad (84)$$

где R' - аэродинамическое сопротивление гибкого трубопровода (табл. I8).

Координаты Q и h - точки пересечения характеристики кривой данного вентилятора с характеристикой кривой принятого трубопровода - должны соответствовать расчётным величинам

$$Q_в \text{ и } h_в$$

В случае несоответствия координат точки пересечения расчётным данным принимается либо другой вентилятор, либо другой трубопровод.

II7. Для предварительного выбора вентилятора способом наложения характеристики сети (трубопровода) на аэродинамические характеристики вентиляторов следует пользоваться графиками рабочих зон вентиляторов (приложение I0, рис.I-3). Выбрав таким способом вентилятор, режим работы его, к.п.д., мощность двигателя и т.д. уточняют на индивидуальном графике аэродинамической характеристики данного вентилятора (приложение I0, рис. 4-50).

Ориентировочный выбор вентиляторов может производиться по табличным (приложение I0, табл. I-8) и расчетным данным.

Пример расчета проветривания глухой подготовительной выработки приводится в приложении I3, пример 3.

3. Главные вентиляторы

II8. Для подбора главного вентилятора (служащего на период строительства) необходимо определить основной режим его работы, т.е. определить производительность $Q_в$ и напор $h_в$, при которых обеспечивается нормальная вентиляция шахты в период максимального развития горных работ.

Величина $Q_в$ определяется по формуле

$$Q_в = K_{в_н} Q_ш \text{ , м}^3/\text{сек}, \qquad (85)$$

где $Q_ш$ - общее количество воздуха, необходимого для проветривания строящейся шахты в период максимального развития горных работ, м^3/сек;

$K_{в_н}$ - коэффициент, учитывающий утечки воздуха через надшахтные сооружения и каналы вентиляторов, можно принимать равным для случаев установки вентиляторов на скиповом стволе I,25; на клетевом- I,20, на стволах и шурфах, не используемых для подъема - I,IO, на шурфах, используемых для подъема и спуска материалов - I,30.

При выборе вентилятора необходимо предусматривать запас по производительности не менее, чем на 20%.

Величина $h_в$ определяется по следующей формуле

$$h_в = h_{общ} + h_{в.у} \pm h_е \text{ , кг/м}^2, \qquad (86)$$

где $h_{общ}$ - общая депрессия вентиляционной сети в период максимального развития горных работ, определяется согласно указаниям гл. УI;

$h_{в.у.}$ - депрессия вентиляторной установки;

$h_е$ - депрессия естественной тяги (гл. УI).

Депрессия вентиляторной установки подсчитывается по формуле

$$h_{в.у} = R_{в.у.} Q_ш^2 \text{ , кг/м}^2, \qquad (87)$$

где $R_{в.у.}$ - сопротивление вентиляторной установки с каналом, кμ.

II9. По величинам $Q_в$ и $h_в$ и аэродинамическим характеристикам вентиляторов подбирается требуемый вентилятор общего проветривания, устанавливаемый на поверхности.

120. Определение к.п.д. вентиляторной установки, угла установки лопастей и мощности электродвигателя производится по индивидуальным аэродинамическим характеристикам вентиляторов.

На графике индивидуальной характеристики вентилятора с диаметром колеса D и числом оборотов $n_{об}$ находится точка с координатами $Q_в$ и $h_в$. Кривая, на которой расположится эта точка, или кривая, ближайшая от неё, отвечает требуемому углу поворота лопастей колеса.

По графику мощности двигателя и углу поворота лопастей колеса находится мощность электродвигателя для данного вентилятора.

121. Расчётная мощность электродвигателя определяется по формуле

$$N = \frac{Q_в \; h_в}{102 \; \eta_у} \lambda_1 \quad ; \text{квт}, \quad (88)$$

где $Q_в$ - максимальная производительность вентилятора, $м^3/сек$;

$h_в$ - напор вентилятора при производительности $Q_в$, $кг/м^2$;

$\eta_у$ - к.п.д. установки, определяется по индивидуальной характеристике вентилятора;

λ_1 - коэффициент запаса мощности, равный 1,1-1,15.

4. Режим работы вентиляторных установок

А. Регулирование работы вентиляторов

122. Регулирование работы вентиляторов преследует две цели: обеспечение подачи воздуха в нужном количестве и предупреждение излишних расходов на проветривание. Эти цели достигаются тогда, когда расход и напор установки отвечают количеству воздуха и депрессии, требуемым для проветривания шахты или выработки.

123. Осевые вентиляторы проветривания (кроме типа ВМ) имеют конструкцию, не позволяющую осуществлять регулирование их работы поворотом лопаток колеса или изменением числа оборотов. Поэтому единственным способом регулирования

этих вентиляторов является применение дроссельной задвижки. В последнее время для регулирования производительности и напора этих вентиляторов стали применять сбрасывающие патрубки. Вентиляторы ВМ-5, ВМ-6 и ВМ-8 регулируются при помощи входного направляющего аппарата.

124. Осевые вентиляторы главного проветривания можно регулировать как путем изменения числа оборотов, так и поворотом на определенный угол лопаток рабочего колеса. Кроме того, может использоваться и дроссельная заслонка.

125. Центробежные вентиляторы местного и главного проветривания позволяют регулировать их работу как путем изменения числа оборотов рабочего колеса, так и путем применения регулирующего устройства, лопатки которого можно поворачивать на определенный угол.

126. Для изменения числа оборотов колеса вентилятора применяются зубчатая или ременная передача, гидромуфта или регулировочный реостат, а также многоскоростные двигатели.

127. При решении вопроса о регулировании вентиляторной установки рекомендуется пользоваться закономерностями между расходом и напором, с одной стороны, и окружной скоростью и диаметром колеса вентилятора - с другой (табл.23). При этом необходимо иметь в виду, что указанными в таблице формулами допускается пользоваться для геометрически подобных вентиляторов.

Таблица 23

При изменении γ	При изменении $n_{об}$	При изменении D	При изменении γ, $n_{об}$ и D
$Q_2 = Q_1$	$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1}$	$Q_2 = Q_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$	$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$
$h_2 = h_1 \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$	$h_2 = h_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$	$h_2 = h_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$	$h_2 = h_1 \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$
$N_2 = N_1 \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$	$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$	$N_2 = N_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$	$N_2 = N_1 \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$
$\eta_2 = \eta_1$	$\eta_2 = \eta_1$	$\eta_2 = \eta_1$	$\eta_2 = \eta_1$

В таблице: Q_I и Q_2 - количество воздуха, подаваемого вентиляторами в единицу времени;

h_1 и h_2 - напоры;

N_1 и N_2 - мощности вентиляторов на валу привода;

γ_1 и γ_2 - удельный вес воздуха;

η_1 и η_2 - к.п.д. вентиляторов;

n_1 и n_2 - число оборотов колеса вентилятора;

D_1 и D_2 - диаметр рабочего колеса вентилятора.

128. Для выяснения результатов, получаемых от того или иного способа регулирования, необходимо пользоваться методом наложения аэродинамических характеристик вентилятора и присоединенного к нему трубопровода (вентиляционной сети). Точка их пересечения определяет режим работы вентилятора.

Б. Совместная работа вентиляторов

129. Совместная работа вентиляторов может применяться при проветривании крупных строящихся шахт, когда выбор одного вентилятора затруднителен или из-за большой депрессии или из-за необходимости подачи большого количества воздуха.

130. Последовательная работа вентиляторов местного проветривания применяется на практике нередко и дает хорошие результаты при наличии больших депрессий вентиляционной сети. Для главного проветривания последовательная работа вентиляторов почти не применяется.

131. Для главного проветривания иногда применяется параллельная работа вентиляторов, которая при местном проветривании почти не встречается.

132. Для последовательной и параллельной работы наиболее рационально применять вентиляторы одного типа и размера с одинаковым числом оборотов.

133. Общая характеристика двух (и более) последовательно работающих вентиляторов определяется путем суммирования (графически, по оси ординат) депрессий индивидуальных характеристик при одних и тех же количествах воздуха (рис.19, кривая 2).

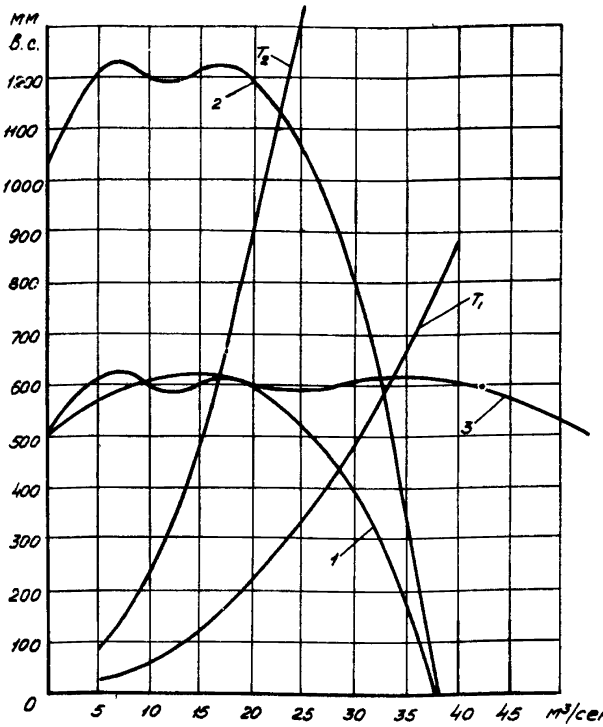


Рис. 19. Работа вентиляторов на трубопровод. T_1 – трубопровод с малым сопротивлением; T_2 – трубопровод с большим сопротивлением; 1 – один вентилятор; 2 – два соединенных на последовательную работу; 3 – два соединенных на параллельную работу.

134. При установке вентиляторов по схеме 3 (рис.10,3) включение на последовательную работу более 3 вентиляторов не рекомендуется. При этом для более эффективной работы желательно между вентиляторами вставлять направляющие аппараты или металлические патрубки длиной 2-5 м. При установке вентиляторов по схеме 2 (рис. 10; 2) должно соблюдаться условие, чтобы каждый из вентиляторов "подпирал" другой, т.е. в трубопроводе не создавалось бы разрежение и тем исключалась бы возможность подсоса отработанного воздуха из выработки в трубопровод. Методика выбора количества и мест установки вентиляторов для этого случая приводится на примере (приложение 13, пример 4).

135. Параллельная работа вентиляторов рекомендуется в тех случаях, когда требуется подать в шахту значительное количество воздуха.

136. Суммарная характеристика параллельно работающих вентиляторов определяется путем сложения (графически, по оси абсцисс) количеств воздуха индивидуальных характеристик при одних и тех же депрессиях (рис. 19, кривая 3).

IX. Калориферные установки

137. При строительстве шахт различают два случая расположения калориферных установок для подогрева воздуха, подаваемого в шахту при проветривании :

138. I случай. На шахте имеется одиночный ствол и выработки, проводимые от него. В этом случае калориферная установка монтируется в одном блоке с вентиляторной установкой. Как правило, подогревается весь воздух, подаваемый в шахту. Воздух подается по нагнетательной схеме проветривания. Калориферную установку для северных районов располагают на стороне всасывания, а для остальных районов, как правило, на стороне нагнетания (рис. 20).

139. Весовое количество подогреваемого воздуха определяется по формуле

$$G = V \gamma \text{ , кг/сек,} \qquad (89)$$

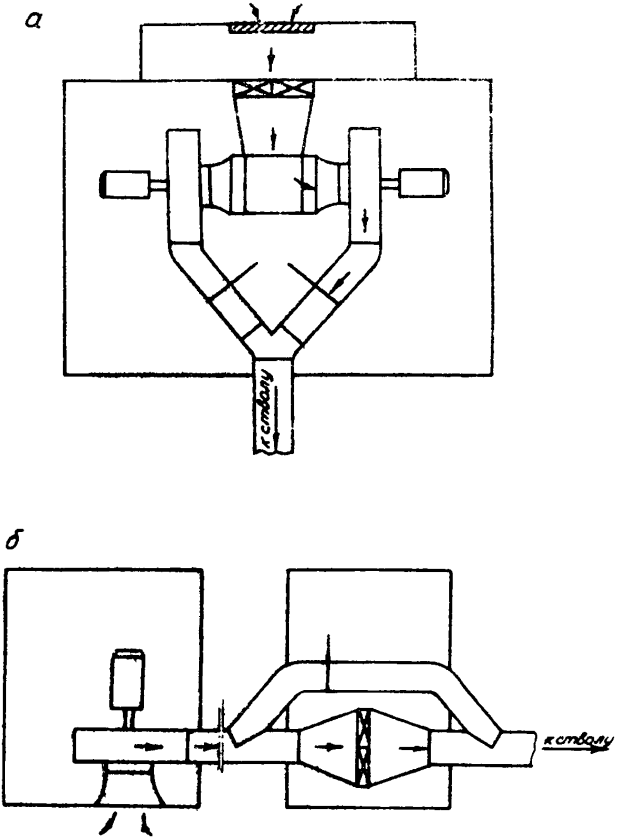


Рис. 20. Калориферная установка.
а - калориферы расположены на стороне всасывания;
б - калориферы расположены на стороне нагнетания.

где V - объем воздуха, м^3/сек;

γ - удельный вес воздуха, кг/м^3.

140. Площадь живого сечения калориферной установки определяется по формуле

$$f = \frac{G}{V_f}, \text{ м}^2, \qquad (90)$$

где V_f - весовая скорость воздуха, кг/м^2 сек.

141. Количество калориферов

$$n_к = f : f', \text{ шт.}, \qquad (91)$$

где f' - площадь живого сечения одного калорифера, м^2.

142. Действительная площадь живого сечения калориферов составит

$$f_g = f' n_к, \text{ м}^2, \qquad (92)$$

Отсюда фактическая весовая скорость

$$V_f = \frac{G}{f_g}, \text{ кг/м}^2 \text{ сек} \qquad (93)$$

143. Для шахтных условий, когда подогревается большая масса воздуха, удобным теплоносителем является пар, причем, обычно принимается насыщенный пар.

144. Количество тепла, расходуемого на подогрев воздуха

$$Q_т = 1{,}1\ G\ C_i\ \Delta t, \text{ ккал/ч}, \qquad (94)$$

где

C_i - коэффициент теплоемкости воздуха, равный 0,24 ккал/кг ^{0}C;

Δt - перепад температуры при подогреве воздуха, ^{0}C;

1,1 - коэффициент, учитывающий потери тепла в трубопроводе.

145. Площадь поверхности нагрева калориферов

$$F = \frac{Q_т}{\tau\left(T - \frac{\Delta t}{2}\right)}, \text{ м}^2, \qquad (95)$$

где τ - коэффициент теплопередачи ккал/м^2 ^{0}С ч;
T - температура теплоносителя, ^{0}С

Отсюда потребное число калориферов

$$n_к = \frac{F}{F_к}, \text{ шт.,} \qquad (96)$$

где $F_к$ - площадь нагрева одного калорифера, м^2.

146. 2 случай. На шахте имеются сбитые между собой стволы. При подаче воздуха в шахту по способу отсасывания холодный воздух движется по воздухоподающему стволу, а теплый выходит из шахты по вентиляционному стволу, на котором установлена вентиляторная установка. В этом случае около воздухоподающего ствола для подогрева воздуха монтируется калориферная установка, применяемая и при эксплуатации шахты. При этом должен использоваться постоянный калориферный канал.

147. Согласно ПБ калориферная установка должна обеспечивать поддержание температуры воздуха не менее +2^{0}С в 5 м ниже сопряжения канала калорифера со стволом шахты. Здание, а также рама для калориферов выполняются из огнестойкого материала.

148. Поверхность нагрева калориферов подбирают, исходя из требуемого количества тепла на подогрев поступающего в шахту воздуха, при этом используется формула

$$K=3600\ Q_{общ}\ \gamma_н\ (t_{см}-t_н)C_р, \text{ ккал/ч,} \qquad (97)$$

где К - количество тепла, требующееся на подогрев воздуха, ккал/час;

$Q_{общ}$ - общее количество воздуха, поступающего в шахту, м^3/сек;

$\gamma_н$ - удельный вес наружного воздуха, кг/м^3;

$C_р$ - теплоемкость воздуха (0,24 ккал/кг ^{0}С);

$t_{см}$ - температура смеси наружного и подогретого воздуха (+2^{0}С);

$t_н$ – температура наружного воздуха, самая низкая в данной местности, °С.

149. В калориферной установке подогревается только часть воздуха, поступающего в шахту.

150. Количество подогреваемого воздуха определяется по формуле

$$Q_{под} = Q_{общ} \left[\frac{\gamma_п (t_{см} - t_н)}{\gamma_п (t_п - t_{см}) + \gamma_т (t_{см} - t_н)} \right], м^3/сек, (98)$$

где $t_п$ – температура подогретого воздуха в калориферах (обычно принимается 60-70°С);

$\gamma_п$ – удельный вес подогретого воздуха, кг/м³.

Для пропуска подогреваемого воздуха через калорифер и калориферный канал применяется отдельный вентилятор.

151. При строительстве шахт применяются более удобные пластинчатые калориферы типа КФ: большой (КФБ) и средней модели (КФС).

Калориферы типа КФС, как и некоторых других типов и марок, имеют между собой фланцевое соединение на болтах, располагаются на опорной раме. Для уплотнения соединений должны применяться прокладки из асбестового шнура толщиной 8-10 мм.

Паропроводные концы калориферов соединяются с помощью специальных муфт.

152. Калориферная установка оборудуется задвижками, вентилями и измерительной аппаратурой. Здание, а также рама для калориферов выполняются из огнестойкого материала.

153. При расчёте калориферной установки необходимо пользоваться справочниками, в которых приведены типы калориферов и их физико-технические характеристики. Пример расчёта калориферных установок приводится в приложении 13, пример 5.

X. Контрольно-измерительная аппаратура

154. Для контроля за работой вентиляторных установок необходимо иметь соответствующую контрольно-измерительную аппаратуру.

155. Для периодического измерения напора вентилятора применяется специальный прибор - депрессиометр. На негазовых шахтах-новостройках можно применять простой U-образный манометр или мембранный тягомер (не самопишущие).

156. При главных вентиляторных установках всех газовых шахт должны быть самопишущие депрессиометры, а на главных вентиляторных установках шахт III категории и сверхкатегорных, кроме того, и самопишущие расходомеры. В качестве депрессиометров, из выпускаемых в настоящее время приборов, могут применяться: кольцевые, колокольные, поплавковые, сильфонные и мембранные дифманометры с соответствующими пределами измерения.

157. Для замера расхода применяются воздухомерные трубки в комплекте с самопишущими дифманометрами различных типов.

158. Для контроля напора вентиляторов местного проветривания стационарные приборы не применяются. Напор вентиляторов измеряется периодически переносными приборами : U- образным манометром и воздухомерной трубкой. Эта трубка присоединяется к манометру с помощью резиновой толстостенной трубки.

159. Контроль изменения производительности вентилятора осуществляется измерением скорости воздуха в канале или трубопроводе, подсоединенных к вентилятору, и подсчета по формуле

$$Q_в = 60\ V_{ср}\ S \quad , м^3/мин, \qquad (99)$$

где S - поперечное сечение канала или трубопровода на равном участке, $м^2$;

$V_{ср}$ - средняя скорость воздуха, м/сек, измеряемая анемометром в канале или воздухомерной трубкой в трубопроводе.

Производительность вентилятора определяется периодически. Полученные результаты записываются в вентиляционный журнал.

160. Для определения числа оборотов вентилятора или его электродвигателя применяются тахометры. Согласно Правилам безопасности наличие тахометров обязательно на всех газовых шахтах, имеющих вентиляторные установки с ременной передачей. Обязательный комплект контрольно-измерительной аппаратуры, которой должна располагать пылевентиляционная служба строящейся шахты, приведен в приложении 12.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Ключ $\tau - \lambda - R - C_p\gamma_p - \alpha_1$

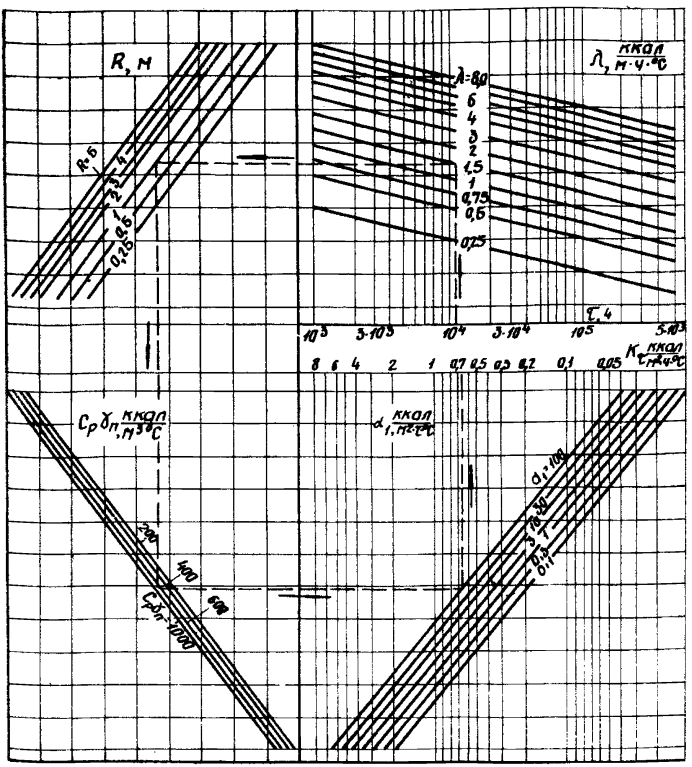


Рис. 1. Номограмма для определения коэффициента нестационарного теплообмена K_τ между вентиляционным воздухом и горным массивом

Пример: Дано $\tau = 1{,}15 \cdot 10^4$ ч; $\lambda = 1{,}5 \frac{ккал}{м \cdot ч \cdot °С}$; $R = 1$ м;
$C_p\gamma_п = 600 \frac{ккал}{м^3 °С}$; $\alpha_1 = 100 \frac{ккал}{м^2 ч °С}$;

Идя по стрелке согласно ключу, находим

$K_\tau = 0{,}07 \frac{ккал}{м^2 ч °С}$

Ключ w–ε–γ–U–S

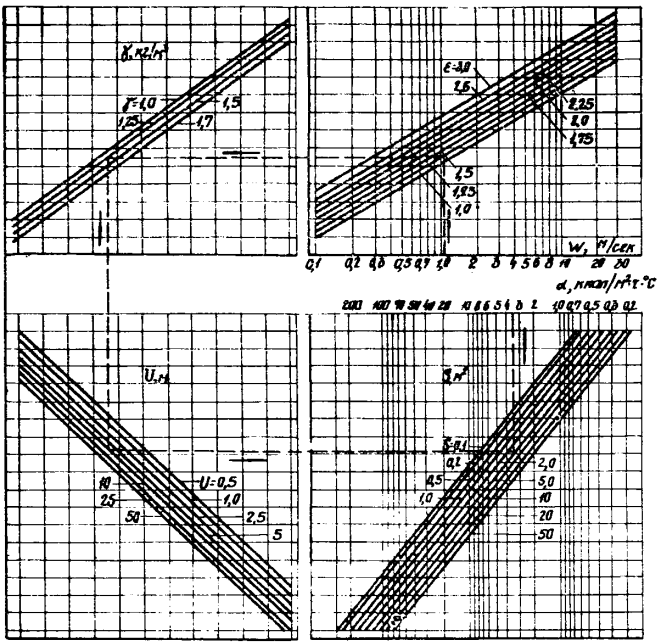


Рис. 2. Номограмма для определения коэффициента теплоотдачи α_1 в горных выработках.

Пример: Дано $w = 1,1$ м/сек; $\varepsilon = 1,25$; $\gamma = 1,25$ кг/м³;
$U = 10$ м; $S = 6$ м²;

Идя по стрелке согласно ключу, находим

$\alpha_1 = 3,5 \frac{ккал}{м^2 ч °C}$.

