

5
A-2

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ СССР

НОВОЧЕРКАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени Серго ОРДЖОНИКИДЗЕ

Кафедра „Разработка пластовых месторождений
полезных ископаемых“

Старший преподаватель
ФРОЛОВ М. А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ОКОН**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертационной работы на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
профессор А. М. КАРПОВ.

г. НОВОЧЕРКАССК
1953 г.

ВВЕДЕНИЕ.

«Нам нужно добиться того, — говорил товарищ Сталин И. В., — чтобы наша промышленность могла производить ежегодно до 50 млн. тонн чугуна, до 60 млн. тонн стали, до 500 млн. тонн угля, до 60 млн. тонн нефти. Только при этом условии можно считать, что наша Родина будет гарантирована от всяких случайностей. На это уйдет, пожалуй, три новых пятилетки, если не больше. Но это дело можно сделать, и мы должны его сделать».*)

Первым замечательным итогом в осуществлении этих гениальных предначертаний нашего вождя является успешное выполнение советским народом пятилетнего плана восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 годы.

Принятые XIX съездом нашей Коммунистической партии директивы по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы определяют новый мощный подъем народного хозяйства нашей страны.

В соответствии с этим историческим документом производство важнейших видов промышленной продукции к концу пятой пятилетки должно увеличиться по сравнению с 1950 годом, примерно, в следующих размерах: чугун на 76 проц., сталь на 62 проц., прокат на 64 проц., нефть на 85 проц., уголь на 43 проц. и т. д.

Для решения грандиозных задач, стоящих перед горнодобывающей промышленностью потребуются проведение дальнейшей реконструкции существующих и строительство большого числа новых шахт, увеличение масштабов производственных единиц, а также дальнейшее увеличение интенсивности всех производственных процессов шахты. Вместе с этим будет продолжаться расти глубина шахт, их газообильность и температура горных пород в них.

В этих условиях рудничная вентиляция будет занимать весьма ответственное место в производственных процессах в шахтах СССР, так как жизнь, здоровье и производительность труда горнорабочих в значительной степени зависят от состояния проветривания подземных выработок. Основными параметрами, от которых зависит эффективность проветривания подземных выработок, являются: количество воздуха, поступающего в шахту и давление или напор, который должен создаваться вентилятором.

Эффективность проветривания подземных выработок в значительной степени зависит также от правильного распределения поступающего в шахту воздуха между отдельными участками и забоями шахты. Чтобы обеспечить поступление нужного количества воздуха на тот или иной участок шахты, нередко приходится прибегать к, так называемому, искусственному распределению воздуха, поступающего

*) И. В. Сталин, речь на предвыборном собрании избирателей Сталинского избирательного округа гор. Москвы 9 февраля 1946 года. Госполитиздат, 1946.

в шахту. Искусственное распределение воздуха по отдельным участкам и забоям шахты наиболее часто на практике осуществляется при помощи вентиляционных окон. Регулирование вентиляционных струй при помощи вентиляционных окон, которое принято называть отрицательным регулированием, в практике рудничной вентиляции применяется сравнительно давно. Несмотря на это, многие вопросы отрицательного регулирования вентиляционных струй или совершенно не исследованы или исследованы недостаточно полно.

Весьма ценные теоретические и экспериментальные исследования в области рудничной аэродинамики, выполненные выдающимся советским ученым, дважды лауреатом Сталинской премии академиком А. А. Скочинским и его школой, а также достижения общей аэродинамики и гидродинамики создали необходимые условия для более глубокого изучения этого вопроса.

В нашей работе мы поставили перед собой следующие основные задачи:

1) дать критический обзор предшествующих исследований по вопросу отрицательного регулирования вентиляционных струй в шахтных сетях;

2) исследовать движение потока воздуха на участке установки вентиляционного окна;

3) установить законы действия двух и более последовательно установленных вентиляционных окон;

4) дать методику расчета вентиляционных окон, позволяющую с достаточной для практики точностью определять размеры последних во всех практически возможных случаях;

5) исследовать вопрос о возможности замены вентиляционных окон более надежными и удобными в эксплуатации вентиляционными устройствами, позволяющими осуществлять регулирование вентиляционных струй;

6) наметить пути дальнейших исследований в области отрицательного регулирования вентиляционных струй в шахтных сетях.

