

ХІІІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКЕ

Конгресс проходил в Москве 21—26 августа 1972 г. Он был организован Международным союзом по теоретической и прикладной механике (президент комитета конгрессов — В. Т. Койтер (Нидерланды), секретарь — Э. Беккер (ФРГ) и национальным комитетом СССР по теоретической и прикладной механике (председатель оргкомитета — Н. И. Мухелишвили, заместители председателя — Л. И. Седов и Г. Г. Чахмахчев, генеральный секретарь — Г. К. Михайлов).

Открытие конгресса состоялось в Кремлевском Дворце съездов, все остальные заседания проходили в главном здании МГУ на Ленинских горах. Конгресс был открыт председателем Оргкомитета Н. И. Мухелишвили и президентом Международного союза по теоретической и прикладной механике В. Т. Койтером. С приветствиями к участникам конгресса обратились: от Совета Министров СССР — министр К. Н. Руднев, от Академии наук СССР президент М. В. Келдыш, от Государственного комитета по науке и технике — первый заместитель председателя Л. Н. Ефремов, от Московского совета депутатов трудящихся — заместитель председателя исполкома В. П. Исаев.

На конгрессе присутствовало более 2500 ученых из 37 стран; в течение шести дней на 58 заседаниях было заслушано 250 докладов (не считая трех дискуссий «круглого стола»), из них 87 докладов от СССР и других социалистических стран.

По тематике журнала на 28 заседаниях состоялось два генеральных доклада, 14 секционных (часовых) докладов, дискуссия круглого стола и 111 обычных (получасовых) докладов-сообщения. В целом все они составили половину заседаний и докладов конгресса, что свидетельствует о повышенном интересе научных организаций и ученых к механике жидкости и газа (МЖГ). Докладчики представляли 20 стран; более пяти докладов было от СССР и США (по 30 докладов), от Великобритании (13 докладов), Франции и ФРГ (по 11 докладов) и от Канады (7 докладов).

По характеру содержания оба генеральных и половина секционных докладов по МЖГ были прикладными, т. е. относились к изучению определенных технических объектов, технологических процессов или явлений природы. Из общего числа докладов по МЖГ прикладных было значительно меньше (~15%). Большинство докладов (58%) имело теоретический характер; в их числе 10% работ было существенно связано с численными исследованиями. Доклады по чисто экспериментальным работам составили 18%, работы, сочетающие теоретические и экспериментальные исследования авторов, — 9%. Для докладов от СССР было характерно большее количество теоретических исследований (74%) при полном отсутствии чисто экспериментальных работ.

По тематике исследований к идеальной (невязкой) жидкости относилось 37% докладов, в их числе к несжимаемой жидкости, включая вихревые течения и гравитационные волны — 17%, к сжимаемой жидкости — 13%, к идеальной жидкости с осложненными свойствами (электропроводная жидкость, разреженный газ) — 7%. Большая часть докладов (63%) была связана с реальной вязкой жидкостью. Общих вопросов касалось 18% докладов, теории пограничного слоя — 13%, собственно турбулентности — 8%, струй, следов и отрывных течений — 14%, вязкой жидкости с осложненными свойствами — 10%. Среди советских работ несколько больше (46%) было связано с идеальной жидкостью; относительно много докладов (18%) касалось отрывных и струйных течений; мало докладов было по пограничному слою и по вязкой жидкости с осложненными свойствами.

Общие направления работы конгресса определялись заказанными Международным комитетом конгрессов генеральными и секционными докладами, а также заседаниями тематических секций. Ниже кратко аннотируются все эти доклады и упоминаются некоторые обычные сообщения, заслушанные на секциях.

Первый генеральный доклад Дж. Лайтхилла (Великобритания) «Передвижение водных животных» в основном повторял опубликованный ранее обзор автора на ту же тему, дополняя его новыми теоретическими и опытными данными. Они касались, в частности, пропульсивных механизмов малых существ, использующих «ресничные» и «флаговые» движители, и движения крупных рыб с большими скоростями под действием волнообразного изгиба туловища и хвоста, имеющего типичную серповидную форму. Отмечалось, что для определения силы тяги успешно используется метод особенностей как в идеальной, так и в вязкой жидкостях.