Ключ $N-|-K_3-6$

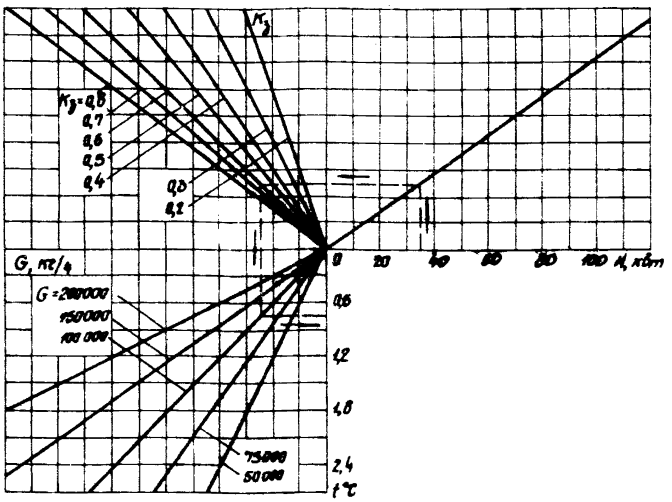


Рис. 3. Номограмма для определения приращения температуры вентиляционной струи воздуха от тепловыделения электродвигателей различных механизмов.

Пример Дано $N = 35$ кВт; $K_3 = 0,6$; $G = 180000$ кг/ч;

Идя по стрелке согласно ключу, находим

$t = 0,75$ °С.

Ключ A—L—G

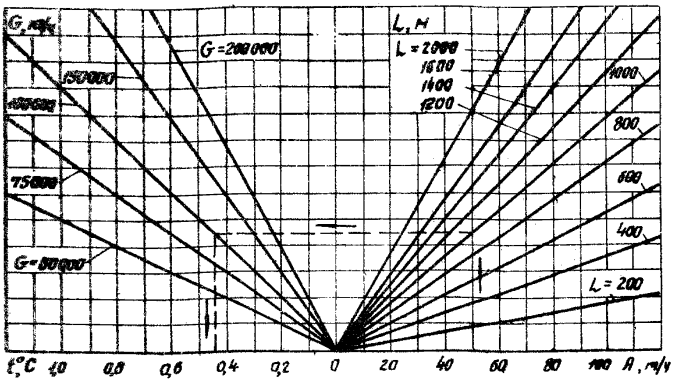


Рис 4. Номограмма для определения приращения температуры вентиляционной струи воздуха от работы электровозной откатки.

Пример: Дано A = 50 т/ч; L = 1000 м; G = 100000 кг/ч, находим

t = 0,44°C

Ключ N—G

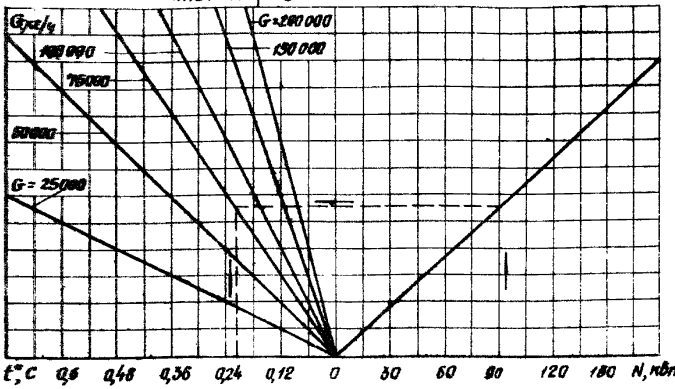


Рис 5. Номограмма для определения приращения температуры вентиляционной струи воздуха от тепловыделения трансформаторов.

Пример: Дано N = 90 кВт; G = 75000 кг/ч

Идя по стрелке согласно ключу, находим

t = 0,22°C

Ключ Δ — L — G

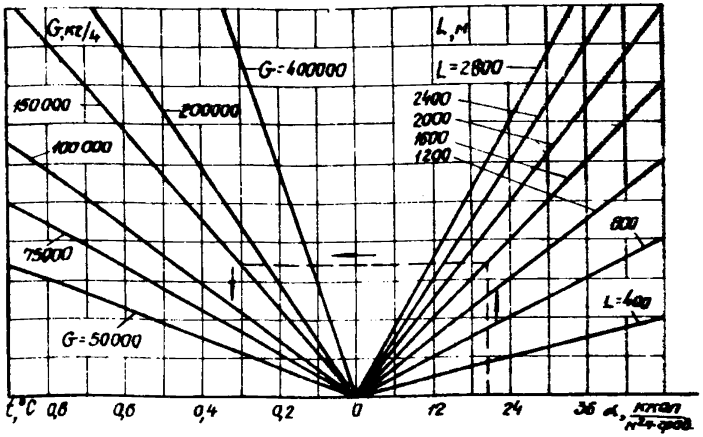


Рис. 6. Номограмма для определения приращения температуры вентиляционной струи воздуха от теплоотдачи с шахтной водой.

Пример: Дано $\Delta = 20 \frac{ккал}{м^3 ч \cdot ^\circ C}$; L = 1600 м; G = 150000 кг/ч

Идя по стрелке согласно ключу, находим

$t = 0{,}3\ ^\circ C$

Ключ Пр — | — G

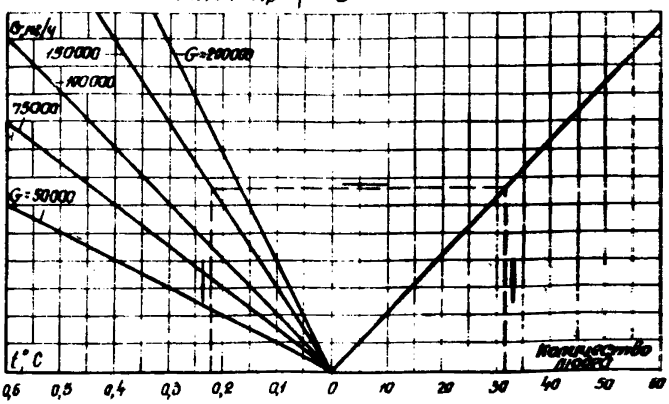


Рис 7. Номограмма для определения приращения температуры вентиляционной струи воздуха от тепловыделения людей.

Пример. Дано Пр = 32 чел; G = 150000 кг/ч

Идя по стрелке согласно ключу, находим

$t = 0{,}22\ ^\circ C$.

Приложение 2

Объемный вес, удельная теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность горных пород

Горная порода	Объемный вес $\gamma_п$, кг/м^3	Удельная теплоемкость $C_п$, ккал/кг°С	Теплопроводность λ, ккал/м °С	Температуропроводность a, м^2/ч
Песчаник (Центральный район Донбасса)	2475	0,204	2,20	0,00437
Глинистый и песчаный сланец (то же)	2450	0,216	1,52	0,00293
Уголь (то же)	1225	0,288	0,251	0,00074
Бурый уголь (Челябинск-уголь)	1210	0,270	0,218	0,00066
Бурый уголь (Коркинское месторождение)	1202	0,273	0,216	0,00066
Каменный уголь (Кизеловское месторождение)	1346	0,244	0,236	0,00072
Каменный уголь (Карагандинский бассейн)	1275	0,252	0,23	0,00072
Антрацит (Егоршинское месторождение)	1440	0,226	0,282	0,00086
Серный колчедан (Белоречинское месторождение)	4660	0,214	3,602	0,00362
Серный колчедан (Дегтярское месторождение)	4620	0,217	3,585	0,00358
Медный колчедан (то же)	4716	0,206	3,622	0,00373
Медный колчедан (Северо-Карабашское месторождение)	4688	0,208	3,615	0,00391
Медный колчедан (Ленинское месторождение)	4731	0,205	3,624	0,00373
Углистый сланец	1765	0,244	0,718	0,00166
Глинистый сланец	2433	0,237	0,801	0,00137
Хлоритовый сланец	2690	0,240	1,142	0,00177
Змеевик (серпентин)	2690	0,227	1,360	0,00228

I	2	3	4	5
Альбитофир	2596	0,234	I,705	0,00280
Гранит	2722	0,2I9	I,904	0,003I8
Доломит	2675	0,222	I,487	0,00250
Песчаник кремнистый плотный	2630	0,230	I,723	0,00285
Мел плотный	I780	0,2I9	0,592	0,00I4I
Известняк плотный кристаллический	2478	0,2I2	0,846	0,00I6
Массивный серный колчедан	5III	0,I74	3,380	0,0038
Грубозернистый серный колчедан	4756	0,I27	3,5I0	0,0058
Полосатый медистоцинковый колчедан	4637	0,I39	2,54	0,00394
Полевошпатовый порфироид	2776	0,226	I,92	0,00306
Кварцево-альбитовый порфироид	285I	0,I86	2,I0	0,00396
Густой вкрапленник пирита в кварце	4084	0,I45	2,89	0,00488

Приложение 3

Относительные размеры крепи	Состояние стен выработок	Коэффициент шероховатости рудничной крепи ε		
		для относительно гладких стенок	для шероховатых стенок при $\frac{\Delta}{d_{экв}}=0{,}03$	для шероховатых стенок при $\frac{\Delta}{d_{экв}}=0{,}05$
	Без крепи	I,00	I,65	I,75
$\frac{d_{кр}}{d_{экв}}=0{,}06$	$\frac{S}{d_{кр}}=14$	I,85	2,I0	2,20
	$\frac{S}{d_{кр}}=7$	2,00	2,20	2,30
	$\frac{S}{d_{кр}}=3{,}5$	2,I5	2,40	2,50
$\frac{d_{кр}}{d_{экв}}=0{,}09$	$\frac{S}{d_{кр}}=14$	2,I5	2,40	2,50
	$\frac{S}{d_{кр}}=7$	2,30	2,50	2,60
	$\frac{S}{d_{кр}}=3{,}5$	2,50	2,65	2,75
$\frac{d_{кр}}{d_{экв}}=0{,}12$	$\frac{S}{d_{кр}}=14$	2,40	2,70	2,85
	$\frac{S}{d_{кр}}=7$	2,60	2,85	2,95
	$\frac{S}{d_{кр}}=3{,}5$	2,80	3,00	3,I0

Примечания: I. Таблица составлена для стоек крепи круглой формы; при стойках квадратной формы приведенные в таблице значения следует увеличивать на 8%.

2. Δ - высота выступов шероховатости;

$d_{экв}$ внутренний эквивалентный диаметр канала;

$d_{кр}$ - диаметр крепи; S - шаг крепи.

$d_{экв}=\frac{4f}{U}$, f - площадь сечения и

U - периметр сечения выработки.

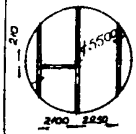
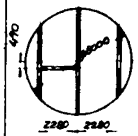
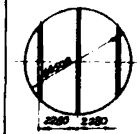
Приложение 4

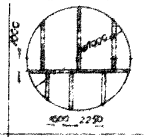
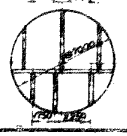
Температура воздуха, °С	Давление насыщенного пара, мм рт.ст.	Температура воздуха, °С	Давление насыщенного пара, мм рт.ст.	Температура воздуха, °С	Давление насыщенного пара, мм рт.ст.
0	4,58	I2	I0,52	24	22,38
I	4,93	I3	II,23	25	23,76
2	5,29	I4	II,99	26	25,2I
3	5,69	I5	I2,79	27	26,74
4	6,I0	I6	I3,63	28	28,35
5	6,54	I7	I4,53	29	30,04
6	7,0I	I8	I5,48	30	3I,82
7	7,5I	I9	I6,48	3I	33,70
8	8,05	20	I7,54	32	35,66
9	8,6I	2I	I8,65	33	37,73
I0	9,2I	22	I9,83	34	39,90
II	9,84	23	2I,07	35	42,I8

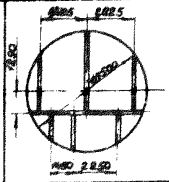
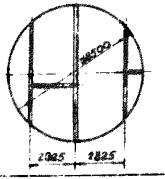
Приложение 5

Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и мокрого термометров, °С							
	0	I	2	3	4	5	6	7
	Относительная влажность воздуха, %							
0	I00	8I	63	46	28	I2	-	-
5	I00	86	7I	58	43	3I	I7	4
6	I00	86	72	59	46	33	2I	8
7	I00	87	74	60	48	36	24	I4
8	I00	87	74	62	50	39	27	I6
9	I00	88	75	63	52	4I	30	I9
I0	I00	88	77	64	53	43	32	22
II	I00	88	79	65	55	45	35	25
I2	I00	89	79	67	57	47	37	27
I3	I00	89	79	68	58	49	39	30
I4	I00	89	79	69	59	50	4I	32
I5	I00	90	80	70	6I	5I	43	34
I6	I00	90	80	70	6I	53	45	37
I7	I00	90	80	7I	62	55	47	40
I8	I00	90	80	72	63	55	48	4I
I9	I00	9I	8I	72	64	57	50	4I
20	I00	9I	8I	73	65	58	50	42
2I	I00	9I	82	74	66	58	50	44
22	I00	9I	82	74	66	58	5I	45
23	I00	9I	83	75	67	59	52	46
24	I00	9I	83	75	67	59	53	47
25	I00	92	84	76	68	60	54	48
26	I00	92	84	76	69	62	55	50
27	I00	92	84	77	69	62	56	5I
28	I00	92	84	77	70	64	57	52
29	I00	92	85	78	7I	65	58	53
30	I00	92	85	79	72	66	59	53

Коэффициенты аэродинамического сопротивления скиповых шахтных стволов с бетонной крепью по схемам, разработанным Гипрошахтом в 1968 г.

№ п.п.	Схема армировки ствола	Характеристика ствола	Форма профиля расстрелов	Расстояние между расстрелами по вертикали, м	Значение $\alpha \cdot 10^4$
1	2	3	4	5	6
1		2 скипа для угля емкостью 5; 7; 9,5 или 11м^3. Скип для породы емкостью 5 или 9,5м^3; рельсовые проводники, 2 трубы, 4 расстрела.	Прямоугольная - " - " - Двутавровая	3,0 4,0 4,0	21,6 17,6 22,0^{xx}
2		2 скипа для угля емкостью 11;15, или 20м^3. Скип для породы емкостью 9,5 или 5м^3. Коробчатые или рельсовые проводники, 6 труб, 4 расстрела.	Прямоугольная - " - " - Двутавровая	3,126 4,168 4,168	24,6 19,6 24,5^{xx}
3		4 скипа для угля емкостью 11;15, или 20м^3. Коробчатые или рельсовые проводники, 6 труб, 3 расстрела	Прямоугольная - " - " - Двутавровая	3,0 4,0 4,0	28,8 22,4 28,0^{xx}

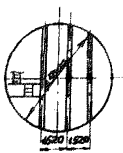
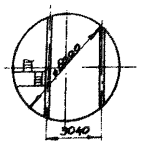
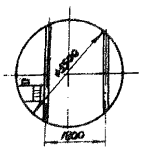
1	2	3	4	5	6
4		2 скипа для угля емкостью 11; 15 или 20м³. Скип для породы емкостью 9,5 или 11м³. Коробчатые или рельсовые проводники, 4 расстрела.	Прямоугольная - " - " - Двутавровая	4,168 3,126 4,0	28,0[x] 32,0 20,0
5		2 скипа для угля емкостью 25 или 35м³. Скип для породы емкостью 11 или 15м³. Коробчатые проводники, 2 трубы, 4 расстрела.	Прямоугольная	3,0	23,0
6		2 скипа для угля емкостью 25 или 35м³. Скип для породы емкостью 11; 15м³. Коробчатые проводники, 4 трубы, 7 расстрелов.	Прямоугольная	3,0	20,7
7		3 скипа для угля емкостью 25 или 35м³. Скип для породы емкостью 11 или 15м³. Коробчатые проводники, 6 труб, 4 расстрела.	Прямоугольная - " - " -	3,0 4,0	24,0[x] 21,0
8		2 скипа для угля емкостью 20;25 или 35м³. Скип для породы емкостью 9,5 или 11; 11 или 15м³. Коробчатые проводники, 6 труб, 7 расстрелов.	Прямоугольная - " - " -	3,0 4,0	33,9 27,1

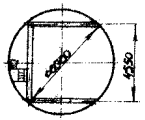
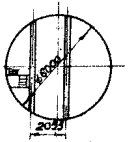
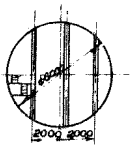
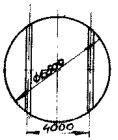
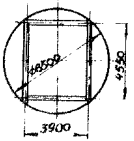
1	2	3	4	5	6
9		2 скипа для угля емкостью 20; 25 или 35м^3. Скип для породы емкостью 9,5 или 11;11 или 15м^3. Коробчатые проводники, 4 трубы,7 расстрелов.	Прямоугольная - " - " -	3,0 4,0	27,3 22,7
10		3 скипа для угля емкостью 20; 25 или 35м^3. Скип для породы емкостью 11 или 15 м^3. Коробчатые проводники, 6 труб, 5 расстрелов.	Прямоугольная - " - " -	3,0 4,0	26,0^x 23,0

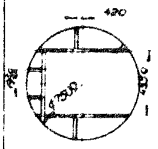
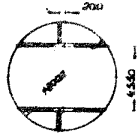
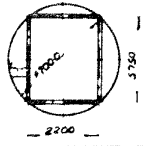
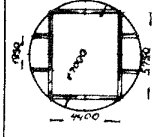
x - Коэффициент аэродинамического сопротивления подсчитан по формуле Мустеля П.И.

xx - Коэффициент аэродинамического сопротивления для стволов при двутавровом профиле расстрела по экспериментальным и литературным данным принят 25% от коэффициента аэродинамического сопротивления для соответствующих стволов при прямоугольном профиле расстрелов.

Коэффициенты аэродинамического сопротивления клетевых шахтных стволов с бетонной крепью по схемам, разработанным Южгипрошахтом в 1968г.

№ п/п	Схема армировки ствола	Характеристика ствола	Характеристика лестничного отделения	Форма профиля расстрелов	Расстояние между расстрелами по вертикали, м	Значение $\alpha \cdot 10^4$
1	2	3	4	5	6	7
11		2 неопрокидные клети на вагонетку УВГ-0,8 + 1,4; 1,6; 3 расстрела, 3 трубы, рельсовые проводники.	Лестничное отделение с полками отшитыми решетками.	Двутавровая	3,0	34,0[x]
12		2 неопрокидные клети на вагонетку УВГ-0,8 + 1,4; 1,6. Рельсовые проводники Р 43, 2 расстрела, 7 труб.	- " - "	Прямоугольная Двутавровая	3,126 3,126	20,4 25,5[xx]
13		2 неопрокидные клети на вагонетку УВГ-2,5; УВД-2,5. Рельсовые проводники, 2 расстрела, 6 труб.	- " -	Двутавровая	4,168	21,0[x]

1	2	3	4	5	6	7
14		2 неопрокидные клети на 2 вагонетки - 8т. Коробчатые проводники, 3 расстрела, 10 труб.	Лестничное отделение с полками отштыми решетками.	Прямоугольная	4,0	27,0
15		2 неопрокидные клети на 2 вагонетки - 8т. Рельсовые проводники Р 43 или Р 38; 2 расстрела; 11 труб.	- " -	Прямоугольная Двутавровая	3,126 3,126	28,6 35,8[xx]
16		2 неопрокидные клети на 2 вагонетки - 8т. Рельсовые проводники, 3 расстрела, 9 труб.	- " -	Прямоугольная Двутавровая	4,0 4,0	33,9 42,4[xx]
17		2 неопрокидные клети на 2 вагонетки - 8т. Рельсовые проводники, 2 расстрела, 4 трубы.	- " -	Прямоугольная Двутавровая	3,126 3,126	30,0[x] 37,5[xx]
18		2 неопрокидные клети на 2 вагонетки - 8т. Коробчатые проводники, 4 расстрела, 2 опоры, 8 труб.	- " -	Прямоугольная	4,0	41,1

1	2	3	4	5	6	7
19		3 неопрокидные клети на 3 вагонетки - 8т. Коробчатые проводники, 7 расстрелов, 2 трубы.	Лестничное отделение с полками отпитыми решетками.	Прямоугольная	4,0	21,0*
20		3 неопрокидные клети на 2 вагонетки - 8т. Коробчатые проводники, 4 расстрела, 9 труб.	- " -	Прямоугольная	4,0	38,6
21		2 неопрокидные клети на 2 вагонетки - ВД-5,6. Коробчатые проводники, 4 расстрела, 12 труб.	- " -	Прямоугольная	4,0	18,0*
22		2 неопрокидные клети на 2 вагонетки - ВД-5,6. Коробчатые проводники, 8 расстрелов, 4 трубы.	- " -	Прямоугольная	4,0	26,0*

Приложение 7

Таблица I

Коэффициенты аэродинамического сопротивления штрекообразных выработок чистых и прямых, закрепленных неполными крепежными рамами из леса круглого сечения

Диаметр крепи, см	Значение $\alpha \cdot 10^4$ при продольном калибре крепи Δ, равном							Площадь поперечного сечения выработки S, м^2	Поправка на поперечное сечение выработки K
	I	2	3	4	5	6	7		
I5	9,0	II,8	I4,0	I5,9	I7,8	I6,8	I6,2	I	I,2
I6	9,2	I2,I	I4,4	I6,5	I8,4	I7,I	I6,3	2	I,I
I7	9,4	I2,4	I4,7	I6,9	I8,9	I7,3	I6,6	3	I,0
I8	9,6	I2,6	I5,I	I7,3	I9,4	I7,5	I6,8	4	0,93
20	9,8	I3,0	I5,8	I8,I	20,3	I7,9	I7,2	5	0,89
22	I0,I	I3,6	I6,0	I8,9	2I,3	I8,2	I7,5	6	0,86
24	I0,5	I4,I	I7,I	I9,7	22,2	I9,6	I7,8	8	0,82
26	I0,7	I4,6	I7,8	20,4	23,0	20,2	I8,4	I0	0,78

Примечание: Приведены значения $\alpha \cdot 10^{-4}$, для выработок с поперечным сечением $S = 3$ м^2. Для выработок другого поперечного сечения следует в табличные данные в виде множителя К вносить поправки на поперечное сечение, приведенные в той же таблице, а полученные значения $\alpha \cdot 10^{-4}$ округлять до целых единиц.

Таблица 2

Коэффициенты аэродинамического сопротивления штрекообразных выработок, закрепленных неполными крепежными рамами или арками из металлических двутавровых балок

Площадь поперечного сечения выработки, $м^2$ x)	Номер двутавровой балки	Значение $\alpha \cdot 10^4$ при продольном калибре крепи Δ, равном			
		3	4	5	6
5,2	I2	I4,0	I6,4	20,3	23,6
	I4	I5,6	I9,2	22,8	26,9
	I6	I7,4	2I,4	25,6	30,4
	I8	I8,7	23,6	28,5	35,7
	20	20,4	25,6	3I,2	38,4
6,7	I2	I2,6	I5,6	I7,9	20,6
	I4	I4,0	I7,0	20,2	23,3
	I6	I5,4	I8,8	22,4	26,3
	I8	I6,6	20,6	25,0	28,5
	20	I7,9	22,4	27,3	33,3
8,0	I2	I2,2	I4,7	I7,2	I9,5
	I4	I3,5	I6,3	I9,6	22,6
	I6	I4,7	I7,8	2I,2	23,8
	I8	I5,8	I9,5	23,2	27,7
	20	I7,2	2I,2	25,5	30,3
9,2	I2	II,7	I4,5	I6,6	I9,2
	I4	I3,I	I6,0	I8,8	2I,7
	I6	I4,5	I7,2	20,8	24,2
	I8	I6,3	I9,2	22,7	27,0
	20	I6,6	2I,0	24,4	29,4
II,2	I2	II,5	I3,5	I5,6	I7,0
	I4	I2,5	I5,2	I6,7	I9,6
	I6	I3,7	I6,3	I9,2	22,2
	I8	I4,6	I8,2	2I,4	24,2
	20	I5,4	I9,0	23,2	26,3

x) Поперечные сечения выработок взяты из книги "Унифицированные сечения горных выработок для вагонеток емкостью 1,0-4,0 $м^3$", Гипрошахт, 1966 г.

