



УДК 697.1(107), 697.03:5(107)

Валиуллин М.А. – кандидат технических наук, доцент

Давыдов А.П. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ap_Davidov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

КОЭФФИЦИЕНТ РАСХОДА ВСАСЫВАЮЩЕЙ ЩЕЛИ С ВНУТРЕННИМ ЭКРАНОМ

АННОТАЦИЯ

Эффективность улавливания вредных веществ зависит от конструкции воздухоприемника и точности методики их расчета. В частности, для регулирования расходов через всасывающие отверстия используются внутренние экраны, устанавливаемые на определенной расчетной высоте. Значения коэффициентов расхода, как правило, определяются экспериментальным путем.

В статье приводится вывод аналитической зависимости коэффициента расхода от высоты установки внутреннего экрана, установленного параллельно всасывающему отверстию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: всасывающее отверстие, внутренний экран, коэффициент расхода, аналитическая зависимость.

Valiullin M.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Davidov A.P. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

DISCHARGE COEFFICIENT OF THE SUCTION SLIT WITH THE INNER SCREEN

ABSTRACT

The effectiveness of trapping pollutants depends on the design of air inlet and the accuracy of the method of their calculation. In particular for controlling costs through the suction openings internal screens are used, that are installed on a particular design height. The values of flow coefficient is usually determined experimentally.

In this paper we derive an analytic dependence of the flow of the installation height of the internal screen installed parallel to the suction inlet.

KEYWORDS: suction inlet, the internal screen, the flow coefficient, analytical energy dependence.

При установке внутреннего экрана над всасывающей щелью важно знать, как изменяется коэффициент расхода всасывающей щели в зависимости от высоты установки экрана.

С этой целью рассмотрим течение жидкости переменного расхода при входе воздуха во всасывающую щель, над которой установлен плоский экран (рис. 1). Выделим два расчетных сечения 1 и 2 на расстоянии dz друг от друга.

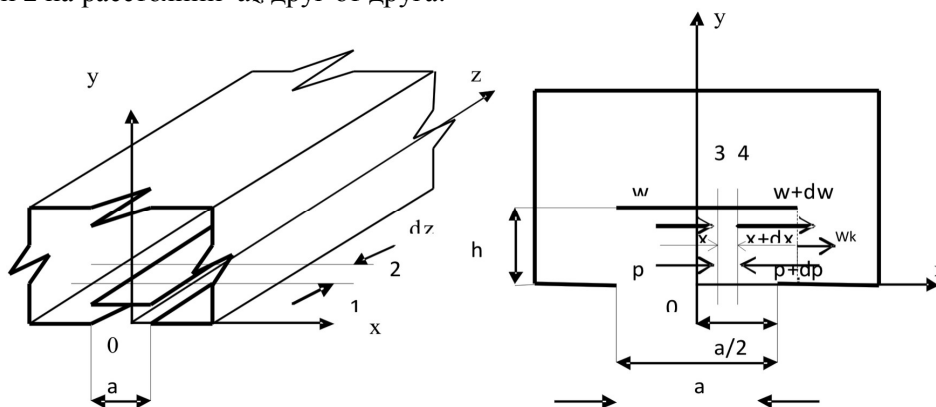


Рис. 1. Расчетная схема для определения коэффициента расхода всасывающей щели с плоским экраном:
а) участок кольцевого воздухопровода; б) расчетное сечение

Течение в пространстве, заключенном под экраном, можно рассматривать, как плоское течение во всасывающем воздухопроводе постоянной высоты h , шириной dz и длиной $a/2$. Так как течение жидкости в подэкранном пространстве симметрично относительно оси «у», представляется достаточным рассмотреть течение жидкости в половине пространства, заключенного между плоскостью всасывания и плоскостью внутреннего экрана.

Допустим, что воздух поступает в подэкранное пространство со скоростью V_{ex} . Выделим два контрольных сечения 3 и 4 на расстоянии x и $x + dx$. Примем, что давление в плоскости, перпендикулярной оси x , постоянно. Для выделенного объема запишем уравнение изменения количества движения и приравняем его импульсу внешних сил:

$$\frac{d(mW_x)}{dt} = X, \quad (1)$$

где $d(mW_x)/dt$ – изменение количества движения между сечениями 3-4; X – импульс внешних сил, приложенных к выделенному объему.

Рассмотрим составляющие уравнения (1) в отдельности:

1. Изменение количества движения системы между сечениями 3 и 4.

Количество движения для сечения 3:

$$\int_F rW_x W_x dF = rbW_x^2 F, \quad (2)$$

где r – плотность воздуха; β – коэффициент распределения кинетической энергии в сечении 3; W – скорость воздуха в сечении 3; F – площадь сечения.

Количество движения для сечения 4:

$$\int r(W_x + dW_x)(W_x + dW_x)dF = rbW_x^2 F + 2rbFW_x dW_x F. \quad (3)$$

Количество движения для входящего потока между сечениями 3 и 4 составит:

$$rV_{ex} V_{ex} \cos g df = rbV_{ex}^2 \cos g df, \quad (4)$$

где: g – угол между направлениями средней составляющей скорости входящего потока – V_{ex} и направлением средней составляющей скорости W внутри воздухоприемника длиной $a/2$, шириной dz и высотой h , f – площадь отверстия.

