

УДК 531/534:53, 532,5: 533.6

Доценко П.Д., Проценко В.С., Холявко В.И.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД

Решения современных научных и технических проблем требуют разработки новых математических моделей, наиболее полно отражающих изучаемые физические процессы, использования эффективных вычислительных методов, ориентированных на широкое применение ЭВМ. Не утратило актуальности развитие аналитических методов.

Приведем краткое содержание результатов исследований, выполненных под руководством авторов на кафедрах аэрогидродинамики, высшей математики и теоретической механики по научному направлению: "Создание математических методов, моделей и программного обеспечения физико-механических процессов исследования взаимодействия жидких и газообразных сред с твердыми деформированными телами".

Аэродинамическое совершенство летательных аппаратов (ЛА) непосредственно связано с уменьшением индуктивного сопротивления.

В рамках теории малых возмущений проведено обобщение результатов Л.Прандтля, М.Мунка и А.Бетца по оптимальным несущим телам и системам тел. Получены обобщенные зависимости для расчета минимальной величины индуктивного сопротивления, которая может быть достигнута на летательном аппарате при заданных подъемной силе и геометрии миделевого сечения.

Индуктивное сопротивление определяется через присоединенную массу сечения миделя, что дает возможность использовать результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также справочные данные по присоединенным массам плоских контуров. В случае сложных форм и при наличии внешних границ течения разработаны численные методы расчета присоединенных масс.

Приведены примеры расчета индуктивного сопротивления для конфигураций с различными формами поперечных сечений. Полученные результаты дают предельно допустимые значения минимального индуктивного сопротивления, которые могут служить эталоном для сравнения с действительным сопротивлением и тем самым характеризовать степень аэродинамического совершенства рассматриваемых конфигураций.

В аэродинамической компоновке ЛА существенную роль играет интерференция его частей. Предложен алгоритм расчета и выполнены численные исследования интерференции крыла и корпуса для компоновок с различными формами поперечных сечений. Основу метода расчета составляет теория тонкого тела, обобщенная на случай движения ЛА вблизи внешних границ (земная и водная поверхность и т.п.). Дальнейшие исследования направлены на уточнение коэффициентов интерференции с учетом влияния чисел M и больших углов атаки.

Оптимизация аэродинамической компоновки ЛА для различных режимов полета может быть проведена применением гибких поверхностей, изменяющих свою форму в зависимости от условий обтекания.

В рамках этой проблемы выполнены теоретические и экспериментальные исследования аэродинамических характеристик авиационных профилей с расположенной на верхней поверхности гибкой растяжимой пленкой. Составлена система уравнений, описывающая условия обтекания профиля и равновесия пленки в потоке вязкой жидкости. Численным решением определяются форма, которую принимает пленка в процессе обтекания, и аэродинамические характеристики профиля. Результаты исследований показали, что применение гибких растяжимых пленок на несущих поверхностях с телесным профилем приводит к увеличению подъемной силы и повышению аэродинамического качества. Путем принудительной деформации пленки (например, изменением давления под пленкой) появляется возможность управления аэродинамическими характеристиками крыла и ЛА в целом.

В различных технических приложениях, связанных с изучением входа тела в воду, внезапного возникновения движения плавающих тел, непосредственное или косвенное значение имеют задачи удара тела о жидкость.

Предложен метод решения задач об ударе плавающих твердых тел о жидкость в двух-связанной области течения при различной геометрической форме поверхностей тела и внешней границы. В основу метода положены формулы переразложения гармонических функций из одной системы криволинейных координат в другую, предложенные Проценко В.С.

Применением этих формул к решениям уравнения Лапласа в двух системах координат, локально привязанных к поверхностям тела и границы, задача об ударе сводится к решению бесконечной системы алгебраических уравнений или интегральных уравнений. Установ-

лена разрешимость этих уравнений и указан метод нахождения приближенного решения в определенном функциональном пространстве.

Эффективность предлагаемого метода иллюстрируется решением новых задач о вертикальном ударе сжатого эллипсоида вращения, погруженного в жидкое полупространство на конечную глубину, или плавающего в жидкости, заполняющей шар; вертикальном ударе жесткого круглого диска о поверхность жидкого полупространства, содержащего сферическую полость или твердый шар, а также о жидкость, занимающей полупространство с параболическим дном; удар твердого шара, плавающего в жидкости, заполняющей параболический шар вращения.

Задачи решены в осесимметричной постановке. Метод допускает обобщение на пространственный случай, а также на случай косоугольного удара. Направление дальнейших исследований связано с учетом упругих свойств плавающих тел и внешних границ течения.

Исследование динамических процессов в сложных многосвязных конструкциях при акустических и гидродинамических воздействиях представляют собой актуальную задачу в различных технических приложениях. В этом направлении разработан ряд новых математических моделей, алгоритмов и численных методов.

Проведены исследования динамических характеристик пластинчато-стержневых и оболочечно-стержневых конструкций при интенсивном акустическом и гидродинамическом воздействии, случайном и гармоническом кинематическом возбуждении вибраций. Численным экспериментом получены динамические характеристики сложных разветвленных трубопроводных систем с потоком жидкости. Доведены до программной реализации ряд алгоритмов, входящих составной частью в многоплановый комплекс программ по расчету динамиче-

ских процессов и динамических характеристик конструкций радио-электронной аппаратуры в зоне акустического и случайного (в частности, ударного воздействия), динамики систем обвязки газотурбинных двигателей. Разработан ряд сервисных программ. По некоторым направлениям выполнены экспериментальные и промышленные испытания. Полученные результаты одобрены предприятиями пользователями.