Таблица 3

Коэффициенты аэродинамического сопротивления штрекообразных выработок, закрепленных с трех сторон бетоном; в кровле заделаны металлические верняки из двутавра или рельсов; почва обычная, относительно чистая

Площадь поперечного сечения выработки S, м²	Номер балки	Значение $\alpha \cdot 10^4$ при продольном калибре металлических перекладов Δ, равном				
		2	3	5	6	8
3	I2	7,9	8,5	9,4	9,8	9,6
	I4	8,I	8,7	9,8	I0,2	I0,0
	I6	8,2	8,9	I0,0	I0,5	I0,3
	I8	8,6	9,I	I0,3	I0,7	I0,5
4	I2	7,7	8,I	9,2	9,6	9,4
	I4	7,9	8,5	9,5	9,9	9,7
	I6	8,I	8,7	9,7	I0,2	I0,0
	I8	8,2	8,8	I0,0	I0,5	I0,3
5	I2	7,5	8,0	8,8	9,2	9,0
	I4	7,7	8,2	9,I	9,5	9,3
	I6	7,8	8,4	9,3	9,7	9,5
	I8	8,0	8,5	9,5	I0,0	9,8

Таблица 4

Коэффициенты аэродинамического сопротивления штрекообразных выработок, закрепленных арками из металлических балок специального профиля

Специальный профиль крепи	Высота специального профиля d_c, см	Площадь поперечного сечения выработки S, м^2	Значение $\alpha \cdot 10^4$ при расстоянии между арками ℓ, м		
			0,75	I,0	I,2
		5,2	I5,4	I5,0	I5,0
СВП I7	9,4	6,0	I5,I	I4,7	I4,7
		6,7	I5,0	I4,4	I4,4
		7,I	I5,4	I5,0	I4,6
СВП 22	II,0	8,0	I5,3	I4,8	I4,3
		8,9	I5,2	I4,7	I4,I
		9,8	I5,0	I4,4	I3,7
		9,7	I6,I	I5,2	I5,I
		II,2	I5,8	I4,5	I3,9
СВП 27	I2,3	I2,2	I5,7	I4,4	I3,2

Таблица 5

Коэффициенты аэродинамического сопротивления штрекообразных выработок, закрепленных неполными крепежными рамами из железобетонных круглых стоек с верхняками из металлических двутавровых балок

Диаметр крепи, см	Значение $\alpha \cdot 10^4$ при продольном калибре крепи Δ, равном					Площадь поперечного сечения выработки S, м^2	Поправка на поперечное сечение выработки К
	2	3	4	5	6		
I5	I3	I5	I7	I9	2I	3	I,08
						4	I,00
						6	0,9I
20	I5	I7	20	22	24	8	0,88
						I0	0,84

Примечание: Приведены значения $\alpha \cdot 10^4$ выработок поперечным сечением в свету крепи S =4 м^2. Для выработок другого поперечного сечения в табличные данные следует вводить поправочный множитель К и полученные значения $\alpha \cdot 10^4$ округлять до целых единиц.

Таблица 6

Коэффициенты аэродинамического сопротивления выработок, закрепленных рамной крепью

Характеристика крепи	Площадь поперечного сечения выработки S, м^2	Расстояние между выступами или шириной плиты e, м	$\Delta = \frac{e}{d_o}$ x)	Значение $\alpha \cdot 10^4$
Рамная, прямоугольного сечения с разгружающими консолями	5,I	0,55	3,66	II
		0,75	5,00	I3
		I,00	6,70	2I
		I,I4	7,60	I9
		I,34	I0,00	I8

x) d_o - высота ребра элементов крепи.

Таблица 7

Коэффициенты аэродинамического сопротивления шурфов, скатов и восстающих, закрепленных деревом

Характеристика выработки	Сечение S, м^2	Значение $\alpha \cdot 10^4$	Движение воздуха
Шурф с тремя отделениями, одно из которых лестничное; крепь сплошная венцовая; расстрелы отсутствуют	2,4	20	По двум отделениям
Шурф с тремя отделениями - два подъемных и одно лестничное, крепь подвесная венцовая	4,8	32	По двум подъемным отделениям
Шурф с четырьмя отделениями, из которых одно лестничное; крепь подвесная венцовая	6,4	41	По трем отделениям
Восстающий с тремя отделениями; крепь сплошная венцовая	3,5	53	По двум отделениям
Восстающий с тремя отделениями, крепь сплошная венцовая	2,8	26	По всем отделениям
Скат с ходовым отделением	2,0	20	По двум отделениям

Примечание: Пользуясь данными этой таблицы для подсчета депрессии шурфов, необходимо брать сечение и периметр только тех отделений, по которым движется воздушная струя, т.е. исключать лестничное отделение. При подсчёте депрессии восстающих площадь S должна определяться как сумма площадей всех отделений в свету крепи, а периметр P - как сумма периметров всех отделений.

Приложение 8

Наименование выработки	Тип крепи	S, м^2	S^3	α	P, м	R, К/м	L, м	Q м^3/сек	q^2	h, кг/м^2
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II

Приложение 9

Временные вентиляторные установки главного проветривания

Схема вентиляторной установки	Вентиляторы		Режим работы						Вентиляционный канал	Калориферы для подогрева воздуха	Здание вентиляторной установки	Управление установкой	Условия применения установки
			I		II		III						
	Тип	К-во	Q^{xx}	h^{xx}	Q	h	Q	h					
I	ВОКД-I,5	2	20	I80	30	230	40	300	Металлический коробчатый	Отсутствуют	Сборно-разборное из унифицированных элементов	Местное	Для проветривания подготавливаемого горизонта шахты, вскрытого центрально-сдвоенными стволами
2	ВОКД-I,8	2	40	340	50	380	60	420	То же	Отсутствуют	То же	То же	То же, требующего значительного количества воздуха
3	ВЦО-I,5	2	20	360	30	320	-	-	Металлический круглый	Имеются	Кирпичное	То же	Для проветривания при проходке стволов и околоствольных выработок
4	ВОКД-I,8	2	50	380	60	420	70	460	Железобетонный	Отсутствуют	То же	То же	Для проветривания подготавливаемого горизонта шахты, вскрытого центрально-сдвоенными стволами и требующего значительного количества воздуха
5	СВМ-6м[x]	2	6,5	240	-	-	-	-	Металлический круглый	Имеются	Сборно-разборное из унифицированных элементов	То же	Для проветривания глубоких стволов при проходке
	ВОП-I6	I	-	-	I6,5	340	25	800					
6	ВЦО-I,5	2	20	360	25	340	30	320	Металлический коробчатый	Имеются	То же	То же	Для проветривания подготавливаемого горизонта при большой депрессии
7	ВОП-I6 с реверс. устройством	2	I6,5	340	25	800	-	-	То же	Имеются	То же	То же	Для проветривания горных выработок, проводимых от одиночного ствола при большой депрессии

x) В первый период проветривания сначала применяется один вентилятор СВМ-6М, а затем два, во второй период проходки (большая глубина) применяется вентилятор ВОП-I6 с четырехскоростным электродвигателем АОП4-I2/8/6/4.

xx) Q - $м^3/сек$; h - мм вод.ст.

Приложение IO

Таблица I

Технические характеристики осевых вентиляторов главного проветривания

Технические показатели	Тип вентиляторов																					
	Одноступенчатые		Двухступенчатые																			
			нереверсивные												реверсивные							
	ВОК I	ВОК I,5	ВОКД I	ВОКД I,5	ВОКД I,8		ВОКД 2,4		ВОКД 3		ВОКД 3,6		ВОКР I,8		ВОД II	ВОД I6 x)	ВОД 2I	ВОД 30 xx)		ВОД 40	ВОД 50
Диаметр рабочего колеса, мм	I000	I500	I000	I500	I800		2400		3000		3600		I800		II00	I600	2I00	3000		4000	5000	
Допустимая скорость вращения, об/мин	I460	980	I460	980	750	I000	600	750	500	600	375	500	730	I000	I420	I000	750	375	500	375	300	
Производительность, $м^3/сек$																						
минимальная	6	II	5	I3	I7	23	32	40	43	52	70	90	I3	I8	I5	I0	25	50	67	I00	I40	
максимальная	20	47	23	55	70	93	I34	I66	222	256	280	377	66	90		64	I23	I67	222	420	580	
Давление, $кг/м^2$																						
минимальное	55	60	85	I88	93	I65	I09	I70	95	I35	95	I60	67	I25	280	I05	I00	56	I00	90	I00	
максимальное	I45	I50	280	325	265	470	305	465	3I2	450	260	475	237	445		360	350	I80	3I5	320	340	
Потребляемая мощность, квт																						
минимальная	7	20	I5	40	50	I00	82	I80	II6	200	I50	400	30	75			I00	67	I00	260	500	
максимальная	37	85	72	I80	I90	450	400	780	820	I420	760	2000	I70	435			430	320	760	I350	I670	
К.п.д.	0,72	0,72	0,74	0,77	0,6	0,77	0,77		0,74		0,77		0,77		0,73	0,8I	0,8I	0,8I		0,8I	0,8I	
Габаритные размеры, мм																						
ширина	I405	I9I5	I405	I9I5	2480		3500		4480		5000		2700			I820	3200	4300				
высота	I698	2I00	I698	2II0	2480		3500		4480		5000		2450			2000	3200	4300				
длина	40I0	6750	4550	7750	9025		I8340		I8565		I6600		9025		3350	8000	I3I20	20I00		26082		
Вес, кг (без электродвигателя)	I650	4275	2420	5576	9233		I8630		33500		39500		I0800			57I0	II0II	27600		48500	66580	

x) Опытный.

xx) Будет изготовляться в I968 г.

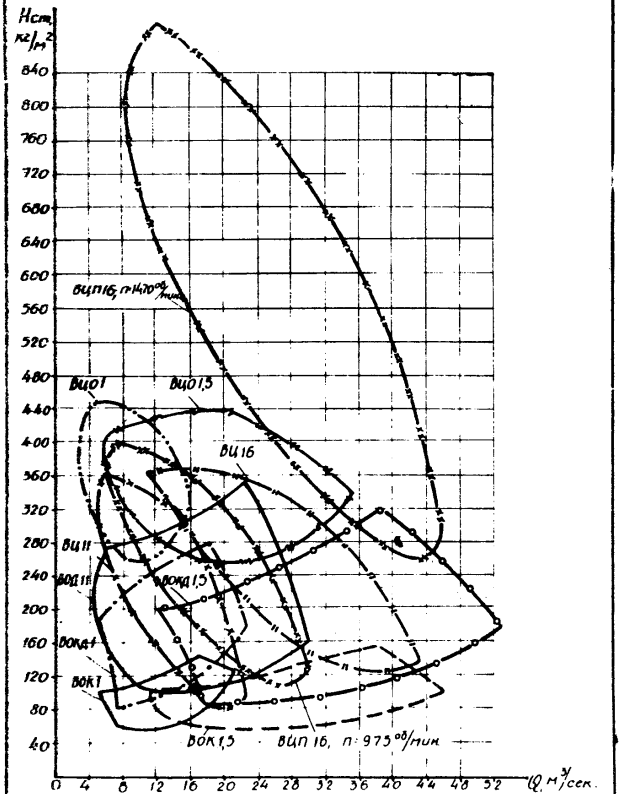


Рис 1 Рабочие зоны вентиляторов производительностью 0-50 м³/сек

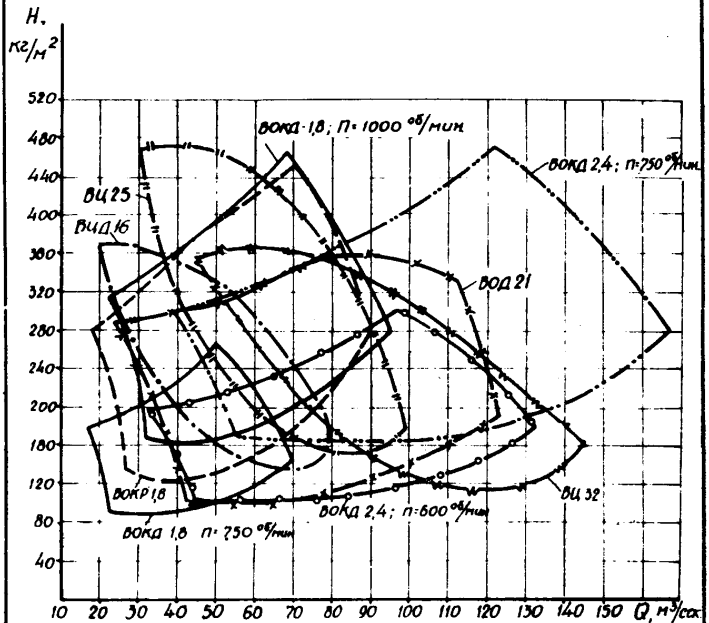


Рис 2. Рабочие зоны вентиляторов производительностью 10-160 м³/сек.

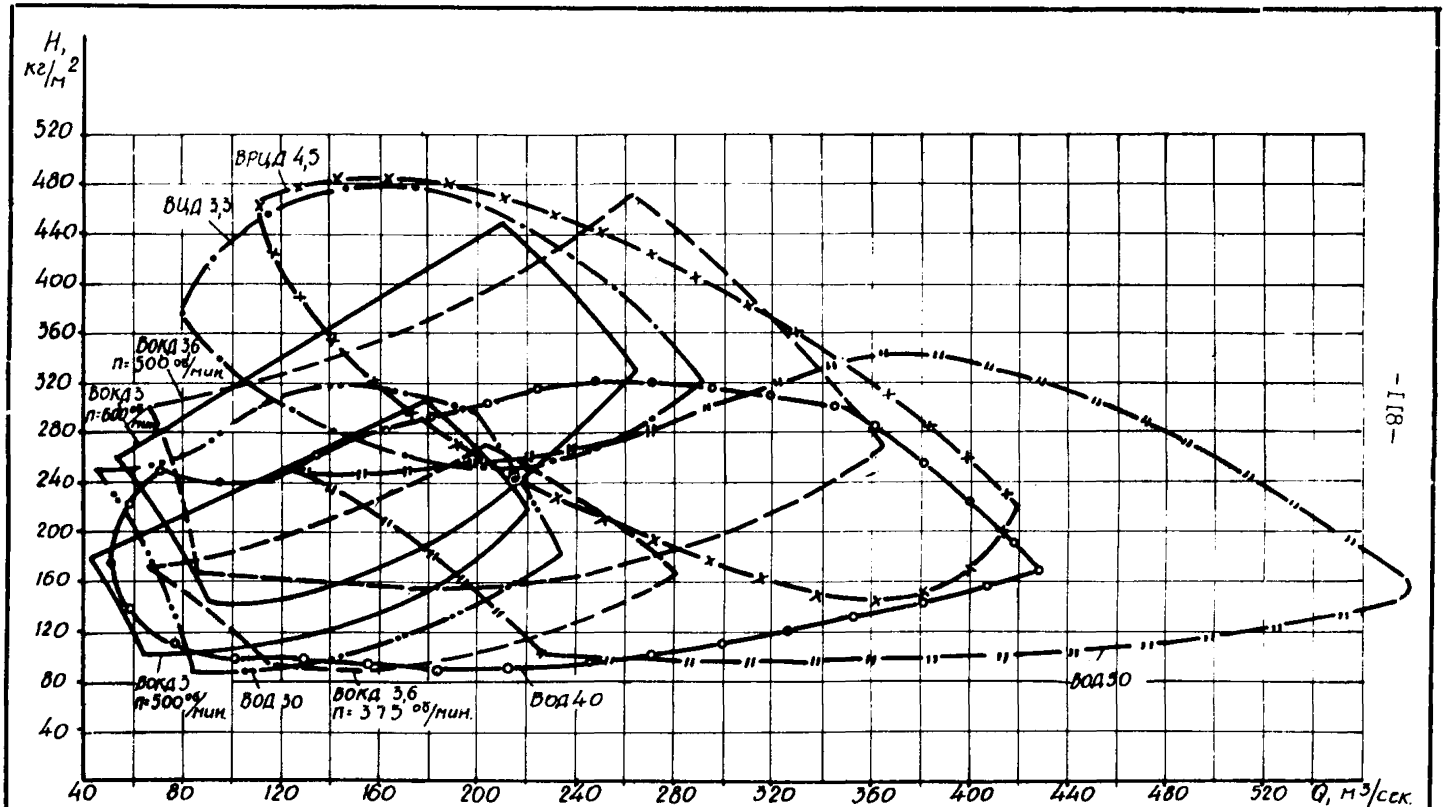


Рис. 3. Рабочие зоны вентиляторов производительностью 40-600 м³/сек.

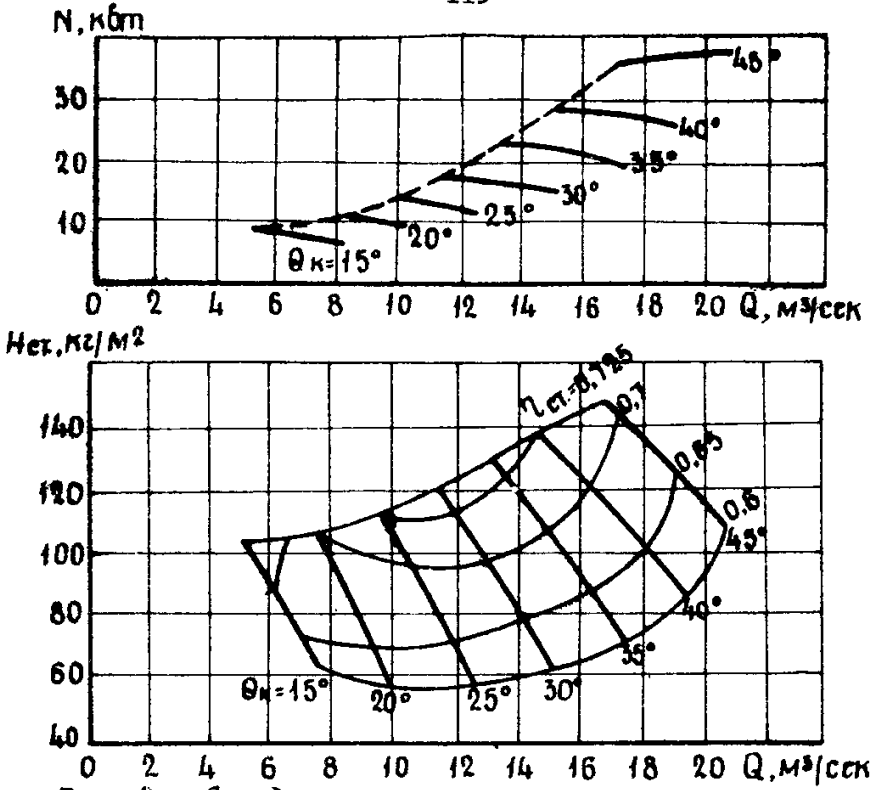


Рис. 4. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОК 1 при n=1460 об/мин.

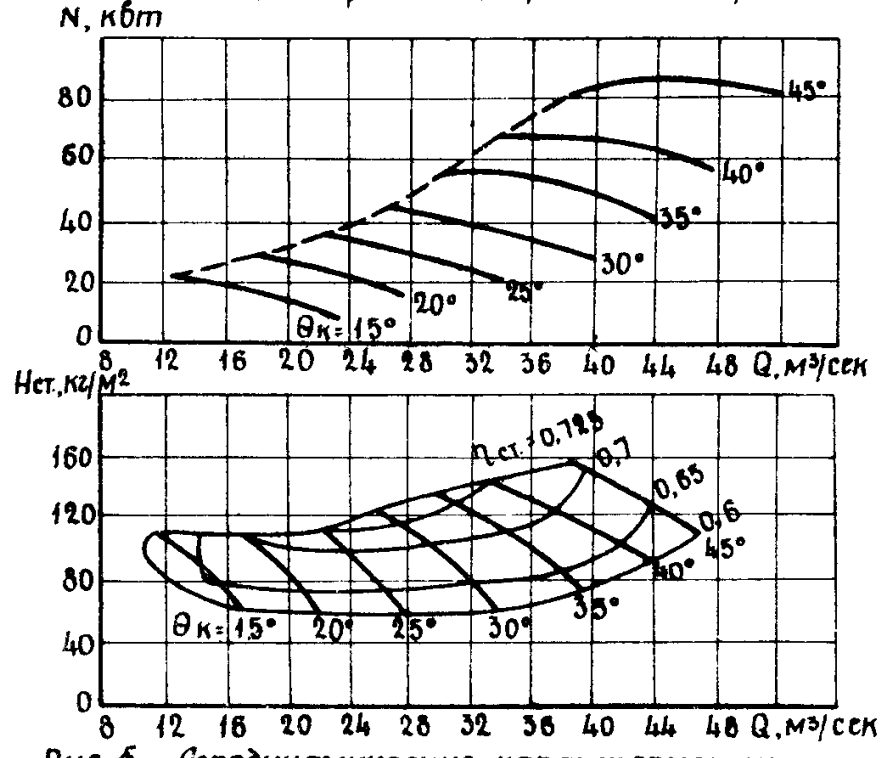


Рис. 5. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОК 1,5 при n=980 об/мин.

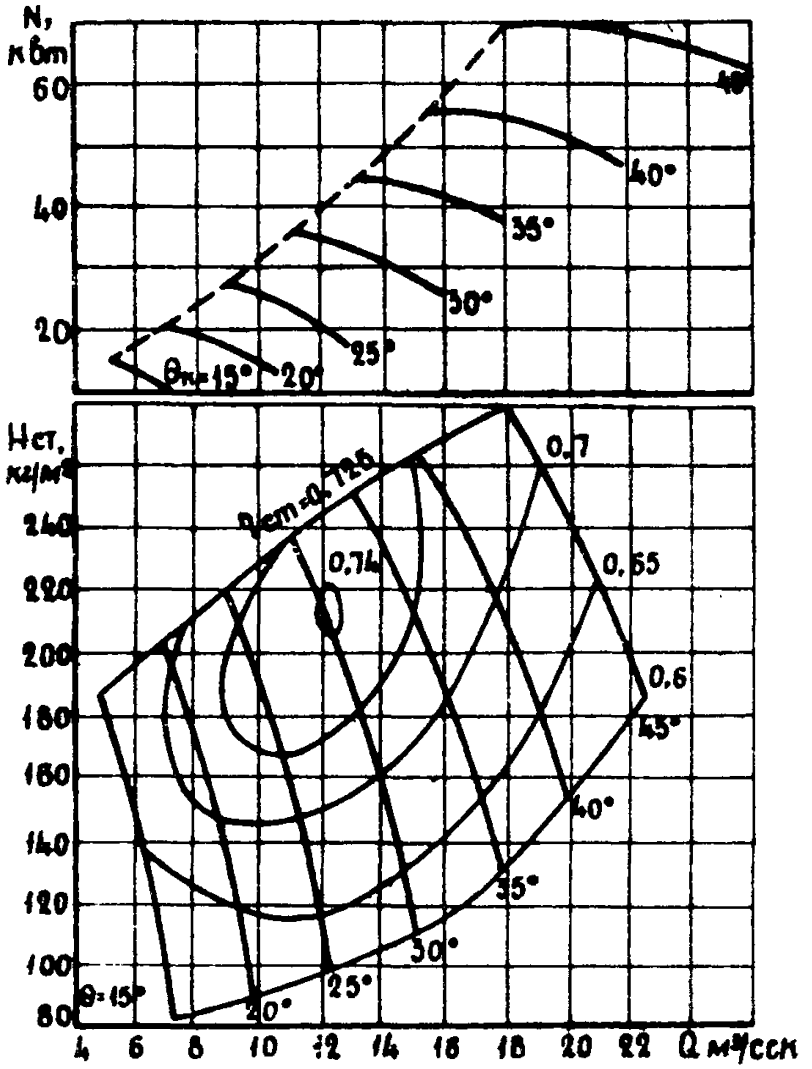


Рис.6. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД I при n=1460 об/мин.

