



АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ КРАЙКО

(к 70-летию со дня рождения)

20 августа 2004 г. исполняется 70 лет известному ученому, заслуженному деятелю науки РФ, профессору, доктору физико-математических наук, члену редколлегии нашего журнала Александру Николаевичу Крайко.

Детские и отроческие годы А.Н. Крайко пришлось на Великую Отечественную войну. На фронте погиб его отец, и чувство утраты навсегда соединилось в нем с благодарностью всем выстоявшим и победившим в той войне.

В 1959 г. А.Н. Крайко окончил Московский физико-технический институт и с тех пор работает в Центральном институте авиационного моторостроения (ЦИАМ) им. П.И. Баранова, сейчас – в должности начальника отдела.

А.Н. Крайко – ученик Г.Г. Черного, продолжатель высоких научных и педагогических традиций школы Л.И. Седова. Он – ведущий ученый страны в области механики жидкости и газа. Им выполнены интересные и важные циклы работ по многим актуальным вопросам теоретической и прикладной газовой динамики.

Начиная с 60-х гг. прошлого столетия и по настоящее время А.Н. Крайко – один из лидеров в исследованиях по вариационным задачам газовой динамики. Ему принадлежат основополагающие результаты по оптимизации формы тел в сверхзвуковом потоке газа и по оптимальному профилированию газодинамических сопел. Отметим два принципиальных результата. Первый состоит в систематическом задании обусловленных практикой ограничений на геометрические и физические параметры, что приводит к появлению участков краевого экстремума. Так, А.Н. Крайко при нахождении оптимальной формы сверхзвуковой части сопла впервые ввел участок краевого экстремума – донный торец, что впоследствии стало широко использоваться многими исследователями. Второй результат заключается в том, что Александр Николаевич впервые в двумерных задачах ввел разрывы множителей Лагранжа (1964 г.). Им было показано, что линиями разрыва множителей Лагранжа могут быть все три семейства характеристик газодинамических уравнений; были найдены условия на разрывах множителей Лагранжа и указана одна из возможных причин их появления – изломы контуров.

С помощью развитых методов А.Н. Крайко и его учениками были решены вариационные задачи в различных приложениях: одновременное профилирование до-, транс- и сверхзвуковых частей сопла, одновременное профилирование камеры сгорания и сопла в гиперзвуковом проточном воздушно-реактивном двигателе, оптимизация электрической мощности в МГД генераторе, минимизация работы при нестационарном изэнтропическом сжатии газа поршнем и др.

Результаты исследований А.Н. Крайко в области вариационной газовой динамики изложены в двух монографиях¹. В 1978 г. коллективу советских ученых, в числе которых был Александр Николаевич, была присуждена Государственная премия СССР за работы по оптимизации сопел ракетных двигателей.

С 1963 г. А.Н. Крайко уделял постоянное внимание классической задаче вариационного исчисления – оптимизации (по минимальному сопротивлению) формы головной части находящегося в сверхзвуковом потоке осесимметричного тела при ограничениях на ее длину и размер основания. Решение этой задачи получил в XVII в. Исаак Ньютон, используя для вычисления давления на поверхности тела свои формулы. В 1957 г. эту задачу рассмотрели А.Л. Гонор и Г.Г. Черный, используя для давления формулы Буземана. Оптимальное тело в этих решениях имеет передний торец. А.Н. Крайко, используя вариационные и, частично, прямые методы, показал, что и в рамках уравнений Эйлера оптимальная осесимметричная головная часть также имеет передний торец. Были определены оптимальные формы головных частей при различных числах Маха и продемонстрировано значительное снижение их сопротивления по сравнению с неоптимальными заостренными телами.

А.Н. Крайко внес значительный вклад в развитие вычислительной газовой динамики в нашей стране, постоянно находясь на острие этих исследований. В 50-х – начале 60-х гг. прошлого века основным инструментом расчета сверхзвуковых течений был метод характеристик. А.Н. Крайко обобщил этот метод на случай неравновесных течений. Для расчета уравнений химической кинетики вблизи равновесия он и О.Н. Кацкова (1963 г.) предложили эффективный метод интегрирования уравнений с малым параметром при старшей производной. В 60-х гг. коллектив А.Н. Крайко начал применять монотонную разностную схему, основанную на использовании соотношений для распада произвольного разрыва, которую предложил С.К. Годунов в 1959 г. С помощью такой распадной схемы методом установления А.Н. Крайко с коллегами были построены решения различных задач газовой динамики. Было получено (совместно с М.Я. Ивановым) численное решение прямой задачи о смешанном течении в сопле Лавалья. За эти исследования их авторы в 1970 г. были удостоены Первой премии им. проф. Н.Е. Жуковского с вручением А.Н. Крайко золотой медали.

