



УДК 697.1(107), 697.03:5(107)

Давыдов А.П. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: ap_Davidov@mail.ru

Валиуллин М.А. – кандидат технических наук, профессор

Габдрахиков Р.Р. – аспирант

E-mail: rust413@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К вопросу влияния неравномерности всасывания на объем удаляемого воздуха

Аннотация

В вентиляционной технике, при улавливании выделяющихся вредностей от технологического оборудования, устраивают местные отсосы. Эффективность работы таких устройств зависит не только от равномерности всасывания. В случае несоосного расположения источника вредностей и воздухоприемника появляется необходимость создания неравномерного поля скоростей в воздухоприемнике.

В статье рассматривается течение вредностей от источника к стоку расположенных под различными углами. Получена аналитическая зависимость для определения скорости воздуха в любой точке отсоса. Эффективность улавливания определялась экспериментально при углах расположения источника и стока 90° и 180° , а также визуально с помощью теневого прибора Теплера. Неравномерность всасывания обеспечивалась установкой внутреннего экрана.

Ключевые слова: вентиляционная техника, улавливание вредностей, местный отсос, неравномерность всасывания.

Считается, что высокая равномерность всасывания обеспечивает высокую эффективность работы местного отсоса. Однако, это утверждение справедливо лишь для случая соосного расположения источника вредностей и отсоса. В случае несоосного расположения источника вредностей и воздухоприемника появляется необходимость создания неравномерного поля скоростей в воздухоприемнике [1], [2]. Рассмотрим плоскую схему течения – «источник вредностей» – «воздухоприемник», рис. 1.

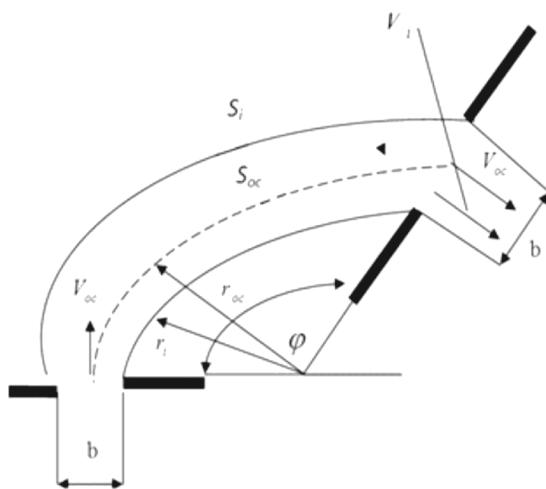


Рис. 1. Расчетная схема

Пусть вредные вещества выделяются равномерно и непрерывно со скоростью V_o , образуя воздушный потенциальный поток. Положение частиц в потоке определяется углом φ и радиусом r_i . Скорость воздуха в любой точке отсоса обозначим через V_i , а на оси потока через V_{oc} . Предполагая, что для предотвращения размыва потока вредностей

необходимо соблюсти условие одинаковости потенциалов скорости в сечениях потока, например, в плоскости отсоса. В этом случае справедливо записать:

$$V_{oc}dS_{oc} = V_i dS_i, \quad (1)$$

где V_{oc} – скорость на оси потока, м/с; V_i – скорость воздуха в любой точке рассматриваемого сечения, м/с; S_{oc} и S_i – соответственно путь проходимый частицей от источника до отсоса по оси и в отдалении от оси.

Путь, пройденный частицей, можно выразить через угол φ и радиус кривизны потока r_i . Таким образом, выражение (1) можно записать в виде:

$$V_{oc}r_{oc}d\varphi = V_i r_i d\varphi, \quad (2)$$

или

$$V_i = V_{oc} \frac{r_{oc}}{r_i}. \quad (3)$$

Скорость воздуха на оси воздухоприемника можно определить с достаточной степенью точности из выражения:

$$V_{oc,\varphi} = V_{oc,0} \frac{S_{oc}}{bm}, \quad (4)$$

где $V_{oc,0}$ – начальная скорость движения, выделяющихся вредностей, м/с; S_{oc} – длина пути, проходимая частицей по оси потока; b – высота воздухоприемного отверстия, м; m – коэффициент, учитывающий влияние экранных поверхностей.

