

Проблемы энергетики. Новые технологии – пути преодоления кризиса

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛЕ С ВНЕЗАПНЫМ СУЖЕНИЕМ

А. М. Зиганшин, И. И. Гатауллин

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань (Россия)*

Известно, что большая доля электропотребления среди систем жизнеобеспечения зданий приходится на привод вентиляторов систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Поэтому исследование характеристик элементов вентиляционных сетей, с целью снижения их сопротивления является актуальной задачей.

Сейчас большое количество программных комплексов по проектированию инженерных систем, также как и современное высокотехнологичное оборудование по производству элементов таких систем, позволяют инженеру принимать наиболее эффективные и рациональные, с точки зрения соответствия архитектурно-планировочным требованиям, решения по прокладке инженерных коммуникаций. Это становится возможным благодаря использованию нестандартных и неунифицированных элементов систем. При этом расчеты таких систем обычно проводятся с использованием методик применимых только для унифицированных деталей систем, и как следствие – установке избыточного количества регулирующих элементов, а также необоснованному завышению установочной мощности вентиляторов. Знание аэродинамических характеристик таких нестандартных элементов сети позволит более корректно определять параметры устанавливаемого вентилятора. Кроме этого возникает задача оптимизации таких нестандартных элементов, с целью улучшения их аэродинамических качеств.

Спектр возможных вариантов конструкций элементов сети весьма велик, и использование натурального эксперимента здесь не рационально. Широко распространенный сейчас численный эксперимент в гидродинамике (CFD) позволяет исследовать большой круг проблем без значительных материальных затрат.

В работе исследуется сопротивление участка прямого канала при внезапном сужении. Задача решается в двухмерной постановке. Численно решается система уравнений турбулентного изотермического течения жидкости. В качестве модели турбулентности выбрана стандартная k-ε модель. Пристеночная область моделируется специальными уравнениями – стандартные пристеночные функции.

Геометрия решаемой задачи приведена на рис. 1.

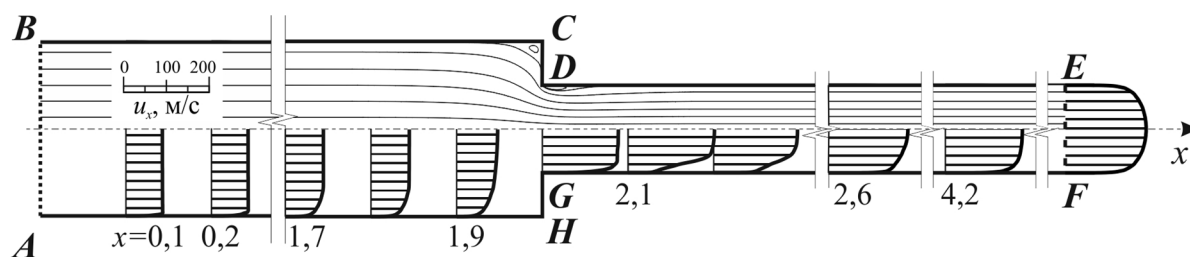


Рис. 1. Геометрия области, линии тока и эпюры продольной скорости

На входной границе AB (ширина – 0,2 м) задано условие равномерного распределения скорости – $u = 85$ м/с (Re по границе $EF = 5,7 \cdot 10^5$). Граница EF – выход потока (ширина 0,1 м). Остальные границы – непроницаемые стенки (условие непроскальзывания).

На рис. 1 также показаны, полученные в результате расчета, линии тока и эпюры продольной составляющей скорости (u_x) полученного течения.

Видно, что вначале канала происходит деформация начального (прямоугольного) профиля скорости в некоторый «стандартный» (сечения $x = 0,1; 0,2 \dots 1,7$), затем начиная с некоторого расстояния до сужения начинается деформация поля скорости потока, связанная с возмущающим элементом. То же самое, но более выражено, происходит и после возмущающего элемента.

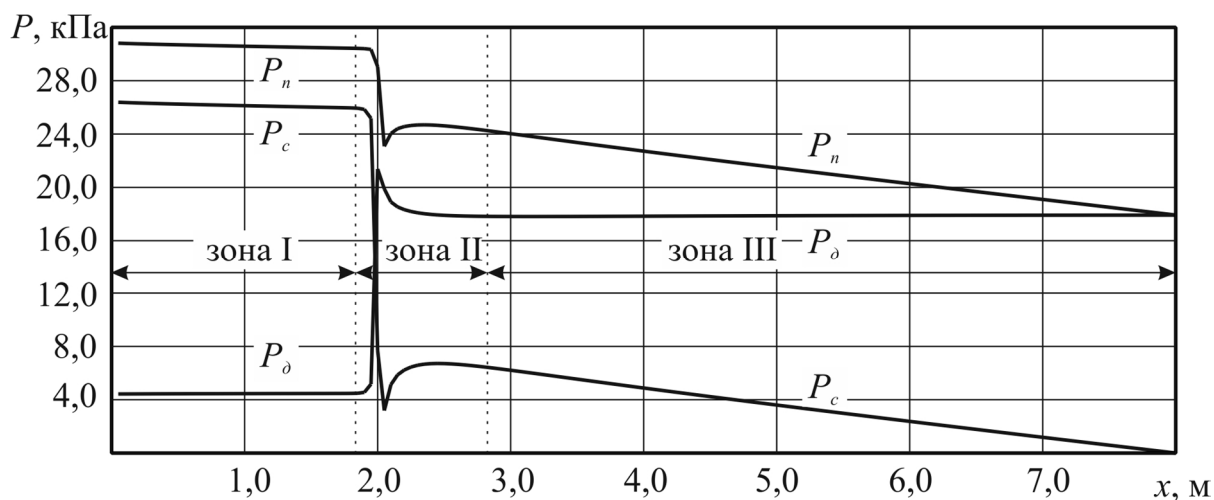


Рис. 2. Изменение давлений по длине канала

На рис. 2 показано рассчитанное изменение полного, статического и динамического давлений по сечениям канала. Здесь аналогично профилям скорости, но более отчетливо, можно наблюдать результаты деформации профиля в разных областях течения в канале.

