

**Институт теоретической и прикладной механики СО РАН  
Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет**

**УСТОЙЧИВОСТЬ И ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ТЕЧЕНИЙ  
ГОМОГЕННЫХ И ГЕТЕРОГЕННЫХ  
ЖИДКОСТЕЙ**

**Тезисы докладов. Вып. IX**

**Под редакцией В.В. Козлова**

**Новосибирск  
2004**

УДК: 532.516 + 532.517 + 534.29

Международная конференция по устойчивости и турбулентности течений гомогенных и гетерогенных жидкостей – научное мероприятие, которое начиная с 1994 года периодически проводится в Новосибирске Институтом теоретической и прикладной механики СО РАН совместно с Новосибирским государственным архитектурно-строительным университетом. Традиционный круг обсуждаемых вопросов включает различные стороны теории гидродинамической устойчивости, ламинарно-турбулентного перехода в открытых и замкнутых системах, описание турбулентных режимов течения. В конференции принимают участие ведущие специалисты в указанной тематике из России и других стран.

В настоящем сборнике представлены тезисы докладов, включенных в программу Девятой конференции, посвященной 90-летию академика В.В. Струминского, который стоял у истоков исследований по гидродинамической устойчивости в Новосибирском научном центре. Опубликованные здесь последние результаты экспериментальных и теоретических исследований представляют интерес для ученых, аспирантов и студентов, занятых вопросами механики сплошных сред.

*Оргкомитет конференции*

В.В. Козлов – председатель,  
В.Я. Рудяк – сопредседатель,  
Г.В. Климчик – секретарь,

С.В. Алексеенко,	А.А. Маслов,
С.А. Гапонов,	О.Ю. Цвелодуб,
А.В. Довгаль,	Н.И. Яворский

**Проведение конференции поддержано Институтом теоретической и прикладной механики СО РАН и Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 04-01-10004) и грантом Президента РФ по ведущим научным школам (НШ-964.2003.1).**

ISBN 5-93089-002-1

© Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, 2004, составление  
© Изд-во “Нонпарель”, 2004, оригинал-макет



**Конференция посвящается 90-летию со дня рождения  
академика В.В. Струминского  
(1914–1998)**

Академик Владимир Васильевич Струминский родился 29 апреля 1914 г. в Оренбурге в семье педагога. В 1925 г. семья переехала в Казань. После окончания семилетки работал на машиностроительных заводах Казани, а с 1931 г. – на московском заводе “Динамо”. После окончания рабфака при заводе Владимир Васильевич был принят на физический факультет Московского государственного университета, который окончил с отличием в 1938 г. и по рекомендации научного руководителя дипломного проекта академика М.А. Леонтовича поступил в аспирантуру Института физики МГУ.

В конце 1940 г. им была досрочно подготовлена диссертационная работа на тему “Квантовая теория твердых тел”, в которой ему удалось впервые получить решение уравнения Шредингера для кристаллической решетки сплава, состоящей из различных атомов. В настоящее время результаты этой работы приобрели большое научное и практическое значение в связи с поиском более прочных, износостойких и легких материалов. В мае 1941 г. после успешной защиты кандидатской диссертации и окончания аспирантуры Владимир Васильевич был направлен на постоянную работу в ЦАГИ (Жуковский), где начал заниматься новыми для него проблемами – аэродинамическими исследованиями крыльев конечного размаха. В то время одна из самых важных проблем авиации была связана с созданием крыльев, обеспечивающих высокую надежность и безопасность полета на больших околокритических углах атаки в условиях возможного срыва потока. Метод специальной аэродинамической компоновки крыла из набора профилей с безотрывным обтеканием концевых сечений, предложенный и исследованный Владимиром Васильевичем, получил окончательное признание и позднее, в 1947 г., за разработку и внедрение в серию новых крыльев для скоростных самолетов В.В. Струминскому совместно с другими учеными ЦАГИ была присуждена Государственная премия. Особенно большое значение эти идеи В.В. Струминского приобрели в дальнейшем,

