

коллективная монография. Т. IV / под ред. И. А. Керимова, В. А. Широковой. Грозный : Академия наук Чеченской Республики, 2015. С. 200–204.

6. Шереметов И. М. Опыт применения геофизических методов при выполнении инженерно-экологических изысканий // Научный потенциал регионов на службу модернизации : межвузовский сборник научных трудов / под общ. ред. В. А. Гутмана, А. Л. Хаченьяна. Астрахань : АИСИ, 2012. № 1 (2). С. 46–55.

7. Пархоменко А. Н. О необходимости микробиологической диагностики почв, испытывающих антропогенное воздействие // Юг России: экология, развитие. 2010. № 4. С. 88–91.

8. Сизов А. П. Оценка качества городских земель в системе их мониторинга // Изв. РАН, сер. географическая. 2002. № 4. С. 74–85.

9. Камышев А. П. Методы и технологии мониторинга природно-технических систем Севера Западной Сибири / под ред. А. Л. Ревзона. М., 1999. 230 с.

10. Ревзон А. Л. Картографирование состояния геотехнических систем. М. : Недра, 1992. 223 с.

11. Сладкопечев С. А., Дроздов С. Л. Актуальные вопросы и проблемы геоэкологии. М. : Изд-во МИИГАиК, 2008. 260 с.

12. Долгова Л. Г. Применение ферментативной активности как одного из диагностических показателей, характеризующих загрязнение промышленными выбросами почвы // Биологическая диагностика почв. М. : Наука, 1976. С. 76–77.

УДК 697.922.26 + 519.633.6

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ОТВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е. Э. Беляева, А. М. Зиганшин

*Казанский государственный
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Работа посвящена численному 3D-моделированию течения воздуха в вентиляционных каналах с отводом под углом 90° при различных соотношениях размеров канала. Показано снижение потерь давления при профилировании «острых» фасонных деталей.

***Ключевые слова:** численные методы, отвод, профилирование, коэффициент местного сопротивления, Fluent.*

Presented the results of numerical 3D simulation of air flow in a ventilation channels with the elbow at an angle of 90° with different ratios of channel sizes. It is shown decrease of pressure losses by profiling the "sharp" shaped parts.

***Keywords:** numerical methods, elbow, profiling, local resistance coefficient, Fluent.*

В настоящее время при исследовании гидро- и аэродинамических явлений все больше применяются численные методы [1–5]. При этом могут использоваться как специально разработанные программные коды, так и более универсальные вычислительные комплексы. Коды, написанные для решения конкретных задач, хорошо описывают течения, для моделирова-

ния которых были разработаны, однако сложны в использовании и не универсальны. Современные инженерные программные комплексы, обладая удобным интерфейсом, достаточно универсальны и позволяют проводить исследования широкого класса явлений. Кроме того, с использованием компьютерного моделирования сокращается время исследования и материальные затраты на осуществление эксперимента. При всех явных достоинствах такого способа при сравнении с натуральным экспериментом, основной сложностью компьютерного моделирования является определение набора всех настроек и моделей решения – «численной схемы». Наиболее правильно проводить такую настройку путем сравнения результатов получаемых при численном расчете с ранее известными результатами достоверных экспериментальных исследований [6, с. 286].

В работе при помощи комплекса вычислительной гидродинамики (ВГД, CFD – Computational Fluid Dynamics) *Ansys Fluent* проводится исследование течения в вентиляционных каналах с унифицированным фасонным элементом в форме отвода под углом 90° для различных соотношений ширины канала после (b_1) и до отвода (b_0), а также для разной высоты канала (a_0) (рис. 1). По результатам подробного изучения смоделированного явления производится совершенствование отводов с целью снижения их сопротивления. Для этого на начальном этапе необходимо построить компьютерную модель уже усовершенствованной фасонной детали и смоделировать течение в ней. После этого следует изучить параметры течения и показать снижение сопротивления от предложенного решения.