Подставляя в выражение (3) выражение (4), получим:

$$V_i = V_{oc} \frac{r_{oc}}{r_i} \frac{S_{oc}}{bm}. \quad (5)$$

Длину пути, проходимую частицей потока от источника вредностей до отсоса, представляется целесообразным определять как часть длины эллипса, параметрическое уравнение которого, записывается так:

$$x = a \cos \varphi; y = c \sin \varphi, \quad (6)$$

где a и c оси эллипса.

Радиус кривизны, в этом случае, выразится в виде:

$$r = \frac{(a^2 \sin^2 \varphi + c^2 \cos^2 \varphi)^{2/3}}{ac}, \quad (7)$$

а длина пути:

$$S = \int_0^{\varphi} \sqrt{(a^2 \sin^2 \varphi + c^2 \cos^2 \varphi)} d\varphi. \quad (8)$$

С учетом выражений (6), (7) и (8) уравнение (5) можно представить как:

$$V_i = V_{oc} \frac{a_{oc} c_{oc} (a_{oc}^2 \sin^2 \varphi + c_{oc}^2 \cos^2 \varphi)^{2/3}}{b m a_i c_i (a_i^2 \sin^2 \varphi + c_i^2 \cos^2 \varphi)^{2/3}} \int_0^{\varphi} \sqrt{(a_{oc}^2 \sin^2 \varphi + c_{oc}^2 \cos^2 \varphi)} d\varphi. \quad (9)$$

В том случае, если $a=c=r$, где r радиус поворота потока воздуха по окружности.

В этом случае выражение (9) принимает вид:

$$V_i = V_{oc} \frac{r^{3/2}}{b m r_i^{2/3}} \int_0^{\varphi} d\varphi. \quad (10)$$

Уравнение (9) позволяет определить скорость воздуха по высоте отсоса при любой величине угла от 0 до φ_i . Из анализа уравнения (9) вытекает, что требуемая неравномерность всасывания воздуха по высоте отсоса зависит только от соотношения расстояний от общего полюса.

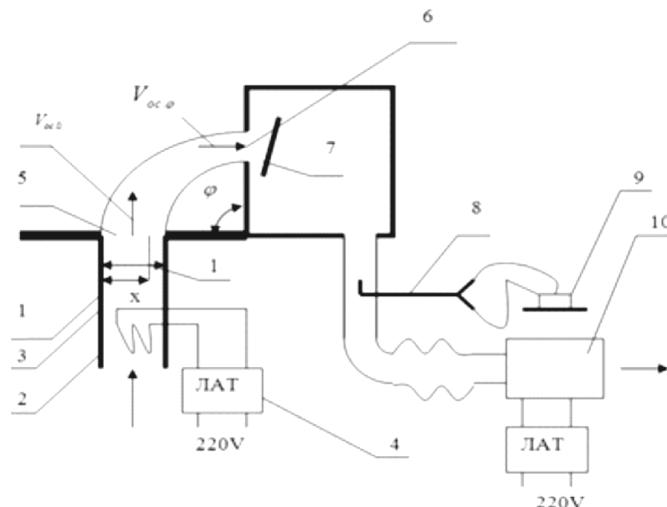
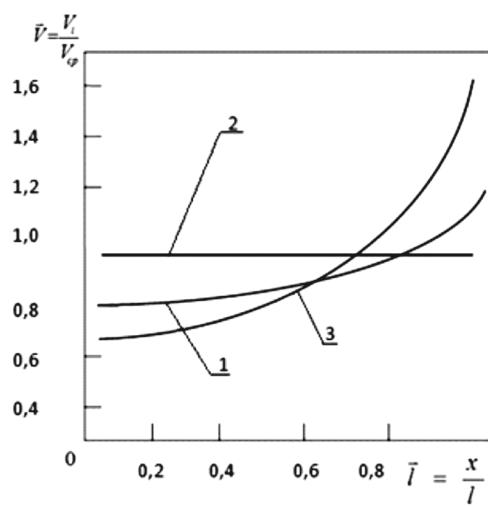


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

С целью проверки полученных зависимостей были проведены экспериментальные исследования с использованием теневого прибора Теплера. Экспериментальная установка рис. 2 представляла собой воздухопровод – I. В начале воздухопровода размещался нагреватель – 2. Воздухопровод изолировался асбестовым шнуром – 3. Напряжение на нагревателе регулировалось с помощью лабораторного автотрансформатора – 4.

