

УДК 697.922.564

Давыдов А.П. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ap_Davidov@mail.ru

Ланцов А.Е. – соискатель, старший преподаватель

E-mail: isora@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

КОЭФФИЦИЕНТ РАСХОДА ВСАСЫВАЮЩЕГО ОТВЕРСТИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ЧИСЕЛ Re

АННОТАЦИЯ

Всасывающие панели являются эффективными устройствами для улавливания вредных выделений с больших открытых поверхностей. Эффективность их работы во многом зависит от равномерного или заранее заданного распределения расхода воздуха через поверхность всасывания. Методика расчета, позволяющая рассчитать заранее заданную неравномерность расхода воздуха по поверхности всасывающей панели, отсутствует.

При расчете таких панелей важно знать зависимость коэффициента расхода отверстия от числа Рейнольдса. В статье приводятся результаты исследования таких зависимостей для отверстий различного сечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коэффициент расхода отверстия, всасывающие панели, заранее заданная неравномерность, отверстия различного сечения, методика расчета.

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

Lanchov A.E. – applicant, senior lecturer.

Kazan State University of Architecture and Engineering

CONSUMPTION COEFFICIENT OF SUCTION OPENING FOR VARIOUS VALUES OF Re

ABSTRACT

Suction panel are effective devices for trapping harmful emissions from large open surfaces. Their effectiveness depends largely on even predetermined distribution of air flow through the surface suction. Method calculation of that calculates predetermined uneven air flow over the surface of the suction panel are absent. In the calculation of such panels is important to know the dependence of the flow opening of the Reynolds number. The article presents the results of studies of such relations for holes of different sections.

KEYWORDS: coefficient of discharge openings, sucking panel, predetermined unevenness, holes of different sections, the method of calculation.

Введение

Закономерности работы отверстий и насадков при истечении из них жидкостей или газов достаточно хорошо изучены и освещены в литературе [1, 2, 3 и др.]. Эти исследования находят применение при расчете струй различного характера, воздушных завес и т.п. При этом рассматривается истечение из какого-либо ограниченного пространства (резервуар, воздухоораспределитель, отверстие в воздухопроводе) в достаточно большое пространство.

Задача входа воздуха через отверстие в воздухопровод при различных значениях Re изучена меньше. К этой задаче относится втекание воздуха в весьма ограниченное пространство, соизмеримое с размерами самого отверстия, через которое происходит течение. Несомненный интерес при этом представляют исследования, связанные с изучением зависимости величины коэффициента расхода отверстия от значений чисел критерия Re .

Основная часть

В настоящей статье приводятся данные экспериментального исследования всасывающих отверстий различного поперечного сечения. Исследования ставили своей целью экспериментальное определение изменения коэффициента расхода отверстия μ в зависимости от числа Re .

Изучение закономерностей работы всасывающего отверстия прямоугольного сечения проводилось на аэродинамическом стенде, смонтированном в лаборатории. Испытываемый элемент представлял собой воздухопровод, изготовленный из стали, квадратного сечения 0,1 x 0,1 м. Статическое давление отбиралось по сечениям посредством штуцеров, ввинченных в тело воздухопровода. Расход, проходящий через воздухопровод, измерялся камерой статического давления.

Отверстия вырезались в торцевой стенке, изготовленной из фанеры толщиной 0,004 м. Отношение сторон прямоугольных отверстий $a \times b$ составляло 1:1, 1:2 и 1:3; относительная площадь отверстий \bar{F} соответственно составляла 0,0625; 0,25; 0,335; 0,5.

Исследования отверстий круглого сечения проводились на рассчитанной всасывающей панели, прикрепленной к аэродинамическому стенду. Стенд состоял из собственно испытываемой панели, которая укреплена вертикально на воздуховоде, вентилятора всасывания (центробежный вентилятор), с помощью которого производится всасывание воздуха через панель, камеры статического давления с коллектором, установленной для гашения колебаний воздуха и двух участков воздухопроводов прямоугольного сечения 100x100 мм длиной по 2 м один из которых установлен до камеры статического давления, другой – после. На одном из участков воздухопроводов установлен шибер – для регулирования подачи воздуха. Для герметизации соединений использовался пластилин и монтажная самоклеящаяся металлическая лента.

На камере статического давления, воздуховоде и на обратной стороне панели имеются штуцера для отбора статического давления и определения сопротивления.

