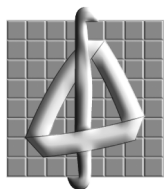
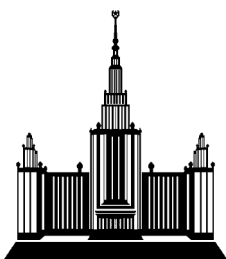


# МЕХАНИКА В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Под редакцией  
И. А. Тюлиной, Н. Н. Смирнова



250 лет  
Московскому  
государственному  
университету  
им. М. В. Ломоносова

---

МОСКВА

 АЙРИС ПРЕСС

2005

**УДК 501(09).501(018)**  
**ББК 22.2г**  
**М55**

**Механика** в московском университете / под ред. И. А. Тюлиной,  
М55 Н. Н. Смирнова. — М.: Айрис-пресс, 2005. — 352 с.: ил.

**ISBN 5-8112-1474-X**

Сборник научно-исторических статей, составленных кафедрами отделения механики механико-математического факультета МГУ. Развитию механики в Московском университете в XVIII–XX веках посвящена первая вводная статья. Главное внимание уделено развитию механики в XX в., к концу которого на факультете образовалось девять кафедр отделения механики.

Книга рассчитана на студентов, аспирантов, преподавателей, научных работников, интересующихся историей механики.

**ББК 22.2г**  
**УДК 501(09).501(018)**

**ISBN 5-8112-1474-X**

© Айрис-пресс, 2005

## Предисловие

Предлагаемые очерки рассказывают об основных направлениях развития механики в Московском университете имени М. В. Ломоносова со времени его основания, а также о результатах учебной и научной работы в области теоретической и прикладной механики со времени образования механико-математического факультета университета в период 1933–2004 гг.

Вопросы механики излагались с первых лет существования Московского университета: сначала в энциклопедическом курсе «Прикладная математика» (1757–1865). По инициативе Н. Д. Брашмана и в соответствии с требованием времени в 1866 г. была основана кафедра механики — теоретической и практической, которую возглавил профессор Ф. А. Слудский. Когда эту кафедру возглавил Н. Е. Жуковский (1886), она целенаправленно и постепенно превратилась в коллектив специалистов широкого круга теоретических и прикладных проблем механики. Контуры будущих четырех кафедр механики обозначились в предреволюционные годы развития университета. После периода демократизации учебного процесса и университетской жизни (1918–1932), когда проводились настойчивые поиски новых форм высшего образования, в 1933 г. была проведена реорганизация учебного процесса, а также регламентирования научной деятельности высшей школы; тогда же обширный физико-математический факультет разделился на пять естественных факультетов, кроме того, сохранялся рабочий факультет, образовалось заочное отделение. Приказ о такой структуре (из шести факультетов) по Московскому университету издан 1 мая 1933 г.; первым деканом механико-математического факультета был назначен сотрудник ЦАГИ, профессор В. В. Голубев. Обзор важнейших событий на физико-математическом факультете до этого времени можно найти в первом очерке «Развитие механики в Московском университете» (1755–1932), составленном И. А. Тюлиной. Напомним, что на механико-математическом факультете было создано четыре кафедры, как бы намеченные в первых десятилетиях XX в. Н. Е. Жуковским. Кафедру теоретической механики возглавил профессор А. И. Некрасов, кафедру аэромеханики — профессор В. В. Голубев, кафедру гидромеханики — профессор Л. С. Лейбензон и кафедру теории упругости — профессор Н. Н. Бухгольц. В конце 1941 г. из кафедры теоретической механики выделилась кафедра прикладной механики, которую возглавил член-корр. АН СССР (впоследствии академик) И. И. Артоболевский.

В 1951 г. была организована кафедра газовой и волновой динамики, заведующим которой стал академик АН УзССР профессор Х. А. Рахматулин. В 1953 г. была основана еще одна кафедра на отделении механики — теории пластичности, заведующим кафедрой стал член-корр. АН СССР (впоследствии академик) профессор Ю. Н. Работнов. В 1987 г. из кафедры теории упругости выделилась кафедра механики композитов, которой заведует академик РАН профессор Б. Е. Победра. В 1998 г. организована девятая кафедра отделения — кафедра вычислительной механики, которой заведовал академик РАН, профессор В. П. Мясников, а с 2004 г. кафедрой заведует член-корр. РАН А. В. Забродин.

На механико-математическом факультете более пятнадцати лет работает Отдел прикладных исследований по математике и механике. Возглавляет Отдел ректор МГУ, академик РАН, профессор В. А. Садовничий. Еще в 1970-х гг., когда деканом механико-математического факультета был профессор П. М. Огибалов, ведущие математики нашей страны А. Н. Колмогоров и П. С. Александров высказали рекомендацию об организации подразделения прикладной тематики, находящейся на стыке естественных и других наук. Это предложение стало выполнимым, когда в 1977 г. на механико-математический факультет пришел работать бывший выпускник факультета, лауреат

Ленинской премии, Герой Социалистического Труда, генерал-лейтенант, профессор Г. А. Тюлин, который связал мехмат с правительственными органами. В 1979 г. была организована проблемная лаборатория волновых процессов при кафедре газовой и волновой динамики академика Х. А. Рахматулина. Сотрудники лаборатории работали над решением многих важных проблем оборонного значения, в том числе и по проблемам противостояния программе США СОИ, получив связи с соответствующими предприятиями на всей территории СССР.

В 1987 г. поступило предложение о расширении прикладного сектора МГУ, исследования которого были направлены на укрепление обороноспособности страны в космическом пространстве. К концу 1987 г. был организован Отдел прикладных исследований по математике и механике из трех лабораторий (к настоящему времени их пять). Была установлена тесная связь Отдела с организациями Министерства общего машиностроения и Министерства машиностроения, с давнего времени возглавляемого также выпускником механико-математического факультета В. В. Бахиревым.

В 1990-х гг. отпала необходимость в разработке научной тематики против программы СОИ. Однако Отдел прикладных исследований без прежней поддержки извне изменил тематику на новые направления конверсионного характера. Лаборатории Отдела выжили и эффективно работают. В 1989 г. группа сотрудников Отдела прикладных исследований МГУ была удостоена Государственных премий за работу по динамической имитации аэрокосмических полетов, лауреатами Государственной премии стали: В. А. Садовничий, В. В. Александров, В. И. Борзов, И. В. Дылевский и др. В 1990 г. была получена премия Совета Министров СССР за цикл работ по динамике соударения и разрушения (Х. А. Рахматулин (посмертно), В. Ф. Максимов, А. В. Киселев, А. В. Звягин, В. М. Гендугов, А. Я. Сагомоян, А. И. Бунимович). В 2001 г. была получена Государственная премия РФ за работы в области математики и механики (В. А. Садовничий, В. В. Александров, С. С. Лемак).

В предлагаемых очерках основное внимание уделено развитию механики на кафедрах механико-математического факультета МГУ. Раздел, связанный с деятельностью Научно-исследовательского института механики МГУ предполагается опубликовать отдельно.

Составители сборника приносят искреннюю благодарность за предоставленные материалы заведующим кафедрами отделения механики: академику РАН Д. Е. Охочимскому, академику РАН Е. И. Шемякину, академику РАН Г. Г. Черному, профессору В. П. Карликову, профессору В. В. Александрову, член-корр. РАН С. А. Шестерикову, профессору И. А. Кийко, профессору Б. Е. Победре, член-корр. РАН А. В. Забродину, а также автору очерка о кафедре химической механики доценту А. М. Головину. В подготовке очерков о кафедрах также принимали активное участие доцент Е. В. Мелкумова, доцент В. Л. Натяганов, доц. В. С. Потапов, ст. лаборант Л. Н. Андреева, проф. А. Н. Голубятников, ассистент Н. Е. Леонтьев, доцент П. А. Кручинин, профессор Е. В. Ломакин, доцент И. Н. Молодцов, ассистент Е. В. Колдоба. Раздел по истории и методологии механики написан И. А. Тюлиной. В организационно-редакторской работе над рукописями принимали участие С. С. Лемак, Л. В. Кудряшова и В. Н. Чиненова.

Издание книги оказалось возможным благодаря финансовой поддержке выпускника механико-математического факультета Андрея Валерьевича Чеглакова.

*И. А. Тюлина,  
Н. Н. Смирнов*

## **Развитие механики в Московском университете с 1755 по 1932 г.**

Начальным периодом в развитии механики (пока еще только преподавания) в Московском университете можно считать первые сто лет существования университета, когда эта дисциплина была лишь составной частью сначала курса физики, а затем и курса прикладной математики. На философском факультете университета читался под таким названием энциклопедический курс, включавший в себя разнородные предметы (астрономию, аэрометрию, элементы механики и гидромеханики и пр.), так было до первой трети XIX в. включительно.

По уставу 1804 г. в Московском университете стало четыре отделения (или факультета), в том числе физико-математическое, на котором было восемь естественных кафедр. Среди них было две математические кафедры: чистой и прикладной математики; механика занимала обширное место, составляя значительную часть курса прикладной математики. Заметим, что по уставу 1804 г. вводилось преподавание наук, относящихся к технологии фабричного производства, к торговле и сельскому хозяйству.

Первым отечественным профессором, читавшим курс прикладной математики, был И. М. Панкевич, выпускник Московского университета. После его гибели в дни нашествия наполеоновских войск в Москву курс был передан проф. Ф. И. Чумакову, который читал раздел механики, руководствуясь сочинением С. Д. Пуассона «Трактат механики» (1811).

В 1832–1834 гг. курс прикладной математики, в котором большую часть к этому времени составляла механика с астрономией, читал профессор Дмитрий Матвеевич Перевошиков (1790–1880), экстраординарный член Петербургской академии наук (с 1855 г.). К этому времени Д. М. Перевошиков в течение пятнадцати лет исполнял обязанности декана физико-математического отделения, а затем был ректором Московского университета.

Будучи специалистом по небесной механике и астрономии, Перевошиков включал в курс задачи и разделы астрономического характера, используя также разделы трактатов по аналитической механике Ж. Лагранжа и Р. Прони. Научные труды Перевошикова по большей части относились к астрономии, геофизике, теории магнетизма. Он создал учебные руководства по астрономии, а в «Ученых записках Московского университета» за 1934 г. публиковались его лекции по механике.

Как бы итогом педагогической работы Д. М. Перевощикова и собранием его многочисленных учебных курсов было обширное и очень популярное издание «Ручная математическая энциклопедия» в тринадцати томах (1826—1837). Три из них (VIII, IX и X тома) отводились механике: статике, динамике и гидромеханике соответственно. Динамика (IX том) содержала два отделения: о движении вещественной точки и о движении системы тел (или точек).

Физический кабинет, почти полностью погибший в ходе Отечественной войны 1812 г., снова пополнился, в чем была заслуга физиков, в частности И. А. Двигубского. Из двухсот с лишним моделей и приборов физического кабинета к 1826 г. более 30 относилось к механике, и не менее того — к гидромеханике.

Вот некоторые примеры тем магистерских диссертаций, относящихся к земной или небесной механике. Тема Пафнутия Афанасьева — «О устройении и действии паровых машин», тема Н. Е. Зернова, позже профессора Московского университета — «О суточном и годовом движении Земли», тема П. С. Щепкина — «Об открытиях, сделанных в астрономии со времени открытия телескопов», тема Дмитрия Лачинова — «О устройении и укреплении плотин» и др.

Приближение тем магистерских диссертаций к актуальным проблемам земной и небесной механики, использование новейших трактатов по аналитической механике при чтении раздела «Динамика» — все это создавало предпосылки для выделения механики в самостоятельный курс.

Новые черты преподавания механики, вызванные запросами общественно-экономических условий в России середины XIX в., проявились в деятельности Н. Д. Брашмана и А. С. Ершова.

Н. Д. Брашман (1796—1866), воспитанник Венского университета и Венского Политехнического института, был ученым и инженером. С 1825 по 1834 г. он преподавал математику и астрономию в Казанском университете, после чего переехал в Москву, где стал профессором прикладной математики Московского университета. В 1855 г. он был избран членом-корреспондентом Петербургской академии наук, в 1936 г. удостоен Академией за монографию «О капиллярных силах» (опубликована в 1842 г.) полной Демидовской премии. Брашман опубликовал 26 научных трудов, в том числе два учебника к читаемому им курсу прикладной математики, где механика занимала большую часть курса. Один из этих учебников — «Теория равновесия тел твердых и жидких или статика и гидростатика» — вышел в 1837 г., а в 1859 г. литографированно вышел «Курс механики».

В научной работе Н. Д. Брашмана проявлялось серьезное внимание к проблемам современной техники, разрешимым с помощью механики и математики. Интерес Брашмана к практическим вопросам был замечен и в построении лекционного материала, где значительное место отводилось задачам, связанным с действием различных машин, водосливов, водяных двигателей, с баллистикой, строительной механикой. Он использовал трактаты и отдель-

ные исследования по механике Лагранжа, Остроградского, Пуансо, Понселе и других. Брашман читал прикладную математику (по существу же механику) с 1834 по 1864 г. Н. Е. Жуковский так писал позже об этом периоде преподавания Брашмана: «Н. Д. Брашман занимал кафедру *механики* (курсив наш. — *И. Т.*) в Московском университете в продолжение 30 лет, и им заложены первые научные основы преподавания этого предмета»<sup>1</sup>.

Кафедра механики, о которой не совсем точно выразился Н. Е. Жуковский, в первой половине XIX в. еще не существовала в Московском университете. Однако существовали уже объективные условия для ее создания, и Н. Д. Брашманом многое было сделано, чтобы приблизить время открытия такой кафедры. Он хлопотал об организации двух кафедр: теоретической и практической механики. Среди тем студенческих и магистерских работ, предлагаемых Брашманом его ученикам, было много инженерных проблем. Темой магистерской диссертации И. И. Рахманинова (будущего профессора Киевского университета) была «Теория вертикальных колес»; А. С. Ершов защитил магистерскую диссертацию под руководством Брашмана на тему «О воде как о двигателе»; выдающийся ученый-артиллерист Н. В. Маиевский кончал Московский университет в те же годы, и темой его студенческой работы было «Историческое состояние электричества»; студент Н. Страхов выполнил сочинение на тему «О зацеплениях цилиндрических, конических и гиперболических». Учениками Н. Д. Брашмана были П. Л. Чебышев, И. И. Сомов, Ф. А. Слуцкий, М. Ф. Окатов и др.

В 1844 г. в Московском университете начал чтение курса практической механики адъюнкт А. С. Ершов (1818—1867). Окончив Московский университет в 1839 г., он прошел стажировку в инженерных институтах Петербурга, изучая практическую механику и начертательную, несколько позже, углубив такие познания и опыт в Париже, защитил магистерскую диссертацию в Московском университете. Вот тогда-то он и начал преподавание практической механики и начертательной геометрии в звании доцента (в должности адъюнкта). С 1853 г. он был утвержден «исправляющим должность экстраординарного профессора Московского университета». В те же годы Ершов преподавал механику в Московском ремесленном учебном заведении, директором которого он стал с 1859 г. О роли Ершова в организации высшего учебного заведения (МВТУ) на базе ремесленного училища читаем: «А. С. Ершов — яркая личность в истории развития Московского ремесленного учебного заведения. Своей исключительной энергией и талантом он в тяжелых условиях работы этого учебного заведения сделал все, чтобы превратить его в высшую техническую школу»<sup>2</sup>.

Ершов обратился в 1860 г. в правительственный Комитет с ходатайством о пересмотре прежнего устава и преобразовании учебного заведения в высшее

<sup>1</sup> Жуковский Н. Е. Собр. соч. Т. 7. М.—Л.: ГТИ, 1950. С. 58.

<sup>2</sup> Московское высшее техническое училище (150 лет). М.: Высшая школа, 1980. С. 17.

техническое. Правительственный Комитет, согласившись с идеей, предложил (как бы временно) отдать воспитанников на содержание частным лицам. Это означало бы разрушить налаженную систему технического обучения. Последние годы своей жизни А. С. Ершов посвятил хлопотам, составлению докладных записок и составлению (вместе с коллективом ученых ремесленного училища) проекта устава Московского высшего технического училища, который был утвержден вскоре после смерти Ершова в 1868 г.

Министр народного просвещения Ширинский-Шихматов поручил в 1849 г. П. Л. Чебышеву разобрать Программу курса практической механики, составленную Ершовым. В результате большой работы появились замечания Чебышева «О преподавании практической механики и начертательной геометрии» в Московском университете<sup>1</sup>. Аналогичные курсы в Петербургском университете с 1849 г. стал читать сам Чебышев, глубоко понимавший дух времени и основные запросы общественной практики к точным наукам. В программе Ершова (как и в более поздней программе курса Чебышева) четко выделяется мысль о тесной связи механики с широким введением машин во все области экономики.

Из публикаций и актов речей А. С. Ершова наибольший интерес представляют его магистерская диссертация «О воде как о двигателе» (1844) и первый в России учебник кинематики и теории механизмов «Основания кинематики или элементарное учение о движении вообще и о механизме машин в особенности» (1854)<sup>2</sup>.

Строительство железной дороги Петербург — Москва, десятки тысяч новых предприятий в России, внедрение парового двигателя не только в текстильную, металлургическую промышленность, но и во многие другие отрасли экономики, например в сельское хозяйство, — все это означало энергичное техническое перевооружение страны. Однако на предприятиях работали по большей части крепостные, и это сильно тормозило технический прогресс.

