Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. L, вып. 1, 1965 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ ЩЕЛЕВИДНЫМИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ ОКНАМИ

Р. Я. Вассель

Регулирование распределения воздуха в системе горных выработок с помощью вентиляционных окон всегда сопровождается уменьшением общего количества воздуха и дополнительными потерями энергии, вызванными увеличением аэродинамического сопротивления системы. Естественно, что вентиляционные окна следует устанавливать так, чтобы обеспечить максимальную глубину регулирования при минимальных потерях энергии. Этот вопрос приобретает особую актуальность в связи с проводимыми в настоящее время работами в области непрерывного автоматического регулирования. На вентиляционных струях необходимо устройство, регулирующее количество воздуха в широких пределах.

Ниже излагаются результаты некоторых теоретических и экспериментальных исследований автора по определению сопротивления окон щелевидной формы и искусственному распределению воздуха в параллельных выработках. Сопротивление окон исследовалось в деревянной прямоугольной трубе сечением 0,182 × 0,175 $м^2$ и длиной 5 $м$, моделирующей горную выработку в масштабе 1 : 10. Замеры статического и скоростного напоров в опытах производились при помощи микроманометров и депрессиометров.

Модели окон представляли собой пластины с щелевыми отверстиями. Всего исследовалось 12 окон, площади поперечного сечения которых изменялись от 0,000825 до 0,018816 $м^2$. Расход воздуха в трубе определялся по статическому разрежению на входе и одновременно контролировался трубкой Пито, установленной на оси потока в трубке, где был определен коэффициент перехода от осевой к средней скорости движения воздуха в трубопроводе $\left(\frac{v_{ср}}{v_{ос}} = 0{,}921\right)$.

Искусственное распределение воздуха в параллельных выработках исследовалось на модели (рис. 1), состоящей из двух параллельно соединенных труб прямоугольного сечения. Вентиляционные окна, сопротивления которых были определены в первой части эксперимента, устанавливались поочередно в сечениях *I* и *II*. Одновременно определялись расходы в правой и левой по ходу струи выработках. Изменение режимов достигалось установкой дополнительных сопротивлений в левой ветви в сечении *I*.

При прохождении воздуха через вентиляционное окно, так же как и при диафрагме любой формы, на воздушную струю действуют силы бокового сжатия, вследствие чего струя на некотором расстоянии от окна имеет, как известно, сечение меньшее, чем поперечное сечение самого окна. Приближенно это уменьшение сечения можно оценить по изменению

осевой скорости в окне в сжатом сечении. Отношение осевой скорости в окне к осевой скорости в сжатом сечении в наших опытах изменялось от 0,61 $\left(\text{при } \frac{S_{ок}}{S_в} = 0{,}07, \text{ где } S_{ок} \text{ и } S_в \text{ — поперечное сечение соответственно окна и выработки}\right)$ до 0,755 $\left(\text{при } \frac{S_{ок}}{S_в} = 0{,}58\right)$. Отношение осевых скоростей в окне в сжатом сечении не характеризует полностью степени сжатия потока, так как форма распределения скоростей в них различна — осевая скорость в окне близка к средней скорости, в то время как в сжатом сечении она значительно больше средней.

Все опыты проведены при турбулентном режиме движения воздуха. Минимальное число Рейнольдса

$$\mathrm{Re}_{min} = \frac{vD_э}{\nu} = \frac{4{,}55 \cdot 0{,}178}{14{,}9 \cdot 10^{-6}} = 54\,355,$$

где ν — кинематическая вязкость;

v — скорость движения воздуха по выработке;

$D_э$ — эквивалентный диаметр.

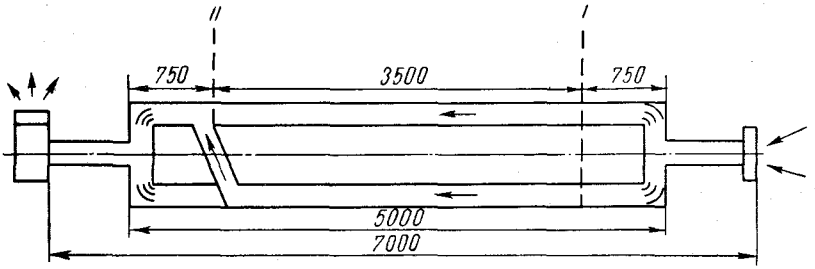


Рис. 1. Схема модели.