Потери полного давления в канале с возмущающим элементом происходят из-за трения и из-за перестройки поля скоростей, связанного с действием возмущающего элемента.

На графике изменения полного давления видны несколько характерных зон: I – течение с постоянным по величине удельным падением давления ($\Delta P_{y\partial} = \Delta P_n/l$) происходящего из-за трения ($0 < x < \sim 1,8$); II – резкое падение давления вплоть до сужения, и продолжающееся несколько дальше ($\sim 1,8 < x < \sim 2,1$) – до сечения с максимальным поджатием из-за вихревой зоны, образованной срывом потока с острой кромки сужения. После сужения имеется некоторое увеличение давления, связанное с расширением потока после окончания вихревой зоны ($\sim 2,1 < x < \sim 2,3$). Далее следует зона достаточно резкого снижения давления до сечения $x \sim 2,8$. После этого опять начинается зона постоянного по величине $\Delta P_{y\partial}$ – зона III.

Ясно, что потери давления на местном сопротивлении ограничиваются зоной II, которую можно назвать зоной влияния возмущающего элемента. Чтобы точнее определить ее границы нужно построить график изменения удельного падения давления по сечениям канала $\Delta_i = (\Delta P_{y\partial}^i - \Delta P_{y\partial}^{i+1}) / \Delta P_{y\partial}^i, \%$

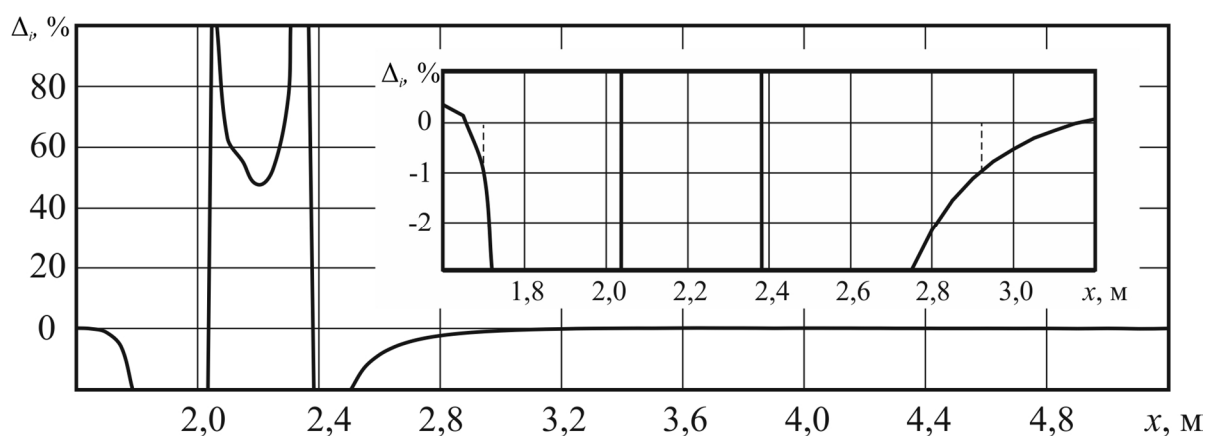


Рис. 3. Изменение Δ_i по длине канала

На рисунке видно область (до и после возмущающего элемента), в которой изменения удельного падения давления практически не происходит ($\Delta_i \sim 0$), в остальной области эта величина существенно меняется. В области $\sim 1,95 < x < \sim 2,45$ значения Δ_i более 150 % по

абсолютной величине. Для удобства график Δ_i построен в пределах $-20 \% \div 100 \%$.

Задавшись некоторой малой величиной значения Δ_i , можно выделить зону влияния возмущающего элемента. При $|\Delta_i| = 1 \%$ зона влияния начинается с $x = 1,7$ м, а заканчивается в сечении $x = 2,92$ м (см. рис. 3). Протяженность зоны влияния составляет 1,22 м. Падение давления на этом участке – $\Delta P_n = 6350,7$ Па. Коэффициент местного сопротивления составит

$$\zeta = (\Delta P_n - \Delta P_{mp}) / P_\delta = (6350,7 - 1270) / 17701,3 = 0,287;$$

где ΔP_{mp} – потери давления на участке зоны влияния связанные с трением, определенные по численному расчету, P_δ – динамическое давление в канале определенное по узкому сечению. Что очень близко (разница менее 3,5 %) к 0,297 – значению, рассчитанному по формуле, указанной для такого сужения в [1, с. 151].

Полученные результаты позволяют говорить о возможности применения данной схемы численного решения при моделировании подобных явлений.

Литература

1. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик ; под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 672 с.