В 1861 г. правительство провело реформу об отмене крепостного права в России, за чем последовала цепочка других реформ, по существу буржуазного характера: преобразования вводились в земствах, в судах, в системе народного просвещения и образования.

Вводились начальные школы (вместо средних), следующей ступенью становилась гимназия, после которой ее выпускникам предоставлялось право поступления в университеты без экзаменов. Однако плата за обучение в гимназии была высокой и представляла собой заслон для широких слоев демо-

<sup>1</sup> Яновская С. А. Два документа из истории Московского университета // Вестник МГУ. 1952. № 8. С. 46.

<sup>2</sup> Чиненова В. Н. А. С. Ершов — представитель прикладной механики в Московском университете. История и методология естественных наук. М.: Изд-во МГУ, 1978. Вып. XX. С. 214–222.



кратической молодежи на пути в университет. Выпускникам реальных училищ такого права не предоставлялось, но несколько облегчался доступ в высшие технические учебные заведения. В соответствии с новым университетским уставом 1863 г. университеты получали некоторую самостоятельность в отношении внутреннего самоуправления. Руководство многими делами университета поступало в распоряжение ректора и Совета университета, куда входили ординарные и экстраординарные профессора.

Совет получал право премировать лучшие работы на кафедрах, присуждать ученые степени кандидата, магистра, доктора. Увеличивались финансовые средства университета; дотация стала примерно вдвое больше прежней. В этой связи на физико-математическом факультете были введены новые кафедры, всего кафедр стало двенадцать. Просьба ученых факультета об образовании двух новых кафедр механики (аналитической и практической) была реализована наполовину: по уставу Московского университета 1863 г. вводилась кафедра механики аналитической и практической (§ 14 устава). Число профессоров в Московском университете возрастало с 33 до 40, из последнего числа на физико-математическом факультете предполагалось 16 профессоров (и три доцента). Возглавлять кафедру имел право только доктор соответствующего цикла наук. Больной и, вынужденный часто подменяться А. Ю. Давидовым, Н. Д. Брашман в 1864 г. вышел в отставку. Вновь объявленная по уставу 1863 г. кафедра механики оставалась некоторое время вакантной. Чтение лекций по механике после 1864 г. было разделено между Ф. А. Слудским и В. Я. Цингером. Н. Е. Жуковский как слушатель лекций Слудского писал: «Все излагаемое им было хорошо обдуманно и не оставляло у слушателей никаких сомнений»<sup>1</sup>.

В конце 1864 г. доцент Слудский защитил диссертацию на степень доктора астрономии «Триангуляция без базиса». Министр народного просвещения разъяснил, что занять кафедру механики может только доктор прикладной математики.

В декабре 1865 г. Слудский защитил вторую докторскую диссертацию (по прикладной математике) на тему «О равновесии и движении капельной жидкости при взаимодействии ее частиц». Вскоре приказом<sup>2</sup> министра просвещения Слудский был утвержден в должности экстраординарного профессора по кафедре механики с 12 февраля 1866 г. Н. Е. Жуковский вспоминал о лекциях Слудского по теоретической механике: «В сжатой и ясной форме излагались в этом курсе основные идеи Лагранжа. Правда, слушание этого курса казалось нам сначала трудным, но впоследствии мы оценили в нем единство метода и стройность и дружными аплодисментами благодарили своего профессора на нашей последней лекции четвертого курса»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Жуковский Н. Е. Полн. собр. соч. 1937. Т. IX. С. 376.

<sup>2</sup> ЦГИА г. Москвы. Ф. 418, оп. 34, д. 226, 1865. С. 9.

<sup>3</sup> Жуковский Н. Е. Полн. собр. соч. 1937. Т. IX. С. 377.

В курсе Слудского отразились его научные интересы: будучи специалистом в области гравиметрии, он уделяет большое внимание закону тяготения Ньютона, теории притяжения; важнейшее место в его аксиоматике занимает принцип ускоряющих сил. Слудский был противником новейших в то время динамических воззрений в механике, в значительной мере объяснявшихся феноменалистскими установками Кирхгофа и Маха в механике. В соответствии с такими установками второй закон динамики трактовался как простое определение *силы* в виде произведения массы точки на ее геометрическое ускорение. Таким образом, единственной целью науки Мах и Кирхгоф считают простейшее описание, но не объяснение явлений природы. «Когда мы говорим о причине и следствии, то мы произвольно выделяем те моменты, на связь между которыми нужно обратить внимание при воспроизведении какого-нибудь факта в важном для нас направлении. В природе нет причины и следствия...» — считает Мах<sup>1</sup>.

Вопреки такому мнению А. Эйнштейн высоко ценил строгую детерминированность классической механики Ньютона: «Дифференциальный закон является той единственной формой причинного объяснения, которая может полностью удовлетворить современного физика»<sup>2</sup>, — писал он относительно принципа ускоряющих сил (второго закона динамики).

Слудский, придерживаясь стихийно-материалистических взглядов на основные понятия и законы механики, критиковал Кирхгофа за формализацию динамики, где понятие массы трактовалось как коэффициент в равенстве, выражающем силу через ускорение точки (при этом упомянутое равенство Кирхгоф не считал законом природы, а трактовал как простое наименование или определение *силы*).

«Почтеннейший Гейдельбергский профессор, — пишет Слудский по адресу Кирхгофа, — полагает задачу механики в простейшем описании происходящих в природе явлений. Описать движение, по его мнению, значит написать уравнение движения. Описать движение простейшим образом — значит написать уравнение движения в простейшей форме; он говорит, что происходящие в природе движения, как показывают опыты, описываются проще всего при помощи дифференциальных уравнений второго порядка. Вряд ли кто усомнится в том, что Кирхгоф не делает попыток описывать происходящие в природе движения при помощи дифференциальных уравнений третьего и высших порядков»<sup>3</sup>.

Стихийно-материалистические (подчас наивные) взгляды по основным положениям механики Слудский выражает в нескольких публикациях: «Об основных законах физических тел», «Несколько слов о лекциях Кирхгофа по математической физике и механике», «Механика будущего».

<sup>1</sup> Мах Э. Механика, историко-критический очерк ее развития. СПб., 1909. С. 405.

<sup>2</sup> Эйнштейн А. Собр. науч. трудов. Т. 4. С. 83.

<sup>3</sup> Математический сборник. Т. 9. С. 11.

Уже упоминалось о том, что кинематика (как часть курса практической механики) впервые читалась в Московском университете А. С. Ершовым. В качестве самостоятельного раздела рациональной (или теоретической) механики кинематика была введена в Петербургском университете И. И. Сомовым в 1870-х гг. В Московском университете эту традицию ввел Ф. А. Слудский, «Курс теоретической механики» которого отводил значительную часть объема разделу «Кинематика». Таким же новшеством в университетских курсах механики был раздел курса и учебника Слудского «Геометрия масс», стимулируемый запросами теории машин и механизмов. Когда звено машины совершает вращательное (вообще говоря, непоступательное) движение, необходимо знать функцию распределения массы тела относительно осей координат, связанных с телом. Такие же проблемы возникали в геофизике и небесной механике при учете формы Земли, Луны и других небесных тел, однако запросы техники сделали эту область точного естествознания широко распространенной.

Наконец, новаторством было включение в «Курс теоретической механики» Слудского крупного раздела гидромеханики; до него это было сделано в монографии Лагранжа «Аналитическая механика».

Переходя к изложению важнейших научных вкладов Слудского, уместно привести замечание Н. Е. Жуковского: «Но многое еще в деле преподавания не выяснилось и не уложилось в определенные рамки. Аналитические идеи Лагранжа давались студентам с трудом, и между самими профессорами шли споры о некоторых теоремах Лагранжа (например, о начале наименьшего действия)»<sup>1</sup>. Наиболее актуальные и глубокие исследования Слудского по аналитической механике (мы не затрагиваем многие его работы по высшей геодезии и гравиметрии) касаются принципа наименьшего действия. В переписке М. В. Остроградского с Н. Д. Брашманом возникли недоумения и разночтения о классе экстремалей в вариационном принципе Лагранжа. Сам Лагранж, применяя этот принцип правильно, в формулировке принципа наименьшего действия не оговорил, каким условиям должны удовлетворять кинематически возможные движения механической системы. Посвятив серию исследований этой проблеме<sup>2</sup>, Слудский выяснил: Остроградский использует другой вариационный принцип (его теперь называют принципом Гамильтона — Остроградского), где изохронный характер варьирования переменных, а также математическое выражение «действия» отличаются от изоэнергетического варьирования и соответствующей функции «действия» в принципе Лагранжа (наименьшего действия).

Большой интерес представляют исследования Слудским задачи трех тел исследования по аналитической гидростатике, по теории притяжения и о

<sup>1</sup> Жуковский Н. Е. Полн. собр. соч. Т. IX. С. 377

<sup>2</sup> Слудский Ф. А. О начале наименьшего действия // Математический сборник. 1867. Т. 2, вып. 1. С. 45–51; Слудский Ф. А. Заметка о начале наименьшего действия // Математический сборник. 1870. Т. 4, вып. 3. С. 225–230.

природе аномалии тяжести на Земле. Коллеги Слудского — В. Я. Цингер, Б. К. Млодзеевский, Ф. Е. Орлов также проводили интересные исследования по механике. Важнейшие из работ Цингера по механике примыкают к задаче Дирихле о движении жидкого эллипсоида; при более общих предположениях Цингер проводит интегрирование уравнений движения до конца.

Исследования А. Ю. Давидова по механике касаются двух проблем: теории равновесия тел, погруженных в жидкость, и теории капиллярных явлений. Оригинальным результатом Давидова в первой группе работ (в том числе и магистерской диссертации) является метод нахождения места центров тяжести различных сечений тела постоянного отсеченного объема. Давидов решил много конкретных задач этим общим методом. В другой группе работ (в том числе и в докторской диссертации 1851 г.) Давидов построил общую аналитическую теорию капиллярных явлений, максимально согласуя ее с физическими воззрениями и эмпирическими данными.

Последняя треть XIX в. характеризуется подъемом уровня научной работы в университетах России, и в частности научных исследований по механике в Московском университете. По уставу 1884 г. кафедра вновь получила название «кафедра механики теоретической и практической». Перейдем к изложению вопросов преподавания практической механики в последней трети XIX в. в Московском университете. В этот период курс практической механики читал Федор Евплович Орлов, который, будучи оставлен при университете, принял предложение о переквалификации с чистой математики на специальность практической механики. Орлов был командирован за границу для знакомства с машинной техникой и курсами индустриальной механики на Западе. В этой командировке Орлов с большим интересом изучил состояние крупнейших предприятий Европы, а также познакомился с видными учеными в области инженерной механики: Рело, Цейнером, Кульманом и др.

По возвращении в Россию в 1872 г. Орлов начал чтение вступительных лекций «О машинах» в Московском университете и в Московском высшем техническом училище, где он занимал кафедру прикладной механики. Его вводная лекция на тему «О машинах» была опубликована в «Математическом сборнике»<sup>1</sup>; в ней излагались новейшие результаты по инженерной механике, в частности идеи Ф. Рело о кинематической паре и цепях. Н. Е. Жуковский впервые познакомился с Орловым в Высшем техническом училище, прослушав его вступительную лекцию, о которой писал: «Лекция его была составлена прекрасно, но молодой лектор читал ее робко. В нем еще не было того спокойствия и уверенности, которые выработались в последующие годы его преподавания»<sup>2</sup>.

Курс практической механики читался в Московском университете 4 часа в неделю<sup>3</sup>; туда входили теория механизмов (с упражнениями), гидравлика,

<sup>1</sup> Математический сборник. Т. 6. 1874.

<sup>2</sup> Жуковский Н. Е. Полн. собр. соч. Т. IX. С. 336.

<sup>3</sup> ЦГИА г. Москвы. Ф. 418, оп. 41, д. 234, 1872, л. 9.

теория турбин, термодинамика, теория сопротивления материалов, начертательная геометрия с элементами черчения. К 1888 г. общее число часов, отводимых на занятия по практической механике, достигало 10 часов. Была рекомендована современная литература по всем указанным разделам курса. В Петербургском и Киевском университетах также были периоды, когда преподавалась практическая механика всем слушателям физико-математического отделения. Однако в Московском университете это делалось (с 1840-х гг.) регулярно при увеличении объема лекционных часов и соответственно материала. О качестве преподавания практической механики Ф. Е. Орловым Н. Е. Жуковский писал так: «В Московском университете преподавание практической механики было поставлено Ф. Е. на ту высоту, на которой оно не стоит ни в одном из русских университетов. Я помню, как одобрительно отозвался председатель экзаменационной комиссии В. Г. Имшенецкий, встретив в ответах студентов по специальным курсам практической механики такие обширные знания, которые можно ожидать только от воспитанников специальных технических школ. Ф. Е. поощрял студентов заниматься его предметом. Он устроил в университете прекрасный механический кабинет, завел классы черчения и проектирования. ...Можно сказать, что половина кандидатских сочинений писалась в Университете по практической механике»<sup>1</sup>. Несколько запущенное состояние кабинета механических моделей Ф. Е. Орлов активнейшим образом изменил. В одной из его докладных записок по этому поводу говорилось: «Таким образом, включая устаревшие или бесполезные модели, кабинет практической механики Московского университета включает не более 30 моделей, которые могут еще служить для демонстрации на лекциях, в нем нет ни кинематических моделей, ни моделей машин новой конструкции, никаких измерительных снарядов, ни одного чертежа. Кабинет требует усиленного пополнения, чтобы соответствовать объему и целям преподавания практической механики в университете»<sup>2</sup>.

Орлов добился выделения дополнительных средств для организации и заведования кабинетом, в частности, при обсуждении проекта новых штатов факультета (при подготовке нового устава) был предложен такой пункт: «Иметь при кабинете практической механики 1 ассистента и 1 лаборанта»<sup>3</sup>. Это предложение частично было реализовано значительно позже: должность лаборанта кабинета практической механики была введена лишь в 1912 г.<sup>4</sup>

По просьбе факультета для Ф. Е. Орлова была выделена должность доцента, на которую он был единогласно избран советом факультета 5 ноября 1873 г.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Жуковский Н. Е. Полн. собр. соч. Т. IX. С. 338.

<sup>2</sup> Данные заимствуются из диссертационной работы аспиранта Ю. В. Караваяева. ЦГИА. Ф. 418, оп. 41, д. 246, 1872, л. 231.

<sup>3</sup> Там же, л. 25.

<sup>4</sup> Там же, л. 24.

<sup>5</sup> ЦГИА. Ф. 418, оп. 42, д. 152, л. 11–19.

Ф. Е. Орлов стал добиваться привлечения приват-доцентов для более квалифицированного преподавания отдельных дисциплин прикладной механики. Так, например, в 1887 г. приват-доцент В. А. Михельсон читал курс «Математическая теория упругости твердых тел»; ассистент А. С. Шестаков под наблюдением Ф. Е. Орлова давал уроки черчения; приват-доцент М. М. Черепашинский (он преподавал строительную механику в Московском высшем техническом училище) читал в университете курс «Строительная механика и графическая статика» (1881–1887). Все эти нововведения, которых добился Орлов, вполне соответствовали запросам экономической жизни страны. В европейских странах в университетах раньше вводилось чтение гидромеханики, теории сопротивления материалов, теории упругости и других специальных математических дисциплин. Формирование этих узкоспециальных механических дисциплин проходило в соответствии с дифференциацией потребностей техники, машинного производства, смежных разделов естествознания.

С именем В. А. Михельсона связано открытие важной страницы в истории науки о горении и взрыве. В 1881 г. французские физики Малляр и Ле Шателье<sup>1</sup> и, независимо от них, Бертело и Вьей<sup>2</sup>, проводя опыты по распространению пламени, обнаружили, что в обычных условиях пламя в трубе, заполненной горючей газовой смесью, распространяется с небольшой скоростью — порядка м/с. Но при некоторых обстоятельствах медленный процесс горения внезапно переходит в очень быстрый процесс, распространяющийся со скоростью 2000–3000 м/с. Этот быстрый процесс горения был назван «фальшивым горением», или детонацией<sup>3</sup>. Факт наличия двух скоростей горения, различающихся на три порядка, требовал теоретического объяснения, которое впервые было дано В. А. Михельсоном в 1893 г. в его работе «О нормальной скорости воспламенения гремучих газовых смесей», опубликованной в «Ученых записках Московского университета»<sup>4</sup>. Опираясь на появившиеся к тому времени работы Рэнкина<sup>5</sup> и Гюгио<sup>6</sup>, В. А. Михельсон объяснил, что механизмом распространения горения при детонации является не теплопередача, а «нагревание до точки воспламенения... благодаря чрезвычайно быстрому адиабатному сжатию» в ударных волнах. Таким образом, была начата разработка классической теории детонации, получившей дальнейшее развитие в работах Чепмена<sup>7</sup> и Жуге<sup>8</sup>. Это явилось важным этапом в развитии школы наук о горении в Московском университете, заложенной еще М. В. Ломоносовым в XVIII в., и занявшей лидирующее положение в мире во второй половине XX столетия.

<sup>1</sup> *Mallard E., Le Chatelier H. L. Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 1883. V. 93. P. 145.*

<sup>2</sup> *Berthelot M., Vieille P. Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 1883. V. 93. P. 18.*

<sup>3</sup> От *франц.* *detonner*: фальшивить, звучать не в тон.