Максимальное

$$\mathrm{Re}_{max} = \frac{17 \cdot 0{,}178}{149 \cdot 10^{-6}} \approx 203\,000.$$

По данным приведенной таблицы построены графики. На рис. 2 произведено сравнение теоретического значения сечения окна, вычисленного по формуле

$$S_{ок} = \frac{QS_в}{0{,}65\,Q + 2{,}63\,S_в\sqrt{h_0}}, \qquad (1)$$

с результатами экспериментов. Как видно из графика, опытные и теоретические точки практически совпадают, что свидетельствует о применимости существующих формул для расчета вентиляционных окон щелевидной формы.

На рис. 3 изображены кривые зависимости фактического R_1 и кажущегося R_2 аэродинамических сопротивлений окна от его поперечного сечения. Кривые имеют аналогичный характер и лишь смещены по оси ординат.

Особый интерес представляет зависимость между отношением кажущегося сопротивления к фактическому и относительной величиной сечения окна (рис. 4). Эта зависимость в пределах $0 < \frac{S_{ок}}{S_в} < 0{,}5$ удовлетворительно характеризуется прямой, уравнение которой

$$\frac{R_2}{R_1} = 1{,}6\,\frac{S_{ок}}{S_в} + 1$$

или

$$R_2 = R_1\left(1{,}6\,\frac{S_{ок}}{S_в} + 1\right). \qquad (2)$$

Аэродинамические параметры воздушного потока, проходящего через окно $S_в = 0{,}03185$

$h_{ст_1}$, мм вод. ст.	$h_{ст_2}$, мм вод. ст.	$v_{ср}$, м/сек	$S_{ок}$, м²	Q, м³/сек	R_1, к μ	R_2, к μ	$\frac{S_{ок}}{S_в}$	$\xi = 16{,}34 \times R_1 S_в^2$
220	257	4,55	0,00317	0,145	10 442	12 200	0,0995	175
204	251	6	0,00453	0,19	5 642	6 950	0,142	93
186	239	7,54	0,00608	0,24	3 222	4 150	0,191	53,5
162	222	9,15	0,0075	0,2915	1 897	2 610	0,235	31,4
144	210	10,55	0,0090	0,336	1 267	1 860	0,283	21
124	190	11,82	0,0105	0,377	865	1 335	0,33	14,35
107	170	13,1	0,012	0,417	607	980	0,377	10,1
72	134	15,3	0,015	0,487	296	566	0,472	4,9
40	89	17	0,0183	0,541	128	304	0,591	2,12

Примечания. $h_{ст_1}$ — разность статических давлений между двумя сечениями, первое из которых расположено на расстоянии $D_э$ до окна, а второе за окном — в месте, где воздушный поток полностью заполняет поперечное сечение трубы, на расстоянии $5{,}5\,D_э$ от окна $\left(D_э = \frac{4S}{P}\right.$ — эквивалентный диаметр; P — периметр выработки$\left.\right)$; $h_{ст_2}$ — разность статических давлений, замеренная непосредственно перед и за окном; Q — количество воздуха, проходящее по выработке; R_1 — сопротивление окна, вычисленное по разности давлений $h_{ст_1}$; R_2 — кажущееся сопротивление окна, вычисленное по разности давлений $h_{ст_2}$ и уменьшенное на величину сопротивления участка трубы длиной $6{,}5\,D_э$; $\xi = 16{,}34\,R_1 S_в^2$ — коэффициент местного сопротивления вентиляционного окна.

Из уравнения $h_{ст_2} = R_2 Q^2$ находим количество воздуха, проходящее по выработке $Q = \sqrt{\frac{h_{ст_2}}{R_2}}$. Подставляя в это выражение из уравнения (2) значение кажущегося сопротивления R_2, получаем уравнение расхода, выраженное через сопро-

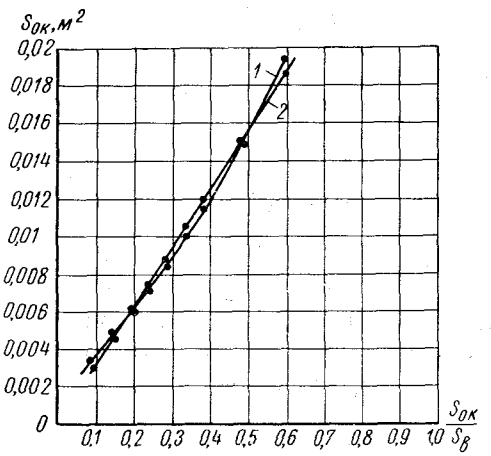


Рис. 2. Сравнение теоретически определяемого сечения окна *1* с экспериментальным *2*.