Подробный расчет тяги рыбоподобного тела в невязкой жидкости представил на секции Г. В. Логвинович, а сперматозоидов млекопитающих в вязкой жидкости — У. Шек и др. (США). В этой области биомеханики состоялся также секционный доклад Г. Голдсмита (Канада) «Микрореология суспензий эритроцитов человека». В нем были описаны и иллюстрированы прекрасным кинофильмом результаты систематических наблюдений докладчика за движением и деформацией

ячеек, состоящих из отдельных эритроцитов и их групп (до 16 в ячейке), в потоке кровяной плазмы и специального маловязкого раствора через капилляр. Экспериментальная установка содержала вертикальную стеклянную трубку (диаметром 30—100 мк), которая вместе с насосом могла равномерно двигаться относительно микроскопа для возможности наблюдения отдельных ячеек. Показана зависимость формы и движения ячейки от касательного напряжения и концентрации эритроцитов. В зависимости от условий наблюдались как пуазейлевы (параболические), так и бингамовы (квазитвердые) движения.

Второй генеральный доклад — доклад К. Вигардта (ФРГ) «Гидродинамика корабля». В нем главным образом подчеркивались трудности теоретических исследований движения корабля и сопротивления воды (при отсутствии, по мнению докладчика, необходимой для этого теории пространственного пограничного слоя). В обзорном порядке перечислялись принятые на практике теоретические модели безвихревого обтекания корпуса корабля идеальной жидкостью, принимающие во внимание силу тяжести, присоединенные массы, волновое сопротивление. Важность учета влияния вязкости и турбулентности отмечалась в связи с пересчетом модельных данных на натуру, а сжимаемости — в связи с расчетом винтов, подводных крыльев и смыкания воды над носом корабля в бурном море.

Более конкретным вопросам гидродинамики был посвящен секционный доклад Л. И. Седова «Неустановившиеся течения воды с большими скоростями». В нем был дан обзор основных результатов по проблеме, представленных на Международном симпозиуме в Ленинграде (см. Изв. АН СССР, МЖГ, 1971, № 6, стр. 175). Отмечено, что при обтекании тел несжимаемой жидкостью с большими скоростями в рамках теории идеальной жидкости необходимо применять модели течения со срывом потока с поверхности тел и с образованием внутри жидкости полостей, заполненных ее парами и газом. Такие течения неединственны, и в опытах реализуются различные типы обтекания. В докладе были приведены расчетные и экспериментальные данные о свойствах искусственных каверн, образуемых при обтекании различных тел при положительных и отрицательных числах кавитации. Обращено внимание на схему кавитационного течения, в которой роль твердого кавитатора играет струя, выбрасываемая из тела вперед по движению; в таком течении вместо сопротивления можно получить тягу.

В другом секционном докладе М. Лонге-Хиггинса (Великобритания), «Разрушающиеся волны», был описан процесс разрушения гребней поверхностных волн, важный при рассмотрении их образования под действием ветра и перехода в стационарное течение. Был дан обзор некоторых новых теоретических результатов, полученных при исследовании свободной поверхности волны вблизи точки ее опрокидывания, а также образования ламинарного и турбулентного бурунов.

По затронутым в двух последних докладах вопросам работали две секции «Гидродинамика идеальной жидкости» и «Поверхностные волны и гидродинамика корабля» (по одному заседанию).

Секционный доклад Дж. Керриера (США) «Динамика атмосферных вихрей» содержал описание на основе современных представлений общей схемы образования и развития тропических циклонов. Особое внимание было уделено роли пограничного слоя, в котором происходит подогрев воздуха. Этот воздух, поднимающийся в центральной области циклона, обеспечивает необходимый для его поддержания радиальный градиент давления.

Вопросы планетарных движений атмосферы и океана, а также конвекции рассматривались на заседаниях одноименной секции и секции «Гидродинамическая устойчивость».

Решения новых задач конвекции в связи с устойчивостью движения были доложены Р. В. Бирихом и др., а также Х. Ченом (США). В сообщении И. М. Яворской и др. были рассмотрены гидродинамические движения, связанные с турбулентной конвекцией в стратифицированных зонах звезд и планет. Другие сообщения касались планетарных волн, движений в слоях Экмана и Стюартсона, течений между двумя цилиндрами и между двумя дисками, вращающимися относительно несовпадающих и непараллельных осей.