<sup>4</sup> *Михельсон В. А. Учен. Зап. Импер. Моск. ун-та. Отдел физ.-матем. 1893. Вып. 10. С. 1–92.*

<sup>5</sup> *Rankine W. J. M. Phil. Trans. 1870. P. 277–288.*

<sup>6</sup> *Hugoniot H. Journ. Liouville. 1887. V. 3. P. 477–492, 1888. V. 4. P. 153–167.*

<sup>7</sup> *Chapman D. L. Phil. Mag. 1899. V. 47. P. 90.*

<sup>8</sup> *Jouget E. J. Mathematics. 1905. P. 347.*

В 1868 г. Московский университет окончил Николай Егорович Жуковский<sup>1</sup>. Проявляя большой интерес к инженерным наукам, Жуковский стал преподавать с 1872 г. математику, а с 1874 г. — теоретическую механику в Московском высшем техническом училище. С удовольствием вспоминая беседы со своими товарищами по Техническому училищу, Н. Е. Жуковский подчеркивал: «Они указывали мне на различные тонкие вопросы техники, требующие точного разрешения. От них научился я сближению научного исследования с наблюдаемой действительностью и уметь пользоваться сближением. Я благодарен им за многие мои сочинения прикладного характера. Я всегда буду сохранять добрую память о Н. П. Зимине, который пригласил меня быть руководителем работ, поставленных при Алексеевской водокачке для исследования гидравлического удара в водопроводных трубах. В этих работах теоретическое исследование задачи о распространении и отражении ударных волн нашло свое полное подтверждение в действительности»<sup>2</sup>. Случай, о котором кратко упоминает в этом фрагменте Н. Е. Жуковский, был чрезвычайно показательным в отношении характеристики метода Жуковского при исследовании явления природы или технической задачи.

Н. Е. Жуковский поставил по-новому эксперимент над распространением ударных волн в *длинной* трубе, выяснил основные физические факторы явлений, он составил уравнения, связывающие четыре функции: скорость течения, давление, плотность жидкости и радиус трубы как функции времени и расстояния (по длине трубы). Строгое математическое решение и его анализ позволили Жуковскому указать способы устранения гидравлического удара, а также способ определения места разрыва трубы (если его все же не удалось предотвратить) без выхода с водонапорной станции.

Этот эпизод (а их было множество) показывает, насколько тесно переплелись интересы и способности Н. Е. Жуковского — математические, экспериментальные и инженерные.

В Московском университете Жуковский начал преподавать в должности приват-доцента по кафедре механики с 1885 г. (после защиты докторской диссертации «О прочности движения» он был утвержден в ученой степени доктора прикладной математики в 1882 г.). В весеннем полугодии 1886 г. Жуковский прочитал курс гидродинамики, впервые выделенный в качестве самостоятельной дисциплины в университете. Этот курс, содержащий много оригинального, построенный молодым ученым самостоятельно, был опубликован в «Ученых записках Московского университета» за 1887 г. Поколения ученых и инженеров России, устремившиеся в новую прикладную область

<sup>1</sup> Очерки о жизни и деятельности Н. Е. Жуковского: *Лейбензон Л. С.* Николай Егорович Жуковский. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1947; *Голубев В. В.* Николай Егорович Жуковский. В кн. *Голубев В. В.* Труды по аэродинамике. М.—Л., 1957. С. 823—886; *Космодемьянский А. А.* Очерки по истории механики. С. 123—222.

<sup>2</sup> *Жуковский Н. Е.* Полн. собр. соч. Т. IX. С. 209—210.

гидромеханики, где было много фундаментальных теоретических проблем, брали за основу своих исследований эту монографию Жуковского. Среди последователей ученого был и его любимый ученик С. А. Чаплыгин.

В 1886 г. Н. Е. Жуковский стал экстраординарным профессором Московского университета (а с 1887 г. — ординарным профессором) по обычаю XIX в. это означало занять кафедру механики Московского университета. К этому времени прошло четырнадцать лет его педагогической работы в Московском высшем техническом училище; его научно-педагогические взгляды к этому времени четко определились.

Считая, что «механика должна равноправно опираться на анализ и геометрию», на использование данных опыта и практики, Жуковский предпочитал геометрические методы в преподавании аналитическим:

«Ум изучающих весьма часто склонен к формальному пониманию. Я из своего педагогического опыта знаю, как часто запоминаются формулы без усвоения стоящих за ними образов. Как это ни кажется странным, но одним из затрудняющих вопросов является иногда вопрос о значении той или иной буквы в бойко написанной формуле. В этом отношении геометрическое толкование, предпочтение геометрического доказательства аналитическому всегда приносит пользу»<sup>1</sup>.

Курс теоретической механики в университете Жуковский начинал читать перед студентами второго года обучения. Сначала излагалось «Введение в механику», куда включались и кинематика со статикой. Затем шла динамика материальной точки. На следующий год читались аналитическая статика, динамика системы и теория притяжения. Специальные главы динамики твердого тела и гидродинамика читались на 4 курсе. Жуковский ввел упражнения по механике, которые с 1905 г. стали обязательными и проводились в специально выделенное время. Задачи, подобранные и составленные самим Жуковским, вошли в несколько литографированных изданий его задачника по теоретической механике (в период с 1886 по 1923 г.). Задачник Жуковского был использован его учениками Н. Н. Бухгольцем, И. М. Воронковым и А. П. Миновым для издания в 1925 г. первого университетского задачника по механике в условиях новых требований высшего образования в советской высшей школе. В 1955 г. задачник Жуковского, дополненный примерами, составленными его учениками, был положен в основу «Сборника задач по теоретической механике» И. Н. Веселовского.

«Курс теоретической механики» Жуковского также неоднократно издавался (усилиями его учеников по МВТУ) литографическим способом, начиная с издания некоторых его разделов в 1887 г. В 1916 г. этот курс был издан на французском языке в Париже (под редакцией ученика Жуковского — С. К. Джебевского); а в 1939 г. он был впервые издан в нашей стране типографским способом.

<sup>1</sup> Жуковский Н. Е. Полн. собр. соч. Т. IX. С. 185.



Влияние Жуковского на учащуюся молодежь физико-математического факультета университета и Московского высшего технического училища было чрезвычайно велико: перечисление его учеников, ставших впоследствии выдающимися учеными, инженерами, авиаторами, конструкторами, организаторами производства советской республики заняло бы обширный раздел очерка.

Посещая заседания Московского математического общества уже в 70-х гг., Жуковский принимал участие в научных дискуссиях и обсуждениях работ на этих заседаниях. Первый доклад в Математическом обществе Жуковский сделал в 1873 г. (20 октября) на тему «Два замечания к гидродинамике», после чего он стал одним из самых активных участников общества. В 1903 г. Жуковский был избран вице-президентом общества, в 1905 г. — президентом. На могиле Жуковского Б. К. Млодзеевский от имени Московского математического общества произнес то, что единодушно разделяли все его члены: «Московское математическое общество имело Николая Егоровича своим бессменным президентом в течение многих лет. Во все это время он был поистине душою Общества, в нем все мы постоянно находили живой интерес к нашей работе, а молодые силы — поощрение и поддержку. Его научное дарование представляло счастливое соединение геометрической интуиции, чувства живой действительности и аналитического искусства, и это позволило ему еще более укрепить в Обществе ту широту научных интересов, которая была ему свойственна»<sup>1</sup>.

В конце XIX и начале XX в. в «Математическом сборнике» публиковалось много научных работ по механике. В течение XIX в. увеличилось число выпускников физико-математического факультета: если в 1825–1836 гг. в среднем факультет заканчивало 11 человек, то к 1854 г. это число возросло до 25 человек, к 1880 г. — до 45 человек. По числу дипломных работ по механике можно судить, что студентов этой специальности становилось все больше. Так, из 63 дипломных работ факультета в 1896 г. 10 было по физике, 7 — по физической географии, 7 — по математике, 3 — по астрономии и 36 работ по механике, что составляло более половины всех работ. Такое соотношение характерно для всего периода 1890-х гг.

Будучи весьма высокого мнения о лекциях своего учителя Ф. А. Слудского, особенно в той части механики, разработкой которой он занимался (теорией гравитации), Жуковский и сам весьма увлеченно читал этот раздел и выполнил несколько исследований на эту тему<sup>2</sup>. Он предлагал студентам много тем по теории притяжения: «О взаимном притяжении эллипсоидов», «О взаимном притяжении однородных тел», «О притяжении цилиндра и конуса» и др.

<sup>1</sup> Лейбензон Л. С. Николай Егорович Жуковский. С. 114.

<sup>2</sup> Жуковский Н. Е. К вопросу о движении материальной точки под притяжением одного и двух центров. Собр. соч. Т. 1. С. 62–67; Вывод точных формул движения, произведенного отталкивающей силой Солнца. Там же. С. 578–581.

Инженерные интересы Жуковского выражались в прикладной тематике: «О скольжении ремня при передаче им работы», «О ременной передаче», «О скольжении ремня на шкиве» (1894), «Связь между вопросами о движении материальной точки, равновесии гибкой нити и брахистохроне».

«Особенно большой цикл теоретических и экспериментальных работ под руководством Н. Е. Жуковского выполнялся по гидромеханике, а в XX в. — по аэромеханике.

В 1877 г. при Московском высшем техническом училище было создано Политехническое общество, где вскоре стал выступать молодой Н. Е. Жуковский. В самых первых своих докладах он сообщил о различного рода новинках из области теории механизмов и затем из области технических применений динамики твердого тела. Особенно запомнился доклад Жуковского в Политехническом обществе от 1 ноября 1881 г. об аэростатах. Здесь уже намечалась идея о возможности полета человека на аппаратах тяжелее воздуха. Дальнейшее развитие этой идеи не ускользало из поля зрения членов Политехнического общества: «Вместе с тем, путем длинной серии его сообщений, мы пережили, буквально пережили, от начала до конца всю историю воздухоплавания, развернувшуюся как бы на наших глазах. Начал он свои работы в этой области ознакомлением нас с тем, что и как сделано было другими, а кончил большой самостоятельной творческой инженерной работой, которая растянулась на много лет и была бы по плечу далеко не многим...»<sup>1</sup>

О фундаментальных результатах исследований Жуковского по теоретической и экспериментальной аэромеханике написаны обширные историко-научные очерки. Его заслуги в этой области были высоко оценены Советским правительством в первые же годы после победы Великой Октябрьской социалистической революции; В. И. Ленин, справедливо назвав Жуковского «отцом русской авиации», поддержал предложение о создании Центрального аэрогидродинамического института во главе с Н. Е. Жуковским.

Не просто в кратком очерке осветить даже важнейшие этапы на пути Жуковского и его школы от кружковской и семинарской работы со студентами до теоретических и практических достижений, которые вывели нашу страну в разряд сильнейших стран в мире в области воздухоплавания, а затем космоплавания. Одним из решающих этапов этого пути был переход от коллекционирования моделей и приборов в кабинете механики к постройке лабораторий аэромеханики и гидравлики.

По рассказам Н. Е. Жуковского<sup>2</sup>, организация аэродинамической лаборатории началась с построения в 1902 г. маленькой галереи с потоком воздуха, где проводились студентами исследования удара ветра на решетки, о центре парусности, по определению коэффициента сопротивления шара в зависимости от возрастания скорости и пр. Затем была построена труба квадратного

<sup>1</sup> *Лейбензон Л. С.* Николай Егорович Жуковский. С. 91.

<sup>2</sup> *Жуковский Н. Е.* Полн. собр. соч. Т. IX. С. 212–232.

сечения для испытания винтов без поступательной скорости. Далее год за годом с помощью финансовой помощи Общества содействия успехам опытных наук, основанного Х. С. Леденцовым, аэродинамическая лаборатория Московского университета пополнялась новыми установками. Жуковский возглавил организацию аэродинамической лаборатории, созданной на средства Д. П. Рябушинского в Кучине (там была построена аэродинамическая труба диаметром 1,2 м с мощным вентилятором, всасывающим в нее воздух).

В Кучине Жуковский сделал попытку сконструировать самолет с воздушно-реактивным двигателем. На концах двухлопастного винта располагалось по двигателю. Это были камеры сгорания для смеси спирта и воздуха, засасываемой через втулку винта на больших его оборотах. Но достаточного числа оборотов винт не набирал. Вскоре разногласия ученых (Жуковского и его ученика — инженера Л. С. Лейбензона) с Рябушинским привели к их уходу из Кучина в 1905 г.

В эти годы Жуковский углубленно обдумывал вопросы физической природы подъемной силы крыла или другого профиля, обтекаемого воздушным потоком. Гуляя в поле, он пришел к гениальной по простоте идее о присоединенных вихрях, объясняющей причину возникновения подъемной силы крыла самолета. Однако идея была так оригинальна, что не сразу великий автор смог развить ее. Только через год, 15 ноября 1905 г. он прочел в Математическом обществе свой доклад «О присоединенных вихрях», опубликовал эту работу в 1906 г. Здесь была впервые доказана знаменитая теорема Жуковского о подъемной силе»<sup>1</sup>. Вот свидетельство ученика и ближайшего сотрудника тех лет Жуковского — Л. С. Лейбензона о времени, когда были установлены Жуковским важнейшие положения вихревой теории обтекания тел потоком. Под новый 1910 г. в Москве открылся XII съезд русских естествоиспытателей и врачей, который закончился 5 января. В разговоре Жуковского с Чаплыгиным об определении величины циркуляции скорости по контуру крыла выяснилось, что они независимо друг от друга пришли к установлению принципиального физического условия: о совпадении критической точки схода струй потока с острой задней кромкой крыла. Характеризуя это открытие как новый смелый шаг в развитии аэромеханики, Л. С. Лейбензон называет его «постулатом Жуковского — Чаплыгина»<sup>2</sup>. В. В. Голубев несколько усилил аргументы, высказанные С. А. Чаплыгиным в подтверждение такой гипотезы<sup>3</sup>. Ведь при плавном обтекании крыла потоком физически возможны только такие течения, при которых скорость имеет конечную величину. Поэтому В. В. Голубев предлагает назвать этот постулат «гипотеза Чаплыгина». А. А. Космодемьянский, напротив, усилив роль Жуковского в этом обмене мнений двух ученых, предлагает назвать его предложение «гипотеза Жуковского». Значительно важнее

<sup>1</sup> Лейбензон Л. С. Николай Егорович Жуковский. М.—Л.: Изд-во АН СССР. С. 137.

<sup>2</sup> Лейбензон Л. С. Николай Егорович Жуковский. С. 140.

<sup>3</sup> Голубев В. В. Сергей Алексеевич Чаплыгин. М.: Изд-во МГУ, 1951. С. 24.

то, что последовало вскоре после обмена мнениями между Жуковским и Чаплыгиным. Оба они немедленно использовали эту гипотезу для построения общей теории образования подъемной силы крыла.

Чаплыгин через месяц сделал доклад «Об ударе потока на дугу круга». В том же году он выполнил фундаментальную работу «О давлении плоскопараллельного потока на преграждающие тела», где вводится характеристическая функция течения (комплексный потенциал) и находится величина, направление и точка приложения результирующей сил давления потока на крыло; введены профили крыла с округленным передним концом. В этой работе существенно использовался постулат, установленный Жуковским и Чаплыгиным. Н. Е. Жуковский прочитал в Математическом обществе доклад по этой же проблеме «О центре давления плоских изогнутых планов по теории Кутта и Чаплыгина» (15 марта 1911 г.) и в том же году серию докладов в Обществе любителей естествознания: «О поддерживающих планах аэропланов», «Теория воздушно-гребного винта», «Опыты над поддерживающими планами аэропланов» и др. В Математическом обществе — «Приложение теории Чаплыгина к дугам Рато», «О поддерживающих планах типа Антуанетт». Эти результаты опубликованы во многих статьях этого периода. Таким образом, постулат и вихревая теория обтекания профиля Жуковского — Чаплыгина интенсивно разрабатывались ими в 1910–1911 гг. Постепенно эти исследования составили обширную теорию, опубликованную Жуковским в двух фундаментальных работах: «Теоретические основы воздухоплавания» (1912)<sup>1</sup>; серия работ и экспериментов по теории гребного винта завершилась к 1914 г. построением воздушного пропеллера НЕЖ отличного качества. Теоретические исследования в этой области были подытожены в публикации знаменитой работы «Вихревая теория гребного винта» (вторая статья; первая с таким же названием вышла в 1912 г.). Тогда же Жуковский предсказал и теоретически рассчитал возможность исполнения мертвой петли на самолете (доклад в мае 1914 г. в Политехническом обществе «О мертвых петлях»). Русский военный летчик П. Н. Нестеров 27 августа 1913 г. впервые осуществил на самолете Ньюпор мертвую петлю, несколькими днями позже этот же маневр сделал французский летчик Пегу.

Вихревая теория обтекания крыла самолета и гребного винта, четкий постулат о сходе струй потока воздуха с задней кромки крыла легли в основу теоретической аэродинамики, представляющей собой научный фундамент авиационной техники. Заслуги Жуковского и Чаплыгина в этой области велики. На основе рекомендаций их теоретических исследований, развитых их многочисленными учениками и последователями, стали конструироваться самолеты с отличными аэродинамическими качествами.

В 1912 г. Жуковский и его ученики провели ряд экспериментальных исследований: о движении газов по трубам и при истечении их из сосудов под

<sup>1</sup> Жуковский Н. Е. Собр.соч. 1950. Т. VI. Другие работы, называемые здесь, см.: Там же. Т. III.