Наша работа содержит в себе две части — теоретическую и экспериментальную. В первой части работы дан критический обзор предшествующих исследований по вопросам отрицательного регулирования вентиляционных струй, изложены основные положения теории движения воздуха через вентиляционные окна с учетом новейших достижений современной аэродинамики, дана физически обоснованная схема потока воздуха на участке действия вентиляционных окон. Кроме того, в этой части нами доказано, что на практике во многих случаях для обеспечения надлежащего распределения поступающего в шахту (рудник) воздуха по отдельным участкам и забоям, а следовательно, для обеспечения нормальных атмосферных условий во всех забоях необходимо в соответствующих выработках устанавливать последовательно не менее двух перемычек с вентиляционными окнами; изложены основные теоретические положения о совместной работе двух и более последовательно установленных вентиляционных окон.

Во второй части излагаются экспериментальные исследования движения потока воздуха через вентиляционные окна, а также экспериментальные исследования работы вентиляционных окон и дверных проемов, которыми во многих случаях могут быть заменены вентиляционные окна.

I. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ ОКНА.

Тщательный анализ общепринятой в настоящее время схемы потока воздуха при прохождении через вентиляционное окно показал, что эта схема не отражает физического смысла явлений, имеющих место на участке действия вентиляционного окна. С целью выяснения действительной картины движения потока воздуха через вентиляционное окно нами были исследованы: поля скоростей потока воздуха, характер изменения величины статических давлений и распределение потерь давления по длине рабочего участка трубы при вентиляционных окнах разных размеров, различной формы и различном положении последних в перемычке. Кроме этого, были проведены визуальные наблюдения за движением потока воздуха и сделаны фотографии последнего при прохождении через различные вентиляционные окна.

Проведенные нами экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Поток воздуха на участке действия вентиляционного окна или нескольких последовательно установленных вентиляционных окон представляет собой комбинированный турбулентный поток.

2. При прохождении потока воздуха через вентиляционное окно имеют место значительные изменения в характере движения и структуре потока, сравнительно с его движением за пределами участка действия окна. Причем, даже на участке действия вентиляционного окна характер движения и структура потока не одинаковы и с этой точки зрения поток может быть разделен на три отличных друг от друга участка:

а) первый участок — участок, в пределах которого имеет место сжатие потока при входе его в окно;

б) второй участок — участок, в пределах которого поток воздуха по выходе из окна подчиняется законам движения свободной турбулентной струи;

в) третий участок — участок, в пределах которого происходит отсечение присоединенных масс воздуха и окончательное выравнивание потока.

Первый участок мы называем входным участком, а второй и третий участки одним термином — выходной участок.

Длина входного и выходного участков квадратных вентиляционных окон, устроенных посередине перемычки, равна:

$$\text{а) при } s : S = 0,15 \div 0,50 \quad (1)$$

$$l_{\text{вход}} = 4,0d_{\text{экв}} - 3,2d_{\text{экв}},$$

$$l_{\text{выход}} = 9,6d_{\text{экв}} - 8,7d_{\text{экв}},$$

$$\text{б) при } s : S > 0,50 \quad (3)$$

$$l_{\text{вход}} = 3,2d_{\text{экв}} - 2,3d_{\text{экв}}, \quad (4)$$

$$l_{\text{выход}} = 8,7d_{\text{экв}} - 7,7d_{\text{экв}},$$

Длина участка, в пределах которого поток по выходе из окна подчиняется законам движения свободной турбулентной струи, может быть определена по формуле:

$$l = 1,9 (l_0 - b_0) \quad (5)$$

где: l_0 — полуширина выработки, в которой установлено вентиляционное окно,
 b_0 — эквивалентный радиус начального сечения свободного потока.

