

С. А. Филимонова, А. М. Зиганшин

Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Казань

svfi1996@gmail.com, amziganshin@kgasu.ru

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ В СИММЕТРИЧНОМ ТРОЙНИКЕ НА СЛИЯНИЕ – НЕРАВНОСТОРОННЯЯ ГЕОМЕТРИЯ

Представлены результаты численного исследования течения в симметричном тройнике на слияние, у которого магистральный канал в два раза шире бокового ответвления. Исследованы разные сочетания моделей и выбрано приводящее к наиболее физическим результатам, но отмечается отличие от экспериментальных данных.

Ключевые слова: численное моделирование, валидация компьютерной модели, течение в тройнике.

S. A. Filimonova, A. M. Ziganshin

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

COMPUTER MODEL OF FLOW IN A SYMMETRIC JUNCTION TEE – UNEQUAL SIDED DESIGN

The results of a numerical study in a symmetric junction tee with the main canal are twice as wide as the lateral channel, were presented. Various combinations of models were investigated and select that leading to the most physical ones, and noted some inconsistency with experimental data.

Keywords: *numerical modeling, validation of computer models, flow in a tee.*

При проектировании систем вентиляции используются разные фасонные элементы, многие из которых имеют «острую» геометрию и приводят к существенным потерям энергии из-за возникновения вихревых зон. Актуальным является снижение потерь энергии,

потребляемой системами вентиляции, в том числе за счет снижения их сопротивления. Как показали предыдущие исследования, путем профилирования можно добиться существенного снижения коэффициента местного сопротивления (КМС) фасонных элементов в виде несимметричного тройника на слиянии [1]. Однако большое разнообразие фасонных деталей не исчерпывается этой исследованной конфигурацией. В работе исследуется течение в вытяжном симметричном неравностороннем тройнике на слиянии.

Численное моделирование проводится в программе *ANSYS Fluent* в двухмерной турбулентной постановке. Геометрия расчетной области представлена на рис. 1. Основные размеры вытяжного тройника: ширина и длина боковых каналов (до слияния) $b_B = 0,1$ м и $l_B = 1$ м ($l_B/b_B = 10$) соответственно; ширина основного канала (после слияния) $b_C = 0,2$ м и его длина $l_C = 6$ м ($l_C/b_C = 30$). Также на рисунке показаны линии тока характерного течения, при одинаковых расходах в боковых каналах. Видны две вихревые зоны вблизи углов *C* и *F*, и одна на оси тройника, в месте столкновения двух потоков.

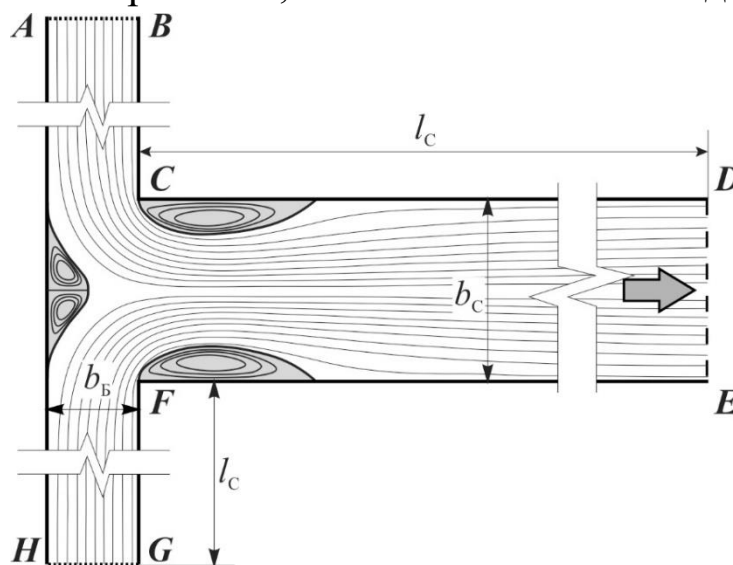


Рис. 1. Геометрия расчетной области и характерные линии тока течения

Установлены следующие граничные условия (ГУ): участки *AB* и *HG* – свободные границы, для входа воздуха (ГУ – «*pressure inlet*»), *DE* – вытяжная граница ГУ – «*velocity inlet*» $v = 40$ м/с ($Re = 2,3 \cdot 10^4$), остальные границы – непроницаемые (ГУ – «*wall*»).

Для проверки и настройки численной модели используются модели турбулентности: «стандартная» k - ϵ (*SKE*), модель

Рейнольдсовых напряжений (*RSM*), в сочетании с различными способами пристеночного моделирования – «стандартные» пристеночные функции (*SWF*) и расширенное пристеночное моделирование (*EWT*) и *k- ω SST* (*KW SST*). Первоначально проводится исследование на «сеточную сходимость» – последовательное измельчение расчетной сетки (адаптация) с проведением решения на каждом этапе адаптации. Первые 3 адаптации – по всей расчетной области, на 4-й и 5-й расчетная область уменьшалась в 2 раза, с 6 по 11 адаптации – вдоль стенок тройника, при этом рассчитывалось значение коэффициента местного сопротивления ζ , с использованием методики, описанной в [2], размер ячеек контролировался с помощью безразмерных расстояний y^* для *SWF* и y^+ для *EWT*.

На рис. 2 показано изменение КМС при измельчении сетки, для всех исследованных сочетаний моделей (рис. 2а), а также для наиболее измельченных сеток – очертания вихревых зон (ВЗ) для разных моделей (рис. 2б).