большим давлением. Результаты тут же публиковались. Проблемы газовой динамики становились актуальными уже в конце XIX в. при решении вопросов внутренней баллистики, при изучении истечения пара из котлов, в акустике. Еще в 1895 г. С. А. Чаплыгин сделал доклад на заседании Математического общества университета (это был первый доклад Чаплыгина на таком заседании) на тему «О движении газа с образованием поверхности разрыва». В 1902 г. обобщение такой задачи сделалось темой фундаментального исследования Чаплыгина, результатом чего явилась его докторская диссертация «О газовых струях», защищенная им в феврале 1903 г. По прошествии полстолетия мировая научная общественность чрезвычайно высоко оценила эту работу Чаплыгина — в то время сверхзвуковые скорости в авиации стали близкой реальностью<sup>1</sup>.

Перечислим лишь некоторых учеников и последователей Жуковского и Чаплыгина, окончивших Московский университет и работавших в нем по окончании.

В 1888 г. по кафедре механики окончил университет Герман Германович Аппельрот. Его магистерская диссертация (как и большинство других исследований) была посвящена динамике твердого тела, он защитил ее в 1893 г. Она называлась «Задача о движении тяжелого твердого тела около неподвижной точки» и содержала глубокие исследования алгебраических интегралов системы дифференциальных уравнений твердого тела с одной неподвижной точкой. Позже Аппельрот исследовал второй частный случай в задаче С. В. Ковалевской, он нашел решение задачи в простых трансцендентных функциях. Аппельрот был оставлен работать в университете и с 1893 по 1911 г. был профессором физико-математического факультета.

В 1888 г. окончил физико-математический факультет еще один впоследствии выдающийся механик — Николай Иванович Мерцалов. Вместе с Н. Е. Жуковским он сочетал работу в Московском высшем техническом училище с преподаванием в университете, которое он начал в 1897 г. чтением курса практической механики. К этому времени Мерцалов стал уже специалистом в области теории механизмов, термодинамики, а позже автором исследований по динамике твердого тела. Он читал специальные курсы теоретической термодинамики, теории паровых машин и термодинамических двигателей, преподавал начертательную геометрию, детали машин. Мерцалов организовал для желающих самостоятельный курс технического черчения и проектирования деталей машин и кранов.

В 1895 г. окончили университет Дмитрий Никанорович Горячев и Иван Вячеславович Станкевич. Горячев после защиты магистерской диссертации на тему «О некоторых случаях движения прямолинейных параллельных вихрей» (1898) был оставлен в университете в должности приват-доцента. В 1912 г. он защитил докторскую диссертацию на тему «Некоторые общие

<sup>1</sup> Голубев В. В. Сергей Алексеевич Чаплыгин. М.: Изд-во МГУ, 1951. С. 13–15.

интегралы в задаче о движении твердого тела». Позже Горячев преподавал в Варшавском университете, а затем в Ростовском (на Дону). В Московском университете он читал два специальных курса, пользующихся большой популярностью: один, посвященный некоторым проблемам динамики, а другой — по статике.

И. В. Станкевич занимался, главным образом, проблемами интегрирования дифференциальных уравнений движения твердого тела. Он применял для нахождения недостающего интеграла уравнений движения метод Якоби с контактными преобразованиями.

И. В. Станкевич, начав преподавание в университете в должности приват-доцента в 1912 г., был профессором физико-математического, а затем механико-математического факультета с 1933 до 1940 г.; читал специальные курсы по интегрированию уравнений механики и по динамике твердого тела.

Приват-доцент В. М. Коваленский окончил физико-математический факультет Московского университета в 1899 г. Круг его научных интересов относился к теории сопротивления материалов и их упругих свойств. Ему принадлежит работа 1901 г. «Действие внешних сил на круговую арочную ферму с тремя шарнирами». Он читал специальные курсы сопротивления материалов и гидравлики с 1913 г.

В числе слушателей лекций Н. Е. Жуковского был и выдающийся русский ученый Василий Прохорович Горячкин (1868–1935), окончивший университет в 1890 г. и дополнивший свое образование обучением в Московском высшем техническом училище. Сразу после окончания училища В. П. Горячкин, по рекомендации Н. Е. Жуковского, был направлен Департаментом земледелия в двухлетнюю заграничную командировку для подготовки к учебной и научной работе в области сельскохозяйственного машиностроения. Посетив за границей много заводов и институтов, он не нашел там научных начал в той области, в которой ему предстояло работать и преподавать. В. П. Горячкин хорошо понимал, что успехи в создании сельскохозяйственной техники могут быть достигнуты только в сочетании развития теоретических основ науки и проведения необходимых экспериментальных исследований. Поэтому, наряду с выполнением работ теоретического плана, им в 1913 г. была организована при Петровской (впоследствии — Тимирязевской) сельскохозяйственной академии машиноиспытательная станция, на которой испытывались образцы отечественной и зарубежной техники, в частности — плуги различных конфигураций. В 1922 г. вышла в свет книга В. П. Горячкина «Земледельческая механика», в которой излагались те разделы аналитической механики, теории механизмов, теории упругости, математики, которые должны служить исходным началом при изучении сельскохозяйственных машин. Им были выполнены исследования по анализу работы таких различных сельскохозяйственных машин и агрегатов, как плуга, молотильного барабана,

соломорезки и силосорезки, зерносушилки, молотилки, веялки. Он говорил: «Механизмы — это цветы техники»<sup>1</sup>.

В 1928 г., по инициативе В. П. Горячкина и его учеников, был организован вне рамок высшего учебного заведения Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения, ныне носящий имя В. П. Горячкина, а в 1930 г. факультет сельскохозяйственного машиностроения Тимирязевской академии был реорганизован в институт (ныне — Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина). Многолетние труды В. П. Горячкина завершились созданием науки о земледельческой механике.

Его работы печатались в научных журналах, а также в четырех томах сборника «Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин», вышедших под его редакцией. В 1932 г. В. П. Горячкин был избран почетным членом АН СССР (после категорического отказа баллотироваться в действительные члены).

В 1901 г. по кафедре механики окончил университет Л. С. Лейбензон, впоследствии крупный ученый в области механики сплошной среды. В 1906 г. он окончил еще и Московское высшее техническое училище, считая, как и его учитель Жуковский, что на новом уровне требований к механике весьма полезно иметь серьезные инженерные знания. В 1915 г. Лейбензон защитил в Московском университете диссертацию на тему «К теории безоблачных покрытий» на ученую степень магистра прикладной математики. В должности приват-доцента Лейбензон преподавал в университете с 1908 по 1911 г., когда в знак протеста против реакционных действий министра просвещения А. Л. Касо в числе передовых ученых Московского университета (среди которых был и С. А. Чаплыгин) оставил университет.

Позже, в 1922 г. Лейбензон возвратился в Московский университет, где вскоре организовал гидравлическую лабораторию, и проработал в должности профессора до конца жизни. Здесь проводились экспериментальные работы большого прикладного значения: исследовались различные режимы движения воды, нефти, газа в песчаных пластах. Решались проблемы обтекания тел, колеблющихся в воде или воздухе, задачи теории пограничного слоя и гидродинамической теории смазки машин.

В годы империалистической войны окончили Московский университет Н. Н. Бухгольц и Б. М. Бубекин, выдающиеся способности которых были замечены Н. Е. Жуковским. После ходатайства Жуковского Бухгольц был освобожден от военной мобилизации и вместе с Бубекиным приступил к организации испытаний артиллерийских и минометных систем по заказу военного ведомства; испытаниями руководил Жуковский. Бубекин, автор многих интересных работ и проектов сооружений, в начале войны ушел на фронт, участвовал в боях. Командование заметило его инженерные способности, и он

<sup>1</sup> *Дубровский А. А.* Академик В. П. Горячкин. Биограф. Очерк / Под ред. акад. И. И. Артоболевского. М.: Гос. изд-во сельскохоз. лит-ры, 1960.

был отозван с передовых позиций для завершения проекта изобретенного им пневматического бомбомета (аналогично современному миномету). В 1916 г. Б. М. Бубекин погиб при испытании опытного образца этого оружия. Н. Н. Бухгольц одновременно с напряженной работой развивал исследования над темой магистерской диссертации<sup>1</sup>, что составляло до революции важнейшую часть подготовки молодого специалиста к профессорскому званию.

Жуковский, его ученики и сотрудники в эти годы уделяли большое внимание подготовке военных летчиков, разрабатывая прикладные вопросы авиации. Центр организационно-научной деятельности Жуковского был перенесен в Московское высшее техническое училище; работа по механике в университете в 1914–1917 гг. сузилась: число учащихся по механике заметно уменьшилось.

Октябрьская революция 1917 г. внесла коренные изменения во все сферы политической, экономической и духовной жизни России.

Советская власть уже приняла ряд мер, направленных к развитию науки и ее сближению с производством; создавались сети новых научно-прикладных институтов, лабораторий, испытательных станций, опытных производств по проверке новых технических методов, усовершенствований и изобретений.

Первые же советские декреты произвели коренную перестройку системы просвещения и образования, широко открыв двери высшей школы выходцам из беднейших слоев населения. Юношам и девушкам, достигшим 16-летнего возраста, можно было поступать в университет без аттестата о среднем образовании. Отменялась плата за обучение. Большое значение придавалось классовому принципу отбора учащихся. Выходцам из беднейшего крестьянства и пролетариата обеспечивалась стипендия. Мест по началу не хватало, и реформа вызвала острую полемику. В 1919 г. при университетах были организованы рабочие факультеты, Московский университет выделял для этого 460 мест.

Потребовался некоторый период переустройства высшей школы, перехода ее работы к новым социальным и экономическим условиям. Этот период напряженных исканий новых форм учебной работы и научной деятельности в университете длился до 1930 г. Изменялся состав учащихся; кроме тех, кто успел до революции окончить гимназии и реальные училища, на физмат пришли студенты, не имеющие необходимой подготовки по математике и физике. Новый состав студентов все более заметно влиял на всю систему преподавания. Начались пересмотры учебных программ и планов. Семинарским, лабораторным и практическим занятиям отводилось преимущественное внимание: Н. Е. Жуковский в 1919/20 учебном году читал полугодовой курс кинематики и статики по 4 раза в неделю, отводя половину времени упражнениям, которые вел сам. Во втором семестре он читал статику и динамику точки,

<sup>1</sup> Тема — «Истечение воздуха из сосуда под большим давлением». В ходе революции защиты магистерских и докторских диссертаций отменялись.



а также курс «Гироскопы и их практическое применение», проводя по этим дисциплинам практические занятия. С. А. Чаплыгин читал вводный курс механики и динамику системы; кроме того, теорию сопротивления жидкостей. Бухгольц вел практические занятия по динамике системы. В конце 1920/21 учебного года на физико-математическом факультете числилось 11 тысяч студентов<sup>1</sup>. Количество фактически занимающихся было гораздо меньше: по новым правилам посещение лекций было свободное, многие студенты еще и работали. Вскоре были введены новые правила, по которым преимущественные права поступления в высшие учебные заведения получала рабоче-крестьянская молодежь. Ведущую роль в пролетаризации университета играл рабочий факультет, где работало 202 преподавателя.

Первые ученые университета принимали активное участие в организации новых научных учреждений. В работе научной комиссии Научно-технического отдела ВСНХ принимали участи Н. Е. Жуковский, А. И. Некрасов, Н. Д. Зелинский, А. А. Эйхенвальд и другие естественники.

Кипучая деятельность Н. Е. Жуковского, его энергичные усилия по созданию лабораторно-производственной базы самолетостроения в России нашли поддержку в Советском правительстве: в тяжелых условиях интервенции 1 декабря 1918 г. было принято решение об учреждении Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ), председателем Коллегии которого был назначен Н. Е. Жуковский. Были изысканы внушительные средства для организации научно-технического центра, который вскоре стал одним из мировых центров авиационной науки. Жуковский стал также ректором Института инженеров Красного воздушного флота, позже преобразованного в Военно-воздушную академию имени Н. Е. Жуковского. С. А. Чаплыгин, возвратившийся в Московский университет сразу же после революции, был первым помощником Жуковского по организации ЦАГИ.

Организаторские и научные заслуги Н. Е. Жуковского были высоко оценены: в ознаменование 50-летия его научной деятельности специальным декретом Совета Народных Комиссаров, подписанным В. И. Лениным в декабре 1920 г., была введена ежегодная премия имени Н. Е. Жуковского в связи с его огромными заслугами, как «отца русской авиации», за лучшие достижения в области математики и механики. Были установлены персональные льготы для Н. Е. Жуковского: освобождение от обязательного чтения лекций, предоставление права объявлять курсы более важного научного содержания. В том же документе оговаривались некоторые материальные условия, способствующие активному творческому труду Жуковского, было принято решение начать издание его трудов.

После смерти Н. Е. Жуковского (17 марта 1921 г.) председателем Коллегии ЦАГИ был избран С. А. Чаплыгин, который из-за широчайшего круга новых обязанностей был вынужден через три года покинуть университет.

<sup>1</sup> История Московского университета. Т. 2. М.: Изд-во МГУ. С. 61.

Будучи крупным теоретиком, Чаплыгин обладал еще незаурядным даром администратора и организатора строительства. При отсутствии подходящих прототипов самолетов, приборостроительной промышленности в кратчайшие сроки заново строились лабораторные корпуса, оборудование, мастерские, опытный бассейн, завод, на котором можно было строить самолеты опытного образца. Аэродинамическая труба с одной вентиляторной установкой имела две рабочие части (проект Б. Н. Юрьева), диаметр первой из них был 3 м, второй — 6 м. Несколько лет это была крупнейшая аэродинамическая труба в мире.

Чаплыгин собрал замечательный коллектив теоретиков, экспериментаторов, конструкторов, большая часть из них была выпускниками Московского университета или Высшего технического училища. В напряженной обстановке строительства и налаживания технического эксперимента и производства Чаплыгин находил время и силы проводить важнейшие теоретические исследования. В 1920 г. он опубликовал монографию «К общей теории крыла моноплана». Важнейшее значение имеет здесь метацентр — центр сил давления на крыло со стороны потока. Чаплыгин ввел метацентрическую кривую крыла и доказал, что независимо от формы крыла эта кривая — парабола; она играет основную роль при решении проблемы устойчивости крыла в потоке. Чаплыгин показал, что силы давления потока на крыло приводятся к результирующей силе, приложенной в фокусе параболы метацентров, и к результирующей паре с постоянным относительно различных углов атаки моментом. Он выяснил условия, при которых крыло имеет постоянный центр давления. Эти теоретические результаты Чаплыгина имели большое практическое значение для составления рекомендаций к пилотажу.

В работе 1921 г. «Схематическая теория разрезного крыла» Чаплыгин исследовал пути улучшения аэродинамических свойств профиля крыла и увеличения его подъемной силы. Позже последователи и сотрудники Чаплыгина развили положения этой работы и построили теорию механизированного крыла.

Не только теоретическое, но и большое практическое значение имела работа Чаплыгина «О влиянии плоскопараллельного потока воздуха на движущееся в нем цилиндрическое крыло» (1926), положившая начало разработке теории неустановившегося движения крыла.

К программам и учебным планам университета стали предъявляться новые требования, соответствующие высоким темпам развития техники. С 1922 г. факультеты стали называться отделениями: химическое, физико-математическое, биологическое, географическое. Физико-математическое отделение состояло из шести циклов: математика, механика, физика, геофизика, астрономия и геодезия. В свою очередь цикл механика имел две специальности: теоретическая механика и прикладная (аэромеханика или сопротивление материалов)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Архив МГУ. Ф. 24, оп. 1, д. 48.

После смерти Жуковского к преподаванию теоретической механики пришел А. И. Некрасов, утвержденный в звании профессора в 1918 г. До этого он читал курсы гидродинамики и динамики твердого тела<sup>1</sup>. С 1922 г. был привлечен к преподаванию сверхштатный профессор И. В. Станкевич, который читал курсы: интегрирование уравнений динамики и динамики твердого тела. Курс теории притяжения читал профессор В. П. Писарев. Преподаватель В. М. Коваленский читал гидравлику и теорию сопротивления материалов. После 1922 г. эти курсы стал читать профессор Л. С. Лейбензон, он же начал читать курс теории упругости.

Профессор А. И. Морошкин читал курс аэромеханики и вел работу в лабораториях при кабинете прикладной механики. Н. Н. Бухгольц вел упражнения, разделяя нагрузку с А. П. Минаковым и И. М. Воронковым, кроме того, Бухгольц читал векторное исчисление, вариационные принципы механики и теорию колебаний. После ухода Чаплыгина в ЦАГИ в 1924 г. лекции по теоретической механике стал читать профессор А. И. Некрасов; отдельные разделы (статику, кинематику и динамику точки) читал Н. Н. Бухгольц<sup>2</sup>.

С 1923 г. для студентов университета была введена производственная практика, которую они проходили на заводах: автомобильном, авиационном, «Пролетарский труд», «Динамо» и др. Для развития инженерных навыков студентам стали читаться такие курсы, как «Технические приложения математической теории упругости», «Новые методы строительной механики», «Техническая термодинамика»<sup>3</sup>.

На стыке общественных и естественных дисциплин читался курс «Введение в историю и философию естествознания»<sup>4</sup>.