Минимальное расстояние от окна до сечений перед и за окном, в которых можно считать поток установившимся, при квадратных вентиляционных окнах, устроенных посередине перемычки может быть принято равным:

$$\text{а) при } s : S = 0,15 \div 0,50$$

$$l'_{\text{вход}} = 3,5d_{\text{экв}} - 2,8d_{\text{экв}} \quad (6)$$

$$l'_{\text{выход}} = 10,1d_{\text{экв}} - 9,0d_{\text{экв}} \quad (7)$$

$$\text{б) при } s : S > 0,50$$

$$l'_{\text{вход}} = 2,8d_{\text{экв}} - 2,0d_{\text{экв}} \quad (8)$$

$$l'_{\text{выход}} = 9,0d_{\text{экв}} - 8,0d_{\text{экв}} \quad (9)$$

где: $l'_{\text{вход}}$ — минимальное расстояние до сечения перед окном,
 $l'_{\text{выход}}$ — минимальное расстояние до сечения за окном.

При работе с вентиляционными окнами любой формы и при любом расположении их в перемычке, если отношение $s : S > 0,15$, на основании данных наших экспериментальных исследований рекомендуем принимать:

$$\text{а) длину начального участка} \quad l_{\text{нач}} \geq 12,0d_{\text{экв}} \quad (10)$$

$$\text{б) } \quad l'_{\text{вход}} \geq 4,0d_{\text{экв}} \quad (11)$$

$$\text{в) } \quad l'_{\text{выход}} \geq 10,5d_{\text{экв}} - 11,5d_{\text{экв}} \quad (12)$$

$$\text{г) длину рабочего участка} \quad l_{\text{раб}} = l'_{\text{вход}} + l'_{\text{выход}} \quad (13)$$

Под начальным участком в данном случае мы понимаем участок воздуховода, за пределами которого (начиная от входа в последний) поток можно считать установившимся.

В соответствии с существующей в настоящее время теорией вентиляционных окон принято считать, что поток воздуха по выходе из окна полностью устанавливается к моменту заполнения им всего сечения выработки, т. е. в пределах второго участка. В действительности же, как показали проведенные нами экспериментальные исследования, полное выравнивание потока по выходе его из окна происходит не на участке длиной равной длине второго участка, а на участке значительно большей длины.

Полные потери давления за счет того или иного вентиляционного окна равны не только потерям, которые имеют место при входе потока в окно и при его расширении до полного заполнения сечения выработки по выходе из окна, как это принято считать в настоящее время, но и потерям, которые имеют место на некотором участке выработки после заполнения потоком всего сечения выработки при последующем его выравнивании, т. е.

$$h = h_1 + h_2 + h_3, \quad (14)$$

где: h — полные потери давления за счет вентиляционного окна,
 h_1 — потери давления в пределах первого участка,
 h_2 — потери давления в пределах второго участка,
 h_3 — потери давления в пределах третьего участка.

Причем, данные опытов показывают, что потери давления в основном имеют место именно в пределах третьего участка.

Потери давления в пределах первого и второго участков в общей сложности составляют, примерно, 10—12 проц. и в пределах третьего участка, примерно, 88—90 проц. от общих потерь.

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ОКОН И ДВЕРНЫХ ПРОЕМОВ.

1. Методика исследований.

При проведении экспериментальных исследований работы вентиляционных окон и дверных проемов особое внимание нами было уделено правильному установлению в каждом конкретном случае длины начального, входного и выходного участков. При определении этих параметров мы всякий раз обязательно соблюдали условия (10)—(13), так как соблюдение этих условий обеспечивает получение надежных результатов экспериментальных исследований. Потери давления от трения и за счет вентиляционных окон или дверных проемов в пределах рабочего участка трубы определялись нами, исходя из уравнения Д. Бернулли, по разности полных напоров между сечениями: — начало входного участка и конец выходного участка.

$$\Delta P = \left(P_1 + \frac{k_1 v_1^2}{2g} \gamma \right) - \left(P_2 + \frac{k_2 v_2^2}{2g} \right) = P_1 - P_2 + \frac{k_1 v_1^2 - k_2 v_2^2}{2g} \gamma, \quad (15)$$

где: P_1 — давление в начале входного участка.

P_2 — давление в конце выходного участка.

