

О.Н. ХМЕЛЬНИЦКИЙ, студент, Е.В. БОНДАРЬ, канд. тех. наук, доцент,
Н.В. КИЯНОВСКИЙ, д-р тех. наук, профессор, Криворожский национальный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНАЛИЗА АЭРО-ГИДРОДИНАМИКИ

Развитие систем автоматизации проектирования (САПР) и систем инженерного анализа (СИА), реализующих численные методы решения уравнений движения вязкой жидкости, открыло новое направление в подходах к изучению задач гидродинамики. Долгое время, это направление не ассоциировалось с возможностью получения практических результатов как из-за математических сложностей, так и по причине недостаточной производительности компьютеров. Сегодня эта проблема решается, но лишь за счет применения ведущих СИА, число которых на мировом рынке невелико. Одним из ярких представителей СИА на сегодняшний день является FlowVision. СИА FlowVision в свое время была выбрана в качестве составляющей автоматизированной схемы создания качественных проектов судо-, авио- и машиностроения.

Базовыми в пакете прикладных программ Flow Vision являются уравнения Навье – Стокса. Для замыкания этих уравнений в зависимости от конкретной задачи могут использоваться дополнительные соотношения, описывающие изменение плотности, турбулентный перенос и т. п. Наборы таких соотношений называются моделями. В Flow Vision наиболее полно используются следующие модели: приближение Буссинеска (малые изменения плотности) для описания ламинарного течения вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса; $k-\epsilon$ модель турбулентного течения вязкой жидкости с небольшими изменениями плотности при больших числах Рейнольдса; модель слабосжимаемой жидкости (в терминологии Flow Vision), которая позволяет рассчитывать стационарное дозвуковое течение газа при любых изменениях плотности; модель полностью сжимаемой жидкости (в терминологии Flow Vision): стационарное и нестационарное течение при любых числах Маха (до-, транс-, сверх- и гиперзвуковые течения). Пакет прикладных программ Flow Vision допускает также использование модели теплопереноса в твердом теле, сопрягаемой с переносом тепла и вещества в жидкости (газе).

Для численного решения базовых уравнений в Flow Vision используется метод, основанный на консервативных схемах расчета нестационарных уравнений в частных производных, которые по сравнению с неконсервативными схемами дают решения, точно удовлетворяющие законам сохранения (в частности, уравнению неразрывности). По желанию пользователя для решения возникающей системы линейных алгебраических уравнений может использоваться как неявный (более надежный), так и явный (быстрее работающий, но расходящийся при больших шагах по времени) вариант итерационного процесса. Метод базируется на эйлеровом подходе к описанию движения жидкости, суть которого состоит в том, что различные скалярные и векторные величины рассматриваются как функции переменных Эйлера во времени и координат точки в неподвижной системе координат.

В Flow Vision численное интегрирование уравнений по пространственным координатам проводится с использованием прямоугольной адаптивной локально измельченной сетки. Такой подход обеспечивает, с одной стороны, использование простой равномерной неадаптивной сетки при решении задач с относительно несложной геометрией. С другой стороны, появляется возможность при решении задач со сложной геометрией проводить адаптацию (подстройку) сетки к особенностям геометрии вблизи границ, а при решении задач с разрывными течениями – адаптацию по значениям искомым функций, их градиентов и др. Так, например, получение полной картины потока, обтекающего корпус, на ранних стадиях его проектирования машины позволяет качественно решать задачи оптимизации его формы и конфигурации выступающих частей; изучения условий работы движителей различных устройств; нахождения характеристик ходовой посадки; определения мощности энергетической установки и т.д.

Таким образом, можно сделать вывод, что при тщательно разработанной методологии, основные задачи проектирования можно решать с помощью реализованных в мощном комплексе гидродинамического анализа численных методов, точность которых можно считать вполне удовлетворительной для практических целей.