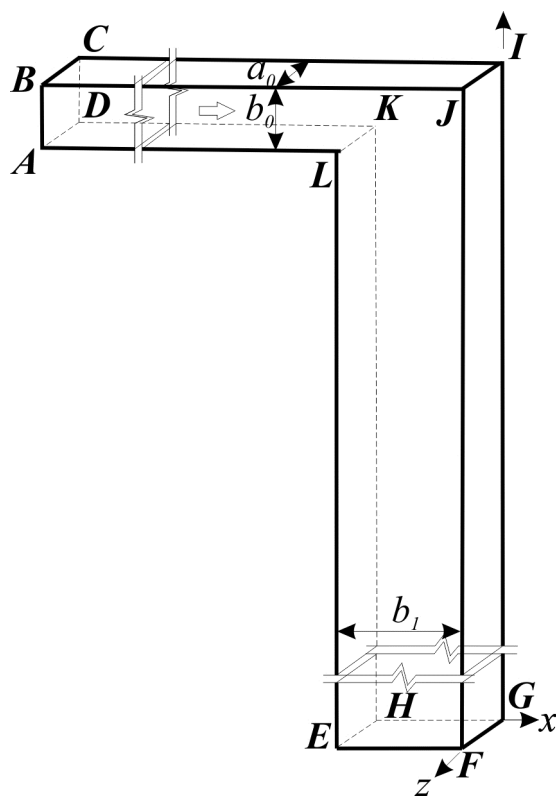


Рис. 1. Геометрия расчетной области (для случая $b_1/b_0 = 2$ и $a_0/b_0 = 4$)

Геометрия области и первоначальная расчетная сетка построена в препроцессоре *Gambit*. Задача была решена для ряда геометрий (табл. 1–2).

Таблица 1

Размеры компьютерной модели отвода при $b_0 = 0,1$ м

		$b_1, \text{ м}$				
		0,02	0,06	0,1	0,2	0,3
$a_0, \text{ м}$	0,025	-	+	+	+	-
	0,1	-	+	+	+	-
	0,4	-	+	+	+	-
	∞ (2D)	+	+	+	+	+

Таблица 2

Размеры компьютерной модели отвода при $b_0 = 0,2$ м

		$b_1, \text{ м}$		
		0,12	0,2	0,4
$a_0, \text{ м}$	∞ (2D)	+	+	+

Входная граница **ABCD** моделируется при помощи граничного условия (ГУ) “*velocity inlet*” – задающее равномерный профиль скорости $v=10\text{ м/с}$ ($Re = 2,6 \cdot 10^4 \div 1 \cdot 10^5$); на выходной границе **EFGH** – избыточное давление равно нулю, остальные границы – твердая стенка.

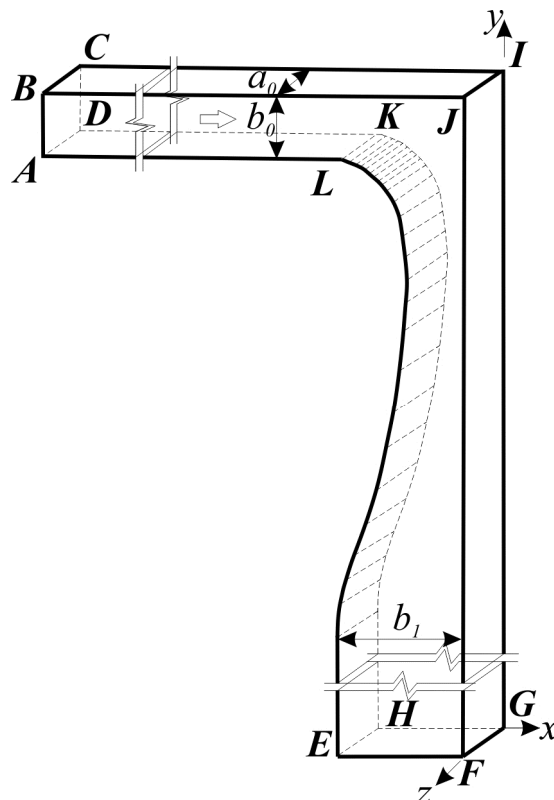
В качестве модели турбулентности выбрана «стандартная» $k-\epsilon$ модель со стандартными пристеночными функциями, поскольку наиболее адекватно воспроизводит исследуемое явление [7]. Для избавления от сеточной зависимости при решении каждого варианта задачи производилось последовательное измельчение сетки с определением коэффициента местного сопротивления (КМС) на каждом этапе. К примеру, в задаче при $b_1/b_0 = 2$ и $a_0/b_0 = 1$, у первоначальной сетки, размер ячеек составлял $2,48 \cdot 10^{-3}$ м, а их количество – $1,46 \cdot 10^3$ шт. После ряда измельчений сетка, принятая как окончательная, имела размер ячеек $2,43 \cdot 10^{-6}$ м, их количество – $1,18 \cdot 10^7$ шт. При этом значение КМС были следующие: на самой грубой сетке – 0,754 и затем на двух последних – наиболее мелких сетках: 0,928 и 0,905. Поскольку их отличие между собой не превышало 2,5 %, решение, полученное на последней сетке принималось за окончательное. Аналогичная процедура проводилась при решении задач для всех геометрий отвода.