Измерение скоростей подхода воздуха к всасывающим отверстиям на панели проводилось с помощью термоанемометра ТАМ-1, закреплённого на специальном координатнике. Замеры давлений проводились с помощью микроанометров ММН-240 и ЦАГИ.

Панель представляет собой корпус в форме параллелепипеда, фасадная сторона которого выполнена в виде съёмного листа с отверстиями, а противоположная сторона может перемещаться внутрь панели, тем самым изменяя её толщину. На противоположной стороне панели имеются штуцера для измерения давлений микроанометром. Для удобства перемещения на ней выполнены две ручки.

Таким образом, экспериментально изучались четыре случая истечения. Первый случай – это истечение из отверстия с соотношением сторон 1:2, второй – из отверстия с соотношением сторон 1:3, третий – из отверстия квадратного сечения и четвёртый – из отверстия круглого сечения.

Коэффициент расхода для всасывающего отверстия определялся по формуле (1):

$$m = V_o \sqrt{\frac{r}{2p}} \quad (1)$$

Число Рейнольдса для отверстий прямоугольного сечения рассчитывалось из учета определяющего размера, равного $d_{\text{экв}}$ отверстия.

Проведенные эксперименты показали, что при числах Re , находящихся в исследуемой области ламинарного течения, для круглых отверстий различного диаметра коэффициент расхода μ не является постоянной величиной.

В ходе испытаний было установлено, что коэффициент расхода воздуха через отверстия μ зависит от числа Re . Причем, чем больше значения Re , тем меньше эта зависимость.

На рис. 1, приведены обобщенные экспериментальные зависимости значения коэффициентов расхода μ всасывающих отверстий различного поперечного сечения от значений чисел Рейнольдса.

В области автомодельного течения коэффициент расхода – постоянная величина ($\mu = \text{const}$). Таким образом, при расчетах всасывающих панелей, работающих в диапазоне $Re = 200-6000$, т. е. в области ламинарного и переходного режима, коэффициент расхода следует учитывать в зависимости от значений числа Рейнольдса, а не принимать постоянным.

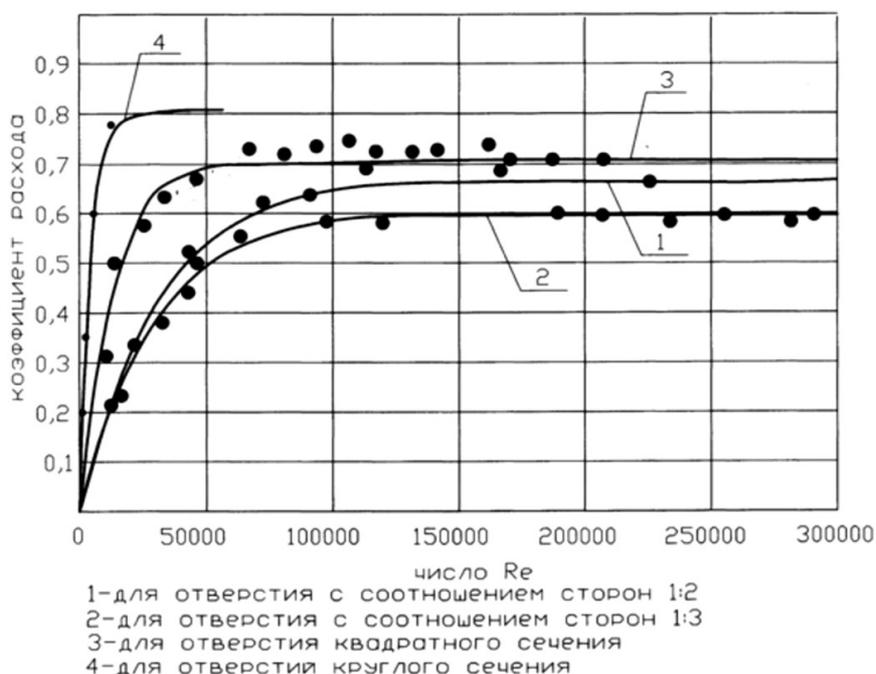


Рис. 1. Зависимость изменения коэффициента расхода μ всасывающих отверстий различного поперечного сечения от числа Re

Математическая обработка данных экспериментов позволила выявить эмпирические зависимости коэффициентов расхода всасывающего отверстия круглого сечения от различных значений чисел Рейнольдса (рис. 2).

