

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 697.922 : 532.559.2

Бадыкова Л. Н., Зиганшин А. М., Шамсутдинов Т. Ф.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
amziganshin@kgasu.ru

СНИЖЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЫТЯЖНЫХ ТРОЙНИКОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Работа посвящена численному исследованию течения в плоском вытяжном тройнике с отводом под 90° , профилированном по очертаниям вихревой зоны, образующейся при срыве потока с острой кромки. Показано уменьшение гидравлическое сопротивление такого тройника в 3 раза по сравнению с непрофилированным.

Известно что, большое количество энергии, теряемое в системах вентиляции зданий, тратится на преодоление так называемых местных сопротивлений. Под местными сопротивлениями понимают участки вентиляционной сети, в которых на сравнительно небольшом по длине участке теряется значительное количество энергии. В основном такие потери возникают в различного рода фасонных деталях систем – отводах, конфузорах и диффузорах, тройниках, крестовинах и т. п. Энергия в них затрачивается на деформацию потока воздуха при изменении направления и/или скорости потока воздуха, а также в вихревой зоне, образующейся при срыве потока с острых кромок фасонной детали. Если спрофилировать фасонную деталь по очертаниям образующихся вихревых зон, то можно уменьшить их образование или даже практически полностью исключить их возникновение, что приведет к снижению потерь давления в них [1], а значит, снизит энергоемкость всей вентиляционной системы в целом.

Исследованиям очертаний вихревых зон занимались в разное время и разными методами. Известны работы аналитического решения этой задачи, например, методом конформных отображений, при допущении, что течение вне зоны завихрения – потенциальное. Это справедливо при исследовании течений жидкости подтекающей к стокам различной конфигурации из неограниченного объема [2]. При течении в канале, конечно, такое допущение должно приводить к существенным погрешностям. Много работ по исследованию сопротивления фасонных частей систем вентиляции – экспериментальные. Чаще всего авторы определяют падение давления и коэффициенты местных сопротивлений (КМС) [3, 4]. С развитием численных методов, и особенно с разработкой и развитием программных комплексов, реализующих методы вычислительной

гидродинамики, появляется все больше работ по численному исследованию, в том числе течений в фасонных частях. При численном эксперименте имеется возможность не только определить падение давления и КМС фасонной детали, но и подробно изучить само течение, в том числе и очертания вихревых зон [5, 6].

Авторами ранее было проведено численное исследование течения в аналогичном тройнике [7], показано хорошее соответствие результатов получаемых при помощи компьютерной модели известным экспериментальным данным о сопротивлении таких фасонных деталей. Кроме того, были определены очертания вихревой зоны возникающей при срыве потока с острой кромки тройника.

Данная работа посвящена численному исследованию течения в тройнике, внутренняя поверхность которого спрофилирована согласно очертаниям вихревой зоны, найденной ранее. Использовалась ранее верифицированная численная схема решения – граничные условия, физические модели, методы дискретизации и т. п.

Геометрия области и линии тока характерного течения показаны на рис. 1. Границы AB , FE – граничное условие Pressure Outlet со значением избыточного давления равным нулю, на границе CD – равномерный профиль скорости (Velocity Inlet) $v_x = -68$ м/с. Соотношение расходов при этом по ответвлению G_0 и на слиянии G_C составляло 0,52.