при создании безопасных стреловидных крыльев. Уже в конце войны Владимир Васильевич со своими помощниками и учениками выполнили большой цикл теоретических и экспериментальных исследований по аэродинамике стреловидных крыльев и аэродинамическим характеристикам самолетов с такими крыльями. По результатам этих исследований были построены первые опытные истребители со стреловидным крылом. В 1948 г. С.А. Лавочкин построил самолет Ла-176 со стреловидным крылом  $\alpha = 45^\circ$ , на котором был поставлен мировой рекорд – преодоление звукового барьера. В этом же году Владимиру Васильевичу за разработку скоростных стреловидных крыльев и их внедрение в серийное производство была присуждена Государственная премия, а за лучшую работу по теории авиации – первая премия им. профессора Н.Е. Жуковского и золотая медаль. В докторскую диссертацию, блестяще защищенную Владимиром Васильевичем в 1947 г., вошли результаты теоретических и экспериментальных исследований по стреловидным крыльям, а также полученный им результат о влиянии нестационарности обтекания крыла на его аэродинамические характеристики. В диссертации был приведен также ряд точных решений для нестационарного пограничного слоя.

В начале 50-х годов В.В. Струминский был назначен заместителем начальника ЦАГИ по аэродинамике и руководителем основной аэродинамической лаборатории ЦАГИ № 2. Коллектив ЦАГИ совместно с коллективами ОКБ в эти годы развернул широкий поиск возможных путей увеличения дальности полета стратегических самолетов. Добиться необходимого увеличения дальности полета самолета (порядка 17–18 тыс. км) на обычном авиационном топливе не представлялось возможным, и В.В. Струминским было выдвинуто предложение о необходимости оценить возможность применения атомной энергии в авиации, чем вплотную занялись ЦАГИ и ОКБ, руководимое А.М. Люльки. Расчеты основных параметров ядерного двигателя и оснащенного им стратегического бомбардировщика показали, что на таком самолете может быть достигнута дальность 18–20 тыс. км, т. е. появлялась возможность полностью удовлетворить потребности страны, но достигалось это слишком дорогой ценой (радиационной опасностью) и потому было отвергнуто. Другое направление работ ЦАГИ совместно с ОКБ А.М. Люльки было посвящено применению совершенно нового энергоносителя в качестве

топлива – жидкого водорода. Расчеты, проведенные В.В. Струминским и его ближайшим помощником Л.М. Шкадовым, показали, что дальность полета стратегического бомбардировщика на водороде будет примерно вдвое больше обычной. Большая нагрузка в конце 50-х годов легла на аэродинамиков и прочнистов ЦАГИ. Менялись все аэродинамические и прочностные формы самолетов, форма элементов и органов управления, а также система управления самолетом. За комплекс исследований по разработке новых аэродинамических форм для аппаратов различного назначения Владимиру Васильевичу вместе с ближайшими учениками и коллегами в 1961 г. была присуждена Ленинская премия.

В ответ на поставленный в то время вопрос о путях развития авиации Владимир Васильевич считал необходимым продолжать работу в следующих основных направлениях: дальнейшего улучшения аэродинамического совершенства самолета за счет уменьшения его сопротивления трению, в частности путем искусственного управления пограничным слоем, а также поиска путей, обеспечивающих создание пассажирской авиации со сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями полета. Для решения проблемы ламинаризации крыла необходимо было фактически заново провести весь огромный комплекс теоретических и тонких экспериментальных исследований, разрабатывая новые инженерные методы решения проблемы ламинаризации пограничного слоя. Эта работа требовала колоссальных усилий и, прежде всего, создания уникальных аэродинамических труб с малой степенью турбулентности потока. Еще сложнее оказалось второе из указанных направлений – создание самолетов, способных длительное время летать с гиперзвуковой скоростью порядка 4–8 тыс. км/ч. В этом случае было необходимо применять на маршевых режимах вместо обычных турбореактивных двигателей прямоточные двигатели со сверхзвуковым горением; вместо обычных углеводородных топлив – более калорийные криогенные топлива (жидкий водород); вместо традиционной компоновки самолета (фюзеляж, крыло, двигатели) – интегральную компоновку, в которой основные элементы самолета органически сочетаются, образуя единую аэродинамически совершенную пространственную конфигурацию. В.В. Струминский отчетливо понимал, что для решения этих сложнейших научно-технических проблем прежде всего необходимо

будет приложить огромные усилия для создания уникальной аэродинамической базы.

