

Российская Академия наук
Национальная Академия наук Украины
Центральный Аэрогидродинамический институт
им. проф. Н.Е. Жуковского
Институт Гидромеханики НАН Украины

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АЭРОДИНАМИКИ

Материалы Восьмой
Международной школы-семинара

МЦНМО
Москва
2008

Термоанемометрия и визуализация потока в канале с элементами дискретной шероховатости на ламинарном и переходном режимах течения

В.М. Молочников, А.А. Паерелий, Ф.С. Занько, М.В. Еронин
Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН, Казань

Каналы с элементами дискретной шероховатости в виде выступов различной формы широко используются в теплообменных устройствах с интенсифицированным теплообменом. Наибольший интерес представляет диапазон чисел Рейнольдса, в пределах которого в таких каналах реализуется ламинарное и переходное течение, поскольку именно на этих режимах использование элементов дискретной шероховатости для интенсификации теплоотдачи наиболее эффективно. Однако физические механизмы этого феномена изучены недостаточно. Обтекание элементов дискретной шероховатости сопровождается, как правило, отрывом потока, который может инициировать более ранний (по сравнению с гладким каналом) переход к турбулентному течению. Возможные сценарии этого перехода, а также его влияние на основную область течения в интенсифицированных каналах изучены слабо. Отсутствуют сведения о критических значениях параметров подобия, при которых этот переход происходит. Нет данных о динамике поведения областей отрыва потока за элементами дискретной шероховатости на ламинарном и переходном режимах течения.

Целью настоящих исследований является комплексное изучение пространственно-временной структуры течения в канале с элементами дискретной шероховатости (выступами) с использованием дымовой визуализации и одновременных многоточечных термоанемометрических измерений скорости потока и продольной компоненты вектора поверхностного трения. Эксперименты проводились в специальной установке, расход воздуха в рабочем участке которой создавался вакуумными насосами и поддерживался постоянным в одной серии измерений при помощи критических сопел. Для расширения диапазона изменения чисел Рейнольдса предусматривалось создание в тракте установки необходимого разрежения. Визуализация течения выполнялась в плоскости светового ножа методом "дымящейся проволоочки". Скорость потока измерялась нитяными термоанемометрическими датчиками. Измерения продольной компоненты вектора поверхностного трения выполнялись с использованием трехниточного пристеночного датчика. В экспериментах число

Рейнольдса, вычисленное по скорости невозмущенного потока и высоте канала H , варьировалось в диапазоне $Re_H = 94 \dots 4240$. Число Рейнольдса, определенное по высоте уступа h , составляло $Re_h = 24 \dots 1060$.

В результате исследований установлено, что течение в областях отрыва потока является существенно трехмерным, нестационарным с наличием зон движения в трансверсальном направлении. Выявлена зависимость положения области присоединения потока от числа Рейнольдса. Показано, что при $Re_h < 225$ средняя линия присоединения значительно искривлена по ширине канала. Обнаружено, что отрыв потока инициирует более раннее начало перехода к турбулентному режиму течения в канале. Критическое число Рейнольдса, соответствующее началу развития неустойчивости течения, составляет $Re_h \approx 160$. Линейный интегральный масштаб пульсаций скорости потока в канале при $Re_h > 160$ определяется размерами канала и слабо зависит от числа Рейнольдса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 06-08-00521 и 07-08-00330) и гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-4334.2008.8).

Автоматическое определение положения ламинарно-турбулентного перехода на поверхности профиля крыла

А.Н. Морозов

ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, Жуковский

В работе рассматривается программа автоматического определения положения ламинарно-турбулентного перехода (ЛТП) на поверхности профиля крыла летательного аппарата (ЛА) на основе анализа термовизионного изображения.

Одним из наиболее применимых в промышленном эксперименте способов определения зоны ЛТП в пограничном слое (ПС) на поверхности профиля крыла ЛА является измерение распределения тепловых потоков. Среди наиболее доступных, как по простоте использования и стоимости оборудования, так и по количеству регистрируемой информации, можно отметить метод измерения поля распределения температур с помощью термовизионных устройств на болометрических матрицах. Прямое использование не дает непосредственного положения зоны ЛТП, что обусловило привлечение математического аппарата обработки изображений.