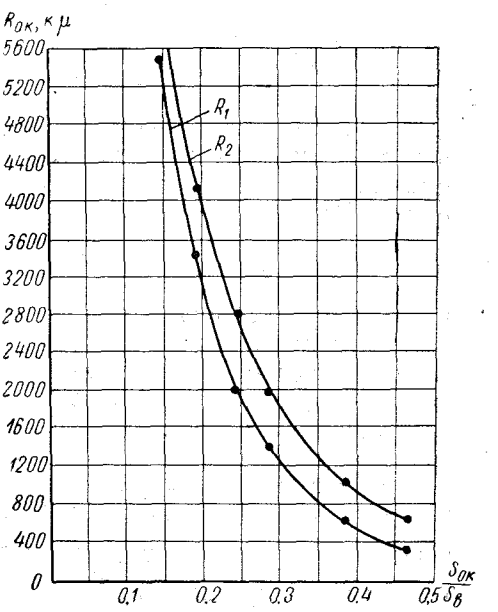


Рис. 3. Зависимость аэродинамического сопротивления окна от его относительного сечения.

тивление вентиляционного окна и перепад давления по обе стороны перемычки

$$Q = \sqrt{\frac{h_{ст_2}}{R_1\left(1{,}6\frac{S_{ок}}{S_в}+1\right)}} = \varphi\sqrt{\frac{h_{ст_2}}{R_1}}, \qquad (3)$$

где $\varphi = \sqrt{\frac{1}{1{,}6\frac{S_{ок}}{S_в}+1}}$ — коэффициент расхода.

Полученное уравнение расхода может быть использовано при дистанционном управлении проветриванием и автоматическом регулировании распределения воздуха в сети горных выработок.

При прохождении воздушного потока через вентиляционное окно — в результате уменьшения

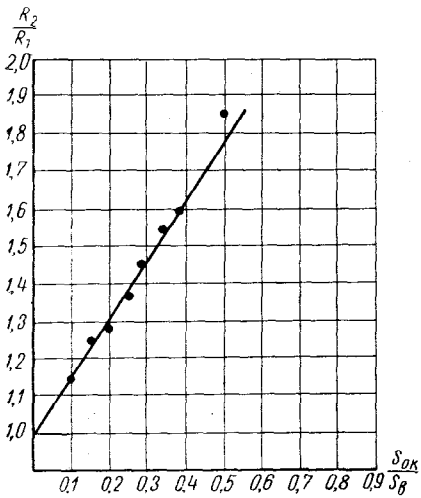


Рис. 4. Зависимость отношения кажущегося и фактического сопротивлений от относительного сечения окна.

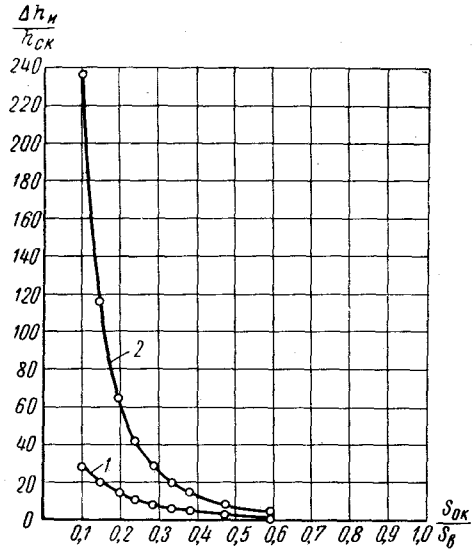


Рис. 5. Зависимость величины избыточного разрежения от сечения окна.
1 — фактическая; *2* — теоретическая.

поперечного сечения — увеличивается скоростной напор, что приводит к увеличению статического разрежения. Теоретически вычисленная величина избыточного разрежения за вентиляционным окном, согласно уравнению Бернулли, равна

$$\Delta h_т = \frac{v_1^2\gamma}{2g} - \frac{v_2^2\gamma}{2g}, \qquad (4)$$

где v_1 — средняя скорость движения воздуха за окном в наиболее сжатом сечении;

v_2 — средняя скорость движения воздуха по выработке;

γ — удельный вес воздуха.