В весьма общем секционном докладе И. И. Воровича «Проблема неединственности и устойчивости в нелинейной механике сплошной среды» были изучены характерные явления, связанные с потерей устойчивости равновесия и движения сплошной среды (в том числе идеальной и вязкой жидкостей). Автором предложена функциональная постановка краевых задач, сформулированы теоремы об их разрешимости и гладкости решений с использованием топологических и вариационных соображений. Дана общая постановка проблемы устойчивости, приведены оценки числа решений, выяснены условия единственности и неединственности. В последних условиях произведена вероятностная оценка степени реальности различных допустимых режимов движения и равновесия. Обсуждены примеры возникновения стационарных и автоколебательных движений сплошной среды.

Значительное внимание (четыре заседания) было уделено вопросам турбулентности, включая теорию пограничного слоя, струй и следов. В секционном докладе Ю. Ротта (ФРГ) «Расчет турбулентного пограничного слоя на основе уравнений переноса для рейнольдсовых напряжений» были подведены итоги применения современных полумпирических методов расчета, основанных на использовании не только первого уравнения Рейнольдса (уравнения импульсов), но и уравнений переноса рейнольдсовых напряжений и средней кинетической энергии пульсаций. Отмечена особая возможность вывода из уравнений Навье — Стокса также уравнения переноса какого-либо характерного масштаба турбулентности или эквивалентного гидродинамического параметра.

Большинство наиболее содержательных сообщений было посвящено методикам экспериментального исследования турбулентных течений и результатам таких исследований. В сообщении А. Фавра (Франция) были приведены новые материалы по измерению пространственно-временных двойных и тройных коэффициентов корреляции между пульсациями продольных и поперечных скоростей в турбулентном пограничном слое. Измерениям турбулентных структур потока в слоях и струях, показывающим, в частности, наличие своеобразных «взрывов» энергии потока, было посвящено еще несколько сообщений ученых США, Канады, Голландии, Австралии и ФРГ. В ряде сообщений рассматривались вопросы взаимодействия пограничного слоя в газе с ударными волнами, пристеночные и свободные струи, теория шума струй и др. Советскими участниками конгресса были доложены теоретические работы: М. Д. Миллионщиковым — о полумпирических законах турбулентных течений вблизи гладких и шероховатых поверхностей, включая не только вопросы сопротивлений, но и теплопереноса; В. В. Струминским — о применении кинетических уравнений к решению задач о движении газовых смесей при особо важной роли диффузионных скоростей; А. М. Обуховым — о структуре конечномерных аппроксимаций уравнений гидродинамики, связи их с уравнениями Эйлера движения твердого тела, и о возможности при их помощи получить известные закономерности спектрального распределения энергии в турбулентном потоке. Новые методы расчета сложных неавтономных течений (в том числе жидкостей с дисперсными примесями и электропроводных в магнитном поле), основанные на расширенном применении теории пути смешения, были предложены группой авторов во главе с Г. Н. Абрамовичем.

В секционном докладе М. Ландала (Швеция) «Снижение сопротивления полимерными добавками» был дан обзор исследований по этой проблеме. Отмечено наличие противоречивых мнений о природе эффекта и подчеркнута необходимость углубленного изучения влияния добавок на изменение турбулентной структуры потока. Высказано мнение о возможности управления турбулентными потоками при помощи полимерных добавок и о важной роли их молекулярных параметров.

Новая полумпирическая методика расчета сопротивления трения при течении в шероховатых трубах слабых растворов линейных полимеров была продемонстрирована в сообщении В. А. Иоселевича и Н. Г. Васецкой.

На двух заседаниях секций рассматривались двухфазные течения (с пузырями) и несжимаемые жидкости с осложненными свойствами (неньютоновские жидкости).

Вопросы электрогидродинамики и динамики проводящих жидкостей обсуждались на заседании одноименной секции и отчасти в секционном докладе Дж. Мелчера (США) «Электрогидродинамика». В последнем рассматривались различные возможные воздействия электрического поля на непроводящую жидкость: путем поляризации, образования простого и двойного заряженных слоев, свободных объемных зарядов. Были указаны многочисленные приложения для ориентации и движения жидкости в условиях невесомости, для управления переходом ламинарного течения в турбулентное, а также массо-, тепло- и электропроводностью, для образования и движения капель и тонких пленок.

На соответствующей секции Г. А. Любимов сообщил об исследовании прикладной области дугового разряда, В. В. Гогосов и В. А. Полянский, а также У. Любский и др. (США) — ударных волн в электрогидродинамике.

