

#### Список использованных источников

1. Бучкина Е.А., Аксютин И.Я., Сиренко В.В., Боровиков С.В. Динамика изменения показателей качества электроэнергии в распределительных сетях ОАО «МОЭСК». Управление качеством электрической энергии: Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Москва, 26-28 ноября 2014 г. М.: ООО «Центр полиграфических услуг Радуга», 2014.
2. Боровиков В.С., Волков М.В., Иванов В.В и др. Опыт корпоративного обследования электрических сетей 110 кВ Сибири: Монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 228 с.
3. Ollendorff F., Potentialfield der Electrotechnik, Berlin, 1932

УДК 697.922.563 + 532.525.2

### ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУИ, ИСТЕКАЮЩЕЙ ИЗ СРЕДНЕГО БОКОВОГО ОТВЕРСТИЯ

### STUDY OF KINEMATIC PROPERTIES OF JET FLOWING FROM THE MIDDLE SIDE DUCT ORIFICE

Гимадиева Г. А., Зиганшин А. М.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.  
Казань, amziganshin@kgasu.ru

Gimadieva G. A., Ziganshin A. M.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

**Аннотация:** В работе рассмотрена приточная струя, выходящая из плоского канала через боковое отверстие. Определен угол выхода струи, а так же ее кинематические свойства. Построены профили скорости. Приведено сравнение полученных результатов с известными данными.

**Abstract:** In work the supply jet flowing out of the flat channel through a side orifice considered. Determined jet exit angle, as well as its kinematic properties. The velocity profiles plotted. The comparison of the results with the known data carried out.

**Ключевые слова:** приточное отверстие; среднее боковое отверстие; профили скорости; угол выхода струи.

**Key words:** supply orifice; middle side orifice; velocity profiles; jet exit angle.

При проектировании систем вентиляции требуется знать данные для расчета воздухораспределения, а также для определения потерь давления, такие, как коэффициенты местных сопротивлений и коэффициенты затухания струй. Для определения КМС обычно пользуются данными, приведенными в

«Справочнике проектировщика» [1], либо в «Справочнике по гидравлическим сопротивлениям» [2]. Однако в них нет данных по сопротивлениям для среднего бокового отверстия. В статье [3] приведены данные по КМС для среднего бокового отверстия, полученные опытным путем. Также результаты экспериментов по данной теме есть в книге [4].

В работе приводятся результаты расчета при помощи программного комплекса *Fluent*, при этом используется ранее верифицированная численная схема решения о течении в двухмерном канале [5]. При решении каждой задачи первоначально устраняется, так называемая «сеточная зависимость» (зависимость решения от размеров ячеек расчетной сетки) при помощи последовательного измельчения ячеек в областях наиболее резкого изменения скорости течения.

Размеры расчетной области 2x4 м (рис. 1), ширина канала 0,1 м, размер бокового отверстия 0,032 м. Границы *ABCDE* – свободные проницаемые, *AF*, *EI* и *GK* – твердые стенки, *AG* – входная граница (массовый расход 1 кг/с), *IK* – выходная граница (постоянное избыточное давление 800 Па).