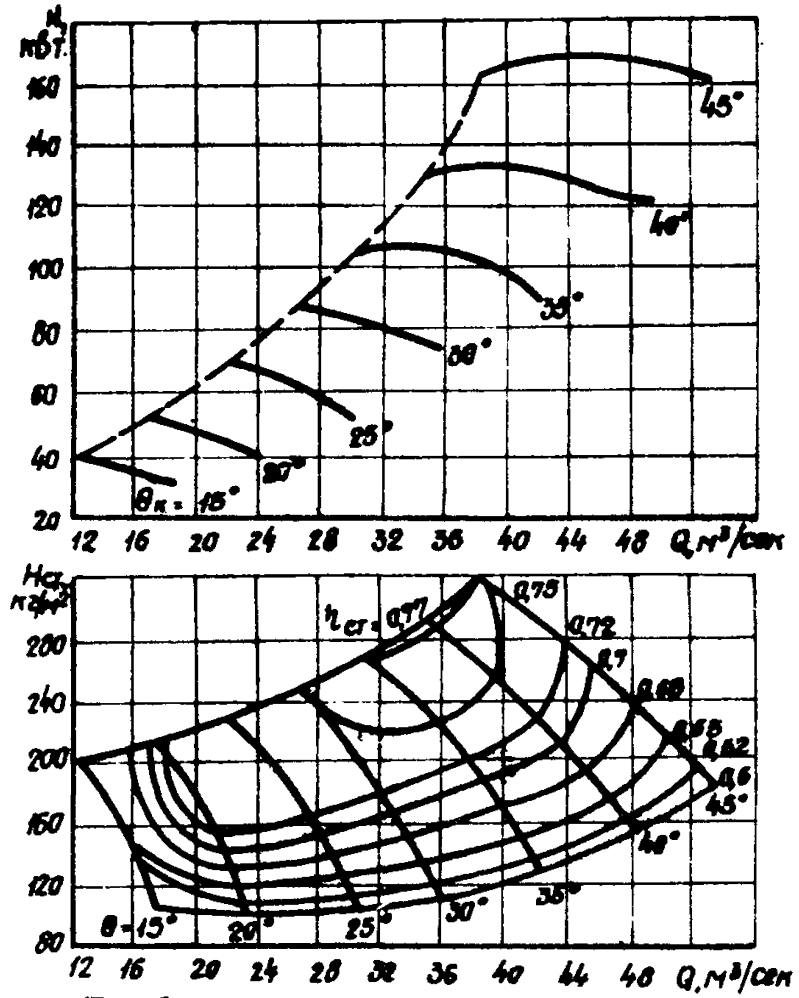


Рис. 7. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 1,5 при n = 980 об/мин.

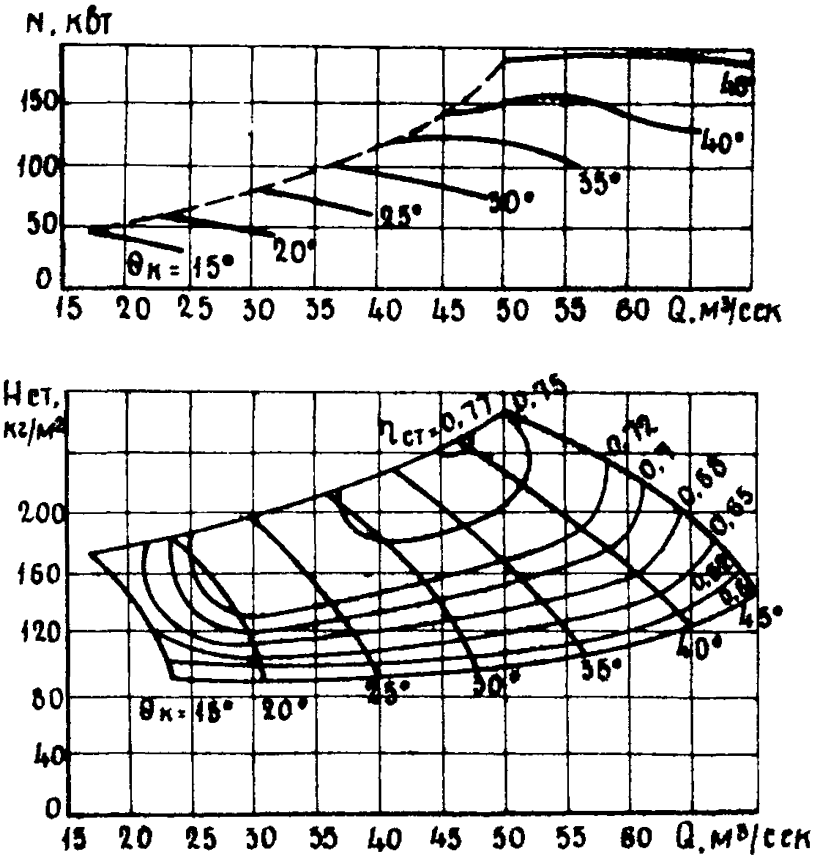


Рис. 8. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 1,8 при n = 750 об/мин

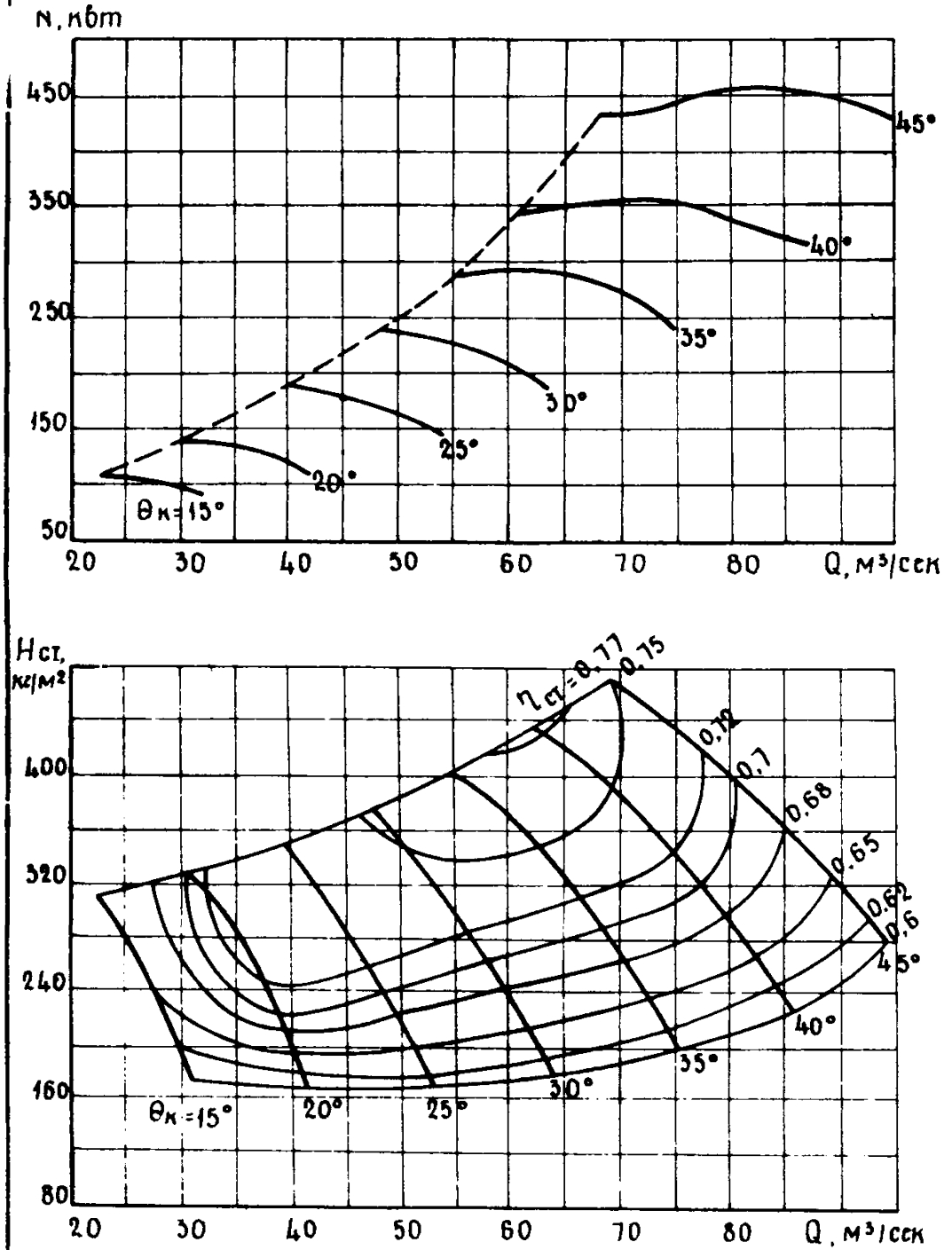


Рис. 9 *Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 1.8 при n = 1000 об/мин*

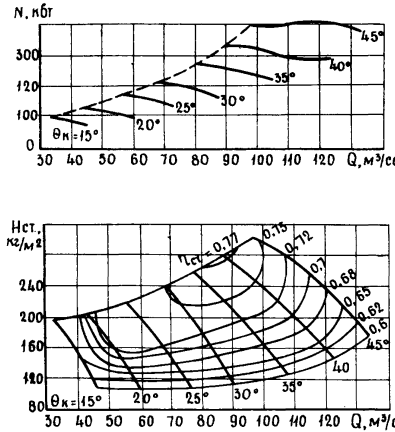


Рис.10. *Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 2,4 при n = 600 об/мин.*

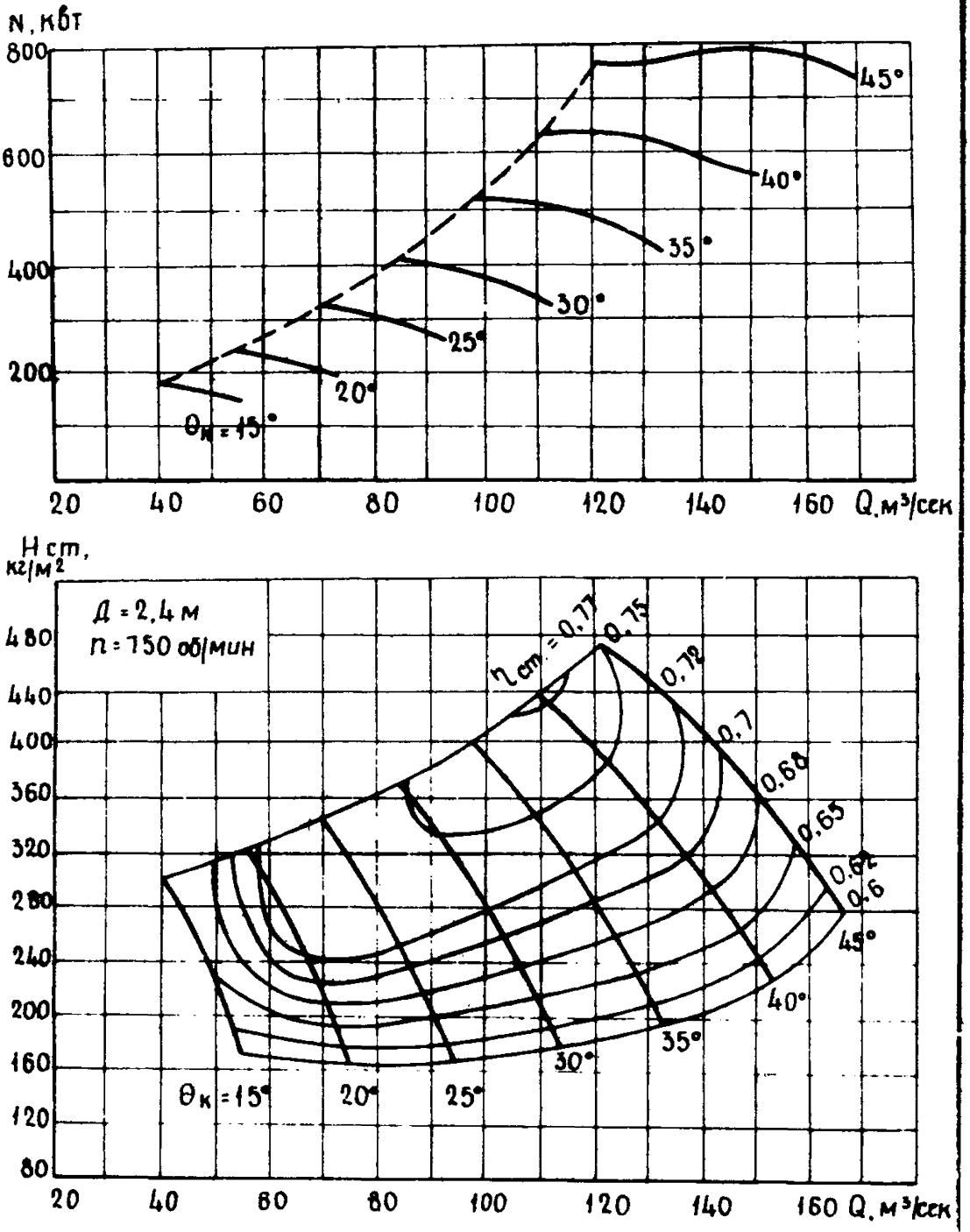


Рис 11. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 2,4 при n = 750 об/мин

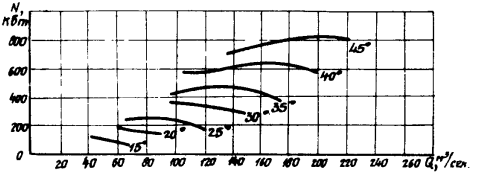


Рис.12. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 3 при n = 500 об/мин.

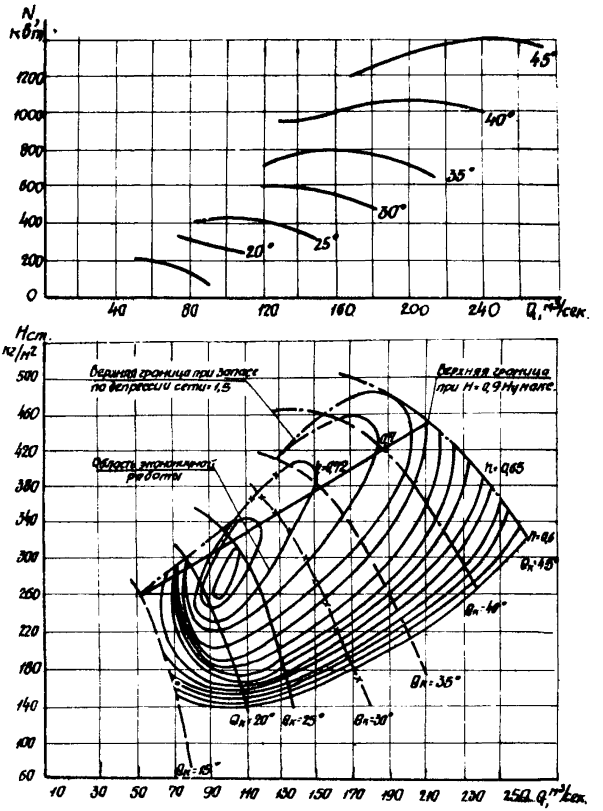


Рис. 13. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 3 при n = 600 об/мин

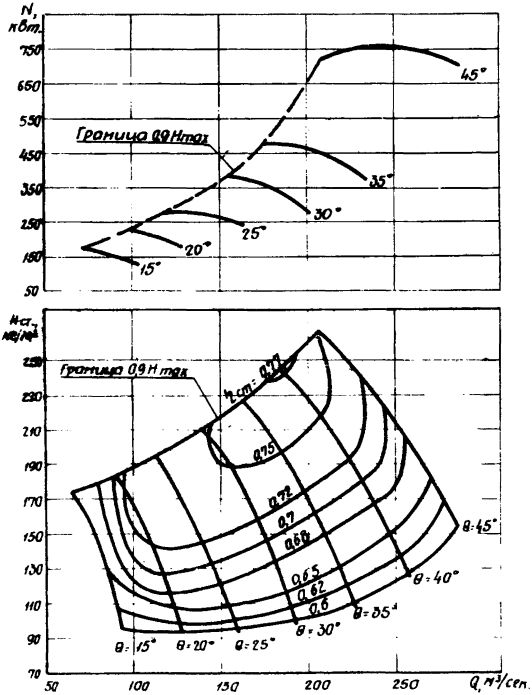


Рис. 14 Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 3,6 при n=375 об/мин

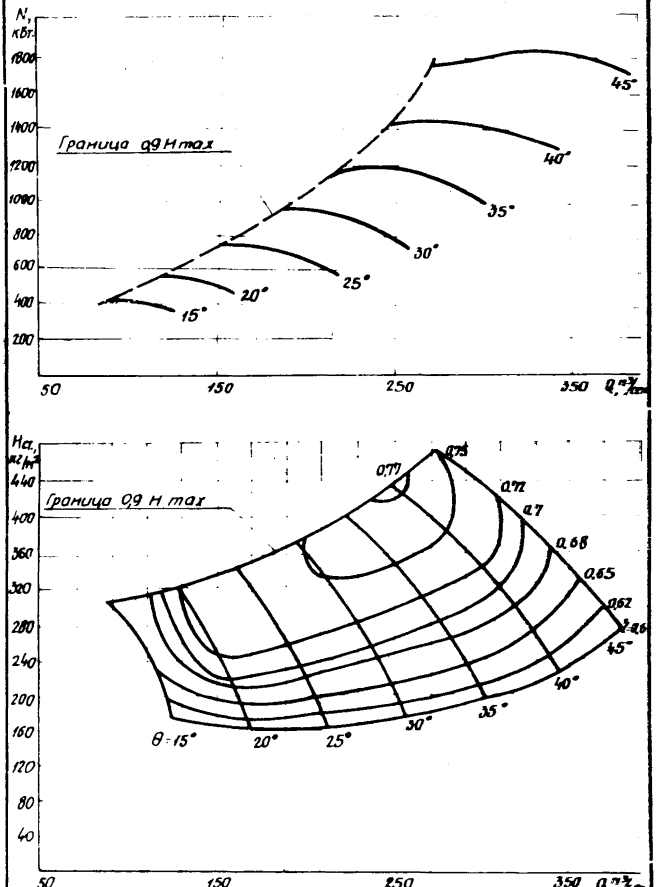


Рис 15 Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКД 36 при n = 500 об/мин

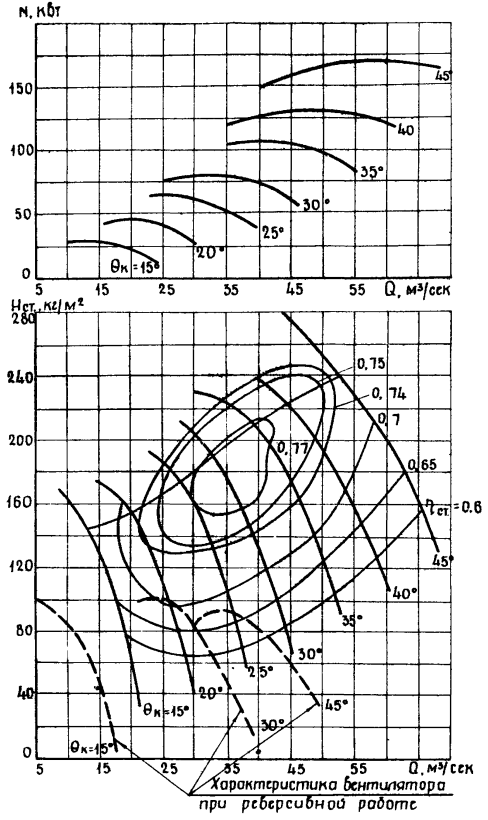


Рис 16. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКР1,8 при n=730 об/мин.

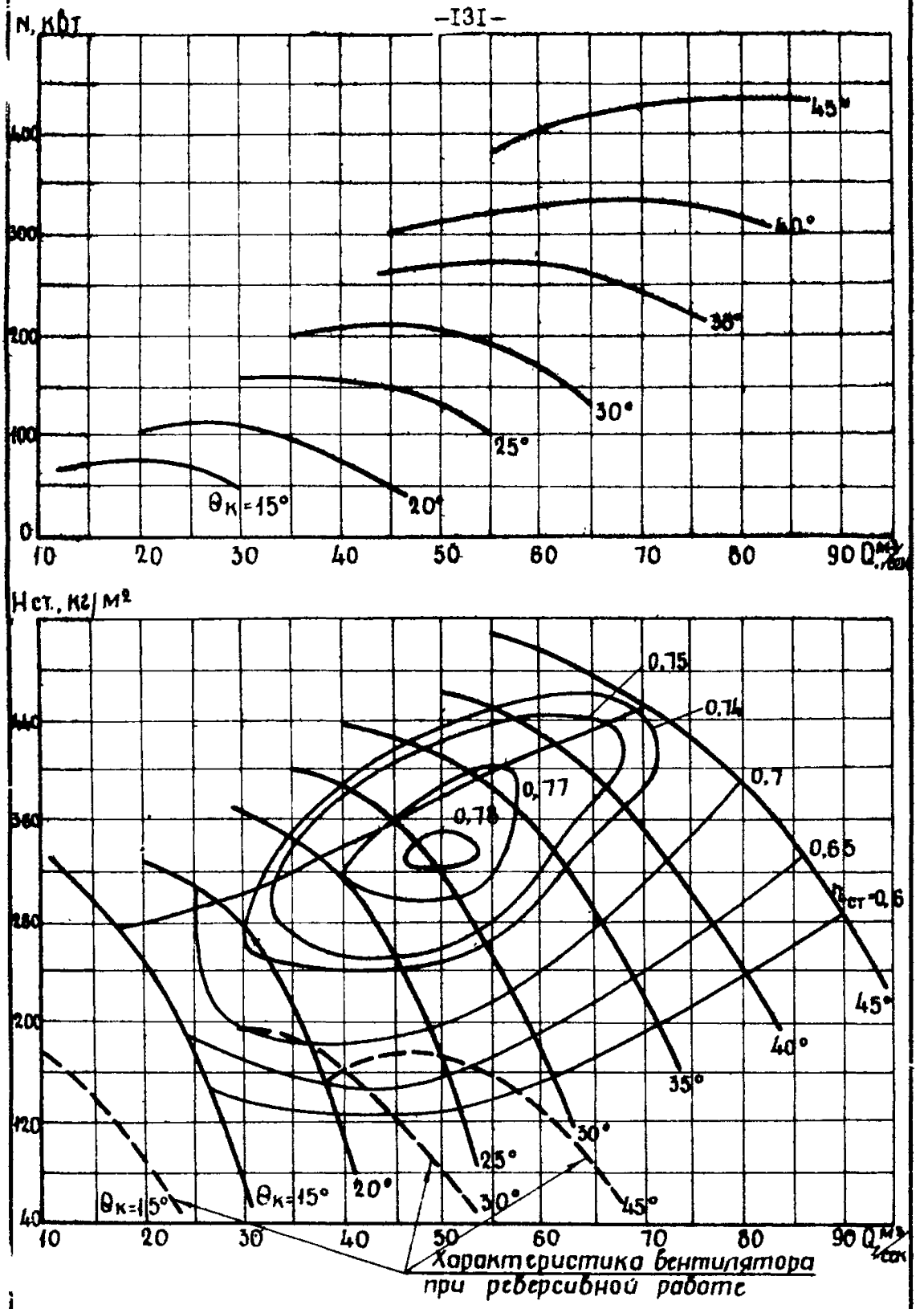


Рис 12. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОКР 1,8 при n =1000 об/мин.