V_1 — средняя скорость движения потока в начале входного участка,

V_2 — средняя скорость движения потока в конце выходного участка,

γ — объемный вес воздуха,

k_1 и k_2 — коэффициенты кинетической энергии, соответственно в начале входного и в конце выходного участков, подсчитываемые по формуле Л. Д. Ворониной *) в зависимости от коэффициента аэродинамического сопротивления:

$$k = 0,810 + 282a \quad (16)$$

*) Л. Д. Воронина — «Аэродинамическое сопротивление штрело- и квершлагообразных выработок, укрепленных дверными окладами». Автореферат кандидатской диссертации. Углетехиздат, 1949 г.

Так как $\Delta P = h$, а $P_1 - P_2 = h_s$, то уравнение примет вид:

$$h = h_s + \frac{K_1 V_1^2 - K_2 V_2^2}{2g} \gamma \quad (17)$$

Выражение (17) представляет сумму потерь давления на трение (h_p) и потерь давления за счет вентиляционных окон или дверных проемов ($h_{м.с.}$), поэтому оно может быть представлено в таком виде:

$$h = h_{тр} + h_{м.с.} \quad (18)$$

Подставив в (18) значение h из (17), получим:

$$h_{м.с.} = h_s + \frac{K_1 V_1^2 - K_2 V_2^2}{2g} \gamma - h_{тр} \quad (19)$$

Коэффициенты сопротивления вентиляционных окон и дверных проемов подчитывались по формуле:

$$\xi_{эксп} = \frac{h_{м.с.} \cdot 2g}{V_{ср} \cdot \gamma_{эксп}} \quad (20)$$

где: $V_{ср}$ — скорость потока за вентиляционным окном (несколькими вентиляционными окнами или дверными проемами), м/сек.;

$\gamma_{эксп}$ — объемный вес воздуха во время данного опыта, кг/м³

Значения коэффициентов сопротивления, полученных экспериментально, при объемном весе воздуха в условиях опыта приводились затем к стандартному для рудничной вентиляции объемному весу воздуха ($\gamma = 1,2$ кг/м³) путем умножения выражения (20) на $\frac{\gamma_{эксп}}{1,2}$

$$\xi_{станд} = \xi_{эксп} \frac{\gamma_{эксп}}{1,2} \quad (21)$$

2. Результаты экспериментальных исследований работы одинарных вентиляционных окон.

Различные авторы учебной и справочной литературы по вопросам рудничной вентиляции, останавливаясь на вопросах регулирования вентиляционных струй, для определения размеров вентиляционных окон обычно рекомендуют пользоваться следующими формулами:

а) при $s:S < 0,50$

$$s = \frac{QS}{0,65 Q + 2,63 S \sqrt{h_{окна}}} \quad (22)$$

б) при $s:S > 0,50$

$$s = \frac{SQ}{Q + 2,38 S \sqrt{h_{окна}}} \quad (23)$$

Наши экспериментальные исследования работы одинарных окон показали, что формулы (22) и (23) получены без должного учета характера движения и структуры потока воздуха при прохождении последнего через вентиляционное окно и во многих случаях дают результаты, несоответствующие действительности.

В 1949 году профессор-доктор технических наук, лауреат Сталинской премии В. Б. Комаров (Ленинградский горный институт) предложил новый метод расчета вентиляционных окон.

Всякое вентиляционное окно представляет местное сопротивление, поэтому можно написать:

$$\xi_{окна} = 16,3 R_{окна} S^2 \quad (24)$$

где: $\xi_{окна}$ — коэффициент сопротивления вентиляционного окна;

$R_{окна}$ — сопротивление окна в киломюргах;