Конвективный поток выходил через отверстие – 5 размером 0,04x0,01 м с установкой вдоль большего края оптических стекол, с целью приближения течения к плоскому, и через отверстие размером 0,04x0,04 м. Улавливание конвективного потока осуществлялось через отверстия равного размера – 6. Неравномерность всасывания по высоте отверстий обеспечивалось установкой внутреннего экрана – 7. Скорость воздуха в конвективном потоке замерялась термоанемометром. Удаление воздуха осуществлялось пылесосом – 10, производительность которого регулировалась лабораторным трансформатором. Расход воздуха во всасывающем воздухопроводе определялся по динамическому давлению в нем, замеряемому пневтометрической трубкой – 8 и микроманометром ММН-250-9. Эксперимент проводился при двух углах установки отсоса относительно источника выделения вредностей – $\varphi=90^\circ$ и $\varphi=180^\circ$. Коэффициент m в расчетах принимался равным – 0,16 для $\varphi=90^\circ$ и 0,23 для $\varphi=180^\circ$.

Рис. 3. Кривые распределения скоростей – $\varphi=90^\circ$ и $\varphi=180^\circ$

На рис. 3 (кривая 1, $\varphi=90^\circ$; кривая 3, $\varphi=180^\circ$) приведена зависимость распределения скорости воздуха, входящего во всасывающее отверстие. По данным, приведенным на рис. 3, можно заключить, что в эксперименте обеспечивалась достаточно близкая к расчетной неравномерность всасывания воздуха. Максимальное отклонение составило 14 %. На этом же рисунке (кривая 2) показано распределение скорости воздуха конвективного потока в плоскости его выхода из отверстия, максимальное отклонение скорости составило 16 %.

Картина течения конвективного потока к отсосу при неравномерном всасывании фиксировалась с помощью теневого прибора Теплера при одновременном замере расхода воздуха. Объем удаляемого воздуха при использовании отсоса с неравномерным всасыванием был ниже на 40-60 % чем при равномерном всасывании для щелевого воздухоприемника. Расхождение между расходом удаляемого воздуха, рассчитанным с использованием формулы (9) и полученным в результате эксперимента, составила для щелевого воздухоприемника при угле $\varphi=90^\circ$, -13 %, для угла $\varphi=180^\circ$, -18 %.

На рисунке 4а и 4б приведены теневые картины течения «конвективная струя» – «отсос» для условий их расположения $\varphi=90^\circ$. Рис. 4а показывает картину течения для условий неравномерного всасывания, 4б для условий равномерного всасывания при одинаковых объемах удаляемого воздуха. Характер течения, представленный на рис. 4б показывает прорыв конвективного потока за пределы улавливания отсосом при угле $\varphi=90^\circ$.

На рисунке 5а и 5б приведены теневые картины течения «конвективная струя» – «отсос» для условий их расположения $\varphi=180^\circ$. Рис. 5а показывает картину течения для условий неравномерного всасывания, 5б для условий равномерного всасывания при одинаковых объемах удаляемого воздуха. Характер течения, представленный на рис. 5б также показывает прорыв конвективного потока за пределы улавливания отсосом при угле $\varphi=180^\circ$.

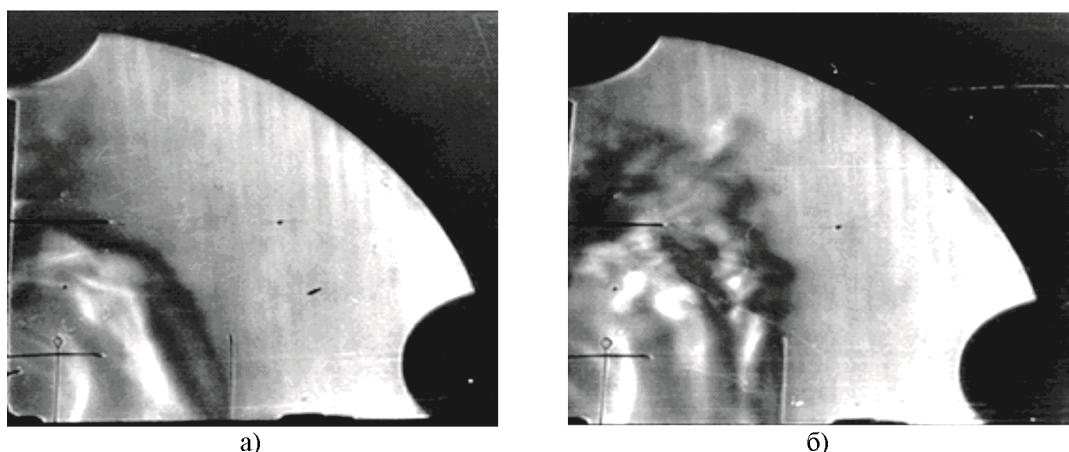


Рис. 4. Теневая картина течения «конвективная струя» – «отсос» для условий их расположения $\varphi=90^\circ$

