

СТАЦИОНАРНЫЕ И НЕСТАЦИОНАРНЫЕ РЕЖИМЫ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ПЛОСКОМ ДИФфуЗОРЕ

Федюшкин А.И.

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, 119526, Москва

Задача о течении в диффузоре давно привлекает внимание ученых и инженеров, например, первые известные автомодельные решения задачи о стационарных течениях в диффузоре (конфузоре) были независимо получены еще около ста лет тому назад Дж. Джеффри и Г. Гамелем. Несмотря на простоту постановки задачи, она не перестает быть актуальной и привлекает внимание ученых и инженеров до настоящего времени, так как гидродинамические течения в диффузоре изобилуют наличием различных режимов течения и многообразием гидродинамических явлений в них и, как следствие, имеют большое количество технических приложений.

В данной работе на основе анализа результатов численного решения уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости изучены стационарные и переходные режимы течения в плоском диффузоре с малым углом раствора без учета силы тяжести. В зависимости от числа Рейнольдса (для диапазона $0 < Re < 2,8 \cdot 10^3$) показаны картины течений в диффузоре и смена их режимов от симметричного стационарного, к несимметричному стационарному и, затем, к нестационарному несимметричному. В работе указаны диапазоны существования данных режимов в диффузоре длиной $L = 0.495\text{ м}$ и с углом раствора $\beta = 4^\circ$ в зависимости от значений чисел Рейнольдса Re ($Re = U_{in} l_{in} / \nu$, где ν - вязкость, l_{in} - длина дуги, а U_{in} - скорость на входе в диффузор, направленная по нормали к границе l_{in} , соответствующая постоянному расходу Q). Более подробная постановка и метод решения задачи указаны в работе [1].

Стационарные симметричные течения

Численные результаты показали, что при небольших постоянных расходах Q , вплоть до чисел Рейнольдса $Re = 268$, рассчитанное течение вязкой несжимаемой жидкости в диффузоре имеет стационарный характер с симметричным профилем скорости (рис.1). Это хорошо согласуется с критическим числом Рейнольдса $Re^* = 269$.

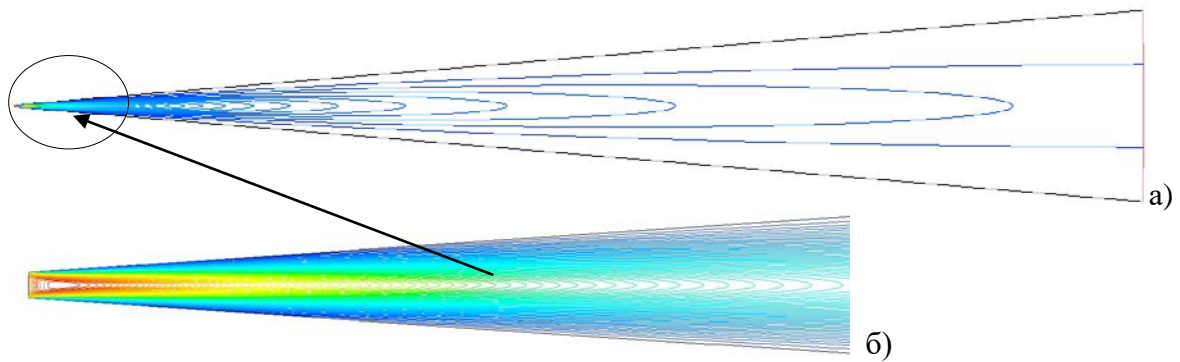


Рис 1. Изолинии горизонтальной компоненты скорости V_x при $Re=249$
 а) V_x во всей расчетной области диффузора, б) V_x во входном участке диффузора)

Стационарные несимметричные течения

Расчеты показали, что для чисел Рейнольдса $270 < Re < 350$ скорости течения по времени, начиная в начальный момент движения с нулевых значений скорости, достигают стационарных значений и остаются неизменными во времени, при этом сохраняется несимметричность потока, как, например, это показано на рис.2 для $Re=279$.

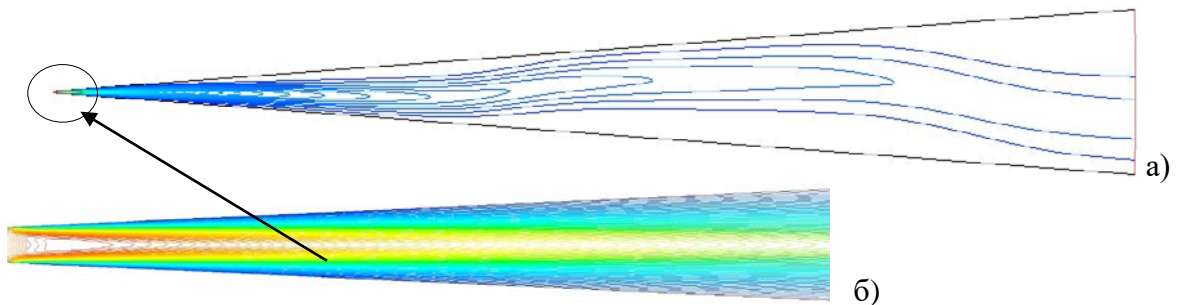


Рис.2. Изолинии горизонтальной компоненты скорости V_x при $Re=279$
 а) V_x во всей расчетной области диффузора, б) V_x во входном участке диффузора)