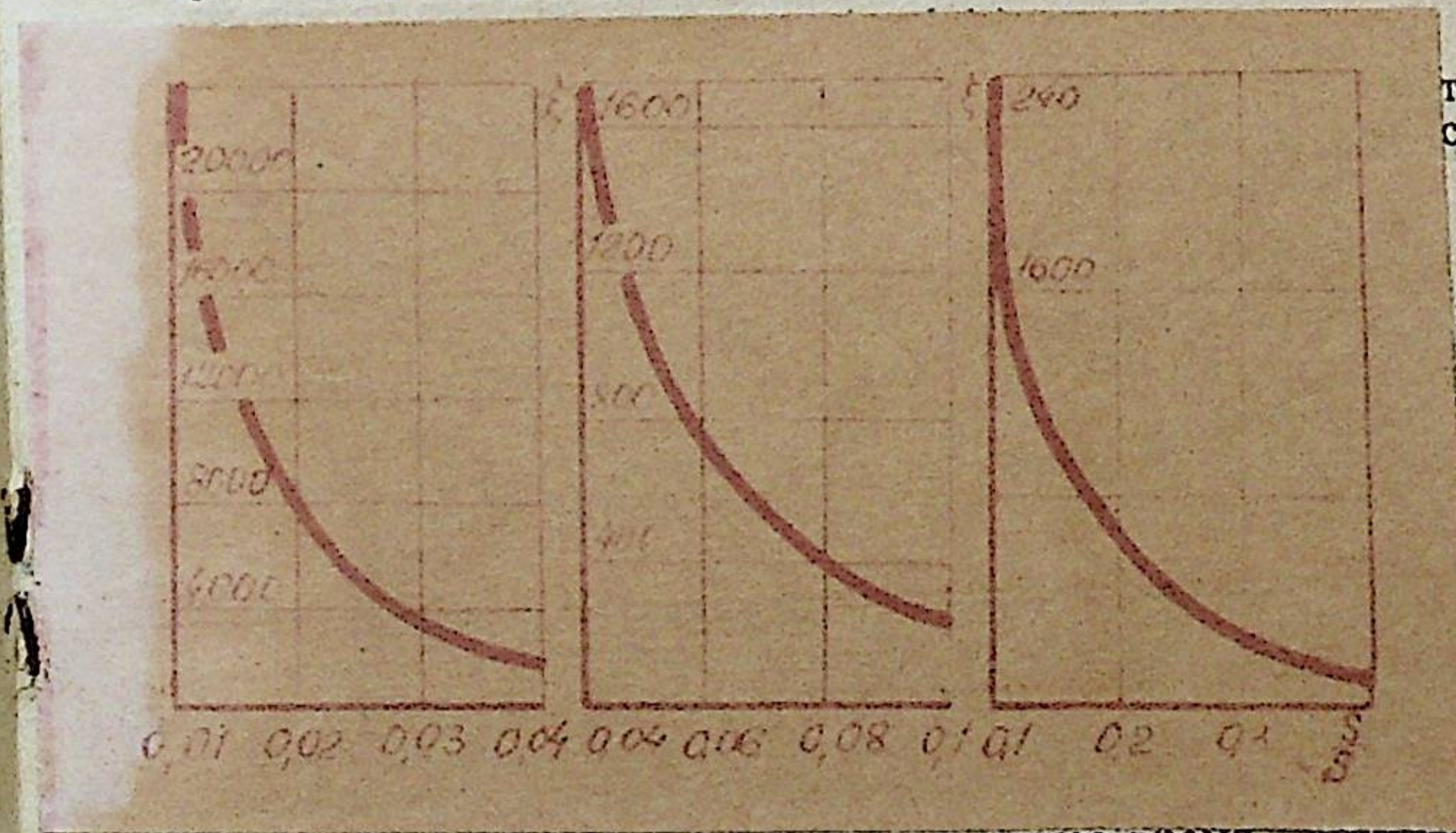
S — площадь поперечного сечения выработки, в которой установлено окно, м².

Зная $\xi_{окна}$ и S , с помощью графиков (фиг. 1), в которых по оси абсцисс отложены отношения $s:S$, где s — площадь окна, а по оси ординат — значения коэффициентов ξ легко можно определить S .

Графики, представленные на фиг. 1 и которыми проф. В. Б. Комаров предлагает пользоваться для определения размеров вентиляционных окон, построены по данным, полученным опытным путем в относительно гладких каналах, т. е. в условиях довольно отличных от тех, с которыми приходится иметь дело в рудничной практике.