В 1966 г. В.В. Струминский избирается действительным членом Академии наук СССР, а после этого – директором Института теоретической и прикладной механики СО АН СССР и членом президиума СО АН СССР. Под руководством В.В. Струминского коллектив ИТПМ СО АН СССР с большим энтузиазмом включился в разработку новой тематики. В результате уже через год была запущена в эксплуатацию аэродинамическая труба Т-313. В следующем году (раньше, чем в ЦАГИ) была сооружена первая малотурбулентная дозвуковая труба Т-324 и сверхзвуковая малотурбулентная труба Т-325. Результаты экспериментальных исследований, проведенных в малотурбулентных трубах по ламинарно-турбулентному переходу в различных пристенных и отрывных течениях, и возможностям управления этим процессом признаны пионерскими как в нашей стране, так и за рубежом. Усиленно развивались теоретические исследования по аэродинамической устойчивости ламинарных течений и определению критических чисел Рейнольдса, нелинейной теории устойчивости и структуре турбулентных потоков, кинетической теории газов, применению жидкого водорода на космических аппаратах и созданию МГД-генераторов. К исследованию этого круга проблем было привлечено много молодежи. Таким образом, В.В. Струминским была заложена основа научной школы: “Гидродинамическая неустойчивость и турбулентность течений гомогенных и гетерогенных жидкостей и газов”, которая существует и поныне под руководством его учеников профессоров В.В. Козлова и В.Я. Рудяка.

В 1971 г. В.В. Струминский вынужден был оставить пост директора ИТПМ и возвратился в Москву, возглавив отдел физической аэромеханики Института проблем механики Академии наук. К этому времени у него созрели новые идеи по использованию огромного опыта и научного потенциала, накопленного в оборонной отрасли, для интенсификации технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве. В марте 1976 г. на базе отдела ИПМ АН СССР была создана самостоятельная организация – Сектор механики неоднородных сред АН СССР. В ней под руководством В.В. Струминского развернулись работы по кинетической теории газов, теории дисперсных сред, аэродинамике летательных аппаратов, проблеме ламинаризации обтекания крыла для увеличения дальности полета

самолетов и проблеме турбулентности. Значительные результаты были получены при обобщении и развитии методов кинетической теории газов, построении теории движения и теплообмена в двухкомпонентных и двухфазных средах. Была предложена новая технологическая схема конструкции крыла, описанная в патенте за 1983 г., которая может быть эффективно использована для ламинаризации обтекания крыла путем нагревания части его поверхности. Большой комплекс экспериментальных и теоретических работ был выполнен для повышения эффективности многих технологических процессов и, в частности, каталитических процессов в химической технологии. Сектор механики неоднородных сред АН СССР установил тесную связь с промышленностью, став центром и связующим звеном между фундаментальной и отраслевой наукой.

В.В. Струминский до конца своих дней продолжал научную и педагогическую деятельность. Под его руководством регулярно проводились всесоюзные конференции по аэродинамике и механике неоднородных сред. Он был членом редколлегии журнала “Известия РАН. Механика жидкости и газа” (1968–1998 гг.) и главным редактором журнала “Известия Сибирского отделения АН СССР” (1968–1972 гг.). В разное время Владимир Васильевич возглавлял кафедры механики гетерогенных сред Московского физико-технического института (1947–1966, 1974–1998 гг.) и газовой динамики Новосибирского государственного университета (1966–1971 гг.). Его вклад в науку и воспитание научной молодежи отмечен орденом Дружбы народов “за заслуги в развитии механики, подготовке научных кадров и в связи с семидесятилетием со дня рождения” (1984 г.), премией Совета Министров СССР “за разработку автоматизированных аэродинамических комплексов и внедрение их в научный и учебный процессы университетов” (1985 г.). Научное наследие академика В.В. Струминского служит основой плодотворных исследований в механике, которые ведутся в настоящее время.

*Ученики*

*(Подготовлено с использованием материалов издания “Владимир Васильевич Струминский, сер. Библиография ученых, Российская академия наук, Москва, 2000”)*