

Учет влияния технологической шероховатости поверхности при моделировании турбулентных течений вязкой несжимаемой жидкости.

Какая бы совершенная математическая модель не была бы заложена в программный код, для решения большинства практических задач требуется внесение той или иной эмпирической информации. В частности, такая информация требуется для учета влияния шероховатости на сопротивление трения реальных поверхностей. Причем это относится как к самому виду математической модели такого учета, так и к коэффициентам, входящим в модель. Причем для любых программных комплексов ориентированных на решение практических задач эта информация по своей сути одинакова.

В подавляющем большинстве кодов, включая коммерческие, для расчета турбулентных течений вязкой жидкости учет влияния шероховатости осуществляется с привлечением концепция так называемой эквивалентной песочной шероховатости. Однако данная концепция достаточно хорошо работает только для такой шероховатости, которая проявляется в автомоделном режиме, т.е. коэффициенты сопротивления шероховатых поверхностей не зависят от числа Рейнольдса.

Большинство видов технологической шероховатости, например, лакокрасочные покрытия, мех. обработка (за исключением довольно грубой) и т.п. проявляются в неавтомоделном режиме. В этом случае концепция песочной шероховатости срывает с заметными погрешностями. Для задач, в которых сопротивление трения дает незначительный вклад в общее сопротивление, такие погрешности в конечном результате сказываются незначительно. Однако если именно сопротивление трения, а не давления, является основным, то требуется корректный учет влияния шероховатости поверхности.

Для судостроения учет шероховатости является достаточно значимым. Поэтому в расчетных методах, развивавшихся в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, учет шероховатости осуществлялся на основе моделей, позволяющих оценивать влияние проявления шероховатости в неавтомоделном режиме. При этом для получения соответствующих коэффициентов в модели разрабатывались методики, основанные на результатах специальных экспериментов с шероховатостью различных видов.

В данной работе для учета шероховатости используется традиционный подход с заменой константы в логарифмическом профиле скорости на соответствующую функцию шероховатости. Два параметра в используемой двухпараметрической функции шероховатости находились с использованием специальной процедуры на основе результатов экспериментов по нахождению коэффициента сопротивления вращению круговых дисков с различными видами шероховатости поверхности. Это обеспечивает получение функции шероховатости в том числе и проявляющейся в неавтомоделном режиме. Для нахождения коэффициентов используется оптимизационная процедура, реализованная в ПО pSeven. В качестве расчетного ядра может быть использован любой программный продукт, позволяющий рассчитывать обтекание вращающегося диска в автоматическом режиме.

Применение двухпараметрической функции шероховатости обусловлено возможностями ПО Star-CCM+, использовавшегося в качестве расчетного ядра. Показано, что для свежего лакокрасочного покрытия двухпараметрической функции шероховатости достаточно для описания неавтомоделного режима. Для шлифовки с рисками шлифования в произвольном направлении погрешности такого описания относительно невелики. Для шлифовки с рисками поперек потока несомненно предпочтительной является трехпараметрическая модель. И хотя для последнего вида шероховатости в экспериментах фиксируется выход на автомоделный режим, концепция песочной шероховатости оказывается неприемлемой. По крайней мере для задач судостроения.