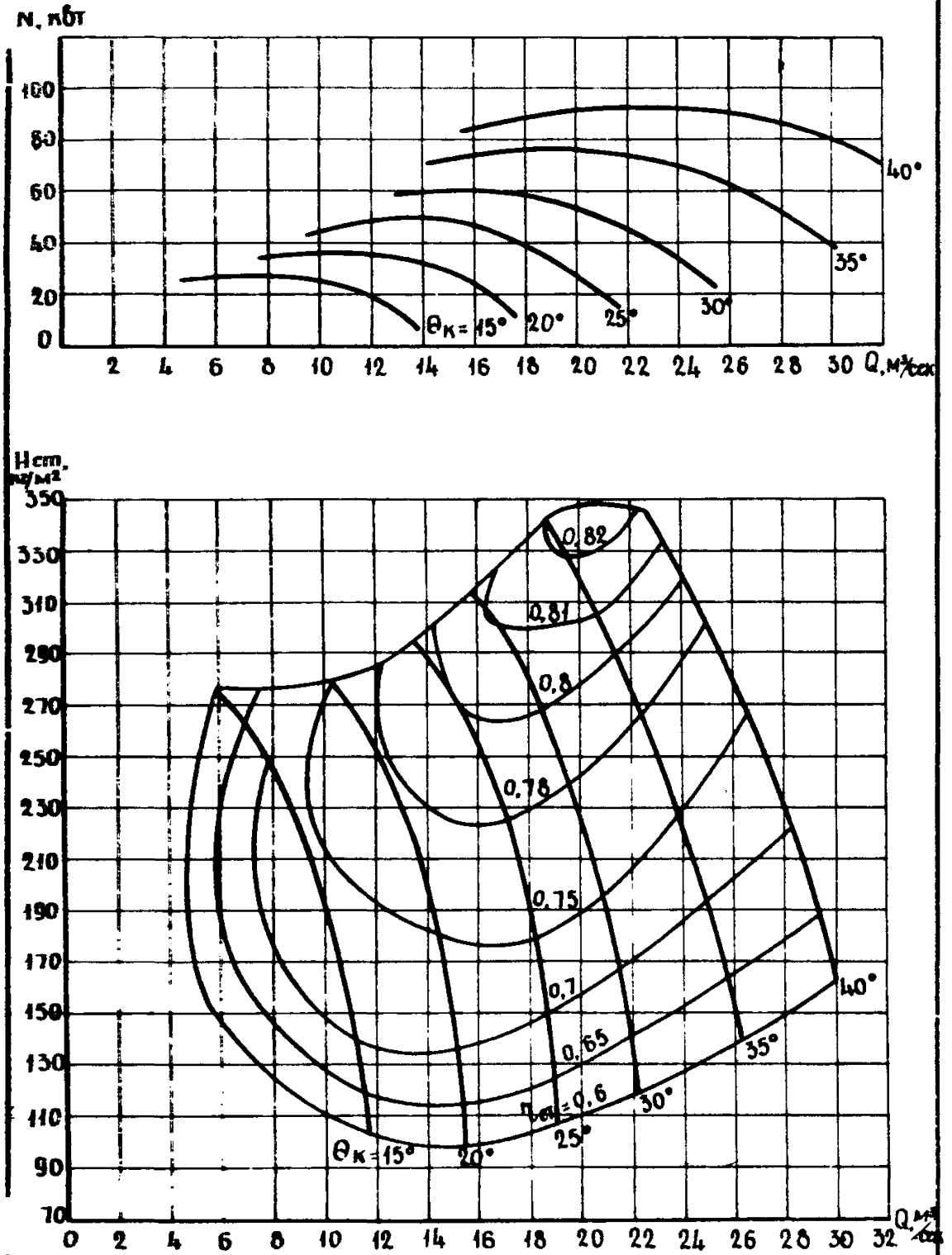


Рис. 18. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОД 11 при n=1420 об/мин

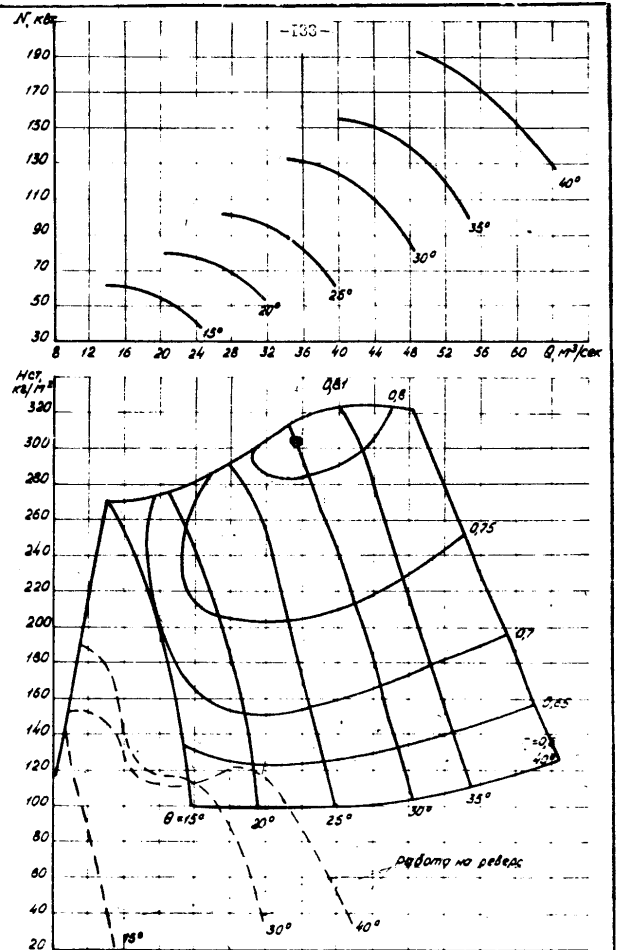


Рис 19. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОД 16 при n = 1000 об/мин

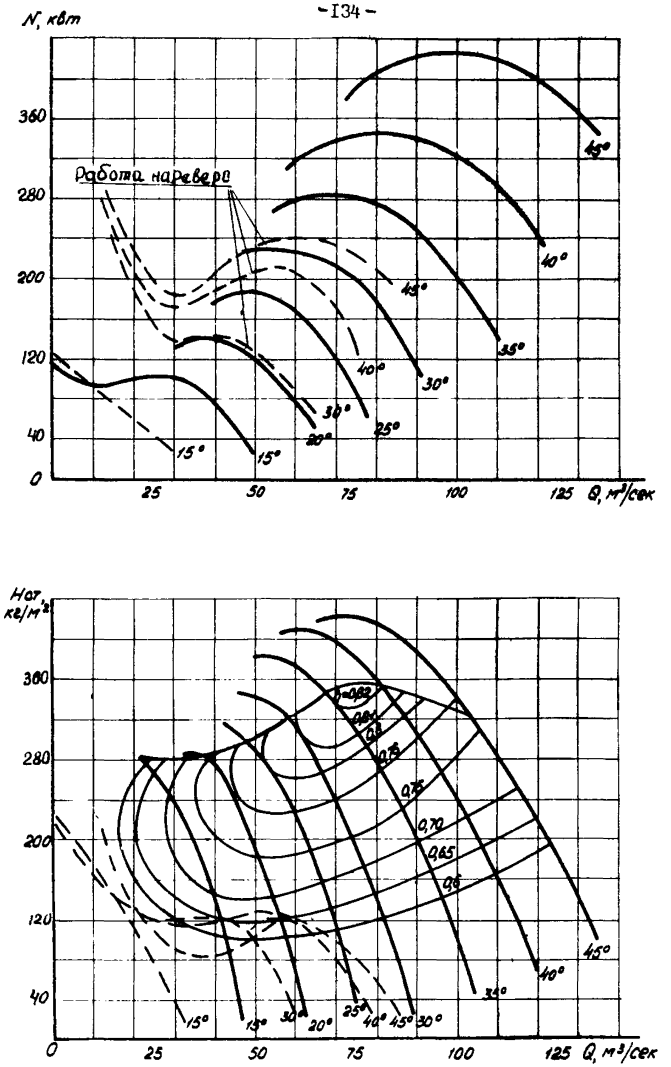
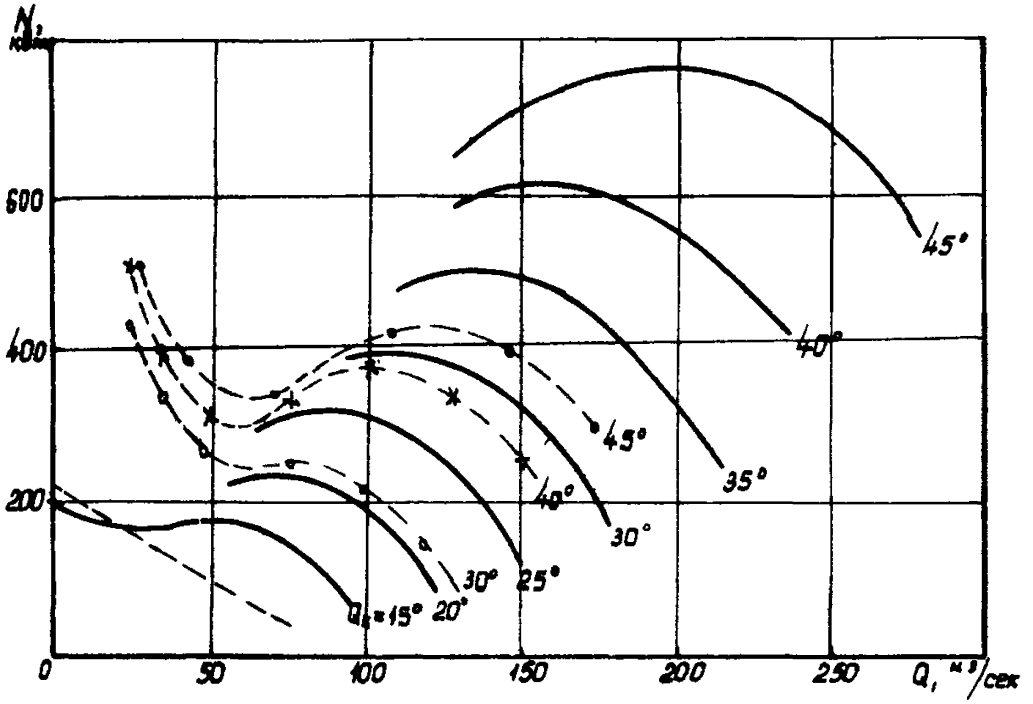


Рис. 20. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОД 21 при n = 750 об/мин



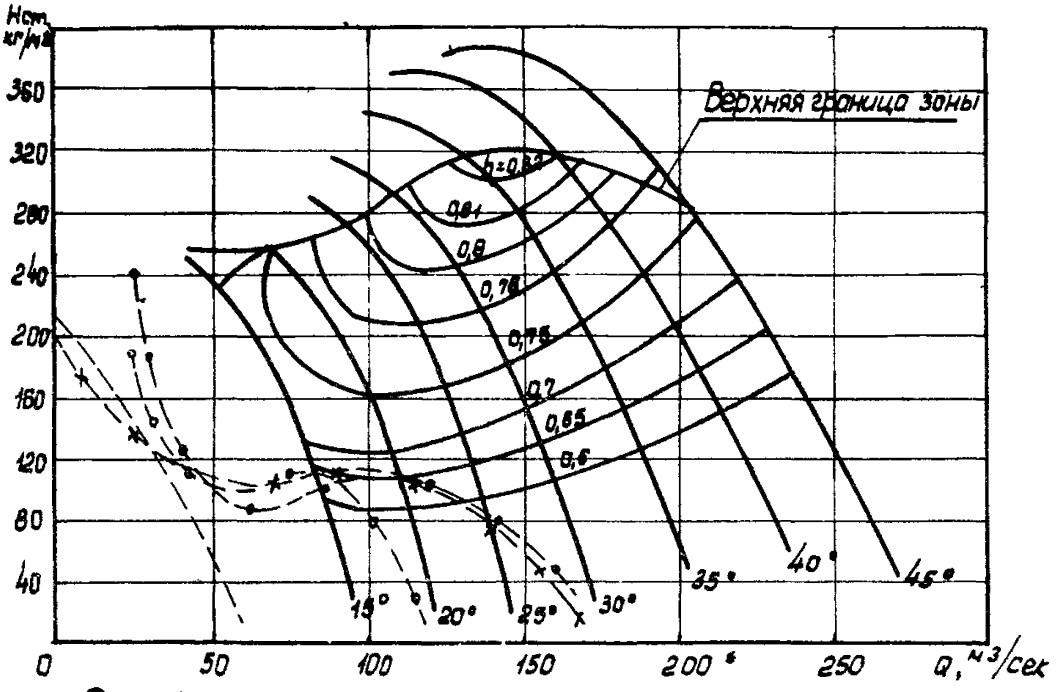


Рис. 21. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОД 30 при n = 500 об/мин.

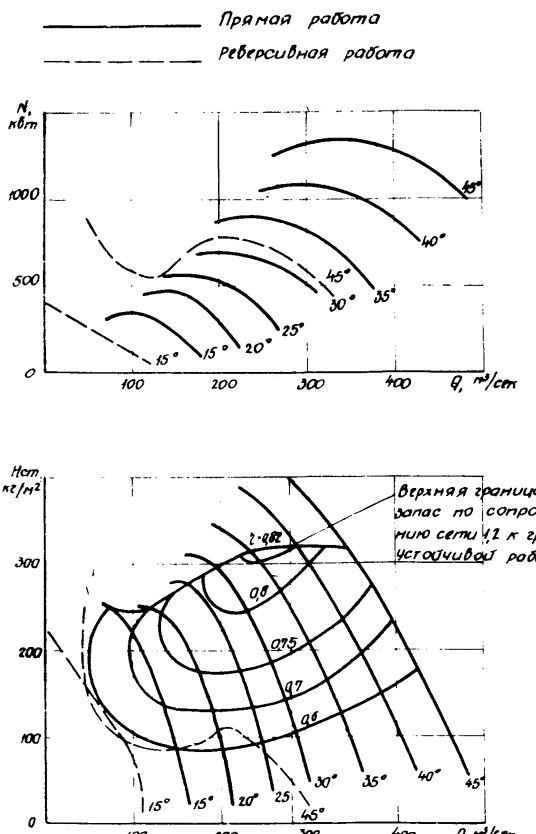


Рис 22. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОД 40 при n = 375 об/мин

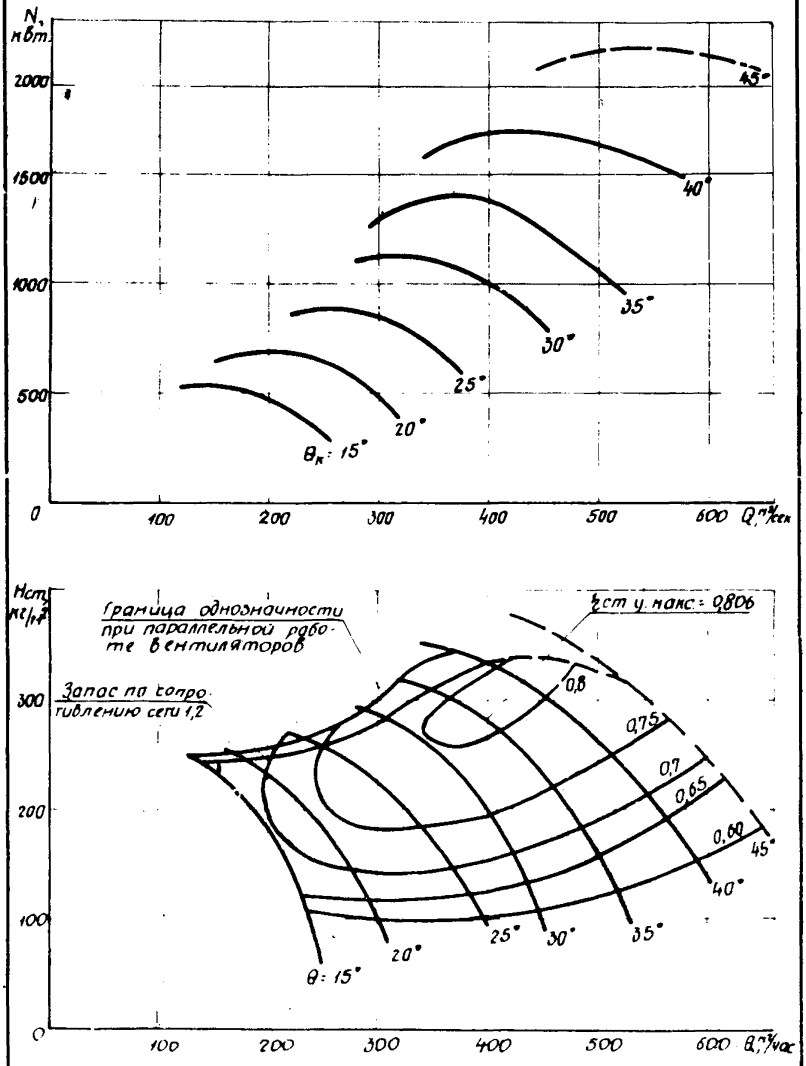


Рис. 23. Аэродинамические характеристики вентилятора ВОД 50 при n = 300 об/мин

Таблица 2

Технические характеристики центробежных вентиляторов главного проветривания

Технические показатели	Вентиляторы											
	Одностороннего всасывания								Двухстороннего всасывания			
	ВЦ L/1500	ВЦ 1,5/1000	ВЦ II	ВЦ I6	ВЦ 25	ВЦ 32		ВЦП I6	ВЦД I6	ВЦД 32	ВЦД 33	ВРЦД 4,5
Диаметр рабочего колеса, мм	I000	I500	II00	I600	2500	3200		I600	1600	3200	3300	4600
Скорость вращения, об/мин	I500	I000	I460	I000	750	500	600	975 I470	980	600	500	375 500
Производительность, $м^3$/сек												
минимальная	I,6	5,8	2	I2	28	45	50	6 I0	20	52	65	I00 I40
максимальная	I7,5	35,6	20	42	98	I45	I75	30 46	80	290	285	420 570
Давление, кг/$м^2$												
минимальное	I80	255	I20	II0	I50	I30	I80	II5 200	I40	70	250	I50 270
максимальное	440	434	380	335	470	360	5I0	400 920	390	530	490	480 820
Потребляемая мощность, квт												
минимальная	25	43			2I0					750	500	I600
максимальная	I00	I84	53	I00	360	720			250	I025	I500	4000
К.п.д. (максимальный)	0,76	0,76	0,85	0,85	0,86	0,86		0,865	0,86	0,84		
Вес, кг	I720	4642	2350	354I	9000	I5543		7730 x)	I0500	20973	30627	I06000
Габариты, мм:												
длина	2940	4I45	3470	3500	4900	5680		4525	8630	I0700	8000	I2550
высота	2426	8590	2370	3390	4406	4862		2940	6860	3000	8350	4900
ширина	2930	4975	4230	3I00	5230	5I90		3830	7070	5440	8500	2530

x) - С электродвигателями

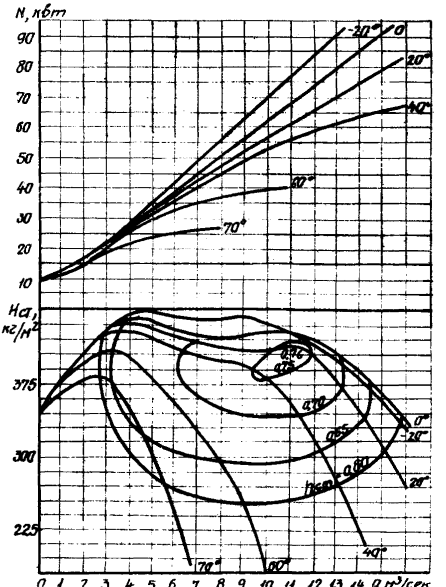


Рис 24А Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ01 при n = 1500 об/мин

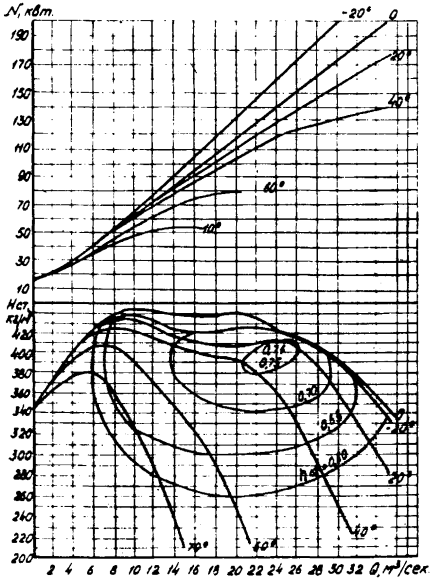


Рис 25. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ01,5 при n = 1000 об/мин

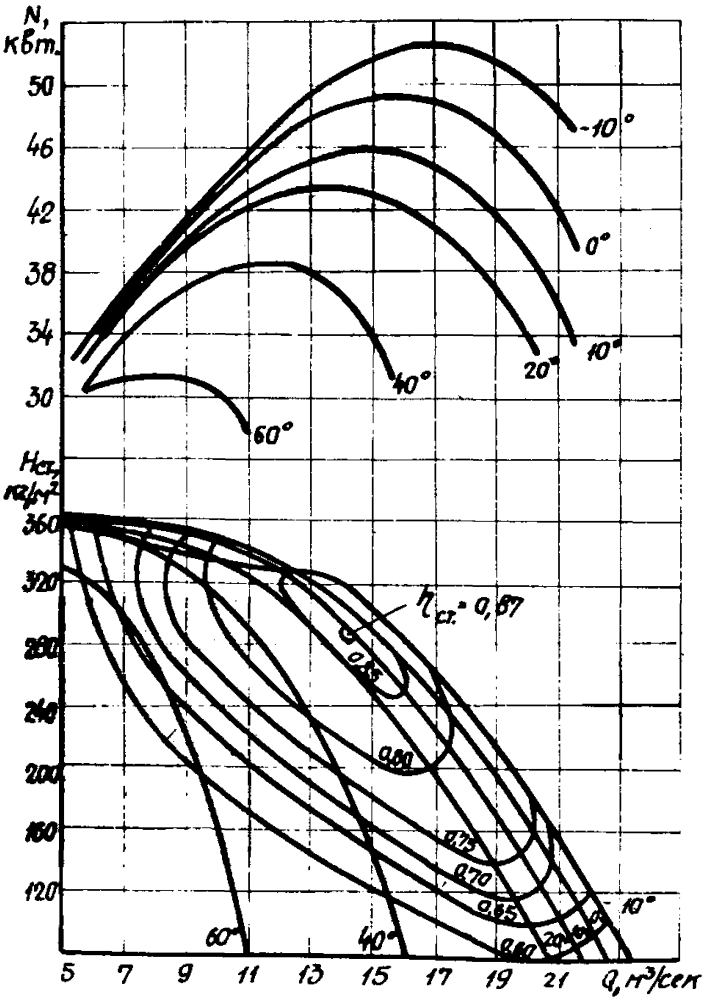


Рис. 26. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ11 при n = 1460 об/мин.