Однако как показывают эксперименты, фактическая величина избыточного разрежения значительно меньше теоретической, что, очевидно, объясняется потерями в потоке. Разность между фактическим и теоретическим избыточным разрежением возрастает с уменьшением сечения окна. Опытная кривая *1* (рис. 5) в пределах 0,1—0,6 $\frac{S_{ок}}{S_в}$ удовлетворительно описывается уравнением

$$\frac{\Delta h_и}{h_{ск}} = 1{,}55\left(\frac{S_{ок}}{S_в}\right)^{-1{,}3}, \qquad (5)$$

где $h_и$ — избыточное разрежение;

$h_{ск}$ — скоростной напор воздуха в выработке.

Отсюда величина фактического избыточного разрежения

$$\Delta h_{и} = \frac{1{,}55\, v_{в}^{2}\, \gamma}{2g}\left(\frac{S_{ок}}{S_{в}}\right)^{-1{,}3} = \frac{0{,}095\, v_{в}^{2}}{\left(\frac{S_{ок}}{S_{в}}\right)^{1{,}3}}, \qquad (6)$$

где $v_{в}$ — скорость движения воздуха по выработке с окном.

Действие избыточного разрежения аналогично действию дополнительного вентилятора, работающего в ветви, где увеличивается количество воздуха. Следовательно, устанавливая окно на сопряжении выработок, можно достигнуть требуемого распределения воздуха при меньшем сопротивлении окна, чем при расположении окна вне сопряжения.

Приравнивая избыточное разрежение к действию вентилятора, который развивает депрессию, определяемую уравнением (6), для параллельного соединения выработок, получим

$$(R_1 + R_{ок})\, Q_1^2 = R_2 Q_2^2 - \frac{1{,}55\, Q_1^2\, \gamma}{S_1^2\, 2g\left(\frac{S_{ок}}{S_{в}}\right)^{1{,}3}},$$

откуда

$$R_{ок} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 R_2 - R_1 - \frac{1{,}55\, \gamma}{S_1^2\, 2g\left(\frac{S_{ок}}{S_{в}}\right)^{1{,}3}}. \qquad (7)$$

Из выражения (7) следует, что при установке окна на сопряжении необходимое сопротивление окна меньше на величину последнего члена. При определении сопротивления окна по этой формуле предварительно необходимо определить соотношение $\frac{S_{ок}}{S_{в}}$, которое, как известно, зависит от сопротивления окна, т. е. (7) имеет две неизвестные величины. В этом случае можно прибегнуть к способу последовательных приближений. Определяется необходимая величина сопротивления окна, расположенного вне сопряжения, и по формуле (1) — поперечное сечение окна. Подставив полученное значение $S_{ок}$ в (7), получим необходимое сопротивление окна на сопряжение выработок в первом приближении. По полученному значению $R_{ок}$ уточняем сечение окна, которое снова подставляем в уравнение (7). Повторив такие вычисления несколько раз, получаем достаточно точное значение $R_{ок}$ и $S_{ок}$.

Метод последовательных приближений требует большого количества вычислений, трудоемкость которых резко снижается при использовании специальной номограммы, которую легко построить для любого сечения выработки. Такая номограмма для выработки сечением 7 $м^2$ представлена на рис. 6. В первом квадранте по формуле (6) построены зависимости величины избыточного разрежения $h_{и}$ от скорости движения воздуха по выработке $v_{в}$. Для удобства ось абсцисс имеет квадратичную шкалу. Во втором квадранте показаны линии зависимости требуемого сопротивления окна при использовании избыточного разрежения по формуле (7). По оси абсцисс отложено значение сопротивления окна R_0 при установке его вне сопряжения. В третьем квадранте построена зависимость между сопротивлением и величиной окна по формуле (1).

Порядок пользования номограммой следующий: в третьем квадранте на оси абсцисс откладывается величина сопротивления окна, которая необходима при расположении окна вне сопряжения. Отсюда опускается перпендикуляр до пересечения с кривой зависимости сопротивления окна от его сечения. От полученной точки проводится линия параллельно оси абсцисс до пересечения с осью ординат, на которой берется отсчет величины сечения окна при расположении его вне

сопряжения. Определяется отношение $\frac{S_{ок}}{S_в}$ и в первой четверти от значения скорости движения воздуха по выработке восстанавливается перпендикуляр до соответствующей линии $\frac{S_{ок}}{S_в}$. От полученной точки проводится линия параллельно оси абсцисс до пересечения с соответствующей линией зависимости сопротивления R_0 от избыточного разрежения, и аналогичным построением определяется новое значение сечения окна. Принимая среднее из двух полученных значений $S_{ок}$, от этого значения в третьем квадранте проводится линия параллельно оси абсцисс до пересечения с кривой. От полученной точки восстанавливается перпендикуляр до оси абсцисс, на которой берется отсчет величины требуемого сопротивления окна при расположении его на сопряжении (т. е. когда используется избыточное разрежение).