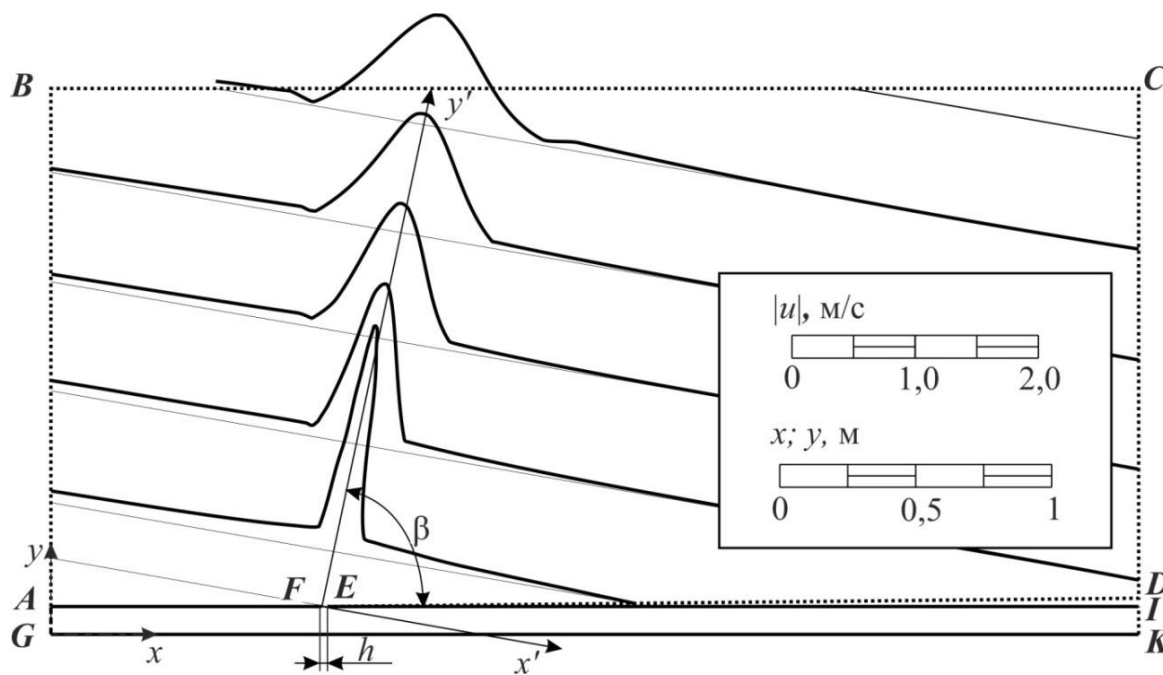


Рис. 1. Геометрия расчетной области и профили скорости в поперечных сечениях струи

Избыточное давление на выходной границе канала *IK* устанавливается для создания требуемого соотношения расходов  $G_{отв}$  – выходящего через боковое отверстие и общего расхода в канале  $G_0$ , в данном случае  $G_{отв}/G_0 = 0,896$ .

Для определения угла выхода струи строятся горизонтальные сечения, в расчетной области, по оси  $u_x$  шагом 0,02 м, где строятся эпюры модуля скорости. За ось струи принимается место точек максимальных значений скорости. Значение угла наклона оси между сечениями  $y_i$  и  $y_{i-1}$  определяется по приращениям координат  $\Delta x_i = \Delta x_i - \Delta x_{i-1}$  точки максимума скорости в сечениях  $\Delta y_i = y_i - y_{i-1}$  и вычисляется по формуле:  $\beta = \arctg(\Delta y_i / \Delta x_i)$ .

До сечения  $y=0,18$  ось струи искривлена, далее ось струи практически прямолинейна (отклонение от прямой не превышает 10 %), с углом наклона  $80,01^\circ$ .

На (рис. 2) показано поле скоростей в виде эпюр модуля скорости в поперечных сечениях струи в координатах  $(x';y')$ .

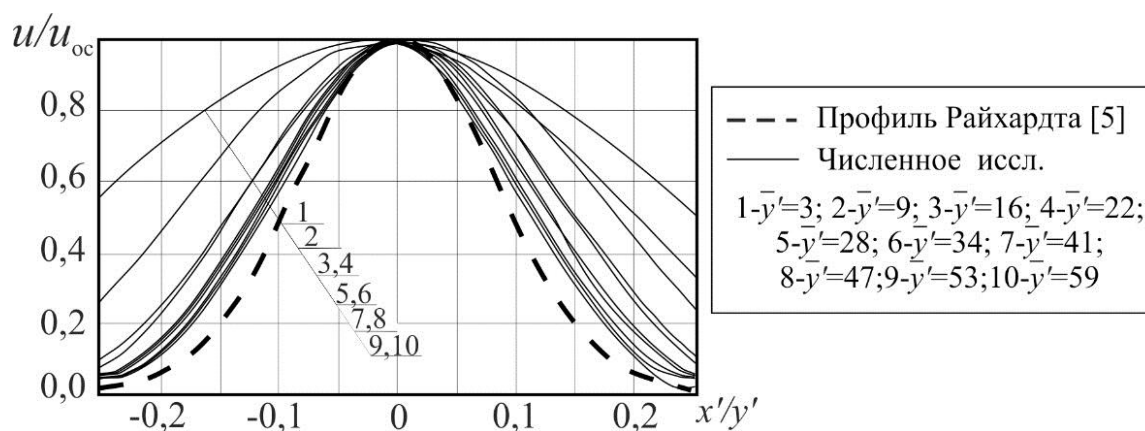


Рис. 2. Профили относительной скорости

На (рис. 2) показаны профили относительной скорости  $u/u_{oc}$  ( $u$  – скорость в данной точке, а  $u_{oc}$  – осевая скорость в этом сечении) в зависимости от  $x'/y'$ . Штриховой линией на этом графике показан экспоненциальный профиль Райхардта, обычно использующийся для струй при описании профиля относительной скорости [5]:

$$u/u_{oc} = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x'}{c \cdot y'} \right)^2}, \quad (1)$$

где  $c = 0,082$  – экспериментальная константа.