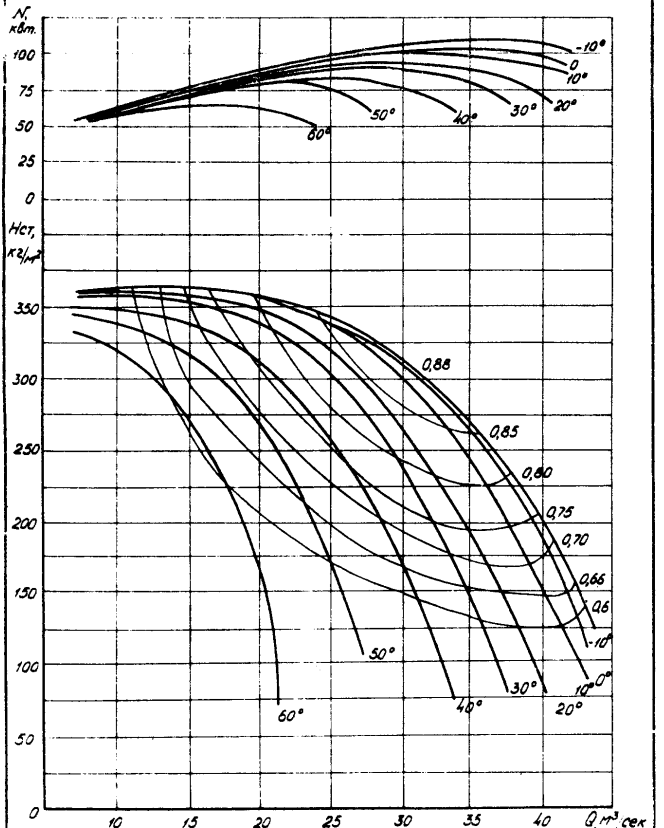


Рис 27. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ16 при n = 1000 об/мин

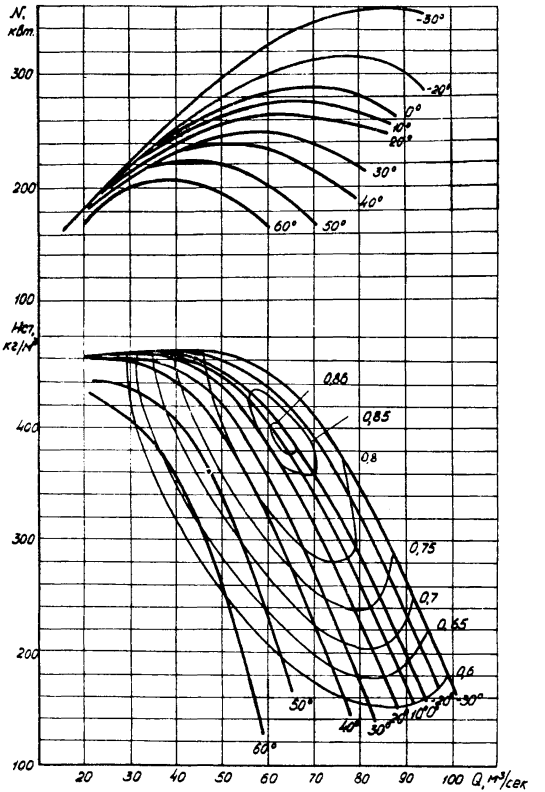


Рис. 28. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ 25 n = 750 об/мин

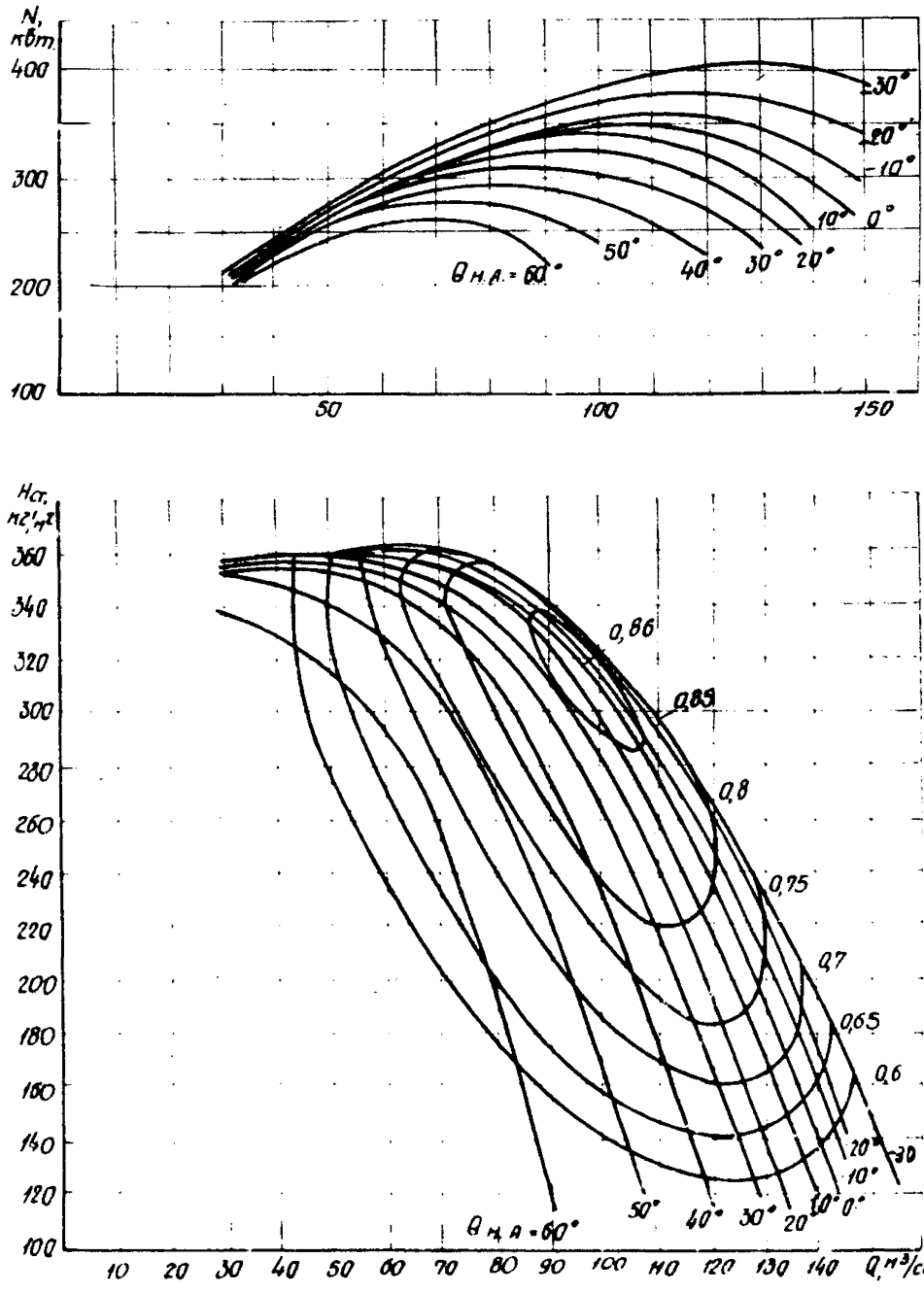


Рис 29 Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ 32 при n = 500 об/мин

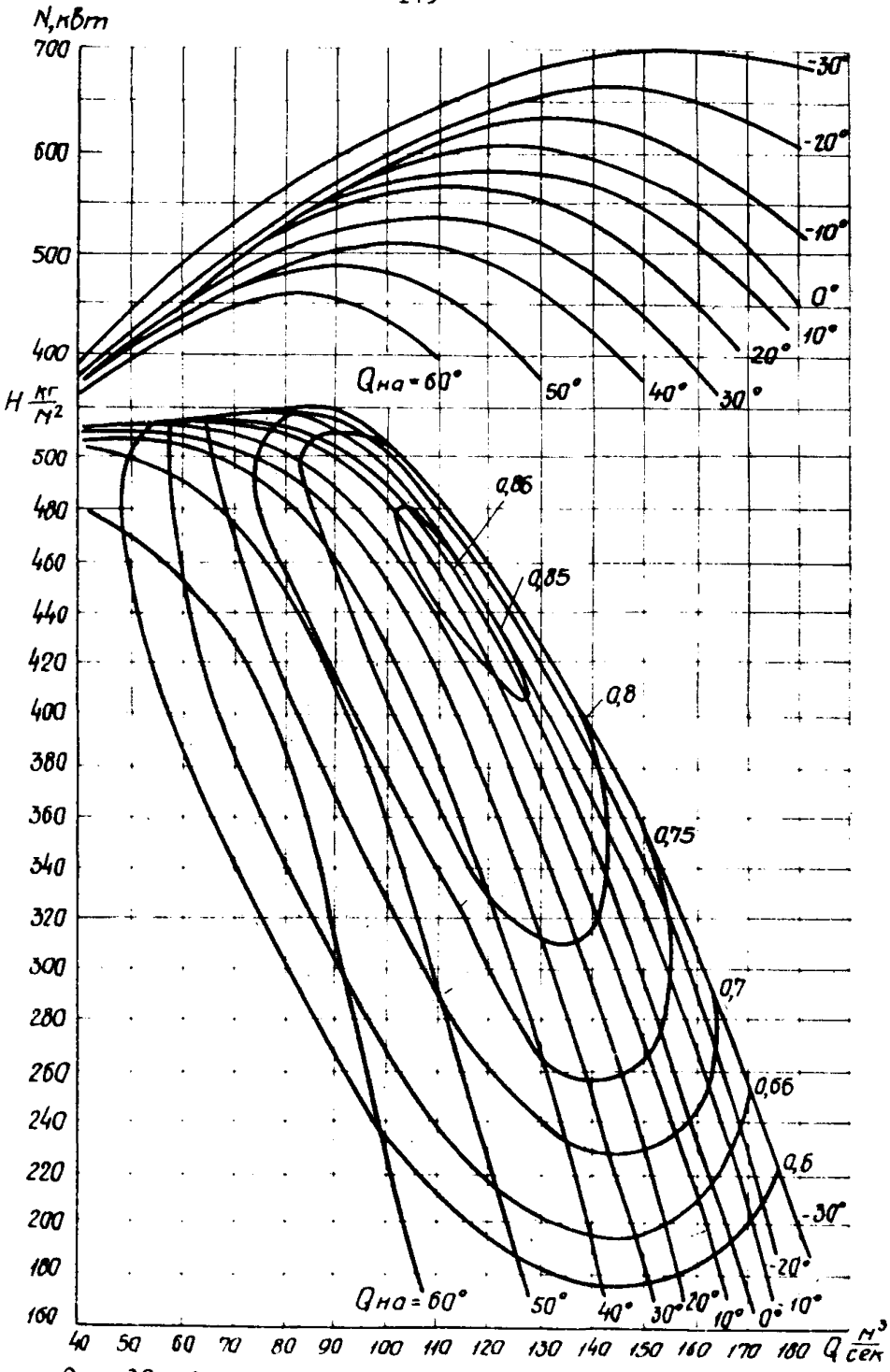


Рис 30 Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ 32 при n = 600 об/мин

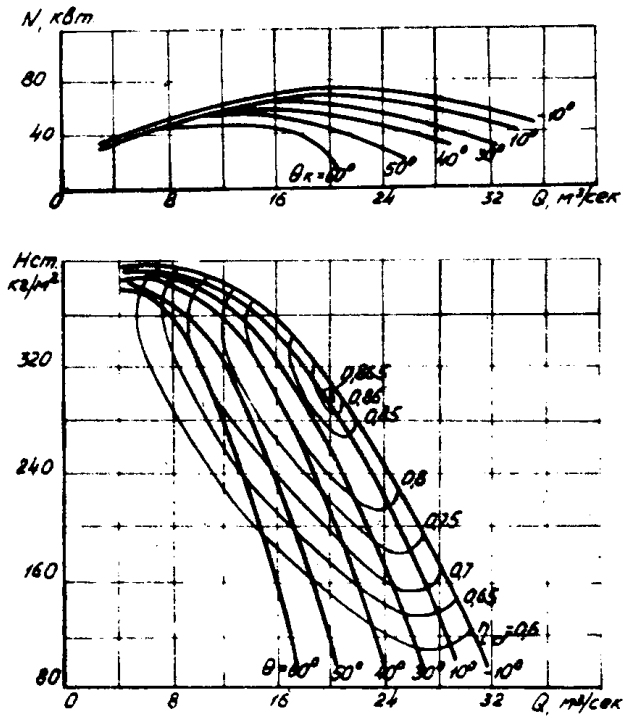


Рис 31. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦП16 при n = 975 об/мин

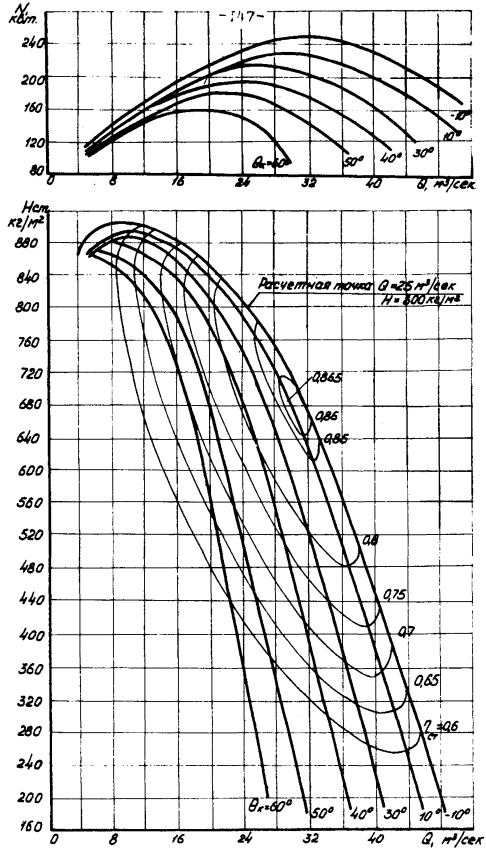


Рис. 32. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦП 16 при n = 1470 об/мин

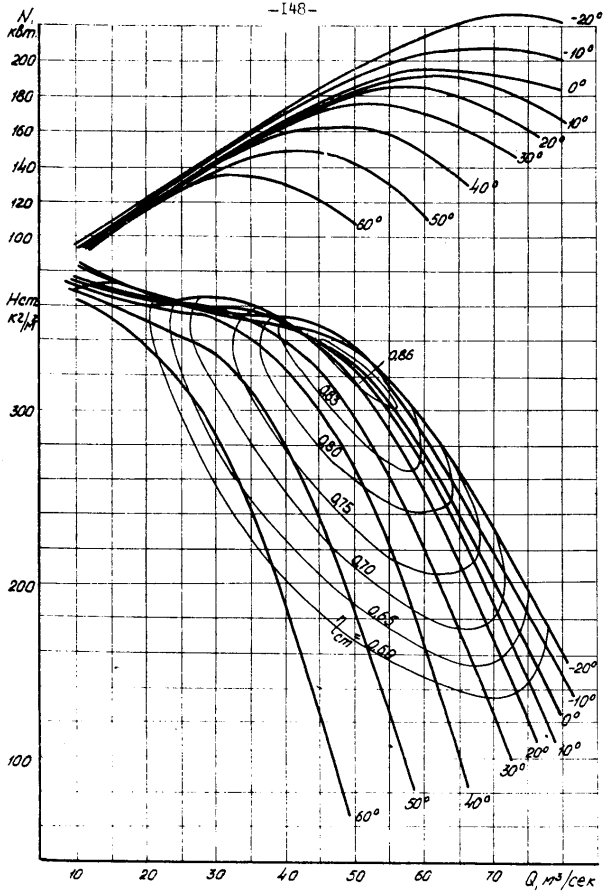
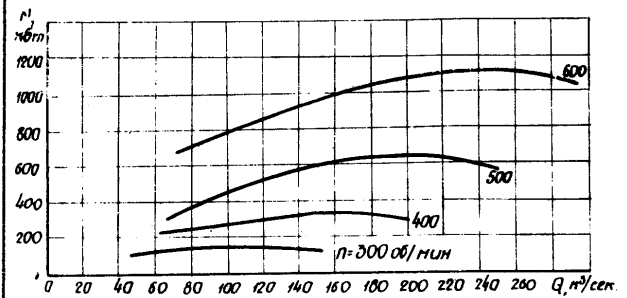


Рис. 33. Аэродинамические характеристики вентилятора ВИД16 при n = 980 об/мин.



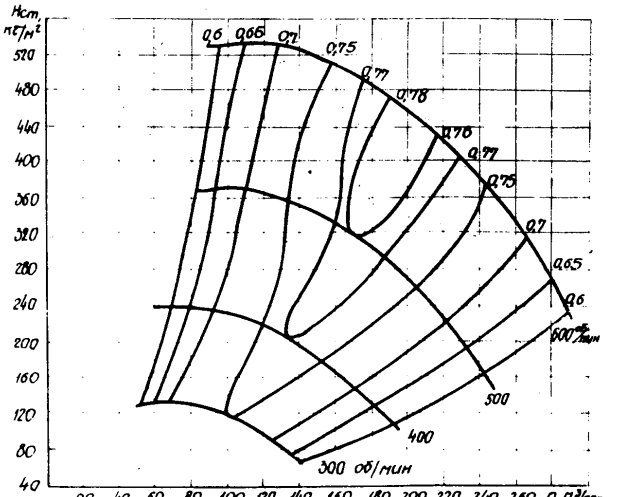


Рис.34 Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦД 32 при n=300-600 об/мин

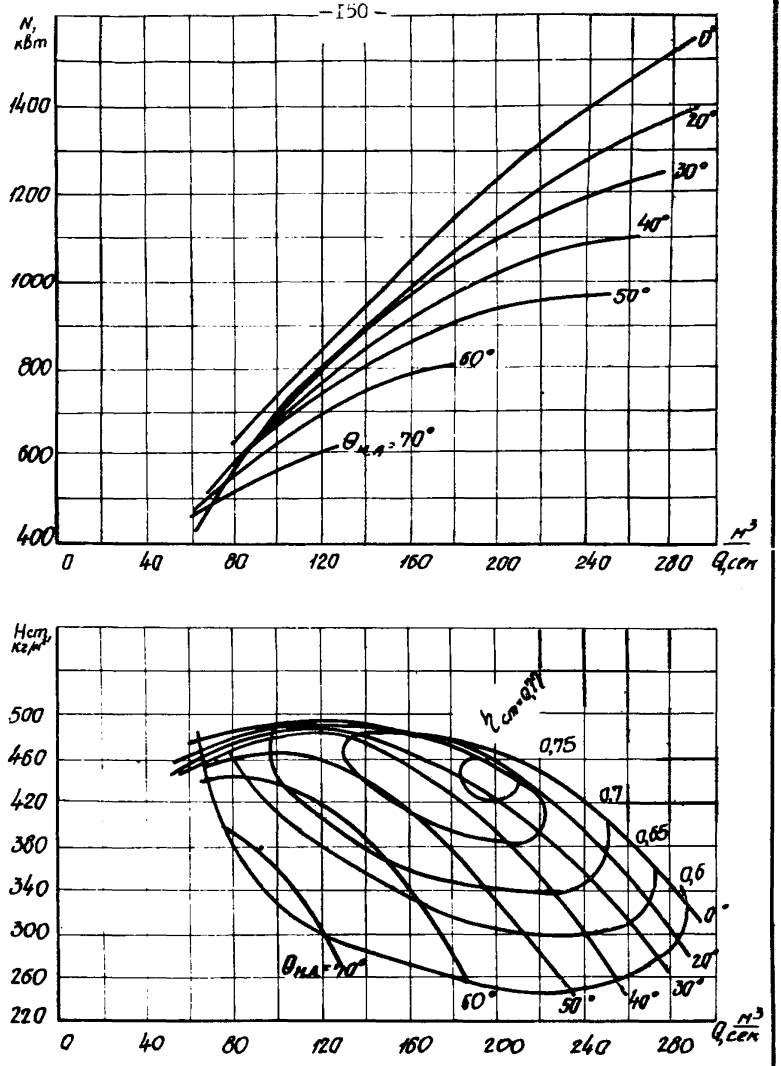


Рис 35. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦД 33 при n = 500 об/мин.

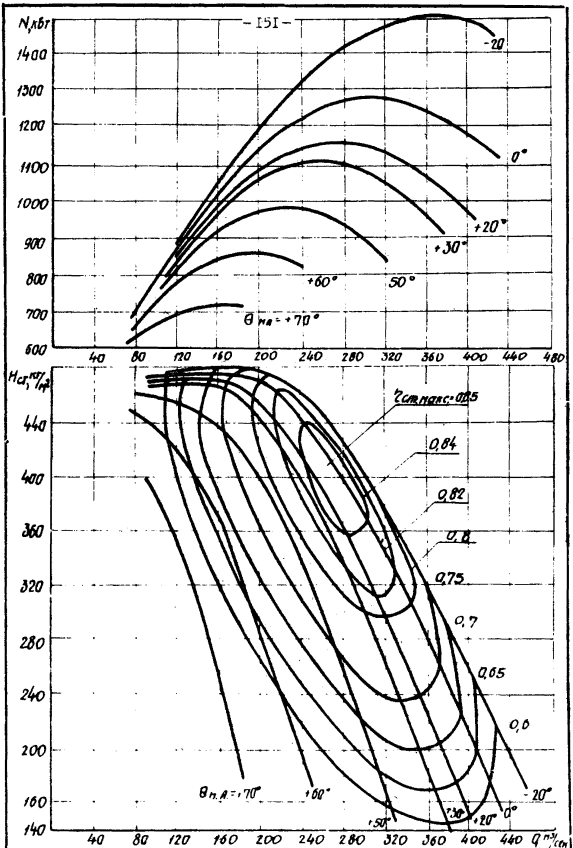


Рис 36. Аэродинамические характеристики вентилятора ВРЦД 4,5 при n = 375 об/мин

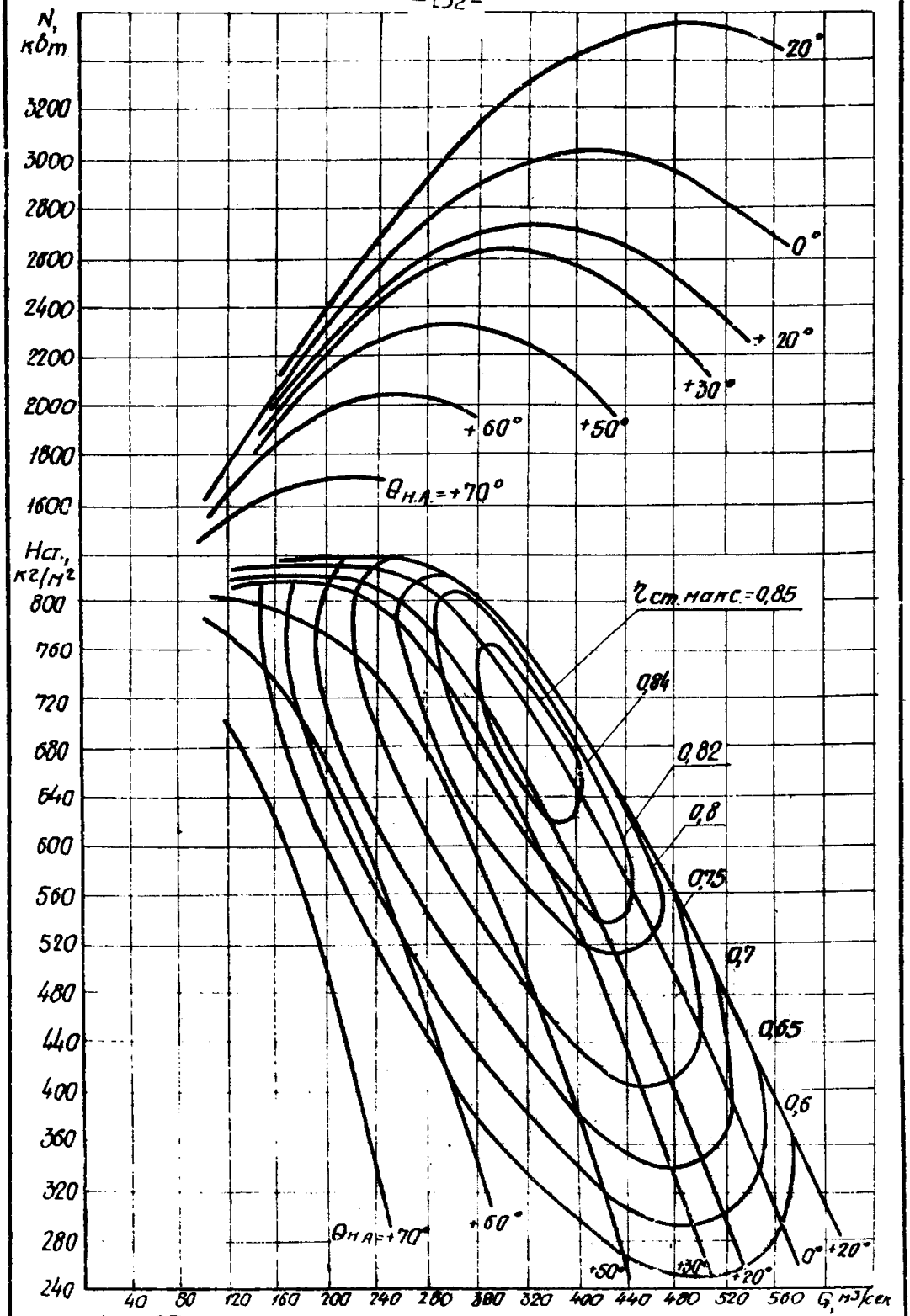


Рис. 37 Аэродинамические характеристики вентилятора ВРЦД 4,5 при n=500 об/мин

Таблица 3

Технические характеристики вентиляторов местного проветривания

Технические показатели	Вентиляторы														
	Осевые с электроприводом				Осевые пневматические				Осевые с электроприводом (нового типа)					Центробежные	
	"Проходка" 500-2М	СВМ-4М	СВМ-5М	СВМ-6М	ВМП-4	ВМП-5	ВМП-6 x)	ВКМ-200	ВМ-3 x)	ВМ-4 x)	ВМ-5 xx)	ВМ-6 x)	ВМ-8 x)	ВЦПД-8	ВЦО-0,6
Диаметр рабочего колеса, мм	5I0	400	5I0	600	400	500	600	200	300	400	500	600	800	800	600
Скорость вращения, об/мин	2950	2900	2950	2950	3250÷5300	2550÷4200	до 3800	4500÷9500	2950	2950	2950	2950	2950	2980	2970
Производительность, $м^3$/мин															
минимальная	I45	65	II0	I90	40	80	I80	20	20	60	90	I60	2I0	240	50
максимальная	225	I30	230	420	I50	280	420	30	90	I50	270	470	650	I380	462
Давление, $кг/м^2$															
минимальное	50	40	70	I20	60	60	I50	I20	20	30	45	I20	I50	250	-
максимальное	240	85	I68	245	250	260	330	I70	83	I35	2I2	275	360	900	600
К.п.д. вентилятора (макс.)	0,70	0,70	0,70	0,70	-	-			0,65	0,70	0,7I	0,72	0,73	0,86	0,76
Мощность электродвигателя, квт	9,5	2,2	6,5	I4	-	-			I,5	4	I3	24	38	I25	50
Давление сжатого воздуха, $кг/см^2$	-	-	-		5	5	4	3÷4	-	-	-	-	-	-	-
Расход сжатого воздуха вентилятором в $м^3$/мин при давлении Р до 5 ати				при Р=3,5ати I,7÷2,8	3,0÷6,2	3,5÷7,3	при Р=4 ати до I6,75								
Вес, кг	265	I08	I75	265	50	75		I4			250			I098	608
Габариты, мм:															
длина	873	538	6I0	630	556	680		285	526	665	965	I048	I5I4	43I0	I650
ширина	640	520	625	700	500	660		Ø300	422	496	660	720	960	3785	I450
высота	690	585	690	770	300	380			425	525	670	746	950	I760	I500