В области газовой динамики (в широком смысле) было поставлено три секционных доклада и работало три секции: «Газовая динамика» (три заседания), «Волны в газах» и «Разреженные газы» (по одному заседанию). К этой же области можно отнести подавляющее число сообщений, заслушанных на секции «Теория крыла» (два заседания).

Всеобщий интерес вызвал секционный доклад Г. Липмана (США) «Экспериментальная гидродинамика: влияние современного оборудования». В нем кратко, но убедительно, были описаны новые (за последние 20 лет) физические методы изучения потоков. Отмечено, что разрешение во времени измерений быстротекущих процессов достигло наносекундного уровня, благодаря чему стало возможным изучение сложных пространственно-временных структур таких, как скачки и детонационные волны. Особо было выделено использование электронных пучков в ударных трубах, молекулярных пучков для исследования кинетики процессов, лазера

и эффекта Доплера для непосредственного измерения скорости в точке потока. Успехи криогенной техники позволили изучать при температурах 1—2° К течения газа и тепломассоперенос при очень больших числах Маха ($M = 20$), с малыми затратами мощности и высокой точностью. В результате совместного применения современной электроники и быстродействующих вычислительных машин достигнут существенный прогресс в изучении турбулентности.

В секционном докладе Ж. Гиро (Франция) «Газовая динамика с точки зрения кинетической теории» были обсуждены проблемы, решение которых зависит от использования этой теории. Помимо, естественно, динамики разреженных газов указаны проблемы гиперзвукового обтекания носовой части тонкого тела, структурный скачок уплотнения, распространения ультразвука и, наконец, различные задачи, связанные с процессами на поверхностях раздела, в частности, взаимодействия газа с твердыми границами. Было кратко рассмотрено состояние вопроса о разрешимости уравнений Больцмана в связи с тем же вопросом для уравнений Навье — Стокса, практически незатронутым в случае сжимаемой жидкости. Один из вопросов, упомянутых Гиро, был развит в секционном докладе Л. Скривена (США) «Молекулы, частицы, границы раздела и сплошная среда». Им были рассмотрены некоторые эффекты поляризации на границе раздела жидких сред, которые требуют усложнения их реологических моделей. Одни из этих эффектов удается описать на основе кинетической теории, другие, наблюдающиеся в тонких жидких пленках или на границе трех фаз, требуют дальнейшего изучения.

В сообщении М. Н. Когана и др. были рассмотрены движения, обусловленные барнеттовскими температурными и концентрационными напряжениями, и с помощью кинетических уравнений уточнены граничные условия для уравнений Навье — Стокса при наличии испарения, реакций и излучения на поверхности тела. Г. Л. Гродзовский и В. В. Скворцов сообщили о применении плазменно-ионных ускорителей для моделирования обтекания тел в ионосфере и для воздушного электрореактивного двигателя советских ионосферных лабораторий «Янтарь».

Современный прогресс газовой динамики в значительной мере связан с решением сложных нелинейных и неавтономных задач путем разработки и расширяющегося применения численных методов. Специально этим методам был посвящен ряд сообщений советских авторов (Н. Н. Яненко, Ю. И. Шокина, К. И. Бабенко и др., О. Ю. Калекина и др.). Рассматривались решения новых задач разлета объема сжатого газа (В. П. Коробейников и др.), расчета трансзвуковых течений (В. В. Русанов; Д. Эврор и Ж. Турнеин (Франция), Дж. Коул и Э. Мурман (США), испарения твердых тел в вакуум (С. И. Анисимов и А. Х. Рахматулина). Несколько сообщений касалось задач распространения ударных волн в горючих смесях газов (Г. Г. Черный и др.), в диссоциирующих газах (Ф. Хигашино (Япония)), а также акустических явлений. Большое внимание, особенно в докладах СССР, было уделено отрывным течениям и пограничным слоям при сильном взаимодействии с внешним потоком (Э. А. Гершбейн и др., В. Я. Нейланд, В. В. Сычев, А. И. Зубков и др.), а также моделированию процесса развития вихревых следов за плохо обтекаемыми телами поверхностями тангенциального разрыва в невязкой жидкости при соответствующих обобщениях условия Жуковского (Р. Лежандр, (Франция), А. А. Никольский, С. М. Белоцерковский и М. И. Ният, С. Дамс и Д. Кюхеман (Великобритания)).