Экспериментальные исследования последних лет, выполненные различными авторами показали, что для целого ряда местных сопротивлений (повороты, внезапное изменение сечения выработки и др.) существует зависимость

(25)



тодам рас-
сти экспе-

влиянии
сопротив-
ных иссле-

тиляцион-
д, в кото-
вной точ-

и вызы-
та сопро-
: $S > 0,50$
ну коэф-

3. Из всех существующих в настоящее время методов расчета одинарных вентиляционных окон наиболее приемлемым для практического пользования является метод проф. В. Б. Комарова.

При определении размеров одинарных вентиляционных окон по методу проф. В. Б. Комарова надо помнить следующее:

а) метод проф. В. Б. Комарова дает возможность достаточно точно определять размеры одинарных вентиляционных окон во всех случаях, когда коэффициент сопротивления окна по расчету (формула 24) получается меньше 4,0:

б) при значениях коэффициента сопротивления одинарных окон больших 4,0 метод проф. В. Б. Комарова дает возможность достаточно точно определять размеры последних только в тех случаях, когда окна устраиваются посередине переемычки:

в) в тех случаях, когда коэффициент сопротивления окна больше 4,0 и окно предполагается устраивать у кровли выработки, размеры последнего, найденные по методу В. Б. Комарова будут несколько преуменьшены, а сопротивление окна будет несколько больше необходимого. Поэтому в таких случаях коэффициент сопротивления окна, найденный расчетным путем, должен быть умножен на поправочный коэффициент, равный 0,90 — 0,95 и затем уже по исправленному значению коэффициента ξ окна следует определять размеры окна.

3. Экспериментальные исследования работы двух и более последовательно установленных вентиляционных окон.

С целью экспериментального исследования работы двух и более последовательно установленных окон нами было проведено 72 опыта с окнами различных размеров и при различных расстояниях между ними.

Результаты исследований показали, что общее сопротивление двух и более последовательно установленных окон зависит не только от их площади поперечного сечения и площади поперечного сечения выработки, в которой они установлены, но и от расстояния между ними. С увеличением расстояния между окнами данных размеров общее их сопротивление движению воздуха увеличивается. Однако, зависимость $R_1 = f(l)$, где R_1 — общее сопротивление последовательно установленных окон и l — расстояние между окнами, существует при увеличении только до некоторого определенного предела.

При дальнейшем увеличении l общее сопротивление последовательно установленных окон остается постоянным, т. е. зависимость $R_1 = f(l)$ перестает существовать, окна начинают работать независимо друг от друга.

Минимальное расстояние между двумя или несколькими последовательно установленными окнами, при котором последние будут работать независимо друг от друга, равно общей длине выходного участка предыдущего (по направлению движения потока воздуха) окна и входного участка последующего окна.

Зависимость коэффициента сопротивления двух последовательно установленных окон одинаковых размеров (ξ' станд) от $s : S$ и $l : d_{\text{экв}}$ где $d_{\text{экв}}$ — эквивалентный диаметр выработки, в которой установлены окна, на основании полученных нами экспериментальных данных, может быть представлена в следующем виде:

а) при $s : S < 0,55$

$$\xi'_{\text{станд}} = \frac{B \left(\frac{l}{d_{\text{экв}}} \cdot 10^2 \right)^m}{\left(\frac{s}{S} \cdot 10^2 \right)^n} \quad (26)$$

б) при $s : S > 0,55$

$$\xi'_{\text{станд}} = \frac{B \left(\frac{l}{d_{\text{экв}}} \cdot 10^2 \right)^m}{\left(\frac{s}{S} \cdot 10^2 \right)^n \cdot 10^2} \quad (27)$$

В свою очередь между коэффициентом ξ' станд и депрессией, которую должны поглощать последовательно установленные окна (h') существует следующая зависимость

$$\xi'_{\text{станд}} = 16,3 \frac{h'}{Q^2} S^2 \quad (28)$$

где: Q — количество воздуха, которое должно проходить через вентиляционные окна,
 S — площадь поперечного сечения выработки, в которой установлены окна.

