

Н.Ф. Ромейко, Н.Е. Сыромятникова, Е.В. Ширбаев

ОПЫТНЫЕ ДАННЫЕ О КОЭФФИЦИЕНТЕ РАСХОДА ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЕ, ЗАЩИЩЕННОЕ ВОЗДУШНОЙ СТРУЕЙ

В вентиляционной технике применяют воздушнотруйные укрытия для локализации вредных выделений от технологического оборудования, в частности, воздушные завесы у проемов печей, работающих под избыточным давлением. В качестве завес часто применяются перфорированные трубы.

Расчет суммарной площади отверстий в канале, формирующем завесу, производится по методике С.Е. Бутакова [1] с использованием уравнения изменения количества движения. При этом количество отверстий в трубе и шаг между ними выбирались произвольно. Поэтому предложенная методика не учитывала физические особенности взаимодействия двух потоков.

В последние годы в инженерной практике используется метод расчета воздушных завес, предложенный В.М. Эльтерманом [2], который в какой-то степени является дальнейшим развитием методов, разработанных В.В. Батуриным, И.А. Шепелевым и С.Е. Бутаковым.

В.М. Эльтерман рассматривает действие воздушной завесы как дополнительное сопротивление, уменьшающее количество воздуха, проходящего через ворота в помещение. Сопротивление, оказываемое проходу воздуха, характеризуется коэффициентом расхода воздуха μ , который в общем случае равен

$$\mu = \frac{G_0}{F_0 \sqrt{2g \Delta p_0} \gamma}, \quad (1)$$

где F_0 - площадь проема, м²; G_0 - вес воздуха, вытекающего через проем, кг/сек; Δp_0 - избыточное давление перед проёмом, кг/м²; γ - объёмный вес воздуха, кг/м³.

В теоретическом решении В.М. Эльтерман использует уравнение количества движения для массы воздуха, ограниченной районом ворот, в которых устроена воздушная завеса. Используя некоторые опытные данные, он получил уравнение, устанавливающее связь между коэффициентом расхода воздуха μ через проем при действии завесы и относительным расходом воздуха на завесу q в виде

$$q = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{\mu_0 - \mu}{\frac{F_0}{F_4} \frac{\gamma_{cm}}{\gamma_3} \sin \alpha}}, \quad (2)$$

в которой

$$q = \frac{G_2}{G_{np}}, \quad G_{np} = G_1 + G_0$$

G_2 - вес воздуха, подаваемого в завесу, кг/сек; μ_0 - коэффициент расхода воздуха через отверстие при бездействии завесы; $F_{ц}$ - суммарная площадь отверстий, через которые проходит струя воздушной завесы; α - угол между направлением выхода струи завесы и плоскостью отверстия; ρ_2 - объемный вес воздуха, подаваемого в завесу; $\rho_{см}$ - объемный вес смеси наружного воздуха и завесы.

В.М. Эльтерман рекомендует пользоваться уравнением (2) для "рационально устроенных" воздушных завес в диапазоне изменения относительного расхода воздуха на завесу $q = 0,5 \div 1,0$.

В настоящей работе приводятся результаты исследований по определению коэффициента расхода воздуха через проем, защищенный воздушной завесой при $0,1 < q < 0,5$.

Для проведения опытов была создана установка, принципиальная схема которой изображена на рис. 1. Скорость воздуха при истечении из камеры I через отверстие с поджатыми кромками изменялась от 4 до 12 м/сек, а из сопла завесы 3 - в диапазоне от 20 до 50 м/сек.

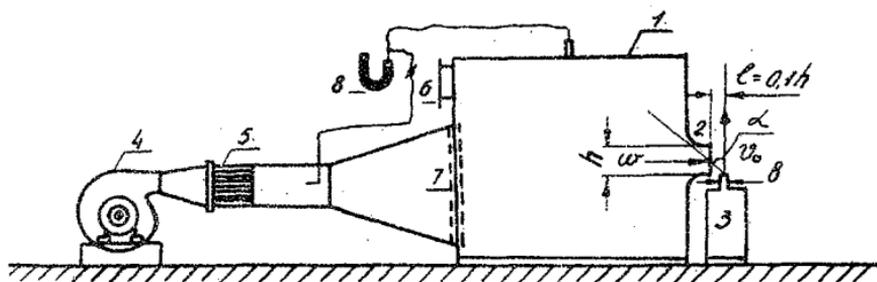


Рис. 1. Схема опытной установки:

1 - камера; 2 - рабочее отверстие; 3 - канал воздушной завесы с воздуховыпускным патрубком; 4 - центробежный вентилятор; 5 - хонейкомб; 6 - патрубком под сменные кассеты для регулировки давления в камере; 7 - сетки; 8 - микроманометр для измерения разрежения в камере и скоростей в канале и струе

Измерение скорости и давления велось по обычной методике с использованием микроманометров ММН и компенсационного типа.

Установка предварительно была протарирована, при этом коэффициент расхода воздуха через отверстие 2 камеры I оказался близким к единице.

В опытах необходимо было установить связь между коэффициентом расхода воздуха при действии завесы μ и относительным расходом q при изменении отдельных величин, входящих в уравнение (2). Для этого измерялись количество воздуха, выходящего через проём G_0 , количество воздуха, подаваемого в завесу G_3 , и избыточное давление Δp_0 в камере. Зависимость величин μ и q от угла α проверялась для завесы с шириной щели $\delta = 4$ мм и $\frac{F_{щ}}{F_0} = \frac{1}{21}$, угол α при этом равнялся $0^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ и 50° .