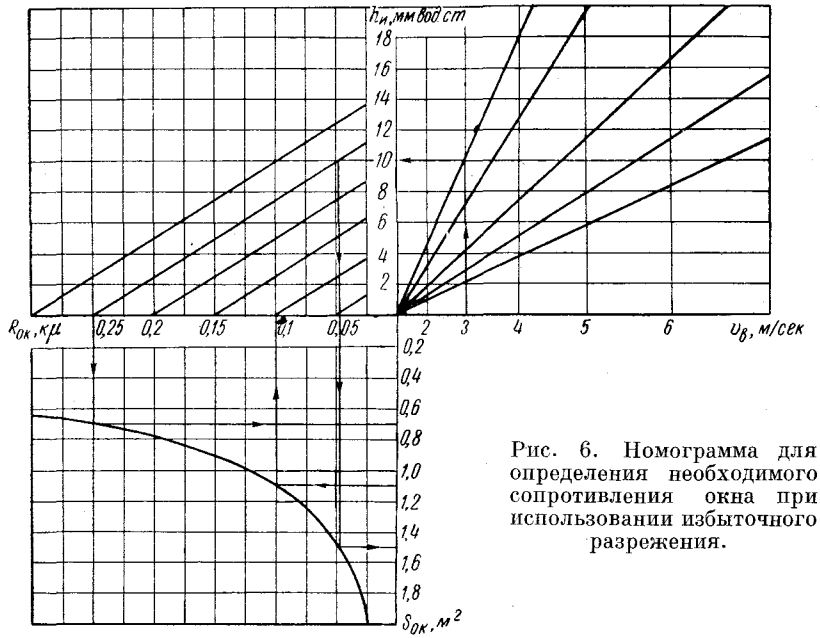


Рис. 6. Номограмма для определения необходимого сопротивления окна при использовании избыточного разрежения.

На номограмме приведен пример: требуемое сопротивление окна при установке его вне сопряжения 0,25 k μ, скорость движения воздуха по выработке 3 *м/сек*.

Выполняем указанные выше построения. Находим, что при расположении окна на сопряжении требуемое сечение окна вместо 0,7 $м^2$ будет 1,1 $м^2$ и сопротивление окна вместо 0,25 k μ будет 0,1 k μ.

Если в системе двух параллельных выработок при регулировании распределения воздуха установить окно на сопряжении, то за счет избыточного разрежения можно увеличить глубину регулирования, не изменяя сечения окна. Рассмотрим распределение воздуха в параллельном соединении с учетом сказанного.

Количество воздуха, проходящее по ветви R_2 (рис. 7), определяется разностью давлений в сечениях *I* и *II*. Величина разрежения в сечении *II* при установке окна в сечении *1* равна

$$p_{разр} = p_{ст} + \frac{v_1^2 \gamma}{2g},$$

где $p_{ст} = (R_1 + R_{ок}) Q_1^2$ — потери статического давления в ветви R_1;

$v_1 = \frac{Q_1}{S_{в_1}}$ — скорость движения воздуха по ветви;

Q_1 и $S_{в_1}$ — расход воздуха и сечение выработки с окном.

Если установить окно в сечении *2*, то разрежение в сечении *II* будет

$$p'_{\text{разр}} = p_{\text{ст}} + \frac{v_1'^2 \gamma}{2g},$$

где $v_1' = \frac{Q_1}{S_{\text{ок}}}$ — скорость движения воздуха через окно.