x) Серийно еще не выпускается

xx) Налажен серийный выпуск

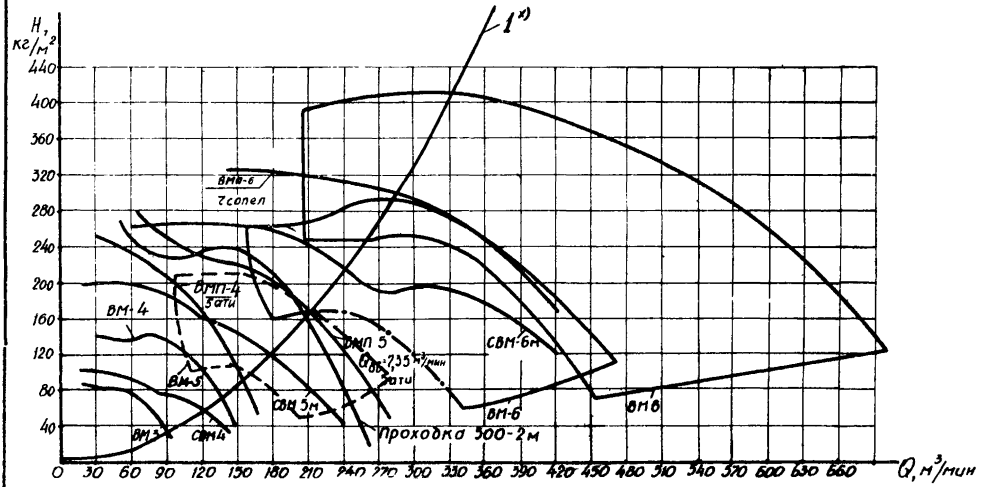


Рис 38 Аэродинамические характеристики вентиляторов местного проветривания

x) см пример на стр. 175

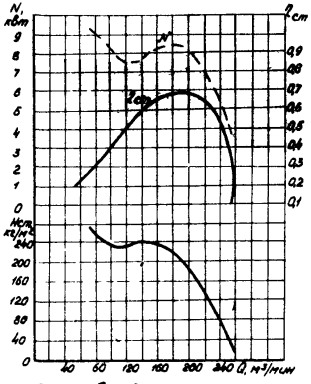


Рис 38 Аэродинамические характеристики вентилятора „Проходка"- 500-2м

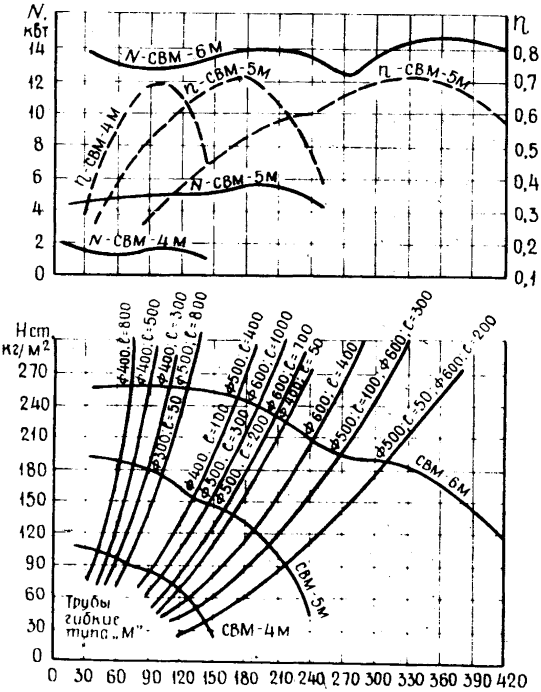


Рис 40 Аэродинамические характеристики вентиляторов типа СВМ

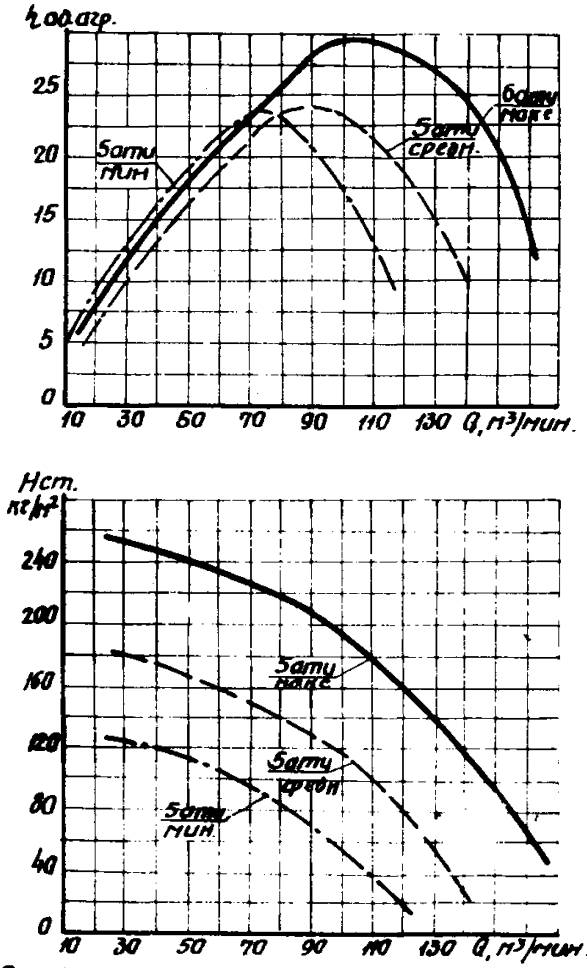


Рис. 41. Аэродинамические характеристики вентилятора ВМП-4.

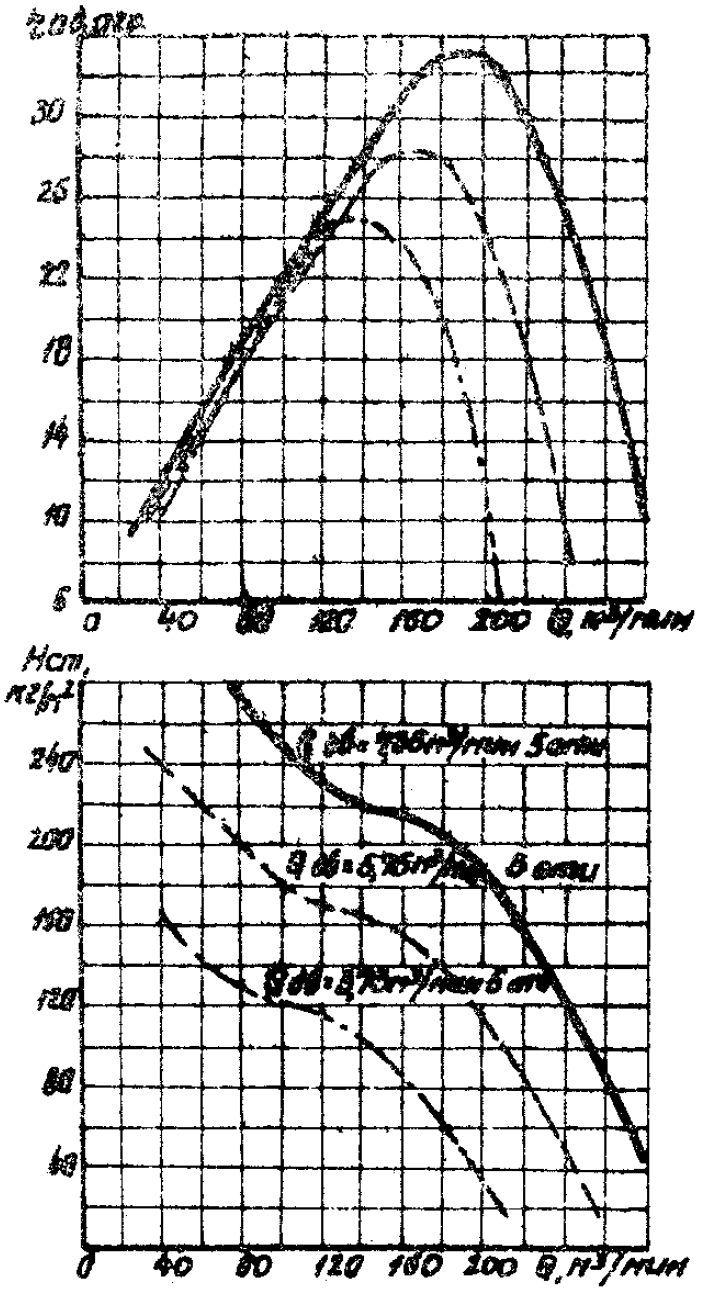


Рис. 42. Аэродинамические характеристики вентилятора ВМП-5

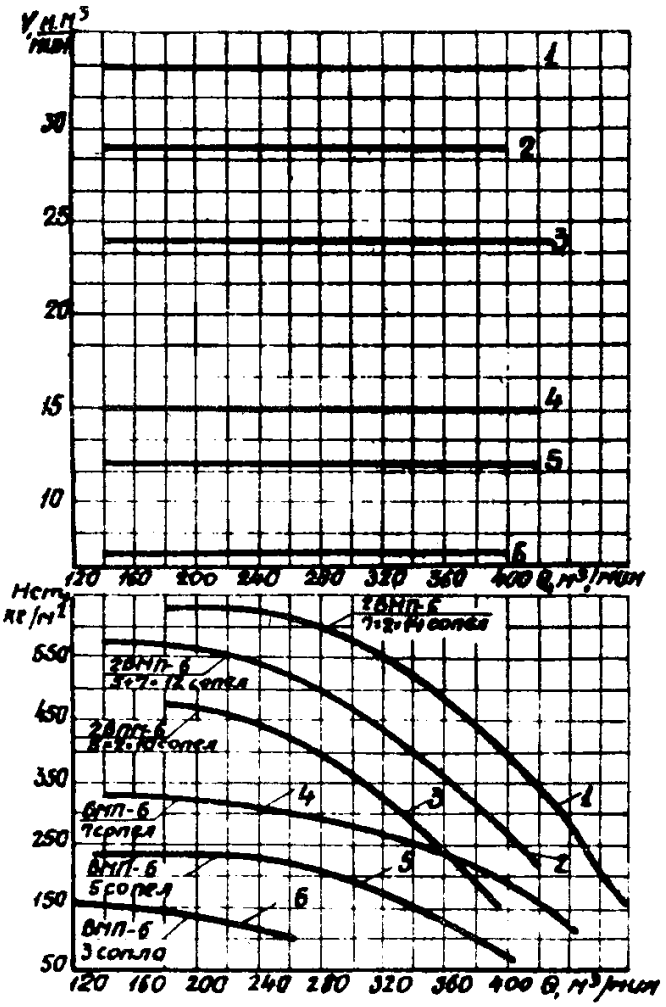


Рис.43. Аэродинамические характеристики вентилятора ВИП-6.

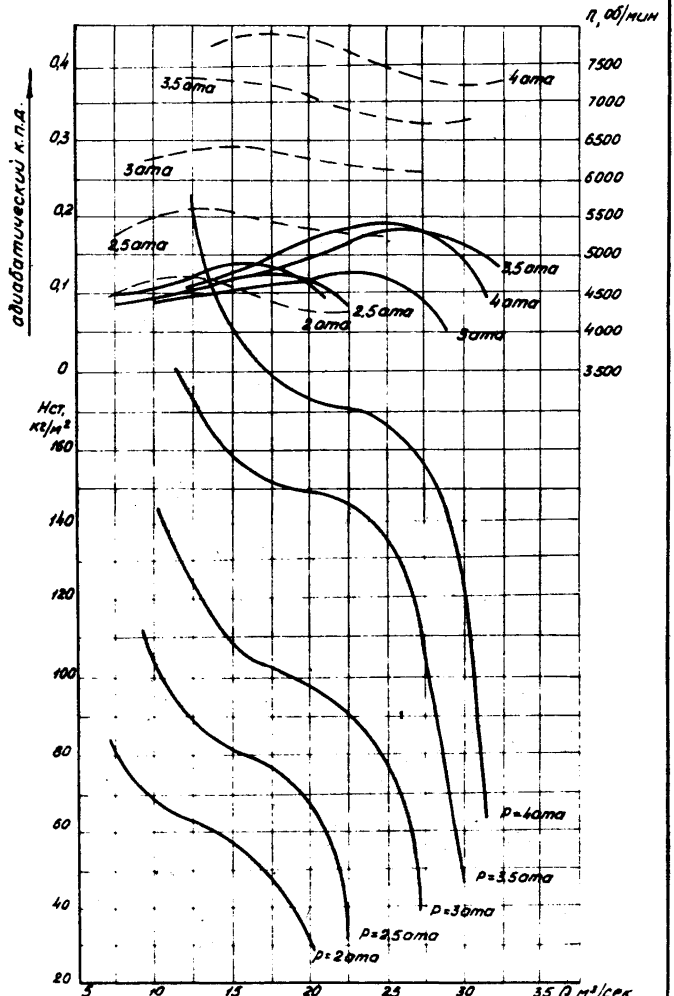


Рис. 44 Аэродинамические характеристики вентилятора ВКМ-200 „Малыш"

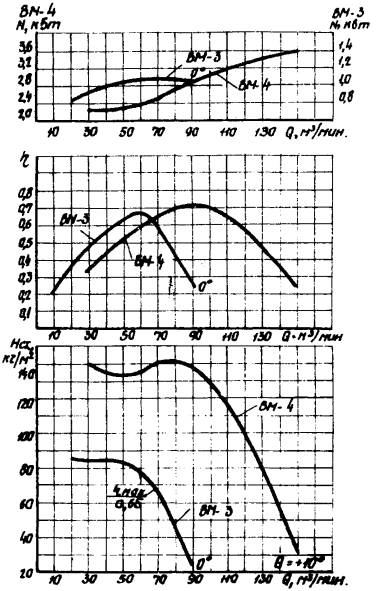


Рис 45 Аэродинамические характеристики вентиляторов ВМ-3 и ВМ-4

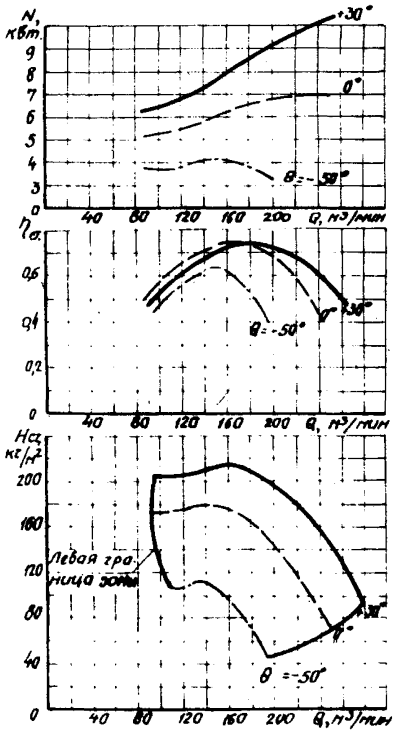


Рис 46. Аэродинамические характеристики вентилятора ВМ-5

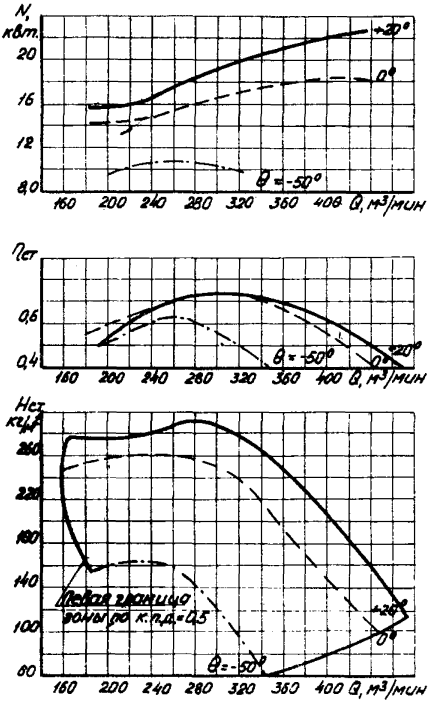


Рис. 47. Аэродинамические характеристики вентилятора ВМ-6

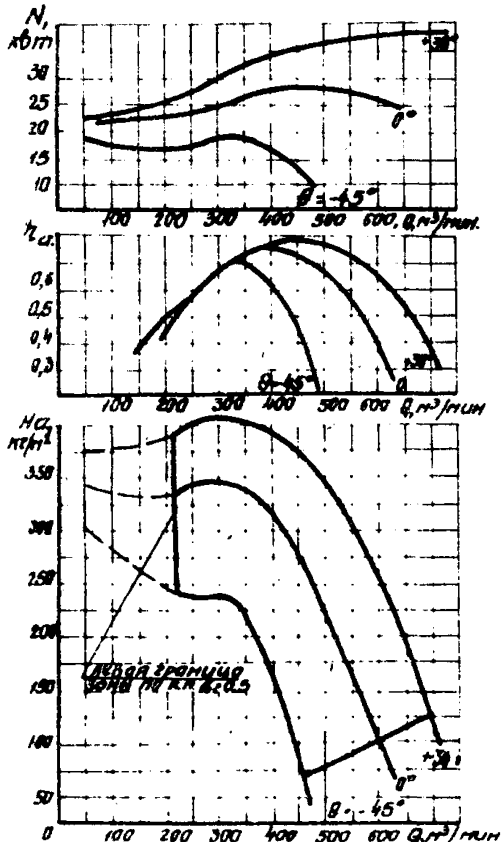


Рис 48. Аэродинамические характеристики вентилятора ВМ-8

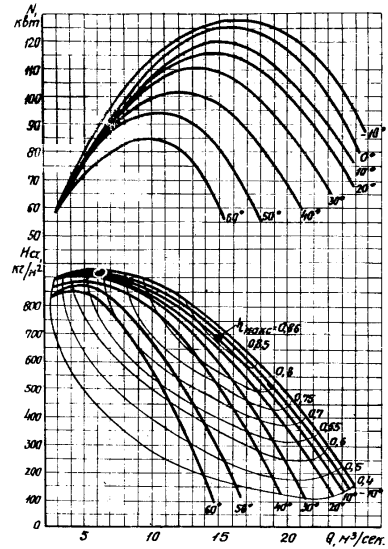


Рис. 49. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦП-8 при n = 2980 об/мин.

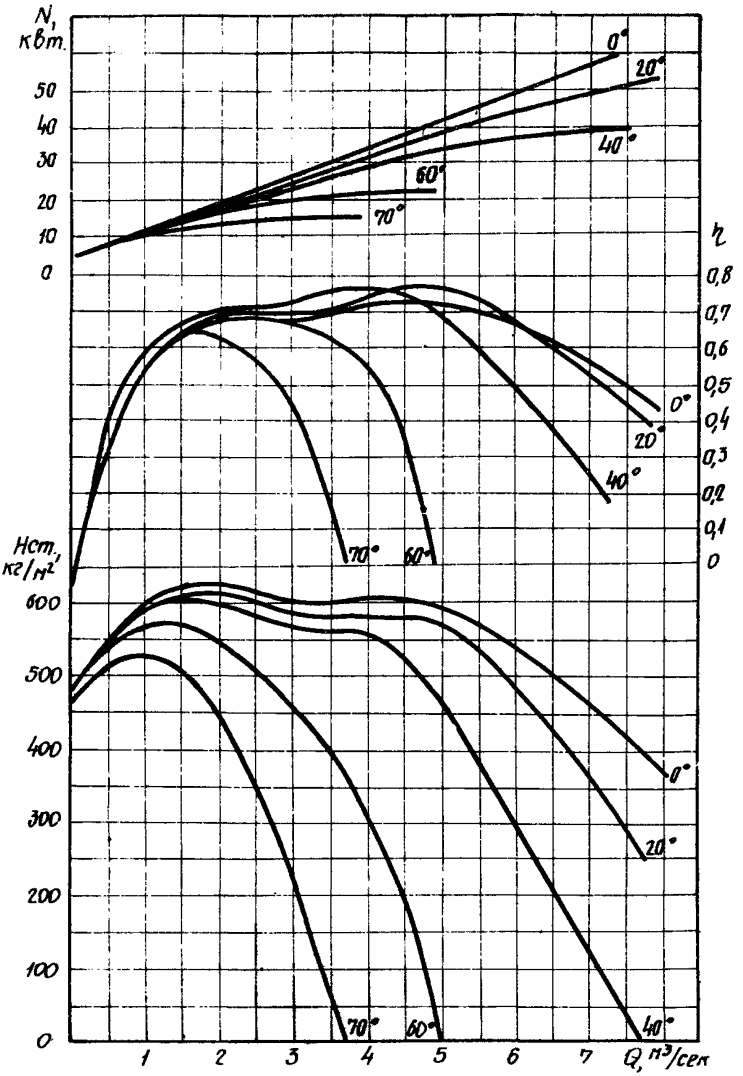


Рис.50. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ0-0,6, n=2970 об/мин.

Приложение 11

Ключ τ—t—κ L—P_y—t

По τ и К находят t, по L и найденному значению t находят P_y

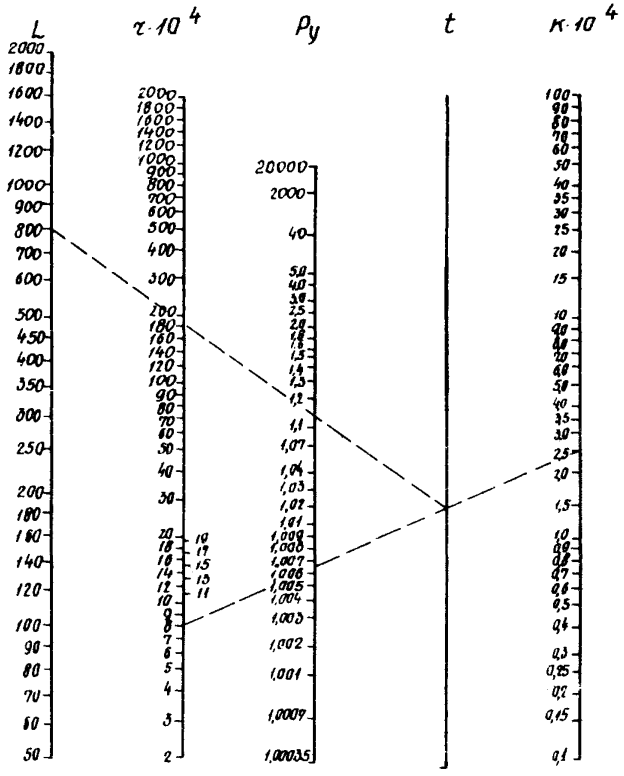


Рис 1. Номограмма для определения коэффициента утечек воздуха P_y

Пример: Дано τ = 8·10⁻⁴, κ 2,5·10⁻⁴, L = 800 м

Находим P_y = 1,13

Приложение I2

Обязательный комплект контрольно-измерительной аппаратуры

Наименование контрольно-измерительных приборов и аппаратуры	Нормы обязательного количества	Назначение
I	2	3
I. Приборы для контроля работы вентиляторных установок и проветривания шахт		
Расходомеры самопишущие	По одному прибору на каждый агрегат главных вентиляторных установок шахт 3 категории и сверхкатегорных по газу	Для замера количества воздуха, подаваемого в шахту
Депрессиометры самопишущие	По одному прибору на каждый агрегат главных вентиляторных установок газовых шахт	Для замера депрессии, создаваемой вентилятором
Депрессиометры обыкновенные	По одному прибору на каждый агрегат главных вентиляторных установок	Для замера депрессии, создаваемой вентилятором
Барографы	Не менее двух приборов на каждую шахту	Для измерения атмосферного давления
Психрометры аспирационные	Не менее трех приборов на каждую шахту	Для измерения температуры воздуха и его влажности
Приборы замера скоростей воздушного потока	Не менее шести приборов на шахту	Для измерения скоростей воздуха в горных выработках
Термометры	Не менее трех термометров на каждую шахту	Для измерения температуры воздуха
Тахометры электрические дистанционные со вторичным прибором	По одному прибору на каждую вентиляторную установку	Для определения числа оборотов вентилятора

Продолжение приложения 12

1	2	3
Микроманометры комплектно с резиновыми трубками длиной 150м; внутренним диаметром 3-4 мм и толщиной стенки не менее 2 мм	Не менее двух комплектов на каждую шахту	Для замера перепада давления
Аппаратура контроля количества воздуха	По одному комплекту на каждый вентилятор местного проветривания	Для контроля количества воздуха, поступающего в подготовительные забои, выключения электроэнергии
Секундомеры	По одному секундомеру на каждые 5 км горных выработок, но не менее 5 шт. на шахту	
Рулетки	Не менее трех штук на каждую шахту	
II. Приборы для контроля качественного состава рудничного воздуха		
Приборы периодического действия по контролю за составом рудничного воздуха	Необходимое количество приборов устанавливается администрацией шахты	Для измерения содержания метана, кислорода, углекислого газа
Стационарная аппаратура автоматического контроля содержания метана	По одному комплекту на каждый забой газовых шахт	Для непрерывного контроля за содержанием метана в тупиковых выработках
Устройство предупредительной сигнализации на комбайнах	Один комплект на проходческий комбайн	Подача предупредительного сигнала перед включением электродвигателя комбайна
Переносные, непрерывно действующие газоопределители для замера метана	По три прибора на каждый действующий подготовительный забой на газовых шахтах и 25% резерва	Для непрерывного контроля за содержанием метана в действующих забоях

Продолжение приложения 12

1	2	3
Пылемер	Три прибора на каждую шахту	Для контроля запыленности рудничного воздуха
Приборы контроля за пылеотложением в горных выработках	Не менее двух приборов на шахту	Для определения отложения угольной пыли в горных выработках
Химические газоопределители	Не менее 4 приборов на каждую шахту, разрабатывающую самовозгорающиеся пласты с комплектом индикаторных трубок не менее 200 шт.	Для определения содержания окиси углерода

Приложение 13

Пример 1. Расчёт абсолютной метанообильности подготовительной выработки

Длина выработки по пласту K_3 L =600 м. Метанообильность пласта на данном горизонте X =18 м³/т. Выход летучих веществ V^r =20%. Остаточная метаноносность X_1 =3 м³/т. Объемный вес угля 1,3 т/м³.