2. Импульс внешних сил, действующих на выделенный объем между сечениями 3 и 4.

Импульс сил давления, действующих на выделенный объем за время dt :

$$[-(p_x + dp_x)F + p_x F]dt = -dp_x F dt \quad (5)$$

Импульс сил трения на выделенный объем за время dt :

$$-\frac{l}{d} r \frac{W_x^2}{2} F dx dt \quad (6)$$

В дифференциальном виде, с учетом всех составляющих, уравнение (1) изменения количества движения для объема, заключенного между сечениями 3 и 4, запишется:

$$(2b_x rFW_x dW_x - brV_{ex}^2 \cos g df)dt = -F dp_x dt - \frac{l}{d} r \frac{W_x^2}{2} F dx dt \quad (7)$$

После преобразований:

$$dp_x = -2b_x rFW_x dW_x - brV_{ex}^2 \cos g \frac{df}{F} - \frac{l}{d} r \frac{W_x^2}{2} dx \quad (8)$$

Выразим среднюю скорость W_x через конечную среднюю скорость W_{xk} в конце воздухоприемника длиной $a/2$ [1, 2, 3].

$$W_x = W_k \left(\frac{2x}{a} \right) \quad (9)$$

Тогда можно записать уравнение (8) как:

$$dp_x = -2b_x r \frac{4W_k^2}{a^2} x dx - brV_{ex}^2 \cos g \frac{df}{F} - \frac{l}{d} r \frac{4W_k^2}{2a^2} x^2 dx \quad (10)$$

Проинтегрируем уравнение (10) в пределах от 0 до $a/2$:

$$\int_{-p_0}^{-p_k} dp_x = - \int_0^{a/2} 2b_x r \frac{4W_{\kappa}^2}{a^2} x dx - \int_0^{a/2} brV_{\text{ex}}^2 \cos g \frac{df}{F} - \int_0^{a/2} \frac{1}{d} r \frac{2W_{\kappa}^2}{a^2} x^2 dx \quad (11)$$

Допуская, что входящий поток присоединяется к потоку внутри воздухоприемника высотой h и длиной $a/2$ под углом, близким к 90^0 [4,5], как для линейных равномерно-всасывающих воздухопроводов, поправочный коэффициент на количество движения $\beta_x = \beta = 1.0$ (1, 3, 4, 6) и пренебрегая, ввиду малости расстояния, потерями на трение, после интегрирования уравнения (11) и преобразований получим:

$$-p_{\text{хк}} + p_0 = -rW_{\text{хк}}^2 \quad (12)$$

или

$$p_{\text{хк}} = p_0 + rW_{\text{хк}}^2 \quad (13)$$

где p_0 – давление в плоскости «уоз» воздухоприемника высотой h и длиной $a/2$.

$$\text{Записывая } p_0 = \frac{V_{\text{ex}}^2}{2m_{\text{ex}}^2} r,$$

где m_{ex} – коэффициент расхода всасывающей щели в начале воздухоприемника высотой h и длиной $a/2$ будем иметь:

$$p_{\text{хк}} = \frac{V_{\text{ex}}^2}{2m_{\text{ex}}^2} r + rW_{\text{хк}}^2 \quad (14)$$

Подставляя полученное уравнение (14) статистического давления в известную формулу [3] для определения коэффициента расхода всасывающего отверстия, получим:

$$m_{\text{щели}} = \frac{V_{\text{ex,к}}}{\sqrt{2 \left(\frac{V_{\text{ex}}^2}{2m_{\text{ex}}^2} + W_{\text{хк}}^2 \right)}} \quad (15)$$

Используя уравнение расхода [3], можно записать:

$$\frac{a}{2} V_{\text{ex}} dz = h W_{\text{хк}} dz \quad (16)$$

Отсюда имеем:

$$W_{\text{хк}} = \frac{a V_{\text{ex}}}{2h} \quad (17)$$

Подставив (17) в уравнение (15), получим:

$$m_{\text{щели}} = \frac{V_{\text{ex}}}{\sqrt{\frac{V_{\text{ex}}^2}{m_{\text{ex}}^2} + 2 \left(\frac{a}{2h} \right)^2 V_{\text{ex}}^2}} \quad (18)$$

После преобразований:

$$m_{\text{щели}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{m_{\text{ex}}^2} + \frac{1}{2} \left(\frac{a}{h} \right)^2}} \quad (19)$$

Изучение закономерностей работы всасывающей щели с внутренним экраном проводилось на аэродинамическом стенде. Испытываемый элемент представлял собой воздухопровод, изготовленный из стали, квадратного сечения 0.2×0.2 м и длиной 1 метр. Статическое давление отбиралось по сечениям посредством штуцеров. Торец воздухопровода был заглушен. Расход измерялся камерой статического давления.