В 1924/25 учебном году изучаются предметы: гребные винты (4 часа в неделю), динамика самолета (2 часа в неделю), ставится вопрос об организации обязательного практикума студентов цикла «механика».

На обсуждении правления университета был вынесен вопрос (1924) «О состоянии механической лаборатории и о необходимости отпуска средств на ее оборудование для проведения гидравлического уклона»<sup>5</sup>. В следующем, 1925 г. аэродинамическая и гидравлическая лаборатории (руководители А. И. Морошкин и Л. С. Лейбензон) пропускали по 18 и 12 человек в неделю (соответственно)<sup>6</sup>. В кабинете прикладной механики проходило до 30 человек, проводя простейшие измерительные операции в соответствии с основными разделами механики. В механических мастерских студенты знакомились «с разметкой и обработкой металла и дерева»<sup>7</sup>. При механическом кабинете,

<sup>1</sup> ЦГАОРСС. Ф. 1609, оп. 1, д. 220, л. 1.

<sup>2</sup> Архив МГУ. Ф. 24, оп. 1, д. 115.

<sup>3</sup> Архив МГУ. Ф. 24, оп. 1, д. 48.

<sup>4</sup> Архив МГУ. Ф. 24, оп. 1, д. 81.

<sup>5</sup> Архив МГУ. Ф. 24, оп. 1, д. 108.

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Архив МГУ. Ф. 24, оп. 1, д. 108.

куруемом Морошкиным, была организована специальная библиотека, чертежный зал. Была восстановлена аэродинамическая труба, построенная при Н. Е. Жуковском в 1910 г., и сконструирована новая труба со скоростью потока, достигающей 31 м/с, с диаметром 0,8 м.

К преподаванию в университете все шире привлекались сотрудники ЦАГИ, например профессора В. П. Ветчинкин, А. Н. Журавченко, К. К. Баулин. Программы университетских курсов все ближе соответствовали программам специальных высших технических учебных заведений (авиационного института, Военно-воздушной академии и др.).

Такие меры по инженеризации преподавания механики в МГУ не могли долго удержаться, т. к. представляли собой чрезмерную крайность. Экстремистские настроения, выразившиеся в ряде выступлений в газете «Первый университет», в которых говорилось об «устарелости» университетского образования, могли бы привести к ликвидации университета, и прежде всего физико-математического факультета.

Научная общественность университета дала своевременный отпор таким вредным настроениям<sup>1</sup>. В конце 1930 г. было послано письмо в руководящие партийные органы от общественности и ученых Московского университета, в котором обосновывалась необходимость подготовки исследователей широкого профиля, с хорошей технической базой; в письме говорилось, что таких специалистов не могут заменить работники с инженерно-техническим образованием. Авторы письма доказывали вредность упразднения физматов с передачей их функций втузам, что неизбежно привело бы к снижению теоретического уровня разработки научных и технических проблем.

Аспирантура в университете была организована в 1923 г. Годом раньше были организованы при физико-математическом отделении 12 научно-исследовательских институтов, в том числе Научно-исследовательский институт математики и механики (НИИММ МГУ), в руководство которого вошли Чаплыгин, Лейбензон, Бухгольц, затем Некрасов. К 1927 г. было 50 аспирантов НИИММ, через пять лет — 60, кроме того, на подготовительные курсы аспирантуры принимали 25 представителей республик.

К 1929 г. организовалась и оформилась в качестве самостоятельного подразделения гидравлическая лаборатория. В ней проводились студенческие практикумы, исследовательские работы аспирантов и сотрудников на следующих установках.

Пятиметровый трубопровод с диаметром трубы — 5 см, колонки для изучения истечения воды из отверстия и счетчик Вентури, смонтированный на водопроводной линии, дополнили имевшиеся со времени Н. Е. Жуковского две гидравлические установки: стеклянный лоток и компрессорную установку для изучения движения воздуха из цилиндрической трубы. В лаборатории исследовались задачи об установившемся и неустановившемся течении

<sup>1</sup> История Московского университета. Ч. 2. С. 117–118.

воды и воздуха, задачи по обтеканию тел потоком несжимаемой жидкости и другие.

В целом, о периоде 1917–1930 гг. можно сказать, что это был этап перехода к новым организационным формам учебной и научной работы в университете (как и во всех высших учебных заведениях страны), и в частности на отделении механики. Сближение науки с практикой, техникой, экономикой получило поддержку Советского правительства. К 1930 г. были найдены организационные формы деятельности коллектива университета, при которых принцип единства теории и практики был реализован в процессе подготовки специалистов.

К концу 1929 г. было выявлено отставание темпов подготовки квалифицированных кадров от темпов индустриализации страны. Вставал вопрос не только об увеличении количества хорошо подготовленных специалистов для новой техники и народного хозяйства страны, но и вопрос о качестве научной подготовки специалистов, способных вести разработку фундаментальных исследований. За годы перестройки высшего образования наметилось отставание в подготовке выпускников высшей школы даже в количественных показателях. Так, например, в 1925 г. физико-математический факультет выпустил 889 человек, а в 1927 г. только 68<sup>1</sup>. Более ста «вечных студентов» обучалось на этом факультете более восьми лет, при сроке обучения в четыре года.

Переломным моментом оказался 1932 год, когда историческое Постановление ЦИК СССР «Об учебных программах и режиме в высшей школе и техникумах» (от 19 сентября) указало эффективные меры для реорганизации работы учебных заведений высшего и специального образования, в частности работы университетов. В Постановлении предлагалось: «Укрепить существующие университеты, как учебные заведения, подготавливающие высококвалифицированных специалистов по общенаучным дисциплинам, а также педагогов»<sup>2</sup>

Постановление решительно осуждало и отвергало бригадно-лабораторный метод, ведущий к обезличке каждого отдельного студента. Были введены твердые учебные планы. Основной формой обучения в высшей школе были признаны лекции квалифицированных научных работников. Вводились индивидуальные зачеты, экзамены, защиты дипломных работ. Для поступления в высшее учебное заведение теперь требовалось сдавать вступительные экзамены. Были учреждены ученые степени кандидата и доктора определенных разделов наук.

В мае 1933 г. образовалось шесть факультетов Московского университета: механико-математический, физический, химический, биологический, почвенно-географический и рабфак с заочным сектором. Через год был восстановлен исторический факультет.

<sup>1</sup> История Московского университета. М.: Изд-во МГУ, 1955. Т. II. С. 102, 113.

<sup>2</sup> История Московского университета. М.: Изд-во МГУ, 1955. Т. II. С. 121.

Деканом механико-математического факультета стал профессор Владимир Владимирович Голубев<sup>1</sup>. Он окончил Московский университет в 1907 г., выполнив содержательное исследование по теории дифференциальных уравнений под руководством профессора Д. Ф. Егорова. Студенческая работа В. В. Голубева «Обыкновенные дифференциальные уравнения второго порядка с неподвижными критическими точками» была премирована, а автор был оставлен в университете для подготовки к профессорскому званию.

С 1918 по 1930 г. В. В. Голубев работал в Саратовском университете, где вел большую научную, учебную и административную работу (он работал деканом, затем проректором и, наконец, некоторое время ректором Саратовского университета). После опубликования в «Трудах ЦАГИ» монографии Голубева под названием «Теория крыла аэроплана в плоскопараллельном потоке» (1927) его научные интересы переносятся, главным образом, в аэродинамику. С этим связан его переезд в Москву, работа в ЦАГИ, Московском университете и Военно-воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского (начальником кафедры математики).

Став в 1933 г. деканом механико-математического факультета Московского университета, В. В. Голубев вошел в состав членов Научно-исследовательского института математики и механики. С 1935 г. Научно-исследовательский институт был разделен на два: математики и механики; директором НИИ механики стал Л. С. Лейбензон.

На факультете было три отделения: математики, механики и астрономии. Отделение механики имело четыре кафедры: теоретической механики — заведующий профессор А. И. Некрасов; аэродинамики — заведующий профессор В. В. Голубев; теории упругости — заведующий профессор Н. Н. Бухгольц; гидродинамики — заведующий профессор Л. С. Лейбензон.

После проведения мер по укреплению высшей школы число выпускников стало неуклонно возрастать: механико-математический факультет в 1935 г. окончили 131 человек, в 1936 г. — 185 человек, в 1937 г. — 233 человека. Стало улучшаться качество учебы; все больше становилось отличников, к которым относились как к ударникам труда на производстве. Защита дипломных работ поднималась на высокий научный уровень.

Поиски новых форм организации учебного процесса не прошли безрезультатно. Кроме солидной теоретической подготовки, была предусмотрена серьезная практика для студентов-механиков на предприятиях Москвы: в ЦАГИ, Дирижаблестрое, УНИИМаше, НИИ гидротехники, в Гидротехгеоинституте, в лаборатории ВВА РККА, в Гидрофизическом институте и других организациях.

Еще в середине XIX в. редкий профессор Московского университета проводил серьезные научные исследования, имел печатные труды. Положение стало изменяться в начале XX в., когда передовые выдающиеся ученые Мос-

<sup>1</sup> В. В. Голубев (1884–1954) был деканом с 1933 по 1934 г. и с 1944 по 1952 г.

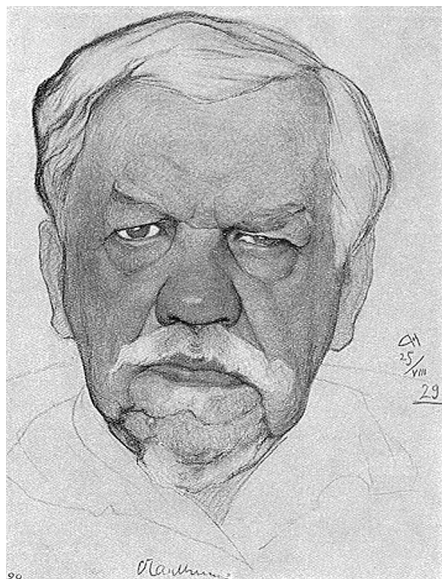
ковского университета стали прилагать большие усилия для сближения учебной подготовки студенчества с элементами научной деятельности. Некоторые студенческие работы в начале XX в. представляли собой значительный вклад в различные области физико-математических наук.

Планомерное и целенаправленное сочетание учебной и научной работы учащейся вузовской молодежи стало осуществляться уже в советское время. После ликвидации последствий Гражданской войны и разрухи некоторое время продолжались активные поиски нового понимания роли и целей университетского образования широких масс, для которых открылись двери высшей школы. В 1917–1930 гг. проходило теоретическое и организационное размежевание специальных механических дисциплин, приобретающих самостоятельное значение (гидромеханики, теории упругости и сопротивления материалов, теории механизмов и машин, теории гироскопов, теории колебаний и др.). Этот процесс являлся отражением общеисторических тенденций развития механических дисциплин, стимулируемых разнообразными запросами прикладных отраслей, связанных с народным хозяйством и современной техникой. Некоторые крайние проявления утилитарного характера в учебном процессе к 1930-м гг. были преодолены.

За годы первых пятилеток университетская наука, и в частности механика, нашла правильные пути организации педагогического процесса и фундаментальных научных исследований, в которых и ученые, и учащиеся смогли активно участвовать в разрешении первоочередных задач техники и народного хозяйства.



*Профессор Н. Е. Жуковский*



*Академик АН СССР С. А. Чаплыгин  
(1929, портрет работы художника  
Н. А. Андреева, пастель)*

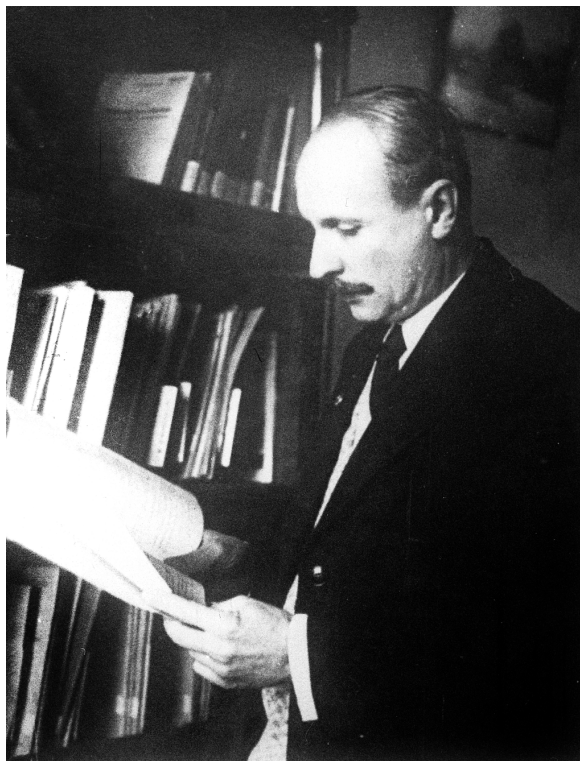


*Профессор Н. Н. Бухгольц*

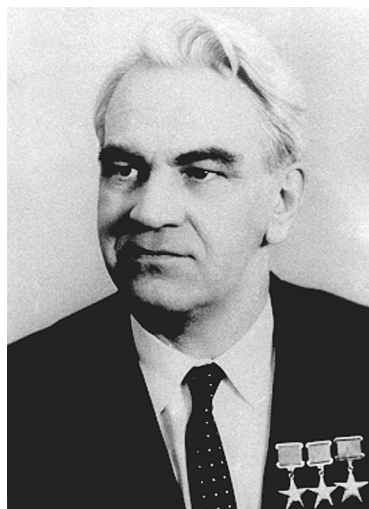


*Член-корр. АН СССР В. В. Голубев,  
первый декан механико-  
математического факультета  
МГУ с 1933 г.*





*Академик АН СССР А. И. Некрасов*



*Академик АН СССР  
М. В. Келдыш*



*Ректор МГУ, заведующий отделом  
прикладных исследований по  
математике и механике академик  
РАН В. А. Садовничий*



*Декан механико-математического  
факультета МГУ с 1980 г. академик  
РАН О. Б. Лупанов*

## **Кафедра теоретической механики и мехатроники**

Уставом Московского университета 1863 г. была предусмотрена «кафедра механики аналитической и практической». В этом большая заслуга Н. Д. Брашмана. С 1866 г. кафедру занял его ученик Ф. А. Слудский. В то время кафедрой называлось не подразделение, а место работы профессора университета; при нем могли быть и другие сотрудники (приват-доценты и экстраординарный профессор). Название кафедры свидетельствует, что механика рассматривалась не только как раздел математического анализа (по Лагранжу), но и как теоретическая основа инженерной деятельности. По уставу 1884 г. на физико-математическом факультете в числе десяти была кафедра теоретической и прикладной механики. За полстолетия (к 1917 г.) круг проблем педагогической и научной работы кафедры сильно расширился. Учебная, лабораторная и научная работа кафедры включала аэрогидромеханику, теорию сопротивления материалов, теорию механизмов и машин. Кафедру занимали и на кафедре работали Н. Е. Жуковский, С. А. Чаплыгин. Таким образом, дореволюционная кафедра теоретической механики выступает как прообраз будущего отделения механики в целом.

После реорганизации физико-математического факультета в ряд естественных факультетов в мае 1933 г. был организован и механико-математический факультет, на отделении механики которого было создано четыре кафедры (теперь кафедры уже были подразделениями), в том числе кафедра теоретической механики, заведующим которой стал член-корреспондент АН СССР, профессор А. И. Некрасов. В 1938–1943 гг., пока А. И. Некрасов находился в заключении (был репрессирован по делу А. Н. Туполева), кафедрой заведовал профессор Н. Н. Бухгольц, автор университетского курса теоретической механики, а в 1943–1957 гг. — снова А. И. Некрасов.

На кафедре работали такие известные ученые, как И. И. Артоболевский, Б. В. Булгаков, А. Л. Лаврентьев, А. А. Космодемьянский, Н. А. Слезкин, Л. Н. Сретенский и др. Тематика научной работы кафедры была весьма широка. Работы А. И. Некрасова почти целиком относились к механике жидкости и газа (в 1946 г. А. И. Некрасов был избран действительным членом АН СССР). А. А. Космодемьянский продолжил исследования И. В. Мещерского по динамике тел переменной массы. Он организовал семинар по механике тел пере-

менной массы, привлекая немало энтузиастов динамики ракет, будущих специалистов механики космического полета. В исследованиях А. П. Минакова по механике нити были решены многие задачи, имевшие большое прикладное значение в технологии текстильного производства.

Во время Великой Отечественной войны ученые факультета вели научную работу оборонного значения. В частности, А. А. Космодемьянский, Н. Д. Моисеев (заведующий кафедрой небесной механики механико-математического факультета) и Н. Г. Четаев разработали решение важной практической задачи об устойчивости движения самолета по неровной почве (в военных условиях самолеты часто перебазировались на неблагоустроенные аэродромы). О роли Н. Г. Четаева в истории кафедры следует сказать особо. Н. Г. Четаев в 1940 г. переехал из Казани в Москву. Он работал в Институте механики АН СССР и по совместительству был профессором кафедры теоретической механики. Длительное время он был заместителем заведующего кафедрой, а после смерти А. И. Некрасова в 1957 г. заменил его на посту заведующего кафедрой. В 1943 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР. Н. Г. Четаев известен, прежде всего, как ученый, глубоко развивший теорию устойчивости А. М. Ляпунова (общая теорема о неустойчивости, результаты по проблеме обращения теоремы Лагранжа–Дирихле об устойчивости равновесия в потенциальном поле сил, идея связки интегралов и т. д.) и получивший важные приложения этой теории на практике. Так, в годы войны Н. Г. Четаев решил задачу об устойчивости продольно-вращательного движения снаряда и об определении крутизны нарезки стволов артиллерийских орудий. В 1945 г. Н. Г. Четаев был награжден орденом Трудового Красного Знамени, в 1953 г. орденом Ленина, в 1960 г. научные достижения Н. Г. Четаева были удостоены Ленинской премии (посмертно). Не является преувеличением утверждение, что все направления научной и методической работы Н. Г. Четаева получили свое продолжение в работе кафедры и по сей день.