Теоретическая величина избыточного разрежения в случае установки окна в сечении *2* равна

$$p'_{\text{разр}} - p_{\text{разр}} = (v_1'^2 - v_1^2)\frac{\gamma}{2g}.$$

Однако, как показано выше, фактическая величина избыточного разрежения значительно меньше теоретической и может быть определена по формуле (6). Следовательно,

$$p'_{\text{разр}} - p_{\text{разр}} = \frac{1{,}55\,\gamma\, v_1^2}{2g\left(\frac{S_{\text{ок}}}{S_{\text{в}}}\right)^{1,3}}.$$

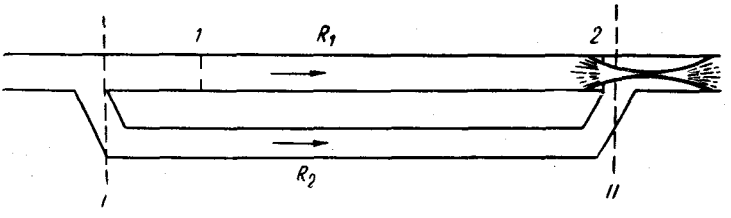


Рис. 7. Расчетная схема параллельного соединения.

Воздух по выработке R_2 движется под действием разности полных давлений между сечениями *I* и *II*. При установившемся движении разность давлений затрачивается на преодоление сопротивления трения и создание скоростного напора. Для первого случая

$$h_2 = R_2 Q_2^2 + \frac{v_2^2 \gamma}{2g}.$$

Для второго случая

$$h_2' = R_2 Q_2'^2 + \frac{v_2'^2}{2g},$$

где Q_2 и Q_2' — расходы в ветви R_2 при установке окна в сечениях *1* и *2* соответственно.

Избыточное разрежение уравновешивается избыточным сопротивлением в выработке R_2

$$\left(R_2 Q_2'^2 + \frac{v_2'^2 \gamma}{2g}\right) - \left(R_2 Q_2^2 + \frac{v_2^2 \gamma}{2g}\right) = \frac{1{,}55\,\gamma\, Q_1^2}{S_{\text{в}_1}^2 2g\left(\frac{S_{\text{ок}}}{S_{\text{в}_1}}\right)^{1,3}}.$$

Подставляем в это выражение значения

$$v_2' = \frac{Q_2'}{S_{\text{в}_2}} \quad \text{и} \quad v_2 = \frac{Q_2}{S_{\text{в}_2}},$$

где $S_{\text{в}_2}$ — сечение параллельной выработки,
и получаем

$$\left(R_2 + \frac{\gamma}{S_{\text{в}_2}^2 2g}\right)(Q_2'^2 - Q_2^2) \frac{1{,}55\,\gamma\, Q_1^2}{S_{\text{в}_1}^2 2g\left(\frac{S_{\text{ок}}}{S_{\text{в}_1}}\right)^{1,3}}.$$

Отсюда выражение для определения количества воздуха, проходящего по ветви R_2 при установке окна в сечении *2*

$$Q_2' = Q_2 \sqrt{\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \frac{1{,}55}{S_{в1}^2 \left(\frac{S_{ок}}{S_{в1}}\right)^{1,3} \left(16{,}34\, R_2 + \frac{1}{S_{в2}^2}\right)} + 1} \qquad (8)$$

или

$$Q_2' = Q_2 k, \qquad (9)$$

где

$$k = \sqrt{\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \frac{1{,}55}{S_{в1}^2 \left(\frac{S_{ок}}{S_{в1}}\right)^{1,3} \left(16{,}34\, R_2 + \frac{1}{S_{в2}^2}\right)} + 1}\ , \qquad (10)$$

$Q_2' - Q_2 = \Delta Q$ — количество воздуха, проходящее по ветви R_2 за счет избыточного разрежения.

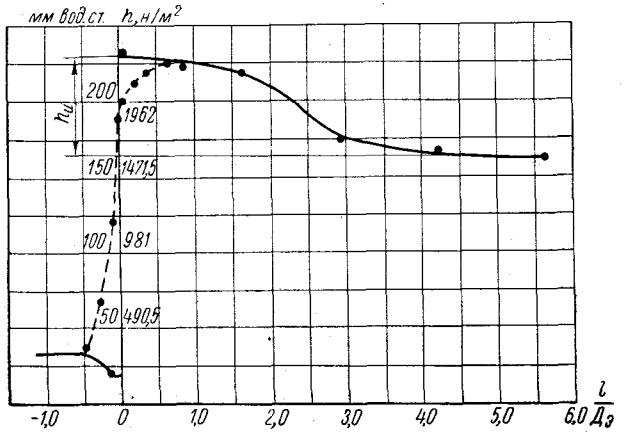


Рис. 8. Изменение статического давления при прохождении воздуха через окно при $v_в = 10{,}55$ *м/сек*; $\frac{S_{ок}}{S_в} = 0{,}28$.