При вычислении коэффициента μ по формуле (1) расход воздуха принимался равным G_0 в случае, когда угол $\alpha = 0^\circ$, и равным $G_{пр}$ - при углах $\alpha > 0$. Как видно из рис. 2, все точки хорошо ложатся на одну кривую, следовательно, принятый способ обработки опытных данных позволяет исключить влияние угла α на величину коэффициента расхода μ .

Все дальнейшие опыты проводились для завес с углом выпуска

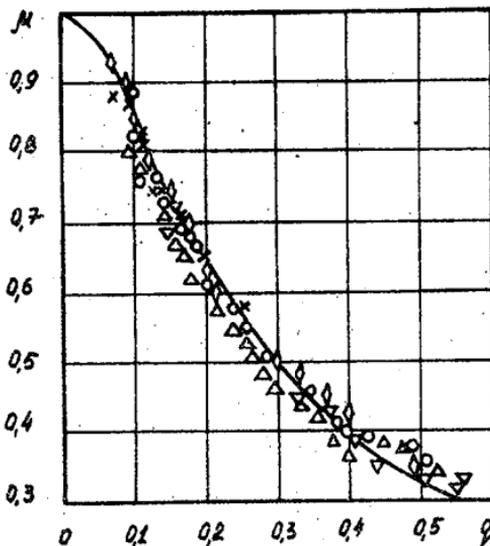


Рис.2. Зависимость коэффициента расхода от угла α :

$\diamond - \alpha = 0^\circ$; $x - 20^\circ$; $\circ - 30^\circ$;
 $\Delta - 40^\circ$; $\nabla - 50^\circ$

воздуха равным нулю. Серия опытов была проведена для завес, имеющих ширину 2,3,4 и 6,2 мм. На рис.3, а нанесены опытные данные, из которых видна зависимость относительного расхода воздуха на завесу от соотношения площадей F воздуховыпускной щели $F_{щ}$ и проема F_0 . Очевидно чем больше относительная площадь щели, тем больше воздуха нужно подавать в завесу для получения того же эффекта, что соответствует данным В.М. Эльтермана. Дальнейшая обработка показала, что

между относительным расходом воздуха q и относительной площадью \bar{F} существует зависимость $q \approx (\bar{F})^{0,53}$, что близко к данным формулы (2).

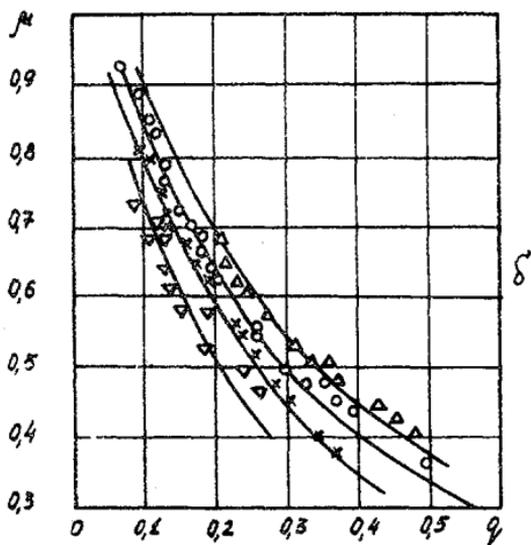
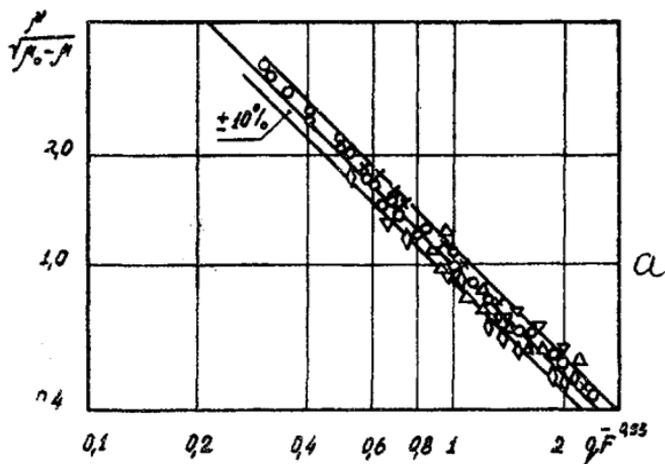


Рис.3: а - зависимость коэффициента расхода от относительного размера щели завеса;
 б - зависимость $\mu/\sqrt{\mu_0 - \mu} = f(q, F)$

$\nabla - b = 2, F = 42$; $\times - b = 3, F = 28$;
 $\circ - b = 4, F = 21$; $\Delta - b = 8,2 F = 13,5$;
 $\diamond - b = 7,3 F = 11,5$

На рис.3,б в логарифмической анаморфозе представлен сводный график результатов исследования. Аппроксимирующая прямая позволяет получить расчетное уравнение в виде

$$q = \frac{1}{\mu} \frac{\sqrt{\mu_0 - \mu}}{\left(\frac{F_0}{F_{ц}}\right)^{0,53}},$$

которое по своей структуре близко к уравнению (2) В.М. Эльтермана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутаков С.Е. Основы вентиляции горячих цехов. Свердловск, Металлургиздат, 1962.
2. Эльтерман В.М. Воздушные завесы. М., "Машиностроение", 1966.
3. Френкель Н.З. Гидравлика. Госэнергоиздат, 1956.