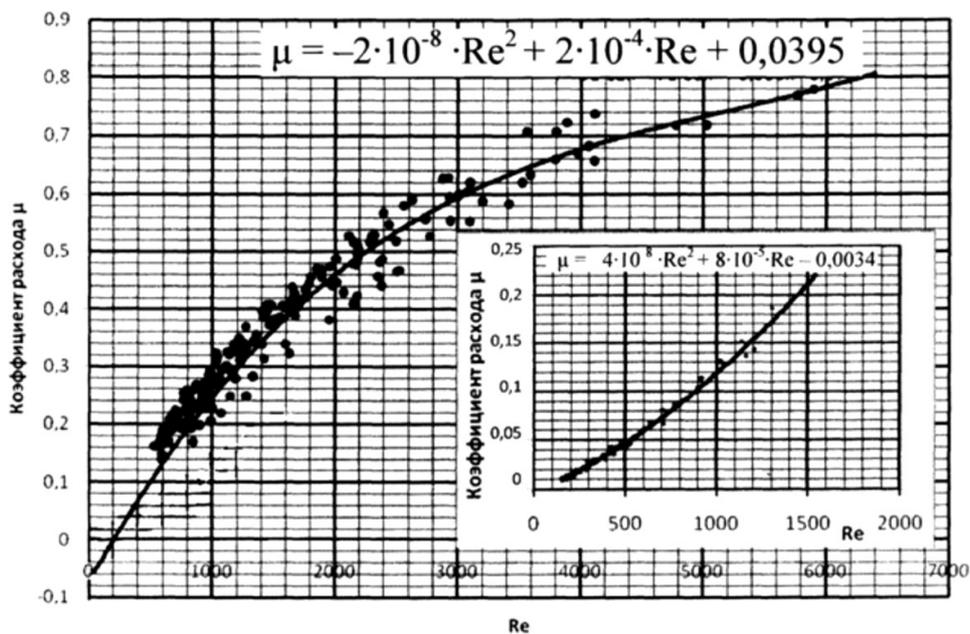
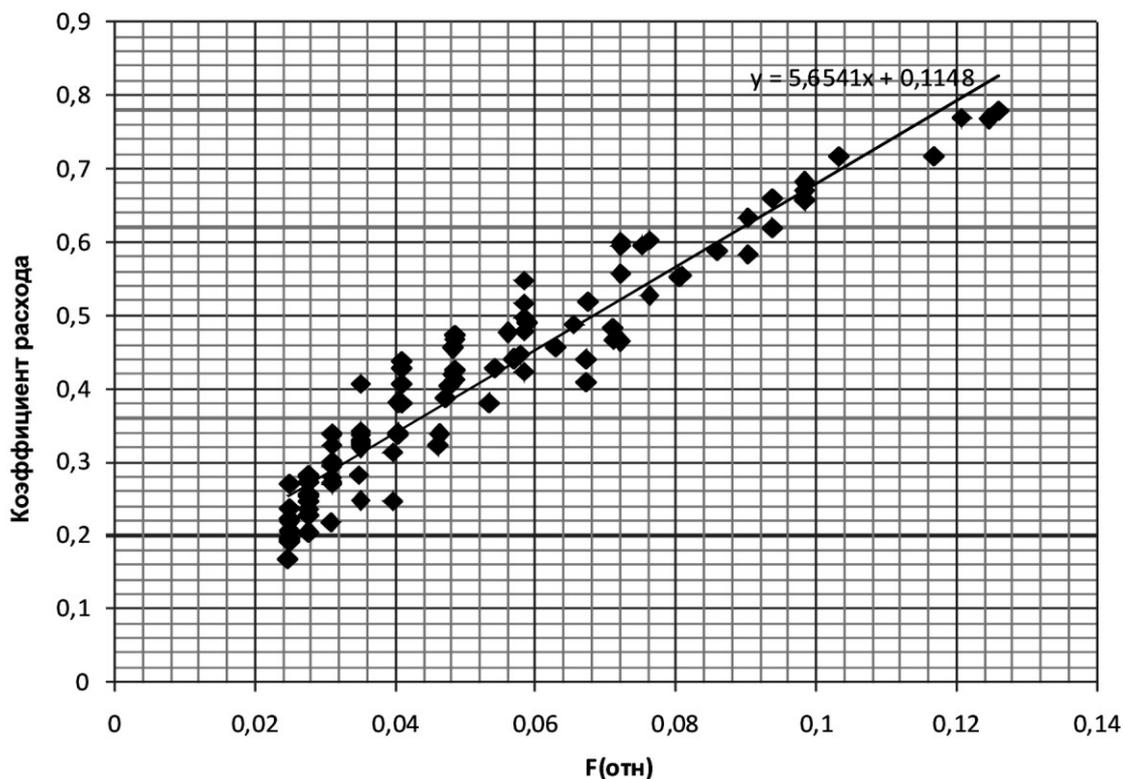


Рис. 2. График изменения коэффициента расхода круглого отверстия от значения чисел Re

Были выявлены эмпирические зависимости, изменения коэффициента расхода круглого всасывающего отверстия от относительной площади \bar{F} . Пример такой зависимости для Re от 200 до 2000 представлен на рис. 3.