Сплошная линия — у стенки выработки, пунктир — по оси выработки.

Выражение (8) определяет количество воздуха, которое проходит по выработке R_2 при условии постоянства количества воздуха в выработке R_1. Однако в параллельном соединении увеличение количества воздуха в ветви R_2 вызывает такое же уменьшение его в ветви R_2, которое, в свою очередь, вызывает уменьшение избыточного разрежения. Для получения истинного значения Q_2' необходимо в этом случае производить последовательно вычисления по формуле (8) до тех пор, пока два последующих значения будут равны.

Пример 1. Определить распределение воздуха в параллельном соединении при установке окна на сопряжении выработок (в сечении *II*, рис. 7), если при установке окна в сечении *1* распределение было: $Q_1 = 20$ *м³/сек*, $Q_2 = 10$ *м³/сек*, $S_{ок} = 2$ *м²*, $R_2 = 0{,}1\ k\ \mu$, $S_1 = 10$ *м²*, $S_2 = 10$ *м²*.

Решение. По формуле (10)

$$k = \sqrt{\left(\frac{20}{10}\right)^2 \frac{1{,}55}{10^2 \cdot 0{,}2^{1,3} \left(16{,}34 \cdot 0{,}1 + \frac{1}{10^2}\right)} + 1} = 1{,}14.$$

Количество воздуха, проходящее по ветвям R_2 и R_1, с учетом избыточного разрежения в первом приближении равно

$$Q_2' = 1{,}14 \cdot 10 = 11{,}4\ м^3/сек, \quad Q_1' = 20 - 1{,}4 = 18{,}6\ м^3/сек.$$

При новом распределении воздуха

$$k_2 = \sqrt{\left(\frac{18{,}6}{11{,}4}\right)^2 \frac{1{,}55}{10^2 \cdot 0{,}2^{1{,}3}\left(16{,}34 \cdot 0{,}1 + \frac{1}{10^2}\right)} + 1} = 1{,}1.$$

Во втором приближении

$$Q_2'' = 10 \cdot 1{,}1 = 11{,}1\ м^3/сек,$$

$$Q_1'' = 19\ м^3/сек.$$

Ограничиваясь двумя приближениями и принимая среднее значение, получаем

$$Q_2 = 11{,}1\ м^3/сек,$$

$$Q_1 = 18{,}8\ м^3/сек.$$

Увеличение количества воздуха в усиливаемой струе

$$\frac{11{,}2 - 10}{10} 100 = 12\%.$$

Пример 2. Задача та же, что в примере 1, при $Q_1 = 10\ м^3/сек$, $Q_2 = 10\ м^3/сек$, $S_1 = 10\ м^2$, $S_{ок} = 1\ м^2$, $R_2 = 0{,}05\ k\ \mu$, $S_2 = 10\ м^2$.

Решение. По формулам (9) и (10) последовательно вычисляем:

$$k_1 = 1{,}11, \quad Q_2' = 11{,}1\ м^3/сек,$$

$$Q_1' = 8{,}9\ м^3/сек;$$

$$k_2 = 1{,}07, \quad Q_2'' = 10{,}7\ м^3/сек,$$

$$Q_1'' = 9{,}3\ м^3/сек;$$

$$k_3 = 1{,}082, \quad Q_2''' = 10{,}82\ м^3/сек,$$

$$Q_1''' = 9{,}18\ м^3/сек;$$

$$k_4 = 1{,}08, \quad Q_2^{IV} = 10{,}8\ м^3/сек;$$

$$Q_1^{IV} = 9{,}2\ м^3/сек.$$

Последние два значения k практически совпадают, и распределение воздуха будет $Q_2 = 10{,}8\ м^3/сек$, $Q_1 = 9{,}8\ м^3/сек$, что составит увеличение количества воздуха в усиливаемой струе $\frac{0.8}{10} \cdot 100 = 8\%$.