В начале 50-х гг. студентов механико-математического факультета стали широко привлекать к участию в научных исследованиях. На младших курсах студенты выполняли курсовые работы, поначалу представлявшие собой рефераты научной литературы по предложенной тематике. Темы дипломных работ были рассчитаны уже на самостоятельное решение новых задач и часто получали продолжение в темах кандидатских диссертаций. В эти годы на кафедре теоретической механики, помимо традиционных исследований по аналитической механике, устойчивости движения и динамике тел переменной массы, начинает проводиться разработка нового направления, получившего позднее название механики космического полета.

Организационное становление этого направления началось в 1950 г., когда студент третьего курса В. А. Егоров и аспирант Т. М. Энеев организовали кружок по космонавтике. В 1953 г. кружок перерос в семинар по механике космического полета, который с разными соруководителями почти полвека возглавлял В. А. Егоров. Первым соруководителем семинара был доцент кафедры

Л. П. Смирнов, затем в руководстве принимали участие профессора В. М. Алексеев и М. Л. Лидов, в настоящее время семинар возглавляют член-корреспондент РАН В. В. Белецкий, доцент К. Г. Григорьев и профессор В. В. Сазонов.

Всестороннее развитие космического направления на кафедре связано с приходом Д. Е. Охоцимского. Д. Е. Охоцимский стал профессором кафедры в 1959 г. по инициативе Н. Г. Четаева. В 1960 г. Д. Е. Охоцимский был избран в члены-корреспонденты АН СССР и в 1962 г. возглавил кафедру. Эти изменения произошли непосредственно после исторических достижений СССР в создании практической космонавтики, а о теоретических предпосылках этих достижений и об уровне обеспечивших их ученых-теоретиков можно судить по статьям в специальном номере журнала «Успехи физических наук» (1957. Т. 63, вып. 1а), вышедшем в свет буквально накануне запуска первого искусственного спутника Земли, и отрывкам научно-технических отчетов тех лет, опубликованных в избранных трудах М. В. Келдыша «Ракетная техника и космонавтика» (М.: Наука, 1988).

Д. Е. Охоцимский создал новый специальный курс «Динамика космических полетов». Его первое чтение в 1961 г. имело огромный успех: потоковая аудитория 16-10 была полна. Этот курс стал обязательным для студентов кафедры. Д. Е. Охоцимский пригласил на кафедру в качестве профессоров ведущих сотрудников Института прикладной математики АН СССР, где заведовал отделом и где под общим руководством М. В. Келдыша проводилась разработка баллистической части практически всех космических проектов тех лет: В. В. Белецкого, В. А. Егорова, М. Л. Лидова, Т. М. Энеева и др. На кафедре был профессором и заведующий отделом Института космических исследований РАН П. Е. Эльясберг. Многие студенты и аспиранты — выпускники кафедры поступали на работу в эти институты, продолжая тем самым традиции научных связей. В их числе Ю. Ф. Голубев — один из первых выпускников по космической тематике, работающий на кафедре с 1968 г.

В 60-х гг. космическая тематика была одной из основных на кафедре. Работы в области механики космического полета велись по нескольким направлениям и внесли определяющий вклад в их развитие. Построением траекторий полетов космических аппаратов к Луне занимались В. А. Егоров, М. Л. Лидов и Д. Е. Охоцимский. В. А. Егоров провел первые теоретические исследования пространственной задачи достижения Луны (попадания и облета). М. Л. Лидов и Д. Е. Охоцимский руководили выбором и расчетом траекторий, по которым летали советские «Луны», начиная со знаменитой «Луны-3», сфотографировавшей обратную сторону Луны. М. Л. Лидов и П. Э. Эльясберг решили ряд задач по исследованию эволюции орбит искусственных и естественных небесных тел под действием различных возмущающих факторов, а также занимались теоретическими проблемами обработки данных траекторных измерений и определения движения космических аппаратов.

Разработке многошаговых адаптивных алгоритмов управления движением космического аппарата при входе в атмосферу Земли и планет были посвящены работы Д. Е. Охочимского, Ю. Ф. Голубева и ряда сотрудников и аспирантов кафедры. Исследована проблема управления движением космического аппарата при входе в атмосферу (спуск с орбиты спутника, возвращение от Луны или из межпланетного полета). Разработаны многошаговые адаптивные алгоритмы управления, функционирующие в широком диапазоне скоростей входа, от первой космической до гиперболических, при дальности полета на участке входа от сотен до 10–12 тысяч километров. Эти алгоритмы обеспечивают полноту использования коридора входа, высокую точность приведения в заданное место посадки, малый расход топлива на управление, минимальные требования к величине управляющего момента и сохраняют работоспособность при действии значительных возмущений. Развитые для решения задачи входа методы могут быть полезны в ряде задач управления движением.

Вопросами оптимизации управления движением КА занимались Д. Е. Охочимский, Т. М. Энеев, В. А. Егоров, В. В. Белецкий, М. Л. Лидов и другие, в рамках этого направления исследовано оптимальное управление движением ракеты на активном участке, припланетное и межпланетное движение КА с двигателями малой тяги и «солнечным парусом». Определены оптимальные траектории перелета с орбиты ИСЗ на Луну, найден способ ориентации двигательной установки при мягкой посадке на поверхность Луны. Общие методы оценки элементов по результатам траекторных измерений излагались в спецкурсах, читавшихся Т. М. Энеевым и П. Е. Эльясбергом.

Работа сотрудников кафедры в области анализа и расчета неуправляемого движения искусственных и естественных небесных тел относительно центра масс отражена в спецкурсе и монографиях В. В. Белецкого, основоположника этого направления механики космического полета в нашей стране. В. В. Белецкий является учителем большого числа ученых, которые свой путь в науке начали с решения указанных задач, будучи студентами и аспирантами кафедры. Под руководством В. В. Белецкого были проведены также первые работы по определению фактического движения искусственных спутников относительно центра масс по данным измерений бортовых датчиков ориентации и по интерпретации этого движения. В них принимали участие Э. К. Лавровский, В. А. Самсонов, С. И. Трушин и другие. Конкретным примером является определение ориентации двух высоких искусственных спутников Земли: «Электрон-2» и «Электрон-4» по показаниям бортовых солнечных и магнитных датчиков, позволившее С. И. Трушину дать объяснение векового движения вектора кинетического момента этих спутников действием моментов гравитационных и магнитных сил, с вычислением средних значений этих моментов на витке орбиты (1970). Сотрудники кафедры внесли большой вклад в разработку пассивных способов стабилизации неуправляемого вращательного движения космических аппаратов. Одну из первых систем пассивной стабилизации — гравитационную предложил еще в 1956 г. Д. Е. Охочимский.

К работам в этом направлении позднее подключился В. А. Сарычев. За работы по исследованию динамики пассивных систем стабилизации искусственных спутников В. А. Сарычев и Д. Е. Охоцимский в 1970 г. были удостоены Государственной премии СССР.

Все перечисленные направления исследований получили всестороннее отражение в специальных курсах, читаемых на кафедре, а студенты и аспиранты кафедры принимали в этих исследованиях непосредственное участие. Можно без преувеличения сказать, что механика космического полета в значительной мере определяла лицо кафедры в 60–80-е гг. XX в. За выдающиеся достижения в этой области механики Д. Е. Охоцимский и Т. М. Энеев избраны в действительные члены РАН, а В. В. Белецкий стал членом-корреспондентом РАН.

Работы ученых кафедры по динамике космического полета были отмечены также Ленинскими (Д. Е. Охоцимский — 1957 г., В. А. Егоров — 1963 г., М. Л. Лидов, П. Е. Эльясберг — в 1960-х гг. и Т. М. Энеев) премиями. Высокий уровень работ в области механики космического полета поддерживается на кафедре и в настоящее время.

Под общим руководством Д. Е. Охоцимского дальнейшее развитие на кафедре получили традиционные научные направления. Продолжал работу основанный Н. Г. Четаевым семинар по аналитической механике и устойчивости движения, который возглавили заведующий лабораторией ВЦ АН СССР В. В. Румянцев и Ю. А. Архангельский (работал на кафедре с 1958 г., с 1967 г. — профессор). Работы Н. Г. Четаева по уравнениям динамики в форме Пуанкаре (в так называемых групповых переменных) продолжили В. В. Румянцев, К. Е. Якимова и А. А. Богоявленский (работавший в Институте проблем механики АН СССР).

Среди многочисленных и многообразных приложений особое место занимает задача о движении тел, содержащих жидкие массы. Случай, когда тело имеет полости, целиком заполненные жидкостью, рассматривался еще Н. Е. Жуковским: если жидкость идеальная и совершает безвихревое движение, то ее можно заменить несколькими твердыми телами, присоединенными к твердому телу, и рассматривать эквивалентный гиростат; если жидкость вязкая, то энергия системы рассеивается. Позднее в связи с запросами ракетной техники начались исследования движения тел с полостями, частично заполненными жидкостью. В работах Л. Н. Сретенского (1951), Д. Е. Охоцимского (1956) параллельно с исследованиями других ученых разработаны методы составления уравнений движений такого комбинированного тела и указаны пути анализа его движения. Следует отметить также работу В. В. Румянцева по устойчивости перманентных вращений твердого тела (1956), которая во многом определила дальнейшие исследования устойчивости, движения гиростатов и тел с жидкостью, в первую очередь — методом интегралов по Четаеву. Общий подход к исследованию устойчивости движений твердых тел с полостями, частично или целиком заполненными жидкостью, предложен в 1959—

1962 г. В. В. Румянцевым. Он опирается на идеи, развитые Ляпуновым в теории устойчивости фигур равновесия вращающейся жидкости. Вместо рассмотрения объекта с бесконечным числом параметров В. В. Румянцев предложил исследовать устойчивость заменяющей системы с конечным числом некоторых параметров, изменения которых по времени описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями. Позднее В. А. Самсоновым (Институт механики МГУ) была создана теория устойчивости вращения тел, полости которых заполнены жидкостью, обладающей поверхностным натяжением. В 1980 г. В. В. Румянцев вместе с Н. Н. Моисеевым и другими учеными были удостоены Государственной премии. В работе Н. Н. Колесникова (1962), выполненной под руководством В. В. Румянцева, исследовалась важная для практики задача об устойчивости относительного равновесия на круговой орбите в ньютоновском центральном поле сил тела с полостью, целиком заполненной жидкостью, причем в неограниченной постановке, то есть возмущению подвергалось и движение центра масс по орбите.

В 1965 г. на кафедру был приглашен В. Г. Демин как специалист в области применения методов аналитической динамики в небесной механике: это направление, продолжающее традиционную линию развития классической механики, ранее на кафедре представлено не было. В. Г. Деминым развиты методы теории возмущений на базе некеплеровских промежуточных орбит искусственного спутника. Наиболее важную роль сыграли исследования В. Г. Демина, выполненные совместно с Е. А. Гребениковым и Е. П. Аксеновым, в которых была предложена и исследована так называемая обобщенная задача двух неподвижных центров, на базе которой была построена теория возмущенного движения спутников в нецентральной поле тяготения. Эта теория нашла широкое развитие в СССР и за рубежом, используется в научных и производственных учреждениях при расчете движения ИСЗ. Их работы по этой теме были удостоены в 1971 г. Государственной премии СССР. На основе этих модельных задач под руководством В. Г. Демина выполнен цикл исследований по проблеме несуществования дополнительных аналитических интегралов в динамике возмущенного движения спутников. Большой цикл работ В. Г. Демина посвящен методу малого параметра Пуанкаре, его модификации для построения периодических и квазипериодических решений в задачах динамики. Удобный алгоритм построения решений квазилиувиллевых систем, предложенный им, лег в основу нахождения периодических решений в динамике спутников и в динамике твердого тела.

Наряду с небесной механикой источником интересных исследований традиционно является динамика твердого тела. Работы по этому направлению ведутся на кафедре уже давно. Лекции В. В. Голубева, изданные отдельной книгой в 1953 г., сыграли большую роль в привлечении исследователей к этой тематике. В 50–60-е гг. эту проблему исследовали Л. Н. Сретенский (особенно следует отметить его работу, посвященную случаю Горячева — Чаплыгина, 1953 г.) и его ученик Ю. А. Архангельский. В 1970-х гг. в этой области активно

работал В. В. Козлов. В 1972 г. он доказал справедливость гипотезы А. Пуанкаре о том, что в задаче о движении динамически несимметричного твердого тела невозможен дополнительный интеграл весьма общей природы — аналитический по всем переменным. Работы В. В. Козлова этого цикла были удостоены премии Ленинского комсомола (1977).

Гамильтоновы методы в динамике твердого тела широко использовались в работах В. Г. Демина и его учеников: Т. В. Сальниковой, В. А. Прошкина и др. В кандидатской диссертации В. А. Прошкина (1982) методы теории возмущений были применены в задаче о движении системы шар — тело под действием сил гравитационного взаимодействия. При этом В. А. Прошкин предложил ряд интересных дополнений к теореме Пуанкаре о сохранении периодических движений и теореме Колмогорова о сохранении условно периодических движений.

В 1970-е гг. на кафедре сформировалось новое направление, связанное с применением в аналитической механике современной дифференциальной геометрии и топологии; большую роль в этом процессе сыграли научные контакты с такими известными математиками, как В. М. Алексеев, В. И. Арнольд, С. П. Новиков, А. Т. Фоменко. С 1980 г. работает межкафедральный семинар «Геометрия и механика» под руководством В. В. Козлова и А. Т. Фоменко. В задаче о движении твердого тела в параллельном поле сил тяжести и в центральном ньютоновском поле Я. В. Татаринов в 1973–1974 гг. получил топологическую классификацию совместных уровней интегралов энергии и площадей в фазовом пространстве задачи и качественное описание соответствующих областей возможности движения в конфигурационном пространстве. Впервые было получено непосредственное применение принципа в форме Якоби: при помощи соответствующей модификации методов вариационного исчисления «в целом» В. В. Козлов и С. В. Болотин в 1976–1978 гг. доказали ряд теорем о существовании в натуральных системах периодических решений с нулевой начальной скоростью, так называемых либраций. Позднее ими же предложен метод построения асимптотических движений, пригодный и для неавтономных гамильтоновых систем. Этим методом, в предположении, что положение равновесия — точка строгого максимума «потенциальной энергии» для каждого момента времени, доказано, что через каждую точку расширенного конфигурационного пространства проходит асимптотическое движение, а если конфигурационное пространство компактно, то существует двойко асимптотическое движение. Получены обобщения на случай периодических и рекуррентных движений. С. В. Болотиным получены общие критерии изолированности двойко асимптотических движений, основанные на методе малого параметра Пуанкаре. В 1979 г. В. В. Козловым был открыт феномен «топологического препятствия к интегрируемости»: если многообразие системы с двумя степенями свободы компактно и топологически не схоже со сферой или тором (например, имеет вид поверхности кренделя), то движение не может иметь аналитического интеграла, независимого от интеграла энергии.



Одновременно велись исследования по вопросам существования интегралов движения специальной структуры. Интегралы, линейные по скоростям, исследовались Н. Н. Колесниковым. В 1978 г. им установлено обобщение процедуры понижения порядка по Раусу на тот случай, когда линейные интегралы порождают не коммутативную, а разрешимую группу Ли. Кроме того, совместно с В. В. Козловым им доказана теорема, дающая достаточные условия существования линейного интеграла для реальных механических систем, содержащая все известные обобщения теорем об изменении импульса и кинетического момента и применимая как к голономным, так и к неголономным системам.

Творческая атмосфера, характеризующая научную работу на кафедре, способствует вовлечению в научный обиход аналитической механики все новых и новых разделов математики. Так, в работах И. Л. Антонова методами случайных процессов рассмотрен ряд задач о движении механических систем при случайных возмущениях.

Цикл работ, выполненных в 1976—1980 гг. В. Г. Вильке, посвящен распространению на механические системы с бесконечным числом степеней свободы принципа Даламбера—Лагранжа и результатов аналитической механики. В 1986 г. была издана монография В. Г. Вильке «Аналитические и качественные методы механики систем с бесконечным числом степеней свободы», в которой подведен итог определенного этапа исследований автора. С 1985 г. под руководством В. Г. Вильке и В. А. Самсонова работает научно-исследовательский семинар «Динамика твердого тела, взаимодействующего со сплошной средой».