Определенные в [3] очертания вихревых зон, образующихся при срыве с внутренней кромки двухмерного отвода, использовались далее для создания компьютерных моделей профилированных отводов (рис. 2). Для каждого соотношения b_1/b_0 использовался собственный профиль вставки. Размеры профилированных отводов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Размеры компьютерной модели профилированного отвода при $b_0 = 0,1\text{ м}$

		$b_1, \text{ м}$				
		0,02	0,06	0,1	0,2	0,3
$a_0, \text{ м}$	0,025	-	+	+	+	-
	0,1	-	+	+	+	-
	0,4	-	+	+	+	-
	$\infty (2D)$	+	+	+	+	+

Рис. 2. Геометрия расчетной области (для случая $b_1/b_0 = 2$ и $a_0/b_0 = 4$)

По результатам проведенного исследования построен график зависимости КМС профилированного отвода для диапазона изменения относительной ширины канала после поворота b_1/b_0 и относительной глубины a_0/b_0 (рис. 3). Здесь для сравнения также приведена зависимость для непрофилированного отвода одной глубины – $a_0/b_0 = 1$, построенная по данным численного расчета [3] и по известным данным [6].

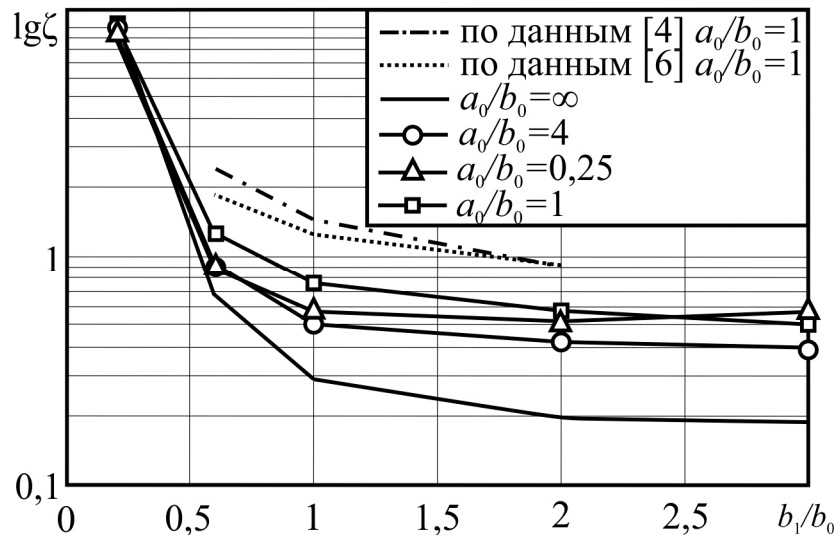


Рис. 3. Зависимость КМС от соотношения размеров b_1/b_0 и a_0/b_0

По результатам численного исследования было выявлено, что профилирование острого отвода на 90° позволяет снизить его КМС от 32 до 64 %, в зависимости от его размеров. Это приводит к сокращению эксплуатационных затрат на работу вентиляторов, а также капитальных затрат при сооружении системы вентиляции.

Список литературы

1. Зиганшин А. М., Беляева Е. Э., Соколов В. Снижение потерь давления при профилировании острого отвода и отвода с нишей // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 1. С. 108–116.
2. Röhrig R., Jakirlić S., Tropea C. Comparative computational study of turbulent flow in a 90° pipe elbow // Int. J. Heat Fluid Flow. 2015. Vol. 55. P. 120–131.
3. Беляева Е. Э., Зиганшин А. М. Численное моделирование течения в канале с острым отводом для широкого диапазона изменения размеров // Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Стерлитамак : УГНТУ, 2016. С. 205–206.
4. Беляева Е. Э., Зиганшин А. М. Численное моделирование течения в канале с профилированным отводом для широкого диапазона изменения размеров // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно - практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Екатеринбург: УрФУ, 2016. С. 81–84.
5. Yamashita H. et al. Fluid Flow and Heat Transfer in a Two-dimensional Miter-bend : 1st Report, Experiments and Analyses // Bull. JSME. 1986. Vol. 29, № 258. P. 4164–4169.
6. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.
7. Беляева Е. Э., Зиганшин А. М. Численное определение сопротивления плоского отвода для широкого диапазона изменения размеров // Материалы III Международной конференции (IX Всероссийской конференции) «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции «НАСКР – 2016». 23–24 ноября. Чебоксары : ЧувГУ, 2016. С. 464–469.