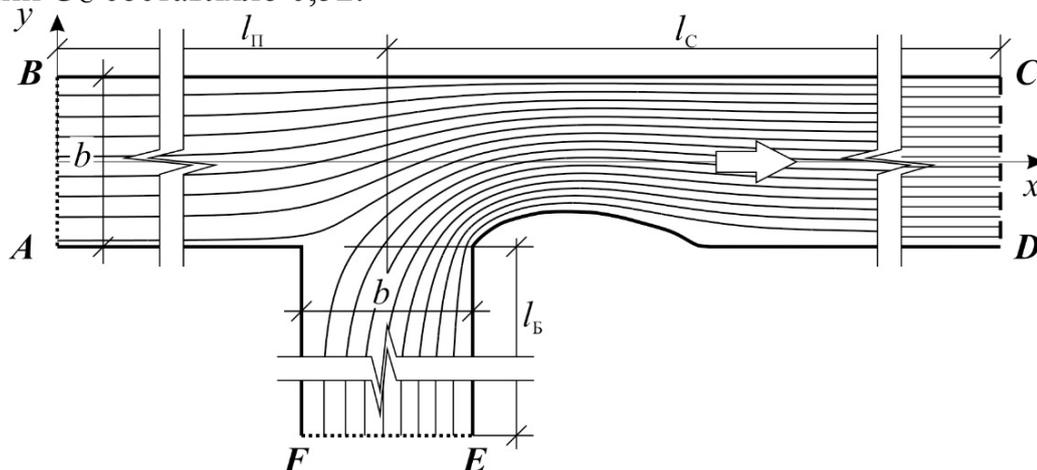


Рис. 1. Геометрия расчетной области

Для устранения «сеточной зависимости» проводилось последовательное измельчение сетки, с определением сопротивления тройника на каждом этапе измельчения сетки. Первоначальная сетка имела следующие параметры: минимальный размер ячейки – $3,3 \cdot 10^{-4}$ м, количество расчетных узлов – 15730. Один раз производилось измельчение всей расчетной области, а затем в пристенной области. У итоговой сетки минимальный размер ячейки составлял $8,05 \cdot 10^{-8}$ м, количество расчетных узлов – 46,9 млн. Такое сильное измельчение проводилось поскольку, согласно рекомендациям, значение безразмерного расстояния y^* (характеризует степень измельчения сетки в пристеночной области) должно быть порядка 30 при использовании «стандартных пристеночных функций» (Standard Wall Functions – SWF) и y^+ (аналог y^*) порядка

1 при использовании «расширенного пристеночного моделирования» (Enhanced Wall Treatments – EWT).

На рис. 2 показано изменение значений КМС тройника на проход и на ответвлении ζ при измельчении сетки в зависимости от y^* для SWF и y^+ для EWT. Здесь видно, что для SWF, несмотря на рекомендации, значения КМС стремятся к своему значению при $y^* \sim 200 \dots 300$, а при меньших значениях начинают сильно изменяться, что означает зависимость решения от сетки. При использовании же модели EWT значения КМС устанавливаются и перестают зависеть от мелкости сетки довольно быстро (при значениях y^+ порядка 70).