Выработка проходится со средней скоростью 300м/месяц. Ширина выработки 4 м. По условиям k_1=2; Z =1; m_n=1 м. Средняя скорость проходки составит

$$v_к = \frac{300}{30.24.60} = 0{,}007 \text{ м/мин.}$$

Начальная интенсивность выделения метана с единицы площади обнажения определяется по формуле (2)

$$Q_0 = 0{,}026.18(0{,}0004.20^2 + 0{,}16) = 0{,}15 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ мин.}$$

Метановыделение с обнаженных поверхностей угля определяется по формуле (1)

$$J_1 = 2.1.1.0{,}007.0{,}15\left(2\sqrt{\frac{600}{0{,}007}} - 1\right) = 1{,}23 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Метановыделение из отбитого угля определяется по формуле (3)

$$J_2 = 4.0{,}007.1{,}3.1\ (18-3) = 0{,}54 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Тогда общая метанообильность проходимой выработки составит:

$$J_п = J_1 + J_2 = 1{,}23 + 0{,}54 = 1{,}77 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Пример 2. Расчет необходимого количества воздуха для проветривания подготовительной выработки по тепловому фактору

Исходные данные. Полевой штрек: L =300 м; S =8м^2; U =10 м; H=850 м; V =0,6 м/сек.

Скорость проведения штрека - 60 м/мес.

Общая мощность приводов механизмов N =22 квт, скорость воды в канавке W =0,3 м/сек;.

Количество рабочих - 6 чел. в смену; штрек проходится по глинистым сланцам.

Количество воздуха по тепловому фактору определяется по формуле (13)

$$Q_{теп} = \frac{40880}{0,24.8.1,2.60} = 284 \text{ м}^3/\text{мин или } 4,9 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Общее тепловыделение определяется по формуле (14)

$$Q_{общ} = 25500+5980+9400=40880 \text{ ккал/ч}.$$

Тепловыделение от охлаждения горных пород определяется по формуле (15)

$$Q_{охл} = 1.10.300\ (33,5-25) = 25500 \text{ ккал/ч}.$$

Коэффициент нестационарного теплообмена определяется по формуле (16)

$$K_\tau = \frac{1,52\ (1+0,27\sqrt[4]{\frac{0,00293.1004}{1,6^2}})}{0,88\sqrt{0,00293.1004} + \frac{1,52}{3,5}} = 1 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{C}.$$

Расчётное время $\tau_{расч.}$ определяется по формуле (18)

$\tau_{расч.}$ =0,279.3600=1004 ч.

Приведенный радиус определяется по формуле (20)

$$R = 0,564\sqrt{8} = 1,6 \text{ м}.$$

Коэффициент теплоотдачи α_1 определяется по формуле (21)

$$\alpha_1 = 2\,\frac{2{,}2{\cdot}0{,}6^{0{,}8}\cdot 1{,}2^{0{,}8}\cdot 10^{0{,}2}}{8^{0{,}2}} = 3{,}5 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{С}.$$

Температура неохлажденных горных пород определяется по формуле (22)

$$t_п = 8{,}5 + \frac{850-25}{33} = 33{,}5^\circ\text{С}.$$

Тепловыделение от окисления определяется по формуле (24)

$$Q_{ок} = 3{\cdot}0{,}6^{0{,}8}\cdot 10\cdot 300 = 5980 \text{ ккал/ч}.$$

Тепловыделение от местных источников :

Влияние охлаждения добытого ископаемого учитывается по формуле (25)

$$Q_{охл} = (20 \cdot 2{,}5)\cdot 4 = 800 \text{ ккал/ч}.$$

Тепловыделение от работы машин и механизмов определяется по формуле (26)

$$\Delta Q_{эл.} = \frac{860{\cdot}22{\cdot}0{,}3}{0{,}85} = 6700 \text{ ккал/ч}.$$

Тепловыделение при охлаждении шахтной воды в закрытой канавке определяется по формуле (32)

$$\Delta Q_{воды} = 2{,}98{\cdot}90\ (26{,}5-25) = 400 \text{ ккал/ч}.$$

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле (33)

$$K_в = \frac{1}{\frac{1}{3{,}4} + \frac{0{,}05}{1{,}2} + \frac{1}{854}} = 2{,}98 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{С}.$$

Коэффициент теплоотдачи от воды к покрытию определяется по формуле (34)

$$\alpha_2 = 6{,}95\ \frac{(1000{\cdot}0{,}3)^{0{,}8}}{0{,}3^{0{,}2}} = 854 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{С}.$$

Тепловыделения от людей определяются по формуле (38)

ΔQ_p =250.6=1500 ккал/ч

Таким образом, тепловыделения от местных источников составят:

$Q_м$ =800+6700+400+1500=9400 ккал/ч.

Пример 3. Расчет проветривания глухой подготовительной выработки

Для расчета принимается выработка длиной L =600 м, сечением S=8,8 м^2, проходимая на глубине 600 м.

Шахта газовая, максимальное количество газа, выделяющегося в забой подготовительной выработки равно I,40 м^3/мин. Количество одновременно взрываемых ВВ в забое выработки - 40 кг. Выработка проходится по породе. Выработка сухая. На проходке одновременно занято 6 человек. Предусматриваются мероприятия по пылеподавлению.

Р а с ч ё т

Так как шахта газовая и имеет значительную длину, проветривание выработки принимается по схеме № I (рис. I0,I). При этом ориентируемся на гибкие трубы диаметром d =0,6 м.

I. Количество воздуха, которое необходимо подать в забой выработки по фактору газовыделения, определяется по формуле (6)

$$Q_з = \frac{100.1,40}{1-0} = 140 \text{ м}^3/\text{мин} \quad \text{или } 2,34 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

2. Количество воздуха по расходу ВВ определяется по формуле (9)

$$Q_з = 2,25.\frac{8,8}{30}\sqrt[3]{\frac{0,8.40.40}{8,8.1,35^2}}.600^2 = 202 \text{ м}^3/\text{мин}$$

или 3,36 м^3/сек.

3. Количество воздуха по наибольшему числу работающих людей определяется по формуле (II)

$$Q_з = 6.6 = 36 \text{ м}^3/\text{мин} \text{ или } 0,6 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Принятое количество воздуха (по фактору расхода ВВ) проверяем по минимальной скорости его движения, формула (I2)

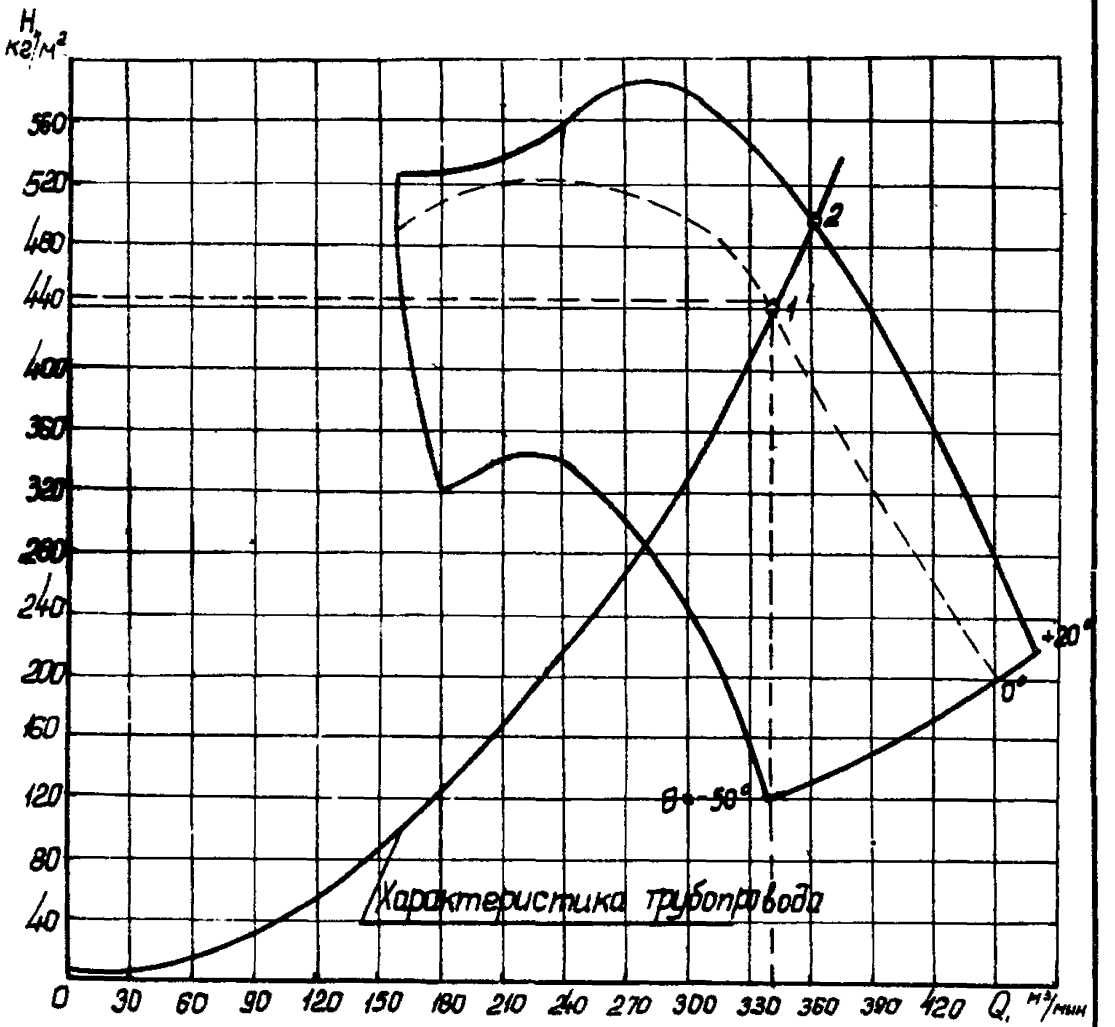


Рис. 1. Определение режима работы двух последовательно соединенных вентиляторов типа ВМ-6 на заданный трубопровод

$202 > 60.0,15.8,8 = 79$ м^3/мин,

т.е. требование ПБ выполняется.

4. Расчётная производительность вентилятора определяется по формуле (81)

$$Q_в = 1,35.202 = 273 \text{ м}^3/\text{мин или } 4,55 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

5. Депрессия трубопровода определяется по формуле (84)

$$h = 18.(1,35.3,36)^2 = 369 \text{ кг/м}^2.$$

6. Расчётная депрессия (напор) вентилятора определяется по формуле (82)

$$h = 1,2 \cdot 369 = 442 \text{ кг/м}^2;$$

7. По уравнению (55) строим характеристику трубопровода на сводном графике (приложение 10, рис. 38) аэродинамических характеристик вентиляторов местного проветривания. Кривая I на этом графике показывает, что для проветривания данной выработки трубопроводом $d = 0,6$ м требуется не менее 2-х вентиляторов, соединенных на последовательную работу. Наиболее подходящими для этих целей являются регулируемые вентиляторы типа ВМ-6. Построив характеристику трубопровода на графике аэродинамических характеристик 2-х последовательно соединенных вентиляторов типа ВМ-6, получим точку I' (см. рис. I). Эта точка характеризует режим совместной работы вентиляторов на трубопровод. Суммарная депрессия вентиляторов при этом будет равна 444 кг/м^2, а суммарная производительность равна 339 м^3/мин, т.е. вентиляторы нужно регулировать по производительности (или применить трубопровод $d = 0,5$м).

Пример 4. Определение количества вентиляторов и места их установки при проветривании тупиковой выработки с помощью вентиляторов местного проветривания, установленных вразбежку

Для расчета принимается выработка длиной L =1500 м. Проветривание выработки осуществляется при помощи вентиляторов частичного проветривания, установленных вразбежку (шахта не опасна по газу или пыли). Диаметр труб d =0,6 м, длина звена ℓ = 3 м; трубы металлические. В забой выработки требуется подать воздуха $Q_з$=3 м^3/сек (подсчитывается по формулам раздела УI).

I. Определение коэффициента утечек производим по формуле (78), предварительно определив значения γ и К:

Удельное сопротивление для трубопровода составит :

$$\gamma = 6{,}5\,\frac{\alpha}{d^5} = 6{,}5\,\frac{0{,}00035}{0{,}6^5} = 0{,}029 \text{ кмм};$$

Удельное сопротивление для выработки составит:

$$\gamma = \alpha\,\frac{P}{S^3} = \frac{0{,}0011\cdot 7.10}{9^3} = 0{,}000015$$

Удельным сопротивлением выработки в этом случае, ввиду малого его значения, пренебрегаем.

$$K = \frac{K_y\,d}{\ell}\ \text{(формула 78)};\quad K = \frac{0{,}0005\cdot 0{,}6}{3} = 0{,}0001;$$

и убедившись, что значение

$$\sqrt[3]{\frac{2K^2}{\ell}}\,L = \sqrt[3]{\frac{0{,}029\cdot 0{,}0001^2}{2}}\cdot 1500 = 0{,}79 < 1{,}16$$

$$P_y = 1 + \frac{1500}{3}\sqrt[3]{\frac{0{,}029\cdot 0{,}0001^2}{2}} + \frac{5}{6}\cdot 1500^2\sqrt[3]{\left(\frac{0{,}029\cdot 0{,}0001^2}{2}\right)^2} =$$

$$= 1{,}8$$

значение коэффициента P_y можно определять также по номограмме (приложение II).

2. Депрессия трубопровода определяется по формуле (53)

$$h = \left(\frac{0,029}{2.0,0001}\right)^{2/3}\left[(1,8.3)^3-3^3\right]^{2/3} = 710 \text{ кг/м}^2.$$

3. Среднее количество воздуха, которое должно проходить по трубопроводу, равняется :

$$Q_{ср} = \frac{Q_{нач}+Q_з}{2} = \frac{P_у Q_з + Q_з}{2} = \frac{1,8.3+3}{2} = 4,2 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

4. Отбор вентиляторов, которые могут подать по трубопроводу среднее количество воздуха, производим по графикам аэродинамических характеристик вентиляторов (приложение 10, рис. 38) откуда имеем:

для вентилятора СВМ-6м - $Q_{ср}=4,2$; $h_в = 200 \text{кг/м}^2$;

" " ВМ-5 - $Q_{ср}=4,2$; $h_в = 140 \text{кг/м}^2$;

" " ВМ-6 - $Q_{ср}=4,2$; $h_в = 260 \text{кг/м}^2$;

т.е. при одинаковой производительности вентиляторов имеем разные напоры.

5. Определение числа последовательных вентиляторов производится из соотношения :

$$n = h_0 : h_в$$

где h_0 - общая депрессия трубопровода;

$h_в$ - напор вентилятора при подаче им среднего количества воздуха.

Таким образом, для проветривания всей выработки требуется вентиляторов :

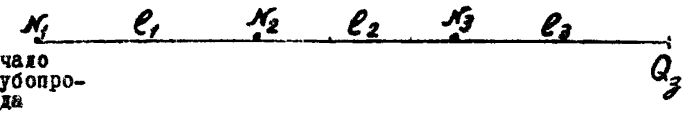
типа СВМ-6м - $n = 710:200 = 4$

" ВМ-5 - $n = 710:140 = 5$

" ВМ-6 - $n = 710:260 = 3$

Принимаем для проветривания 3 вентилятора типа ВМ-6.

6. Для определения места установки вентиляторов обозначим порядковыми номерами и покажем расположение их на схеме:



Исходя из необходимости преодолеть равные сопротивления трубопровода, примем, что вентиляторы расположены на равном расстоянии друг от друга:

$$\ell = L : n = 1500:3 = 500 \text{ м}$$

Коэффициент утечек воздуха на этой длине, считая по формуле (78) или по номограмме (приложение II) P_y=I,I5; количество воздуха, подаваемое вентиляторами, и их напоры (согласно аэродинамической характеристики) будут равны:

№3 - $Q_в'$=3.I,I5=3,5м³/сек; $h_в'$=258 кг/м²;

№2 - $Q_в''$=3,5.I,I5=4 м³/сек; $h_в''$=262 кг/м²;

№I - $Q_в'''$= 4.I,I5=4,5 м³/сек; $h_в'''$=258 кг/м²,

т.е. предварительно принятое расстояние между вентиляторами соответствует расчетным данным (напоры вентиляторов примерно равны). Если такого соответствия нет, то место расположения каждого вентилятора должно уточняться по формулам $\ell_1 = \frac{L h_в'}{\Sigma h_в}$; $\ell_2 = \frac{L h_в''}{\Sigma h_в}$; $\ell_3 = \frac{L h_в'''}{\Sigma h_в}$

где $\Sigma h_в = h_в' + h_в'' + h_в''' + \ldots + h_в^n$

например, $\ell = \frac{1500 \cdot 258}{258+262+258} = 497$ м; и т.д.

На практике будут иметь место отличия расчетных величин от практических, поэтому работу вентиляторов следует регулировать.

Пример 5. Расчёт калориферной установки для одиночного ствола

Для расчета принята температура наружного воздуха -25^{0}С. Температура воздуха перед стволом принимается $+5^{0}$С.

При таких температурных параметрах воздух, пройдя по всем каналам вентиляторной установки, должен иметь температуру не ниже $+2^{0}$С, как это требуют ПБ.

При температуре $+5^{0}$С 20 м^3/сек воздуха, подаваемого для проветривания шахты, в весовом количестве определится по формуле (89)

$$G = 20.1,27 = 25,4 \text{ кг/сек или } 91440 \text{ кг/ч.}$$

Это количество воздуха необходимо подогреть перед подачей в шахту в зимнее время.

Для подогрева указанного количества воздуха необходимо пропустить его через калориферы, нагретые соответствующим теплоносителем.

Для снятия с калориферов необходимого количества тепла требуется не допускать скорость воздуха выше определенного предела. При расчете весовая скорость воздуха для выбранного типа калорифера принимается $\gamma_{\gamma} = 14$ кг/м^2 сек, тогда площадь живого сечения калориферной установки определится по формуле (90)

$$f = 25,4 : 14 = 1,81 \text{ м}^2.$$

Для расчета принимаются калориферы марки КФС-10.

Площадь живого сечения калорифера принятого типа по справочным данным составляет

$$f = 0,558 \text{ м}^2$$

Количество калориферов определяется по формуле (91)

$n_к$=1,81:0,558=3,25 шт.

(к установке принимается 4 шт.)

Действительная площадь живого сечения калориферов определяется по формуле (92)

f_g=0;558.4=2,23 м^2.

Отсюда фактическая весовая скорость определяется по формуле (93)

v_g=25,4:2,23=11,4 кг/м^2 сек.

Весовая скорость находится в пределах допустимой и принимается при дальнейшем расчете калориферов.

Теплоносителем принят насыщенный пар при температуре +142,8°С, который подается к калориферам по паропроводу под давлением

$$P_{пара} = 4 \text{ кг/см}^2.$$

Количество тепла, расходуемого на подогрев воздуха, определяется по формуле (94)

$$Q_т = 1{,}1 \cdot 91440 \cdot 0{,}24 \cdot 30 = 723105 \text{ ккал/ч}.$$

Площадь поверхности нагрева калориферов определяется по формуле (95)

$$F = \frac{723105}{30{,}3\ (142{,}8 - \frac{30}{2})} = 186{,}7 \text{ м}^2$$

(коэффициент теплопередачи при весовой скорости до 14кг/м^{2}сек составляет 30,3 ккал/м^2. °С.ч).

По справочным данным, поверхность нагрева одного калорифера типа КФС-10 равняется 47,8 м^2. Отсюда потребное число калориферов определяется по формуле (96)

$$n_к = \frac{186{,}7}{47{,}8} = 4 \text{ шт.}$$

Калориферы располагаются в один ряд: два по горизонтали и два по вертикали.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Временная инструкция по расчету количества воздуха, необходимого для проветривания угольных шахт. "Недра", 1966.

2. Воронин З.Н. "Основы рудничной аэродинамики", Углетехиздат, 1951.

3. ВНИИОМШС. Альбом вентиляторных установок и вентиляционных сооружений для строящихся шахт. Ротапринт ВНИИОМШСа, 1968.

4. Воропаев А.Ф. Теория теплообмена рудничного воздуха и горных пород в глубоких шахтах. "Недра", 1966.

5. Временная инструкция по прогнозу метанообильности угольных шахт СССР. Москва, 1965.

6. Милетич А.Ф. Утечки воздуха в шахтах. Госгортехиздат, 1962.

7. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. "Недра", 1964.

8. Скочинский А.А., Комаров В.Б. Рудничная вентиляция, Углетехиздат, 1959.

9. Справочник по рудничной вентиляции. Госгортехиздат, 1962.

10. Федоров А.М. К расчёту количества воздуха при движении его по выработкам, разделенным продольной перегородкой. "Шахтное строительство", 1965, № 4.

11. Федоров А.М. О подсчёте параметров вентиляции при использовании вентиляторов частичного проветривания. "Шахтное строительство", 1961, № 12.

12. Щербань А.Н., Кремнев О.А., Журавленко В.Я. Справочное руководство по тепловым расчетам шахт и проектированию установок для охлаждения рудничного воздуха". "Недра", 1964.

13. Якушин Н.И. Проветривание и борьба с газами при проходке стволов шахт. Госгортехиздат, 1962.

14. Якушин Н.И., Бердник Н.А. Расчёт проветривания горных выработок по фактору сварочных работ. "Шахтное строительство", 1966, № 5.

Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
7	8 сверху	;	;
28	Формула (I)	j	j_1
28	8 снизу	z -I мин	z -$\sqrt{I}$ мин
29	Формула (3)	$j_2 = \beta z \ldots$	$j_2 = \beta \tau_к \ldots$
46	Формула (44)	$Q_r = 0{,}035 \frac{Кал \ldots}{N_8}$	$Q_r = 0{,}035 \frac{Кал \ldots}{N_8}$
53	I сверху	исследования	исследований
53	20 сверху	(при перемычках)	(при перегородках)
76	Формула (83)	$h_8 = \ldots$	$h_{тр} = \ldots$
76	Формула (84)	$h_8 = \ldots$	$h_{тр} = \ldots$
77	I7 сверху	,	;

gost.e-ecolog.ru