В начале 70-х гг. А.Н. Крайко с коллегами разработали стационарный аналог схемы С.К. Годунова для сквозного маршевого расчета сверхзвуковых течений. Эта модификация метода Годунова оказалась чрезвычайно эффективной и стала использоваться при решении широкого круга самых разнообразных задач газовой динамики. А.Н. Крайко принял самое активное участие в написании монографии² по численному решению многомерных задач газовой динамики. Эта книга сыграла исключительную роль в развитии в нашей стране численных и прикладных исследований по газовой динамике.

Большой интерес А.Н. Крайко проявляет к проблемам околосвуковых течений. Один из теоретических вопросов, привлекающий внимание крупнейших газодинамиков, состоит в описании детальной структуры сверхзвуковой области с замыкающим

¹ Крайко А.Н. Вариационные задачи газовой динамики. М.: Наука, 1979. 447 с.

Крайко А.Н., Пудовиков Д.Е., Якунина Г.Е. Теория аэродинамических форм, близких к оптимальным. М.: Янус-К, 2001. 132 с.

² Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976. 400 с.

скачком уплотнения, образующейся на поверхности обтекаемого околосзвуковым потоком тела. А.Н. Крайко показал (1985 г.), что в случае обтекания гладкого контура возможна такая конфигурация скачков, при которой правая “ножка” замыкающего скачка начинается на звуковой линии. Другой вопрос связан с проблемой нерегулярного отражения от поверхности слабых скачков. При специальном, высокой точности, численном анализе этого вопроса А.Н. Крайко и Е.И. Васильев в 1999 г. установили пределы применимости классической “трехударной” теории расщепления скачка и указали условия образования четырехволновой структуры. С использованием высокоточных распадных схем были разработаны методы коррекции профилей и обводов осесимметричных тел с протоком, позволяющие реализовать сверхзвуковое обтекание этих тел с возникновением местных сверхзвуковых зон без скачков.

Еще будучи студентом МФТИ и находясь на практике в ЦИАМе, А.Н. Крайко познакомился с работой Г.Г. Черного (1953 г.) об устойчивости в канале замыкающего скачка уплотнения, в которой показано, что (при отсутствии отражения возмущений от выходного сечения канала) скачок является устойчивым в расширяющемся канале и неустойчивым – в сужающемся. В 1970-е гг. А.Н. Крайко с сотрудниками продолжили это исследование, обобщив его на случай одновременного отражения от сечения выхода акустических и энтропийных волн, и определили области устойчивости замыкающего скачка в плоскости коэффициентов отражения. Рассмотрена ситуация, когда скорость газа перед волной близка к скорости звука, и необходимо использовать околосзвуковое приближение, учитывающее изменение интенсивности акустических волн при их распространении по каналу.

А.Н. Крайко внес заметный вклад в создание методов расчета течений в соплах ракетных двигателей в условиях, когда необходимо учитывать наличие дисперсных частиц. Им в приближении взаимопроникающих континуумов и с учетом конечного объема дисперсной фазы была создана и всесторонне проанализирована модель двухфазного течения и исследованы условия корректности постановки для нее задачи Коши.

В последние годы возрос интерес к специальным нестационарным движениям газа с экзотермическими реакциями. Не в последнюю очередь это связано с разработкой различных схем сверхзвукового пульсирующего детонационного двигателя. А.Н. Крайко с сотрудниками предложил принципиально новую схему, в которой устойчивый нестационарный режим с горением в детонационной волне осуществляется с помощью периодической подачи богатой и бедной горючей смеси. Поджиг смеси производится только при запуске двигателя; детонационная волна распространяется вверх по потоку богатой смеси и вниз по потоку при подаче бедной смеси. Одно из достоинств предложенной схемы состоит в значительно меньшей, по сравнению с близкими по удельному импульсу альтернативными схемами, плотности потока массы и, следовательно, в меньшем тепловом потоке в стенки двигателя.

А.Н. Крайко является руководителем авторитетной научной школы, в которую входят молодые и уже сложившиеся ученые. В тяжелые для отечественной науки 1990-е гг. Александр Николаевич сумел сохранить и даже усилить свой творческий коллектив. Большое число его учеников работает в различных научно-исследовательских организациях, возглавляет ряд ведущих подразделений ЦИАМа.

А.Н. Крайко с 1968 г. работает в МФТИ на кафедре “Газовая динамика, горение и теплообмен” и читает основной курс газовой динамики. Его глубокие знания, присущий ему взрывной темперамент всегда привлекали студенческую аудиторию и молодых ученых.

По инициативе А.Н. Крайко и при его активном участии увидели свет два ретроспективных издания³, посвященные достижениям школы Г.Г. Черного в области меха-

³ Газовая динамика. Избранное (Ред.-сост. А.Н. Крайко, А.Б. Ватажин, А.Н. Секундов) М.: Физматлит, 2000. Т. 1. 720 с. и 2001. Т. 2. 768 с.; Механика жидкости и газа. Избранное (Ред.-сост. А.Н. Крайко, А.Б. Ватажин, Г.А. Любимов) М.: Физматлит, 2003. 752 с.