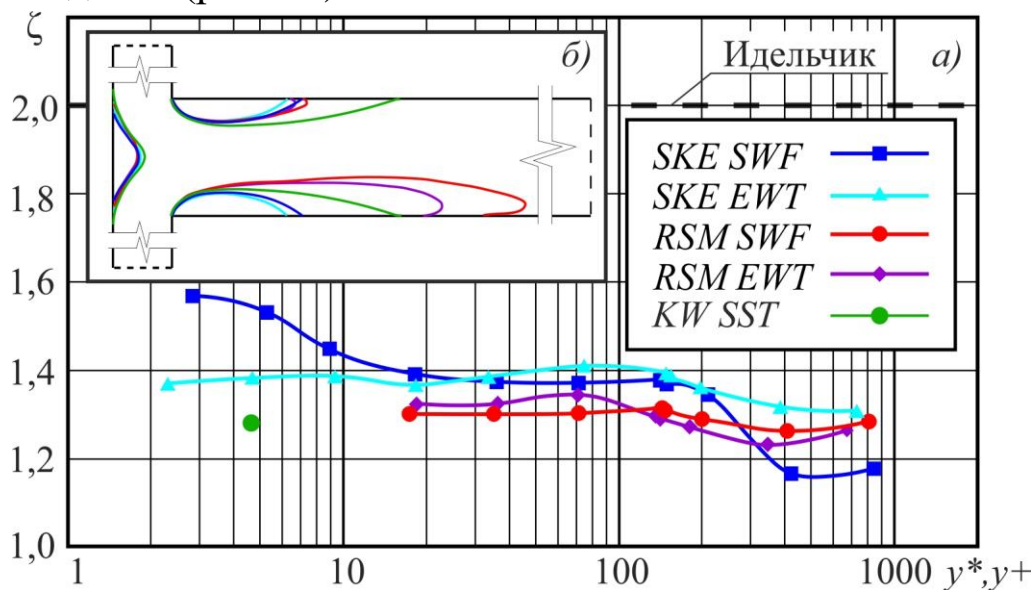


Рис. 2. Изменение КМС (а) и очертания ВЗ (б) при использовании сочетания разных моделей и при измельчении сетки

Видно, что при использовании сочетания *SKE SWF* значение КМС перестает изменяться при $y^*=140 - 20$, а при $y^*<20$, опять начинает изменяться. Для *SKE EWT*, характерно значение КМС, практически не зависящее от размеров ячеек сетки, что говорит о лучшей сеточной сходимости. С использованием модели *RSM* при

определенной степени измельчения ($y^+ < \sim 20$) задача не сходится. По очертаниям ВЗ (рис. 2б), также можно сделать вывод о большей адекватности решения при использовании модели *SKE*. На рис. 3, где показано изменение очертаний (ВЗ) при адаптациях для сочетания моделей *SKE EWT*, видно, что для сеток, у которых $y^+ < \sim 30$, очертания ВЗ уже практически неотличимы друг от друга, что также говорит об устранении «сеточной зависимости» численного решения.

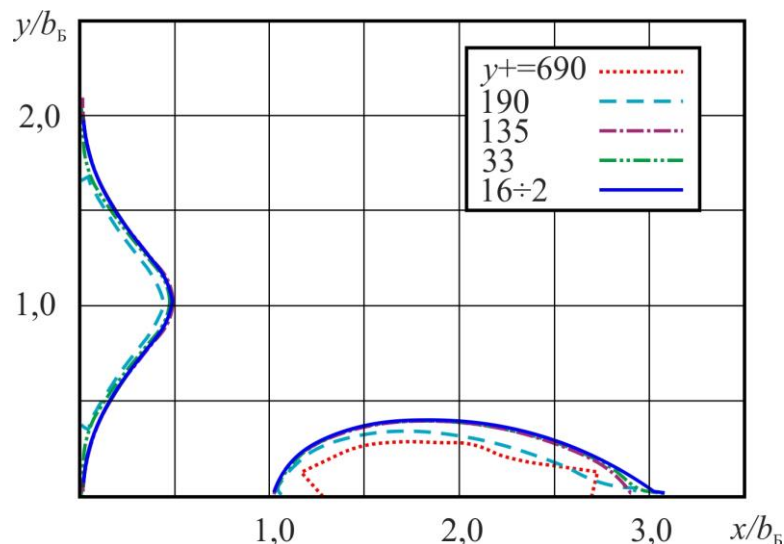


Рис. 3. Очертания ВЗ при адаптациях расчетной сетки

Значение КМС, полученное численно, имеет расхождение с известным значением [3], поэтому необходимо провести исследования для всего диапазона изменения отношения расхода на боковом ответвлении к расходу на слиянии. С помощью найденных очертаний вихревых зон, в дальнейшем можно смоделировать профилированную конструкцию такого тройника и определить возможность снижения КМС и уменьшения энергозатрат.

Список использованных источников

1. Зиганшин А. М., Бадыкова Л. Н. Численное моделирование течения в профилированном вентиляционном тройнике на слияние // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 6. С. 41–48.
2. Зиганшин А. М., Посохин В. Н., Бадыкова Л. Н., Гимадиева Г. А. Численное моделирование течения в двухмерном тройнике // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 5. С. 89–95.
3. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.