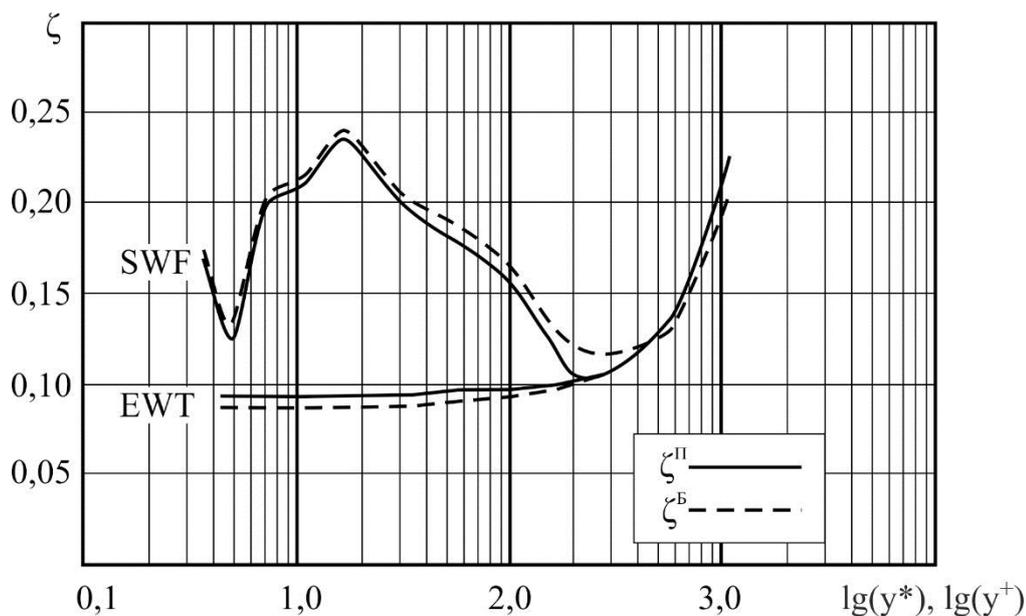


Рис. 2. Значения ζ профилированного тройника

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования обеих моделей пристеночного моделирования, но отметить необходимость проверки сеточной зависимости.

Согласно данным [3], значение КМС для непрофилированного тройника аналогичной конструкции при $G_0/G_C = 0,52$ составляет для прохода: $\zeta_П = 0,54$ и для ответвления $\zeta_0 = 0,45$. Значения КМС в профилированном тройнике соответственно $\zeta_П = 0,11$ и $\zeta_0 = 0,12$, что более чем в три раза меньше чем в непрофилированном.

Список использованных источников

1. Зиганшин А. М. Снижение энергозатрат при движении потоков путем профилирования фасонных частей в коммуникациях энергоустановок // Надежность и безопасность энергетики. 2015. № 1. С. 63–68.
2. Шулекина Е. И. Расчет поля скорости в полости, из которой отсасывается воздух / Е. И. Шулекина, В. Н. Посохин, А. М. Зиганшин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2001. № 4. С. 81–84.
3. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.
4. Kulkarnia D., Cuia J., Idema S. Laboratory testing of converging flow flat oval tees and laterals to determine loss coefficients (RP-1488) // HVAC&R Res. 2011. Vol. 17. № 5. P. 710–725.

5. Gan G., Riffat S.B. Numerical determination of energy losses at duct junctions // Appl. Energy. 2000. Vol. 67. № 3. P. 331–340.
6. Mumma S. Analytical determination of duct fitting loss-coefficients // Appl. Energy. 1998. Vol. 61. № 4. P. 229–247.
7. Зиганшин А. М. Численное моделирование течения в двухмерном тройнике / А. М. Зиганшин, В. Н. Посохин, Л. Н. Бадыкова, Г. А. Гимадиева // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 5. С. 89–95.

УДК 697.91:536.253

Барышева О. Б., Беляева Е. Э., Зиганшин А. М.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
amziganshin@kgasu.ru

ВЫБОР ПРИСТЕНОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ О СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ НАД ВЫСТУПАЮЩИМ ТЕПЛОИСТОЧНИКОМ

Аннотация. Численно решается задача о свободно-конвективном течении над выступающим теплоисточником. Определяется, наиболее адекватно воспроизводящая достоверно известные данные, пристеночная модель.

При расчете и проектировании систем вентиляции и кондиционирования важным вопросом является правильный расчет выделяющейся в помещении теплоты. Особенно это касается промышленных цехов со значительной явной теплонапряженностью. В случае если в помещении присутствуют мощные сосредоточенные источники тепла, возникающие над ними конвективные струи также вносят существенный вклад в перемещение воздушных масс, а в некоторых случаях являются единственным его побудителем. Поэтому важным вопросом рационального, а значит и энергоэффективного конструирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха является определение характеристик конвективных струй над различного рода теплоисточниками.

Существующие работы, в основном, посвящены определению теплоотдачи от теплоисточника, как правило, очень простой формы. Например, в известных справочниках приводятся критериальные уравнения конвективной теплоотдачи для случая горизонтальной пластины, заделанной заподлицо с окружающей поверхностью [1, 2]. В то время как на практике имеются случаи, когда теплоисточник поднят над окружающей плоскостью. Приведенные в справочниках данные основываются на экспериментах. В настоящее время получил широкое распространение, так называемый, численный эксперимент – это компьютерное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена, реализующих, при помощи программных комплексов, методы вычислительной гидродинамики.