С 1970 г. по инициативе Д. Е. Охоцимского были начаты работы по принципиально новой тематике — создание транспортных средств нового типа: шагающих аппаратов. Затем эта тематика расширилась и стала составной частью целевой программы научно-исследовательских работ по комплексной программе «Робототехнические системы». Разработка методов управления шестиногими и двуногими шагающими аппаратами ведется с 1970 г. в Институте прикладной математики имени М. В. Келдыша АН СССР, Институте механики МГУ, Институте проблем передачи информации АН СССР и на кафедре. Руководит исследованиями Д. Е. Охоцимский. Сложность проблемы — в большом числе управляемых степеней свободы и в необходимости добиться рационального автономного поведения шагающего аппарата в трудных условиях окружающей среды, при движении по местности со сложным рельефом. Были разработаны методы математического моделирования, основанные на использовании современной вычислительной техники. С их помощью созданы алгоритмы построения движения аппарата, позволяющие обеспечить статическую устойчивость при преодолении препятствий, а также организацию прыжков, алгоритмы стабилизации движения и прокладки трассы на местности. Были созданы лабораторные макеты шестиногих шагающих аппаратов, сопряженные с ЭВМ, снабженные электромеханическими приводами и

системой технического зрения. Материалы исследований по созданию систем управления шагающими аппаратами, проведенных как в нашей стране, так и за рубежом, легли в основу нового спецкурса Д. Е. Охоцимского, Ю. Ф. Голубева «Механика и управление движением автоматического шагающего аппарата», указанный спецкурс служит основой для подготовки специалистов по робототехнической тематике.

Одним из направлений теории робототехнических систем является теория управления антропоморфными (двуногими) шагающими аппаратами (роботы; экзоскелетоны для усиления мышечной деятельности человека; управляемые скафандры для работы в экстремальных условиях). Ряд вопросов такой теории разработан под руководством В. В. Белецкого и отражен в его спецкурсах и монографии «Двуногая ходьба — модельные задачи динамики и управления».

Использование математического моделирования на ЭВМ и лабораторных макетов, сопряженных с ЭВМ, позволило оценить эффективность разработанных методов и наметить дальнейшие пути их совершенствования. Широко используются современные средства работы на ЭВМ — средства машинной графики и создание сетей машин, позволяющих вести работу методами математического и полунатурного моделирования.

С 1970 г. Д. Е. Охоцимский вместе с С. В. Фоминым организовали на механико-математическом факультете Всесоюзный семинар по теории систем с элементами искусственного интеллекта. На нем обсуждались новейшие задачи теории динамических игр, искусственного интеллекта, механики робототехнических систем, систем искусственного зрения роботов и др. Позднее к руководству семинара подключились Ю. Ф. Голубев и В. Е. Павловский.

Все эти дисциплины в настоящее время объединились в интенсивно развивающееся направление в науке, получившее название «мехатроника» (термин, возникший в конце XX в. и указывающий на синтез механики и электроники). Расширение этих исследований, вовлечение кафедры в работу с новейшими технологиями привели к созданию на факультете новой специализации — «мехатроника». Эта специализация предполагает обучение теории и путям реального создания сложных интеллектуальных управляемых механических систем. В 1999 г. утверждено расширенное название «кафедра теоретической механики и мехатроники».

С 1998 г. в МГУ, на базе Института механики МГУ, проводятся ежегодные Научно-технические фестивали молодежи «Мобильные роботы», включающие соревнования интеллектуальных мобильных роботов, созданных коллективами студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников как в МГУ, так и в других вузах и научных учреждениях.

С 2000 г. В. Е. Павловским и группой его студентов и аспирантов начато исследование новых задач группового управления роботами. Получены первые важные результаты по синтезу алгоритмов целенаправленного поведения групп роботов, в том числе в антагонистической ситуации. В качестве одного

из конкретных приложений рассмотрена игра «виртуальный футбол», представляющая собой математическую модель игры роботов-футболистов. Регулярно, несколько раз в год, проводятся турниры между программами команд «футболистов», подготовляемых группами молодежи из различных городов нашей страны и из зарубежных стран. В таких турнирах участвуют, как правило, несколько десятков команд.

В работах И. Р. Белоусова рассмотрены задачи, решение которых позволило выработать некоторые новые подходы к моделированию и дистанционному управлению движением роботов. Разработаны эффективные методы моделирования динамики роботов-манипуляторов. Они были использованы для моделирования движений схвата бортового манипулятора космического корабля «Буран» на имитационном стенде-тренажере. Предложены и отработаны новые методы дистанционного управления роботами через сеть Интернет с использованием современных компьютерных и сетевых технологий, таких как Java, Java3D, обработка и передача цифровых видеоизображений, защита информации. Разработаны методы управления роботами при их взаимодействии с подвижными объектами (Д. Е. Охоцимский, И. Р. Белоусов, В. В. Сазонов). Эти методы позволили решать задачи дистанционного управления роботами в динамически изменяющихся средах с использованием подхода распределенной автономии.

Теоретическая механика вместе с механикой сплошной среды является фундаментом всех современных механических дисциплин и дает учащемуся первые примеры того, как реальные физические процессы надлежит сводить к математической модели, в достаточной степени верно отражающей изучаемое явление. Она открывает возможности глубже осмыслить многие проблемы методологии естественных наук, существенно способствуя формированию правильного естественнонаучного мировоззрения. Методике преподавания теоретической механики, развитию всего лучшего, что имеется в классических трудах П. Аппеля, Н. Е. Жуковского, Г. К. Сулова, С. А. Чаплыгина, кафедры всегда уделяла первостепенное внимание. Основной курс теоретической механики в 30-х гг. студентам отделений математики, механики и астрономии читали А. И. Некрасов и Н. Н. Бухгольц. Следует отметить, что авторы известных курсов теоретической механики для вузов: А. А. Космодемьянский, В. В. Добронравов, С. М. Тарг работали в то время на кафедре теоретической механики МГУ. Значительные изменения в методику преподавания теоретической механики внес Н. Г. Четаев: в первую очередь это касается идеи поставить свойства возможных перемещений механической системы в основу вывода общих теорем и принципов динамики. Курс обогащен за счет аналитических разделов механики. Методике Н. Г. Четаева в своих лекциях следовали В. В. Румянцев, Е. Н. Березкин, А. А. Богоявленский, К. Е. Якимова, Н. Н. Колесников, Ю. А. Архангельский, Ю. Ф. Голубев. На основе этой методики написан учебник «Курс теоретической механики» Е. Н. Березкина и его же пособия «Решения задач по теоретической механике», играющие важную роль в

самостоятельной работе студентов факультета по освоению материала курса. Позднее были изданы конспекты лекций самого Н. Г. Четаева.

Большая работа ведется и с содержанием практических занятий. Еще в 1967–1969 гг. Н. Н. Колесников, И. Л. Антонов и В. Г. Вильке провели большую работу по подкреплению лекций В. И. Арнольда, профессора кафедры дифференциальных уравнений, конкретным материалом, привязывающим к реальным задачам математические основы механики, которым и были посвящены эти лекции. Параллельно была проведена работа и по отбору задач для практических занятий, вызванная уменьшением объема учебного времени, отведенного механике на экспериментальном потоке. Следует отметить уникальный «Сборник задач по небесной механике и космодинамике», опубликованный в 1972 г. В. Г. Деминым, А. Л. Куницыным и М. Б. Балком.

С 1966 по 1976 г. на кафедре теоретической механики в качестве профессора работал М. Л. Лидов. Он читал спецкурс и вел семинар по эволюции орбит. В 1974 г. М. Л. Лидов создал уникальный «Курс лекций по теоретической механике», который читался им на протяжении ряда лет для студентов механико-математического факультета. Отличительной особенностью этого нетрадиционного курса является удачное сочетание математической строгости изложения материала с физической интерпретацией результатов. Большое место уделено разъяснению специальных механических эффектов и приложений к задачам небесной механики. Курс лекций М. Л. Лидова был издан лишь в 2001 г. усилиями его коллег и учеников.

Методическая работа на кафедре концентрируется вокруг семинара по методике преподавания под руководством И. Л. Антонова. Опыт работы на кафедре имеет несомненное значение и для преподавания в других вузах. Сотрудники кафедры Ю. Ф. Голубев, К. Е. Якимова и В. Е. Павловский являются членами Научно-методического совета по теоретической механике при Минвузе, первые двое из них являются членами президиума совета. Совет координирует работу по теоретической механике в вузах. Профессор В. Г. Демин возглавлял в нем секцию университетов. Ю. А. Архангельский и В. Г. Демин были авторами ряда учебных фильмов, используемых в преподавании теоретической механики во многих вузах.

В последние годы большое развитие получили компьютерные обучающие программы по механике (Ю. Ф. Голубев, В. Е. Павловский). Они включают компьютерные учебники по теоретической и небесной механике, системы тестирования и диагностики знаний.

Большое внимание уделяется на кафедре разработке новых задач практикума по механике. Они будут использовать самые современные аппаратные и программные средства, сетевые технологии. В частности, в учебный процесс внедряется система, позволяющая дистанционно исследовать кинематику, динамику и методы управления движением роботов с использованием сети Интернет (И. Р. Белоусов).

Силами кафедры читаются лекции и ведутся семинары по двум общефакультетским курсам — «Теоретическая механика» для студентов 2–4 курсов

и «Аналитическая механика» для студентов 3–4 курсов. На кафедре читаются также специальные курсы для студентов 3–5 курсов и аспирантов: «Теория устойчивости и стабилизации движения», «Прикладные задачи устойчивости и стабилизации», «Устойчивость и катастрофы в механике», «Динамические системы классической механики и эргодическая теория», «Квазипериодические движения в классической механике», «Перестройки и катастрофы в классической динамике», «Периодические решения Пуанкаре», «Слабо неголономные системы и теория возмущений», «Динамика тела на горизонтальной плоскости», «Перестройки, катастрофы и возмущения», «Интегрируемые системы классической механики и интегрируемые отображения», «Аналитическая механика систем с бесконечным числом степеней свободы», «Теоретические основы мехатроники», «Нейронные сети в мехатронике», «Механика и управление движением мобильных роботов», «Моделирование и дистанционное управление роботами через сеть Интернет», «Динамика космических полетов», «Неуправляемое движение искусственных спутников относительно центра масс», «Избранные задачи небесной механики», «Движение тела в сопротивляющейся среде», «Случайные колебания», «Негладкая механика», «Механические и математические модели пространственных структур нуклеиновых кислот», «Методологическое содержание и методическое богатство ключевых идей теоретической механики».

На кафедре постоянно действуют научные специальные семинары: «Системы с элементами искусственного интеллекта», «Аналитическая механика и устойчивость движения», «Динамика относительного движения», «Гамильтоновы системы и статистическая механика», «Динамика твердого тела, взаимодействующего со средой», «Динамика космического полета», «Задачи и проблемы робототехники». Кроме этого, ведутся два учебных специальных семинара для студентов 2, 4 курсов и методический специальный семинар «Теоретическая механика».

Кафедра тесно сотрудничает с Техническими университетами Вены (Австрия), Барселоны (Испания), Мюнхена, Штутгарта и Карлсруэ (Германия), Тренто (Италия), Намюра и Лувена-ля-Нев (Бельгия), Парижским университетом Версаль, Парижским университетом П. и М. Кюри, Высшей школой мостов и дорог (Париж) и Парижской лабораторией робототехники, университетом штата Огайо (Колумбус, США).

Заметную роль в научной и методической работе кафедры играют рабочие контакты с коллегами по факультету: сотрудниками кабинета истории и методологии математики и механики И. А. Тюлиной, постоянно читающей курс истории механики, автором книги «История и методология механики», сотрудниками кафедр прикладной механики и управления, дифференциальной геометрии, дифференциальных уравнений, теории функций и функционального анализа, Институтом механики МГУ, ИПМ им. М. В. Келдыша, Вычислительным центром РАН.

## Биографическая справка о коллективе кафедры

**Антонов Игорь Леонидович** родился 16 февраля 1937 г. в Москве. Окончил мехмат МГУ (1961), кандидат физико-математических наук (1969), доцент (1971).

Основные направления научной работы: а) Изучение свойств фазовых траекторий механических систем, находящихся под воздействием случайных возмущений. Итоги работы в этой области за период с 1976 по 1993 г. подведены в монографии «Случайные колебания. Свойства траекторий» (М.: Изд-во механико-математического ф-та МГУ, 1993). Последняя работа в этом направлении — «Об одном свойстве фазовых траекторий математического маятника со случайно движущейся точкой подвеса» (Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ., 1996, 31, в соавторстве с М. А. Дроздовым, Е. В. Самарцевой); б) Разработка алгоритмов управления авиационными тренажерами — имитаторами ускорений. Примеры публикаций: «Об одном принципе управления имитатором ускорений» в сборнике трудов Института механики МГУ «Некоторые вопросы теории навигационных систем» (Изд-во МГУ, 1979, с В. В. Александровым, И. Г. Тиханиной); «Оптимизация движения динамического стенда при имитации ускорений» в книге «Пятый Всесоюзный съезд по теор. и прикл. механике. Аннотац. докл.» (Изд-во Наука. Каз. ССР. Алма-Ата, 1981, с В. В. Александровым, И. Г. Тиханиной). Большинство работ по этой тематике содержится в отчетах Института механики МГУ за 1978–1987 гг. В 1986 г. в издательстве МГУ вышло пособие для студентов 3 курса кафедры: И. Л. Антонов «Избранные задачи теоретической механики». За время работы на кафедре читал общие курсы классической и аналитической механики и специальный курс «Случайные колебания». Награды: Бронзовая медаль ВДНХ (1980). Медали: «Ветеран труда» (1989), «В память 850-летия Москвы» (1997).

**Барбашова Татьяна Федоровна** родилась 17 мая 1951 г. в Москве. Окончила с отличием механико-математический факультет (1973), кандидат физико-математических наук (1982), доцент (1998). Тема кандидатской диссертации «Идентификация параметров манипуляционных систем с люфтом», научный руководитель — академик РАН, профессор Д. Е. Охоцимский.

С 1973 г. работает на кафедре теоретической механики, имеет более 30 научных работ. Наряду с решением задач классической механики занималась разработкой и исследованием численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений, экспоненциально-полиномиальных методов приближения функций, методов моделирования манипуляторов и шагающих аппаратов. Участвует в создании интерактивного компьютерного курса теоретической механики. Созданные разделы курса используются для обучения и контроля знаний студентов на механико-математическом факультете.

**Белецкий Владимир Васильевич** родился 2 мая 1930 г. в Иркутске. Окончил механико-математический факультет МГУ (1954). Специальность: механика. Кандидат физико-математических наук (1962), доктор физико-математиче-

ских наук (1965). Профессор (1969). С 1954 г. по настоящее время работает в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша. Главный научный сотрудник Института прикладной механики им. М. В. Келдыша (1996). Профессор кафедры теоретической механики механико-математического факультета (1969). Заслуженный профессор МГУ (2002). Член-корреспондент РАН (1997). Действительный член Российской академии космонавтики (1994), действительный член Международной академии астронавтики (1992). Член Национального комитета по теоретической и прикладной механике (1976). Лауреат премии А. фон Гумбольдта (Германия, 1992); премии Ф. А. Цандера Российской академии наук (1999). Награжден двумя серебряными медалями ВДНХ (1980, 1989), медалью им. М. В. Келдыша Федерации космонавтики СССР (1991), медалями «Ветеран труда» (1986), «В память 850-летия Москвы» (1997), орденом Дружбы (2001). Постановлением Международного астрономического союза малой планете № 14790 присвоено имя Veletskij (2001).

Область научных интересов: динамика космического полета; небесная механика; динамика двуногой ходьбы; нелинейные проблемы динамики, в т.ч. резонансы, регулярность и хаотичность. Основные результаты: создание развернутой теории вращательных движений искусственных и естественных небесных тел, в т.ч. доказательство теоремы об устойчивости гравитационной ориентации; нелинейное обоснование наблюдаемых резонансных вращений небесных тел (обобщенные законы Кассини); решение оптимальных задач космических перелетов с двигателями малой тяги; предложил оригинальный способ маневрирования в космическом пространстве (гравилет); постановка и анализ проблем динамики орбитальных тросовых систем; исследование динамики двуногоходящих устройств; исследование хаотических движений и соотношения хаотических и регулярных траекторий в прикладных проблемах динамики. Тема кандидатской диссертации «Движение искусственного спутника относительно центра масс». Тема докторской диссертации «Движение искусственного спутника относительно центра масс».

За время работы на механико-математическом факультете прочитал общий курс механики, а также спецкурсы: «Движение ИСЗ относительно центра масс», «Движение спутника относительно центра масс в гравитационном поле», «Влияние аэродинамики на вращательное движение искусственного спутника», «Динамика космического полета», «Динамика робототехнических систем», «Динамика роботов и прикладные задачи устойчивости и стабилизации механических систем». Руководит работой спецсеминаров: «Динамика космического полета» (совм. с проф. В. А. Егоровым и др.), «Динамика относительного движения» (совм. с проф. Ю. Ф. Голубевым и др.), «Аналитическая механика и теория устойчивости» (совм. с акад. В. В. Румянцевым и проф. А. В. Карапетяном). Подготовил 26 кандидата и 5 докторов наук.

Опубликовал более 200 научных работ, в том числе 11 монографий. Основные труды: «Движение искусственного спутника относительно центра масс» (1965; три изд. на англ. яз.), «Очерки о движении космических тел» (1972;

1977; изд. на болгар., польск., франц., англ. яз.), «Движение спутника около центра масс в гравитационном поле» (1975), «Двуногая ходьба — модельные задачи динамики и управления» (1984), «Влияние аэродинамических сил на вращательное движение искусственных спутников» (с А. М. Яншиным, 1984), «Вращательное движение намагниченного спутника» (с А. А. Хентовым, 1985), «Динамика орбитальных тросовых систем» (соавт. Е. М. Левин, 1990; изд. на англ. яз.), “Regulaere und chaotische Bewegung starrer Koerper” (1995), «Резонансное вращение небесных тел» (с А. А. Хентовым, 1995).