Щель вырезалась в боковой стенке, ширина щели составляла 10 мм. Относительная площадь щели составляла $\left(\bar{F} = \frac{F_{\text{щели}}}{F_{\text{воз}}} = 0.25 \right)$.

Над всасывающей щелью устанавливался экран по всей длине воздухопровода и шириной 20 мм. Экран под щелью перемещался при помощи тяг, закрепленных в координатниках.

Экспериментально изучалось параллельное перемещение экрана над щелью.

Коэффициент расхода для всасывающей щели определялся по формуле (20):

$$m = V_{щели} \sqrt{\frac{r}{2\rho}} \quad (20)$$

Замеры аэродинамических характеристик проводились в области чисел $Re = Re_{авт.}$

На рис. 2 приведены экспериментальные значения коэффициентов расхода всасывающей щели с внутренним экраном и квадратного отверстия 0.1×0.1 м с внутренним экраном при различных значениях h . Экран установлен параллельно плоскости отверстия.

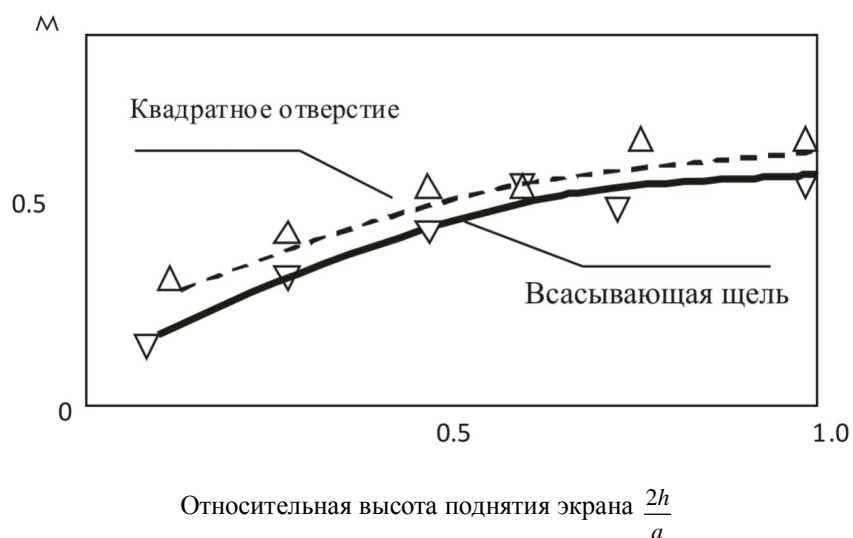


Рис. 2. Зависимость изменения коэффициента расхода квадратного отверстия и щели с внутренним экраном $\left(\bar{F} = \frac{F_{щели}}{F_{отв}} = \frac{F_{отв}}{F_{отв}} = 0.25 \right)$ от относительной высоты поднятия экрана ($Re = Re_{авт.}$).

По результатам экспериментов можно заключить:

1. Коэффициент расхода отверстия с внутренним экраном при перемещении последнего меняется от нуля до коэффициента расхода отверстия, соответствующего случаю, когда экран отсутствует.

2. Полученная аналитическая зависимость (19) для определения коэффициента расхода всасывающей щели с внутренним экраном дала хорошую сходимость с экспериментальными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дудинцев Л.М. Коэффициент расхода отверстия в стенке при потоке направленном параллельно стенке. // Изв. вузов. Строительство и архитектура 1969, № 5. – С. 118-122.
2. Максимов Г.А., Дерюгин В.В. Движение воздуха при работе систем вентиляции и отопления. – Л.: Стройиздат, 1972. – 96 с.
3. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.
4. Геджакушян О.Е. Исследование равномерно-всасывающих воздухопроводов с продольными щелями в системах вентиляции. / Автореферат дис. к.т.н. – Киев, 1968. – 20 с.
5. Дубинин Н.Н. Расчет вытяжного воздухопровода постоянного поперечного сечения с продольной щелью постоянной ширины. // Водоснабжение и санитарная техника, 1968, № 4. – С. 14-16.
6. Золотов С.С. Аэродинамика судовой вентиляции. – Л.: Судостроение, 1968. – 311 с.

REFERENCES

1. Dudintsev L.M. Coefficient of discharge holes in the wall with the flow directed parallel to the wall. // *Math. Universities. Construction and Architecture* 1969, № 5. – P. 118-122.
2. Maksimov G.A. Deryugin V.V. The movement of air in the work of ventilation and heating systems. – L.: Stroyizdat, 1972. – 96 p.
3. Taliev V.N. Aerodynamics of ventilation. – M.: Stroyizdat, 1979. – 295 p.
4. Gedzhakushyan O.E. Study of uniformly suction air ducts with longitudinal slits in ventilation systems. / *Abstract Dis. Ph.D.* – Kiev, 1968. – 20 p.
5. Dubinin N.N. Calculation of exhaust duct of constant cross section with a longitudinal slit of constant width. // *Water supply and sanitary engineering*, 1968, № 4. – P. 14-16.
6. Zolotov S.S. Aerodynamics of the ship's ventilation system. – L.: Shipbuilding, 1968. – 311 p.