На (рис. 3) показан график изменения коэффициента  $c$  по длине струи. Его значение непостоянно по длине струи и изменяется в основном участке ( $20 < \bar{y}' = y'/h < 60$ ) в пределах  $0,115 < c < 0,096$ .

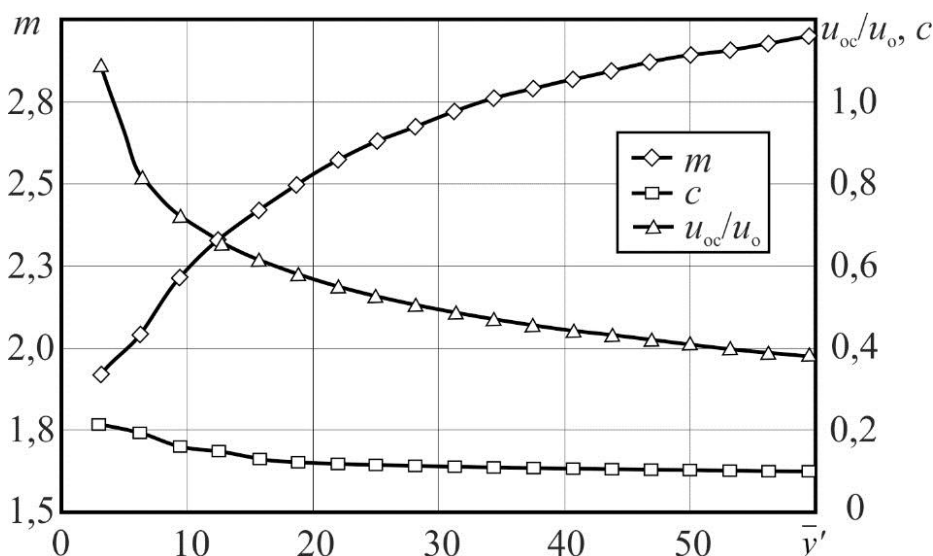


Рис. 3. Изменение безразмерной осевой скорости и коэффициентов  $m$  и  $c$  по длине струи

Там же нанесен коэффициент  $m$ , характеризующий кинематические свойства струи и зависящий от условий истечения воздуха через приточный насадок, который определяется по формуле:  $m = u_{oc}/u_0 \cdot \sqrt{y'}$ , где  $u_0$  – среднерасходная скорость на истечении. А также безразмерная осевая скорость  $u_{oc}/u_0$ . Среднее значение коэффициента  $m = 2,78$  было определено по основному участку, на котором значения коэффициента практически постоянны (отклонение от среднего не более 5 %). В [1] приведено значение коэффициента  $m$ , которое для прямоугольного щелевого отверстия при ненастилающейся струе равно 2,5.

По результатам исследования можно сделать вывод об отличии кинематических свойств струи истекающей из среднего бокового отверстия от струй, истекающих из торцевых отверстий каналов.

#### Список использованных источников

1. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. В60 Ч.3, Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1992. 319 с.
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
3. Ханжонков В.И., Давыденко Н.И. Сопротивление боковых отверстий концевой участка трубопровода // Промышленная аэродинамика. М., 1959. № 15. С. 38-46.
4. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. М.: Стройиздат, 1954. 288 с.
5. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. М.: Стройиздат, 1978. 145 с.

УДК 669.187.2:621.365.2]:662.612.321/322

## **РАБОТА СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

### **THE WORK OF MODERN ELECTRIC ARC FURNACE USING DIFFERENT FUELS**

Глухов И. В., Плесакин И. В., Воронов Г. В.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, ermia12@mail.ru

Glukhov I. V., Plesakin I. V., Voronov G. V.  
Ural Federal University, Ekaterinburg