Наконец, надо отметить три прикладных секционных доклада и дискуссию «круглого стола». Доклад С. С. Григоряна «Некоторые задачи нефтепромысловой механики» содержал теоретическую постановку и указания путей решения ряда практических задач техники добычи нефти. Основное внимание было уделено волновым процессам в колонне бурильных труб и в промывочном растворе, возникающим при изменении нагрузок. Показано, что эти процессы можно использовать для интенсификации бурения и борьбы с авариями, в частности, с засорением скважин. Обсуждалась возможность учета в законе фильтрации начального градиента давления. Рассмотрено влияние температуры на реологические свойства буровых растворов. Предложен и проиллюстрирован кинофильмом новый способ борьбы с газовыми фонтанами. Более частному вопросу был посвящен секционный доклад Дж. Филипа (Австралия) «Течения в пористых средах». В нем рассматривался механизм фильтрации в пористых средах с позиций физики почвы и гидрологии. Отмечены особенности течения и уточнения закона Дарси для ненасыщенных разбухающих сред, а также роль обмена количеств движения между несмешивающимися жидкостями в пористой среде.

В секционном докладе А. А. Дерибаса «О некоторых явлениях при высокоскоростных соударениях твердых тел» были описаны соударения металлов со скоростями порядка несколько сотен метров в секунду. Изучены явления образования кумулятивной струи, возбуждения волн в соударяющихся телах и сварки взрывом. Рассмотрены гидродинамические модели этих явлений в аспектах идеальной и вязкой жидкостей. Коэффициент вязкости металлов оценен величиной порядка 10^5 пз. Предложен критерий образования кумулятивной струи, объясняющий ее отсутствие

в дозвуковом случае при малых углах соударения, и определена зависимость критического угла от числа Рейнольдса.

Дискуссия круглого стола «Промышленная аэродинамика» была организована под руководством П. Оуэна (Великобритания). Она была искусственно сужена до вопросов моделирования в аэродинамических трубах влияния ветра на различные здания и сооружения, а также внутренней вентиляции зданий. В выступлениях советских участников дискуссии были затронуты также теоретические вопросы турбулентного движения затопленных струй и флаттера сооружений (зарубежные работы в области аэроупругости рассматривались отдельно на заседании секции «Нестационарное взаимодействие потока с телом»). Дискуссия показала, что уровень зарубежных исследований по ее теме не превышает уровня исследований, проводимых в СССР.

В целом научная программа XIII Международного конгресса по теоретической и прикладной механике была полностью и успешно выполнена, причем ее организация и проведение (впервые в СССР) заслужили высокую оценку всех участников и гостей. Содержание докладов и сообщений в общем удовлетворительно характеризует современное состояние и направления развития теоретической и прикладной механики, хотя в связи с естественным ограничением времени проведения конгресса многие интересные заявки не могли быть включены в его программу. Конгресс показал, в частности, что доложенные результаты исследований, проводимых в СССР в области механики жидкости и газа, в основном находятся на уровне мировых достижений в этой области.

Краткое содержание всех докладов и сообщений конгресса имеется в выпущенном к открытию конгресса сборнике аннотаций; полные тексты генеральных и секционных докладов будут напечатаны в «Трудах» конгресса, подготавливаемых издательством Шпрингер (ФРГ); ординарные доклады-сообщения участников публикуются в научных журналах. Ко времени работы конгресса было приурочено заседание Общего собрания (Генеральной ассамблеи) Международного союза по теоретической и прикладной механике, на котором состоялось избрание руководства Союза на очередные четыре года. Президентом Союза избран Г. Гертлер (ФРГ), вице-президентом — В. Т. Койтер (Нидерланды), секретарем — Ф. И. Ниордсен (Дания), казначеем — Д. Ч. Дракер (США). Членами Бюро кроме указанных были избраны Дж. Лайтхилл (Великобритания), Р. Лежандр (Франция), В. Ольшак (Польша) и Л. И. Седов (СССР).

Общее собрание Союза приняло окончательное решение о проведении очередного XIV Международного конгресса по теоретической и прикладной механике в 1976 г. в Делфте (Нидерланды).

Л. Г. Лойцанский, Г. Ю. Степанов

Технический редактор Э. Ф. Бунова

Сдано в набор 17/XI-1972 г. Т-01450 Подписано к печати 2/II-1973 г., Тираж 1875 экз.
Зак. 1392 Формат бумаги 70×108^{11/16} Усл. печ. л. 16,+1 вкл. Бум. л. 5^{1/4} Уч.-изд. л. 16,8

2-я типография издательства «Наука». Москва, Шубинский пер., 10