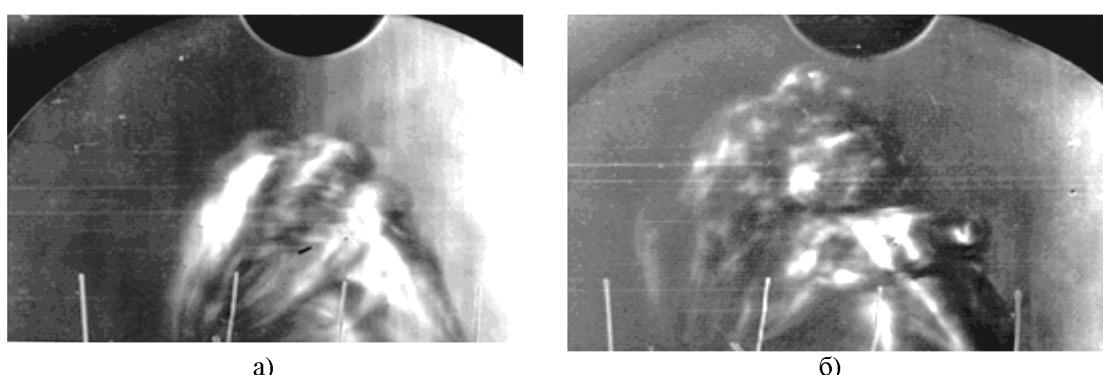


Рис. 5. Теневая картина течения «конвективная струя» – «отсос» для условий их расположения $\varphi=180^\circ$

Список библиографических ссылок

1. Порохин В.Н. Рациональное конструирование местных отсосов. // Водоснабжение и санитарная техника, № 11, 1978. – С. 28-29
2. Аверьянов А.Г., Гримиткин Я.И., Тимофеева О.И., Эльтерман Е.М., Эльянов Л.С. Вентиляция цехов судостроительных заводов. – Л.: Судостроение, 1969. – 156 с.

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

E-mail: ap_Davidov@mail.ru

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

Gabdrafikov R.R. – post-graduate student

E-mail: rust413@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

To the question of the influence of suction irregularity on the exhaust air volume

Resume

In some cases, technological equipment releases harmful substances as vapors, gases, dust, etc. In order to create the required sanitary-hygienic conditions the workplace is arranged by exhaust ventilation – a local suction.

The overall performance is determined by the uniformity of suction of pollutant emission. However, such a requirement is valid only in a coaxial arrangement of the «source» – a «sink». If it is not an important role on the local ventilation performance affects the condition of suction irregularity throughout the height of the holes.

This paper considers the case of out of alignment location of the system the «source» – a «sink». Analytically received dependence affords to determine the velocity of suction throughout the height of the air inlet at any angle of out-of-alignment of the system the «source» – a «sink».

Obtained dependences were verified experimentally by using the shadow device «Toepler». The irregularity suction throughout the height of the air inlet was regulated by the installation of internal screen.

The volume of exhaust air by using the air inlet with the irregular suction was 40-60 % less than in the same conditions but in equally suction air inlet. The discrepancy between the flow of exhaust air was calculated according to the dependences obtained in the experiment, was 13 % at an out-of-alignment angle of 90 degrees, and 18 % for an out-of-alignment angle of 180 degrees.

Keywords: ventilation equipment, carbon capture «hazards», system «source» – «sink», suction irregularity.

References

1. Posohin V.N. Rational design of local suction // Water supply and sanitary engineering, № 11, 1978. – P. 28-29.
2. Averianov A.G., Grimitkin Ia.I., Timofeev O.I., Elterman E.M., Elyanov L.S. Ventilation shops shipyards. – L.: Shipbuilding, 1969. – 156 p.