Подставив в уравнения (26) и (27) значение коэффициента ξ' станд из уравнения (28) и произведя некоторые преобразования, получим следующие формулы, позволяющие определять размеры каждого из двух последовательно установленных вентиляционных окон:

а) при $s : S < 0,55$

$$s = \frac{S}{100} \sqrt[n]{\frac{Q^2 B \left(\frac{l}{d_{\text{экв}}} \cdot 10^2 \right)^m}{16,3 h' S^2}} \quad (29)$$

б) при $s : S > 0,55$

$$s = \frac{S}{100} \sqrt[n]{\frac{Q^2 B \left(\frac{l}{d_{\text{экв}}} \cdot 10^2 \right)^m}{1630 h' S^2}} \quad (30)$$

Значения постоянных B и n в уравнениях (29) и (30), полученные нами по данным проведенных опытов, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

s : S	l : d экв	B	ш	п
< 0,55	1,0— 4,2	22860	0,343	2,58
< 0,55	4,2—13,0	105400	0,09	2,58
< 0,55	13,0	200892	нуль	2,58
> 0,55	1,0— 4,2	1129 · 10 ⁸	0,329	5,27
> 0,55	4,2—10,7	5489 · 10 ⁸	0,069	5,27
> 0,55	10,7	8999 · 10 ⁸	нуль	5,27

Результаты, полученные по формулам (29) и (30), вполне удовлетворительно совпадают с результатами непосредственных замеров. Разница, как правило, меньше 5—6 проц. К недостаткам формул (29) и (30) следует отнести некоторую их сложность для практического пользования. Учитывая это, нами составлены для определения размеров каждого из двух последовательно установленных на любом расстоянии друг от друга окон номограммы. Номограммами, как и формулами (29) и (30) можно пользоваться для определения размеров последовательно установленных окон независимо от их местоположения в перемышке. Однако, если окна предполагается устраивать у кровли выработки, то размеры последних, найденные по формулам (29) — (30) или номограммам, должны быть увеличены на 5—10 проц.

4. Регулирование вентиляционных струй дверными проемами.

Установка в той или иной выработке перемышки с дверью и вентиляционным окном, как и установка перемышки с дверью без вентиляционного окна, ухудшает условия эксплуатации выработки. Уже поэтому можно считать практически целесообразной замену вентиляционных окон иными сооружениями, которые бы выполняли функции вентиляционных окон и, вместе с этим были бы более удобны в эксплуатации.

В нашей работе мы предлагаем заменить вентиляционные окна, если позволяют условия, дверными проемами. В конструктивном отношении дверной проем представляет собой обычную деревянную перемышку с оставленным в ней проемом для прохода вагонеток, людей и воздуха.

