

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Ю. В. Жукова, Т. А. Баранова, А. Д. Чорный**

*Государственное научное учреждение «Институт тепло-  
и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук  
Беларуси», г. Минск*

Развитие современных информационных технологий, ориентированных на численное моделирование газодинамических процессов, основывается на стремительном прогрессе компьютерной техники, в частности, персональных компьютеров и на совершенствовании пакетов прикладных программ, в которых реализованы основные принципы вычислительной гидрогазодинамики (Computational Fluid Dynamics – CFD), и в частности, для решения задач машиностроения. Интенсивное – всего лишь в течение нескольких последних десятилетий – развитие программного обеспечения для CFD обязано не только прогрессу компьютерной техники, но и развитию физико-математических моделей (турбулентности, горения, радиационного теплообмена и др.), а также разработке эффективных вычислительных методов. Такие свойства пакетов прикладных программ при решении CFD задач обеспечивают физикам-исследователям получение данных, которые затруднительно получить экспериментально; точность и информативность параметров движущихся сред и процессов, протекающих в них; возможность сравнения экспериментальных и расчетных данных в ходе проведения исследования; реализацию принципов управления выбором решения на каждом этапе моделирования; снижение затрат времени и стоимости исследований.

В настоящее время универсальное и специализированное программное обеспечение представляет собой сложные многокомпонентные системы, написанные, как правило, на объектно-ориентированных языках программирования и имеющие структуру «триады»: пре-процессор с построителем расчетных сеток – солвер – постпроцессор. Программное обеспечение, как правило, включает ряд физико-математических моделей для описания газодинамических процессов, что позволяет осуществить постановку конкретной решаемой задачи.

При дискретизации расчетной области многое зависит от того, насколько удачно вычислитель «угадает» пространственную топологию заполнения всего пространства отдельными ячейками. Очевидно, что чем больше этих ячеек, тем ближе могут быть подобраны значения параметров, определяющих изучаемый процесс.

Однако в задачах гидрогазодинамики имеются такие физические явления, которые не могут быть надлежащим образом учтены одним только измельчением пространства в ходе его дискретизации как ввиду слишком малого масштаба их локализации, так и вследствие изменения их положения в пространстве. К ним относятся явления турбулентности и места вихреобразования в потоках, фронтные или приповерхностные явления, включая явления в пограничном слое, и т. п. Эти явления часто могут оказывать определяющее влияние на крупномасштабные свойства движения среды.

Однако, для уверенности в адекватности применения используемых физических моделей и численных алгоритмов необходимо проводить их верификацию на задачах, имеющих физические аналоги (например, обтекание тела Ахмеда, обтекание и теплоотдача кругового цилиндра и др.) [1], [2].

Современные методы численного моделирования применительно к объектам машиностроения позволяют определять факторы, непосредственно влияющие на взаимодействие объекта (например, автотранспортных средств при их внешнем обтекании, загромождение внутреннего пространства кабины и салона автотранспортных средств) с набегающим потоком [3]–[5], а также проводить апробацию методов снижения сопротивления и интенсификации тепло- и влагопереноса внутри салона [6], [7].

Интенсификация процессов теплообмена и повышение энергетической эффективности устройств, в которых эти процессы протекают, являются лейтмотивом развития конвективных теплообменных аппаратов. Решение вопросов особенно актуально для газовых теплообменников, для которых характерны низкие тепловые потоки. Использование пакетов прикладных программ применительно к элементам теплообменного оборудования позволяет не только разработать, но и апробировать различные методы интенсификации теплообмена [8]–[10].

#### Литература

1. Чорный, А. Д. Моделирование обтекания модели автобуса / А. Д. Чорный, Т. А. Баранова, Ю. В. Жукова // Модели и методы аэродинамики : материалы 9 Междунар. шк.-семинара, Евпатория, 4–13 июня 2009. – М. : МЦНМО, 2009. – С. 167–168.
2. Численное моделирование нестационарного поперечного обтекания кругового цилиндра при различных числах Рейнольдса / Ю. В. Жукова [и др.] // Докл. АН Беларуси. – 2008. – Т. 52, № 3. – С. 90–95.
3. Исследование аэродинамики прицепного автопоезда / В. А. Бабенко [и др.] // Тепло- и массоперенос 2008 : сб. тр. ИТМО. – Минск : ГНУ ИТМО НАН Беларуси, 2008. – С. 277–281.
4. Моделирование аэродинамики магистрального автопоезда / В. А. Бабенко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2010. – № 2 (11). – С. 72–75.
5. Численное моделирование теплообмена при обогреве выхлопными газами кузова грузового автомобиля / Ю. В. Жукова // Труды 5-й Рос. нац. конф. по теплообмену. – М. : Издат. дом МЭИ, 2010. – Т. 2. – С. 129–130.
6. Численный анализ механизма снижения лобового сопротивления катящегося колеса при организации впереди него кругового вихря / Ю. В. Жукова // ИФЖ. – 2008. – Т. 81, № 3. – С. 475–479.
7. Влияние внешних конструктивных элементов на аэродинамику модели автобуса / И. Г. Дударева [и др.] // Тепловые процессы в технике. – 2013. – Т. 5, № 11. – С. 524–528.
8. Вечер, Д. В. Численное моделирование теплообмена в полупроводниковом устройстве с системой охлаждения / Д. В. Вечер, Ю. В. Жукова, Т. А. Баранова // Тепло- и массоперенос 2013 : сб. науч. тр. – С. 24–27.
9. Жукова, Ю. В. Численное моделирование теплообмена при течении теплоносителя в круглой трубе с продольным внутренним оребрением / Ю. В. Жукова, А. Д. Чорный // Тепло- и массоперенос 2014 : сб. науч. тр. – С. 160–164.

## **72 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении**

10. Конева, Н. С. Применение методов численного моделирования для проектирования элементов гелиотеплотехнической системы / Н. С. Конева, Ю. В. Жукова // Тепло- и массоперенос 2017 : сб. науч. тр. – С. 34–39.