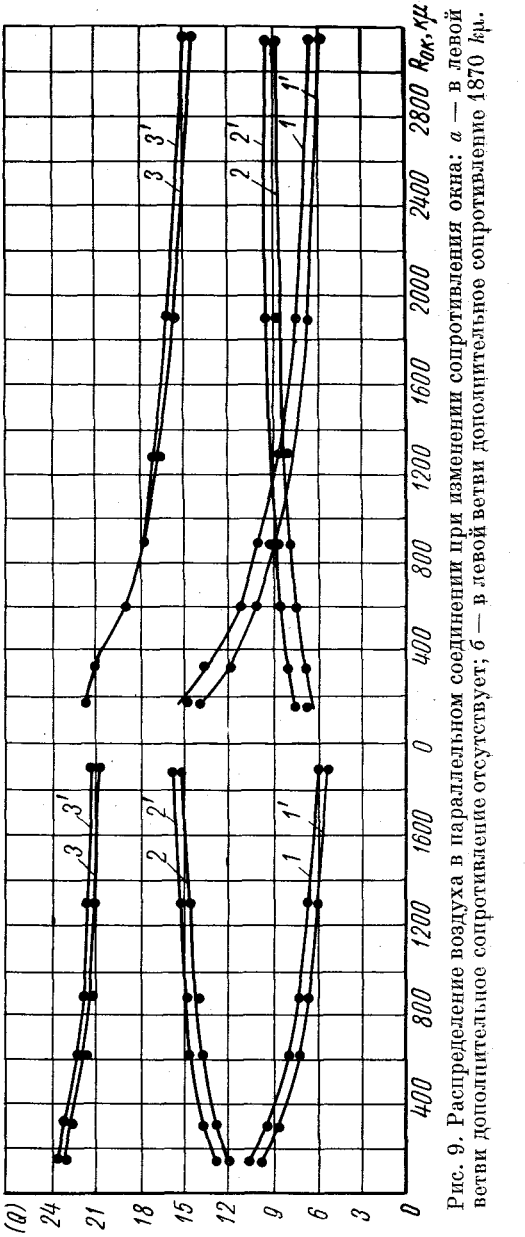


Рис. 9. Распределение воздуха в параллельном соединении при изменении сопротивления окна: *а* — в левой ветви дополнительное сопротивление отсутствует; *б* — в левой ветви дополнительное сопротивление 1870 *k*μ.

Проверка изложенных выше положений производилась на аэродинамической модели (рис. 1). На рис. 8 показано изменение статического давления (разрежения) при прохождении воздуха через окно, в зависимости от расстояния от окна l. Как видно из приведенного графика, зона избыточного разрежения распространяется до $\frac{l}{D} \approx 4{,}5$.

Распределение воздуха в параллельном соединении определялось при двух положениях вентиляционного окна (сечения *I* и *II*) в правой ветви, причем сопротивление его изменялось от нуля до 3100 $k\mu$. Эксперименты проведены при пяти различных режимах (т. е. различных соотношениях количества воздуха в параллельных ветвях), что достигалось установкой дополнительного сопротивления в левой ветви — в сечении *I*. Во всех случаях при установке окна в сечении *II* глубина регулирования увеличивалась. При этом в ветви, где увеличивалось количество воздуха, это увеличение шло в пределах 5—24% с одновременным повышением производительности вентилятора, что свидетельствует об уменьшении общего сопротивления системы.

Некоторые результаты опытов приведены на рис. 9. Кривые *1* и *2* соответствуют распределению воздуха в правой и левой ветвях при установке окна в сечении *I*, кривые *1'* и *2'* — в сечении *II*, кривые *3* и *3'* — изменение общего количества воздуха при установке окна в сечениях *I* и *II* соответственно.

Таким образом, использование избыточного разрежения путем установки окна на сопряжении выработок позволяет не только увеличить глубину регулирования, но и несколько повысить производительность вентилятора, т. е. уменьшить общее сопротивление параллельного соединения без каких-либо дополнительных затрат.

ВЫВОДЫ

1. Для щелевидной формы окна сечение его, определяемое по формуле (1), хорошо соответствует опытным данным при изменении отношения $\frac{S_{ок}}{S_{в}}$ в пределах 0,1—0,6.

2. Полученная экспериментальная зависимость между фактическим и кажущимся сопротивлением окна позволяет определять расход воздуха непосредственно по перепаду давления перед и за вентиляционным окном и по сопротивлению окна.

3. Фактическая величина избыточного разрежения не соответствует ее величине, определяемой по уравнению Бернулли. Получена эмпирическая формула для определения величины избыточного разрежения.

4. При установке окна на сопряжении двух параллельных выработок возникающее избыточное разрежение позволяет уменьшить сопротивление окна и общее сопротивление соединения.