Рис. 3. Зависимость коэффициента расхода от относительной площади отверстия при Re от 200 до 2000

В общем виде эмпирическая зависимость, характеризующая изменения коэффициента расхода μ круглого всасывающего отверстия от числа Re , выражается формулами (2):

$$\begin{aligned} Re \text{ от } 200 \text{ до } 1500: \mu &= 4 \cdot 10^{-8} \cdot Re^2 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot Re - 0,0034 \\ Re \text{ от } 500 \text{ до } 4000: \mu &= -3 \cdot 10^{-8} \cdot Re^2 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot Re + 0,0119 \\ Re \text{ от } 1000 \text{ до } 6000: \mu &= -2 \cdot 10^{-8} \cdot Re^2 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot Re + 0,0395 \end{aligned} \quad (2)$$

Условные обозначения:

V_0 – скорость воздуха во всасывающем отверстии, м/с; F – площадь, м; a – ширина отверстия, м; b – длина отверстия, м; $\bar{F} = \frac{f_{отв}}{F_{возд}}$ – относительная площадь; $Re = \frac{d_{экр} V_0}{\nu}$ – критерий Рейнольдса.

Индексы:

$экр$ – эквивалентный; $отв$ – отверстие; $возд$ – воздуховод.

Заключение

По результатам экспериментов нами сделаны следующие выводы:

1. Коэффициент расхода отверстия изменяется от минимальных значений коэффициента расхода отверстия $Re \geq 200$ до автомодельного течения $Re \geq 150000$.
2. Коэффициент расхода отверстий μ различного сечения в значительной мере зависит от числа Рейнольдса в области $Re < 50000$.
3. При расчетах всасывающих отверстий различного сечения коэффициент расхода отверстия необходимо учитывать обязательно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альштуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М.: Недра, 1970.
2. Альштуль А.Д. Местные гидравлические сопротивления при движении вязких жидкостей. – М.: Гостоптехиздат, 1962.
3. Золотов С.С. Экспериментальные исследования коэффициентов расхода и сопротивления шпигатных отверстий при боковом истечении. //Труды ЛКИ, 1960, вып. 31.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1967.
5. Давыдов А.П. Теоретическое и экспериментальное исследования всасывающих воздухопроводов с внутренними экранами. //Дис. к.т.н. – Л., 1976. – 181 с.
6. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Методика расчёта равномерно всасывающей панели. // Материалы IV Международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». – Волгоград: РИО ВГАСУ, 2006.
7. Давыдов А.П., Ланцов А.Е. Равномерно всасывающая панель с боковым отбором воздуха. // Материалы докладов. V школа-семинар молодых учёных и специалистов академика РАН Алемасова В.Е. «Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении». – Казань: Исследовательский Центр проблем энергетики КазНЦ РАН, 2006.

REFERENCES

1. Alshtul A.D. Hydraulic resistance. – M.: Nedra, 1970.
2. Alshtul A.D. Local hydraulic resistance during the motion of viscous fluids. – M.: Gostoptekhizdat, 1962.
3. Zolotov S.S. Experimental studies of the flow coefficient and resistance shpigatny holes in the side after. //Trudy LKI, 1960, v. 31.
4. Bronstein I.N., Semendyaev K.A., Handbook of mathematic. – M.: Nauka, 1967.
5. Davidov A.P. Theoretical and experimental studies of suction air ducts with internal screens. //Dis. Ph.D. – L., 1976. – 181 z.
6. Davidov A.P., Lantsov A.E. Method of calculating the uniform suction panel. //Proceedings of IV International conference «The quality of indoor air and environment». – Volgograd: RIO VGASU, 2006.
7. Davidov A.P., Lantsov A.E. Evenly cover with suction side air bleed. Proceedings of the reports. // V Workshop for young scientists and specialists of Academician Alemasov V.E. «Problems of heat and mass transfer and hydrodynamics in power». – Kazan: Research Center for Energy Problems of RAS, 2006.