Нестационарные несимметричные течения

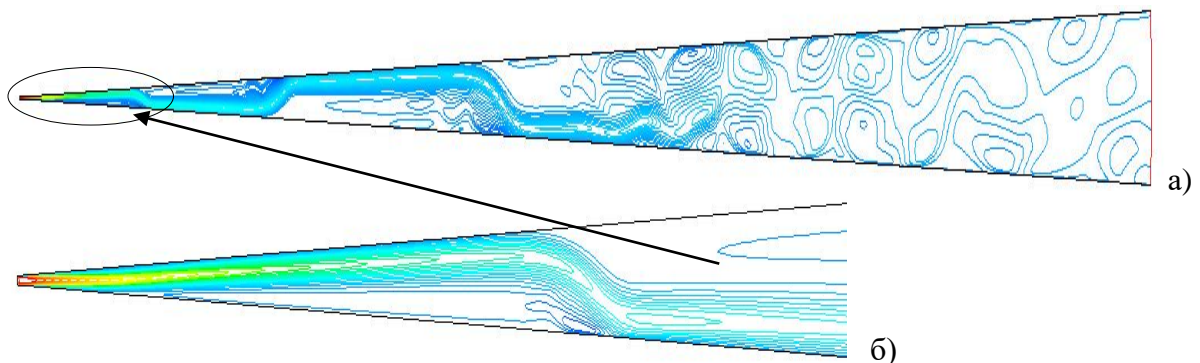


Рис.3. Изолинии горизонтальной компоненты скорости V_x при $Re=419$
 а) V_x во всей расчетной области диффузора, б) V_x во входном участке диффузора)

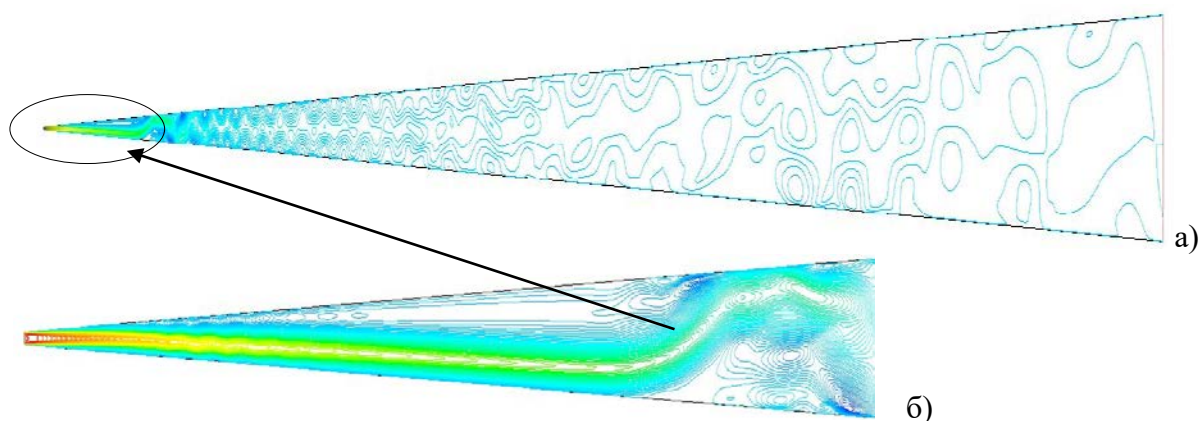


Рис.4. Изолинии горизонтальной компоненты скорости V_x при $Re=559$
 а) V_x во всей расчетной области диффузора, б) V_x во входном участке диффузора)

На рис.3 и 4 показаны структуры нестационарных несимметричных течений для $Re=419$ и $Re=559$, соответственно. Расчеты показали, что частота перемежаемости (изменения угла вектора скорости) основного течения зависит от величины числа Рейнольдса и уменьшается к выходному участку диффузора, как и амплитуда изменения угла наклона вектора скорости, детали показаны в работе [1].

Средние амплитуды и частоты осцилляций скорости по времени в разных поперечных сечениях диффузора имеют разные значения, и изменяются по длине диффузора [1].

Выводы

Для стационарных режимов численно показано существование симметричных и несимметричных режимов. Для нестационарного режима численно показаны перемежаемость структуры течения и изменение амплитуды и частоты временных осцилляций скорости течения в зависимости от расстояния от входа в диффузор. Для разных режимов показаны поля изменения направления вектора скорости течения. Результаты могут быть использованы для качественной оценки характера течения при числах Рейнольдса $0 < Re < 2,8 \cdot 10^3$ в узких диффузорах и верификации CFD кодов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 15-08-01365.

Литература

1. Федюшкин А.И., Течение вязкой несжимаемой жидкости в плоском диффузоре: переход от симметричного к несимметричному и от стационарного к нестационарному режимам течения. - Препринт ИПМех РАН, № 1075, Москва, 2014, 42с.