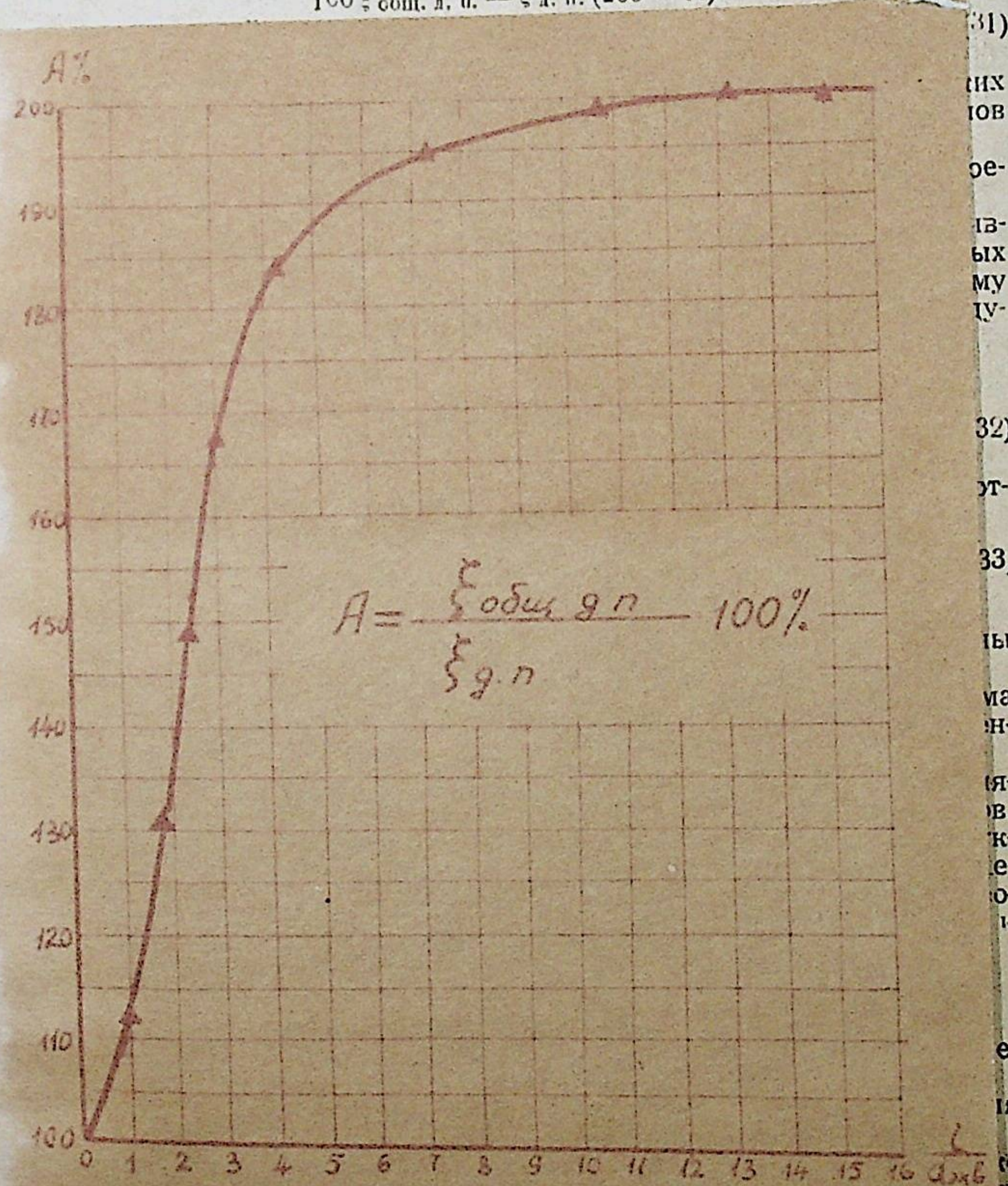
Замену вентиляционных окон дверными проемами можно считать практически целесообразной, так как в этом случае улучшаются условия эксплуатации выработки, совершенно отпадает необходимость в задалживании дверных и исключается возможность случайных нарушений в распределении воздуха между отдельными струями.

Размеры дверных проемов в каждом конкретном случае должны выбираться с учетом назначения выработки, в которой предполагается их устройство. Расстояние между дверными проемами следует принимать таким, чтобы при данных размерах проемов количество по-

следних для создания нужного сопротивления было бы минимальным. Экспериментальные исследования показали, что это расстояние равно $4,0 d_{\text{экв}} - 7,0 d_{\text{экв}}$

Количество дверных проемов в том или ином конкретном случае может быть подсчитано по следующей формуле:

$$100 \xi_{\text{общ. д. п.}} - \xi_{\text{д. п.}} (200 - A)$$



3. Исследован вопрос о влиянии формы окна и шероховатости стен выработки на величину сопротивления последнего. Исследован также вопрос о влиянии места положения окна в перемычке на величину его сопротивления. На основании результатов этих исследований внесены некоторые поправки в существующую методику расчета одинарных вентиляционных окон.

4. Доказано, что на практике во многих случаях с целью обеспечения надлежащего распределения между отдельными участками и забоями поступающего в шахту воздуха необходимо в соответствующих выработках устанавливать последовательно не менее двух перемычек с вентиляционными окнами и дверями.

5. Впервые проведены экспериментальные исследования работы двух и нескольких последовательно установленных вентиляционных окон. Установлены законы действия двух и нескольких последовательно установленных на любом расстоянии друг от друга вентиляционных окон.

6. Разработана подробная методика расчета двух последовательно установленных на любом расстоянии друг от друга вентиляционных окон.

7. Впервые поставлен и частично разрешен вопрос о замене вентиляционных окон иными более удобными, надежными и экономичными, регулирующими устройствами.

72465

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ГЛАВНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Киргизской ССР

Ответственный за выпуск Р. М. Исхаков.