**Белоусов Игорь Рафаилович** родился 16 августа 1966 г. Окончил с отличием механико-математический факультет МГУ в 1988 г. В настоящее время — ведущий научный сотрудник кафедры теоретической механики и мехатроники, старший научный сотрудник Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН. Кандидатскую диссертацию защитил в 1993 г., докторскую — в 2003 г.

Читает спецкурс «Моделирование и дистанционное управление роботами через сеть Интернет». Является специалистом в области механики и управления движением роботов. Ему принадлежит ряд важных научных результатов в области моделирования кинематики и динамики роботов-манипуляторов, разработки алгоритмов взаимодействия роботов с подвижными объектами, разработки эффективных методов дистанционного управления роботами через сеть Интернет. Им опубликовано более 50 печатных работ, в том числе в зарубежных изданиях. Работал приглашенным исследователем в университете де Монтфорт (Милтон Кейнес, Англия), Лаборатории анализа и архитектур систем (Тулуза, Франция), Институте кибернетики Нанта (Нант, Франция).

**Березкин Евгений Николаевич** (1921–1976), с 1954 г. — ассистент, позже — доцент, ученый секретарь кафедры в 1963–1976 гг. Большую работу вел на факультете повышения квалификации, в частности организовал семинар по методике решения задач повышенной трудности. Учебные пособия, написанные им по материалам этих семинаров, широко использовались слушателями факультета повышения квалификации и преподавателями кафедры. Его учебник для университетов «Курс теоретической механики» выдержал два издания. Е. Н. Березкин — участник финской кампании и Великой отечественной войны, был ранен, награжден орденом Красной Звезды и медалями.

**Болотин Сергей Владимирович** родился 1 декабря 1954 г. в Москве. Окончил с отличием механико-математический факультет МГУ в 1976 г., доктор физико-математических наук (1998), профессор (2000).

Основные направления научной работы: аналитическая механика, гамильтоновы системы, вариационные методы. Читает основной курс классической механики, специальный курс «Вариационные методы классической механики», совместно с В. В. Козловым и Д. В. Трещевым руководит семинаром «Динамические системы классической механики». Подготовил двух кандидатов наук.



Опубликовал более 50 научных работ. Основные публикации: «Либрационные движения обратимых динамических систем» (Вестник МГУ. 1978. № 6); «Неинтегрируемость задачи  $n$  центров при  $n > 2$ » (Вестник МГУ. 1984. № 3); «Влияние особенностей потенциальной энергии на интегрируемость динамических систем» (ПММ. 1984. 48. № 3); «Интегрируемые бильярды на поверхностях постоянной кривизны» (Матем. заметки. 1992. 54. № 2).

**Вильке Владимир Георгиевич** родился 5 ноября 1938 г. в Москве. Окончил мехмат МГУ в 1961 г., доктор физико-математических наук (1981), профессор (1985).

Область научных интересов — аналитическая механика систем с бесконечным числом степеней свободы. Имеет свыше 80 научных статей и две монографии: «Аналитические и качественные методы механики систем с бесконечным числом степеней свободы» (Изд-во МГУ, 1986. С. 192) и «Аналитическая механика систем с бесконечным числом степеней свободы» (Изд. мехмат ф-та МГУ. 1997. Ч. 1. С. 215; Ч. 2. С. 160). Приоритетные направления научных исследований: эволюционные процессы в системах с вязкоупругими элементами и полостями, содержащими вязкую жидкость (спутники, планеты и т. д.); моделирование качения деформируемых железнодорожных и автомобильных колес в рамках моделей систем с бесконечным числом степеней свободы. Публикации: «Качение деформируемого колеса по деформируемому рельсу» (МТТ. 1996. № 1. С. 25–35).

Читает основной курс теоретической механики, специальный годовой курс «Аналитическая механика систем с бесконечным числом степеней свободы», руководит семинарами, в том числе спецсеминаром «Динамика твердых тел, взаимодействующих со сплошной средой» совместно с проф. В. А. Самсоновым. По общему курсу механики издан учебник «Теоретическая механика» (Изд-во МГУ, 1991. С. 238), второе дополненное и переработанное издание этого учебника вышло в 1998 г. Под руководством В. Г. Вильке защищено 8 кандидатских и 1 докторская диссертации.

**Голубев Юрий Филиппович** родился 17 апреля 1941 г. Окончил механико-математический факультет в 1963 г., доктор физико-математических наук (1975), профессор (1985). С 1965 по 1995 г. работал в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН (с 1986 г. — заведующий сектором, с 1992 г. — главный научный сотрудник). С 1995 г. — профессор кафедры теоретической механики и по совместительству — главный научный сотрудник ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.

Основные направления научной деятельности: механика и управление движением, методы численного поиска оптимального управления механическими системами, робототехника, построение и стабилизация движения автоматических шагающих аппаратов, разработка средств компьютерного обучения по теоретической механике, математическое моделирование систем многих твердых тел.

Читает основные курсы по классической и теоретической механике, специальные курсы: «Дополнительные главы теоретической механики»,

«Управление движением при входе в атмосферу», «Управление движением автоматического шагающего аппарата», «Теоретические основы мехатроники». Совместно с Д. Е. Охоцимским руководит Всероссийским научно-исследовательским семинаром «Системы с элементами искусственного интеллекта». Совместно с В. В. Белецким руководит спецсеминаром по относительному движению. Подготовил 14 кандидатов наук, из них трое защитили докторские диссертации.

Опубликовал 201 научный труд, в том числе 2 монографии и 1 учебник. Основные публикации: «Алгоритмы управления космическим аппаратом при входе в атмосферу» (М.: Наука, 1975. С. 399, с Д. Е. Охоцимским, Ю. Г. Сихарулидзе); «Механика и управление движением автоматического шагающего аппарата» (М.: Наука, 1984. С. 480, с Д. Е. Охоцимским); «Основы теоретической механики» (М.: Изд-во МГУ, 2-е изд. 2000. С. 719; «К построению области достижимости КА на поверхности Земли с учетом фазовых ограничений». Космические исследования (1996. Т. 34. № 1. С. 24–29, с Р. З. Хайруллин); «Тождественность параметров Эйлера и Кэли–Клейна в кинематике абсолютно твердого тела» (Известия РАН: МТТ. 1999. № 1. С. 19–25); Компьютерные обучающие средства по теоретической механике. Ломоносовские чтения-98 (тезисы докл.), ч. 1 (М.: Изд-во отд. УНЦ ДО МГУ, 1998. С. 75–78, с В. Е. Павловским, Е. Ю. Голубевой, Е. С. Нечаевой); «Резонансы в линейных системах с одной степенью свободы и кусочно-постоянными параметрами» (ПММ. 2001. Т. 65, вып. 2.); «Управляемое движение упругого манипулятора» (Известия РАН, ТиСУ. 2001. № 6. С. 166–176, с А. Е. Дитковским); «Механические системы с сервосвязями» (ПММ. 2001. Т. 65, вып. 2. С. 211–224); «Движение с постоянным модулем скорости в центральном поле тяготения» (ПММ. 2002. Т. 66, вып. 6. С. 1052–1065). Член Национального комитета по теоретической и прикладной механике, член бюро Научного совета РАН по робототехнике и мехатронике, член президиума Научно-методического совета по теоретической механике Министерства образования РФ, член редколлегии журнала «Известия РАН. Теория и системы управления».

**Демин Владимир Григорьевич** (6 августа 1929 г. — 16 сентября 1996 г.) родился в Новосибирской области. Учился на механико-математическом факультете МГУ с 1946 по 1951 г., позднее в аспирантуре ГАИШ им. Штернберга на кафедре небесной механики и гравиметрии, работал в УДН им. П. Лумумбы. С 1965 г. работал на механико-математическом факультете МГУ на кафедре теоретической механики. В 1961 г. защитил кандидатскую, в 1969 г. — докторскую диссертации.

Сфера научных интересов: аналитическая и небесная механика, теория промежуточных орбит искусственных спутников Земли, теория возмущений интегрируемых гамильтоновых систем, теория периодических решений Пуанкаре (метод малого параметра), методы Пуанкаре — Адамара качественного исследования орбит, второй метод Ляпунова и метод Четаева, приложения теории Колмогорова — Арнольда — Мозера. В. Г. Демин — один из инициаторов со-

здания Академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, в которой его избрали академиком-секретарем. Член международного астрономического союза.

Список трудов В. Г. Демина содержит более 120 названий. Особое место в нем занимают несколько монографий, учебников, научно-популярных книг. Самая известная из книг В. Г. Демина — монография «Движение искусственного спутника в нецентральной поле тяготения» (М.: Наука, 1968). Она вышла в серии «Механика космического полета» и включила в себя большинство наиболее важных результатов, полученных автором к моменту ее написания. Ядро книги — обобщенная задача двух неподвижных центров, материал, ставший современной классикой, за который В. Г. Демин с соавторами вскоре после выхода книги в свет получит Государственную премию. Речь идет о задаче двух «мнимых» неподвижных центров — задаче о движении точки в гравитационном поле двух неподвижных комплексно-сопряженных масс, имеющих комплексно-сопряженную пару одноименных координат. Задача может служить хорошим приближением для задачи о движении в поле произвольной сжатой планеты. Периодическим движениям посвящена книга В. Г. Демина, написанная совместно с В. П. Евтеевым «Эллиптическая задача трех тел» (Душанбе, 1988). На аналогиях с небесной механикой построена совместная с Л. И. Конкиной книга «Новые методы в динамике твердого тела». Написанная совместно с Е. А. Гребенниковым брошюра «Межпланетные полеты» (М.: Наука, 1996) — это очень доступное введение в динамику космического полета. Самой известной научно-популярной работой В. Г. Демина является выдержавшая не одно издание и переведенная на несколько языков книга «Судьба Солнечной системы» (М.: Наука, 1969, 1975; на японск. языке — 1971, на польск. — 1972, на молдавск. — 1976). В. Г. Демин участвовал в написании нескольких учебников и учебных пособий. Это — «Астрономия» (в соавторстве. М.: Просвещение, 1983; Мир, 1986, на франц. языке); «Математический анализ» (в соавторстве. М.: Наука, 1972). Подготовил свыше 110 кандидатов наук — в России, на Украине, в Молдавии, Грузии, Армении, Азербайджане, Казахстане, Узбекистане, Германии, Греции, Египте, Израиле, Кувейте, Индии, Китае, Вьетнаме. В 1971 г. получил Государственную премию (совместно с Е. П. Аксеновым, Е. А. Гребенниковым, Ю. А. Рябовым, М. Д. Кисликом) за цикл работ 1958–1968 гг. по современным проблемам и методам небесной механики. Публикации о нем (Вестник МГУ. Сер. Матем. Механ. 1989. № 5; 1997. № 4; 2000. № 5).

**Дерябин Михаил Владимирович** родился 15 июня 1973 г. в Москве. Поступил на механико-математический факультет МГУ в 1990 г., окончил его с отличием в 1995 г.; с окончанием аспирантуры в 1998 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Реализация односторонних связей» (1998), научный руководитель В. В. Козлов. С 1998 г. по настоящее время работает на кафедре теоретической механики и мехатроники, научный сотрудник (1999). Победитель конкурса студенческих работ (1995), стипендия С. А. Чаплыгина (1995), стипендия Президента РФ (1997).

Научные интересы: динамические системы классической и небесной механики и гидродинамики, интегрируемость, топология, хаос, теория устойчивости. Опубликовал 15 научных работ и одно методическое пособие по теоретической механике. Читал спецкурсы: «Введение в теорию динамических систем» (совместно с Д. В. Трещевым, МГУ) и ряд спецкурсов в Датском техническом университете.

**Егоров Всеволод Александрович** родился 12 декабря 1930 г.; трагически погиб в конце 2001 г. Еще в 1950 г. он вместе с Т. М. Энеевым организовал кружок по космонавтике, который с 1953 г. стал факультетским спецсеминаром и которым он руководил полвека. Окончил механико-математический факультет в 1953 г., в аспирантуре МГУ учился под руководством М. В. Келдыша. С 1952 г. работал в МИАН им. В. А. Стеклова в группе Д. Е. Охочимского. В 1953 г. эта группа перешла в Отделение прикладной математики МИАН, в отдел механики и управления движением. Впоследствии Отделение было преобразовано в Институт прикладной математики АН СССР. В 1957 г. он защитил кандидатскую диссертацию. Исследования полетов к Луне, выполненные В. А. Егоровым в 50-х гг., сразу получили практическое воплощение и увенчались присуждением В. А. Егорову в 1960 г. Ленинской премии. В. А. Егоров читал курс бортовой навигации первому отряду космонавтов. Доктор физико-математических наук (1967). В. А. Егоров — известный специалист в области механики космического полета и теории оптимального управления. Его результаты широко признаны в мире, использованы и описаны в монографиях и научно-популярных книгах.

Основные публикации: монография «Пространственная задача достижения Луны» (М.: Наука, 1965), монография «Динамика полетов между Землей и Луной» (М.: Наука, 1980, с Л. И. Гусевым). «Теория полета космических аппаратов» (М.: Машиностроение, 1972, вместе с рядом соавторов), «Интеллектуальные системы автономных аппаратов для космоса и океана и метод технико-биологических аналогий» (М.: Изд-во Института проблем управления, 1997).

В. А. Егоров всегда искал актуальные задачи и неизведанные пути в науке. В 70-х гг. он исследовал возможности управления динамикой глобального развития (проблематика «Римского клуба»). Он и его сотрудники выполнили цикл работ по моделированию глобального развития, где впервые были предложены управляемые глобальные модели, найдены практически интересные эволюционные режимы и даны конкретные рекомендации, чтобы избежать глобального кризиса (экологического, экономического и демографического). Эти работы завершились выпуском монографии «Математические модели глобального развития» (Л.: Гидрометеиздат, 1980, с соавторами). Более 20 лет В. А. Егоров занимался математическими задачами медицинской диагностики. Основные публикации: «Алгоритмическое описание флюорограммы органов грудной клетки» (препринт ИПМ, 1981, № 34, с М. А. Хаджиевым); «О медицинской измерительной диагностической системе „прибор-ПЭВМ“, в

сборнике «Программирование прикладных систем» (М.: Наука, 1992, с соавторами). Однако интерес к механике космического полета у В. А. Егорова никогда не пропадал. Он интенсивно работает в области оптимизации полетов космических аппаратов с малой тягой и солнечным парусом, создает методы расчетов и оптимизации траекторий зондирования ближнего и дальнего космоса. Им опубликовано более 100 научных работ.

Основные спецкурсы (1980–1990): «Динамика космических полетов», «Теория полета к Луне». Основные спецсеминары: «Механика космического полета»; «Моделирование глобального развития». Под его руководством подготовлено 12 кандидатских диссертаций. Один из его учеников стал доктором наук. В. А. Егоров был членом Национального комитета по теоретической и прикладной механике, член ряда диссертационных советов, долгое время работал в Высшей аттестационной комиссии.

**Карапетян Александр Владиленович** родился 11 мая 1950 г. в Москве. Окончил с отличием механико-математический факультет МГУ (1972), доктор физико-математических наук (1983), профессор кафедры (1996), по совместительству — заведующий сектором теории устойчивости отдела механики ВЦ им. А. А. Дородницына РАН.

Основные направления научной работы: теория устойчивости движения, аналитическая механика, динамика систем с дифференциальными связями и систем с трением, динамика твердого тела. Читает основной курс теоретической механики; спецкурсы: «Инвариантные множества динамических систем», «Устойчивость стационарных движений»; руководит научно-исследовательским семинаром по аналитической механике и теории устойчивости. Подготовил восемь кандидатов наук. Опубликовал более 100 работ, в том числе 3 монографии.

**Козлов Валерий Васильевич** родился 1 января 1950 г. в Рязанской области. Окончил механико-математический факультет МГУ (1972), на кафедре работал с 1974 по 1999 г. (с 1999 г. — заведующий кафедрой математической статистики и случайных процессов). Докторскую диссертацию на тему «Вопросы качественного анализа в динамике твердого тела» защитил в 1978 г. Профессор — с 1983 г., член-корр. РАН — с 1997 г. С 2000 г. — действительный член РАН, с 2001 г. — вице-президент РАН.

Научные интересы: общие принципы механики, вариационные методы, динамика систем с неинтегрируемыми связями, теория удара, динамика твердого тела, интегральные инварианты, проблема точного интегрирования уравнений динамики, теория устойчивости, детерминированный хаос, статистическая механика.

Опубликовал 175 научных работ, среди которых 8 монографий: 1. Методы качественного анализа в динамике твердого тела (М.: Изд-во МГУ, 1980); 2. Математические аспекты классической и небесной механики (М.: ВИНТИ АН СССР, 1985, два издания на англ. яз., совместно с В. И. Арнольдом и А. И. Нейштадтом); 3. Биллиарды (М.: Изд-во МГУ, 1991, есть перевод на англ. яз.,

совместно с Д. В. Трещевым); 4. Симметрии, топология и резонансы в гамильтоновой механике (Ижевск: Изд-во Удм. гос. ун-та, 1995, есть перевод на англ. яз.); 5. Асимптотики решений сильно нелинейных систем дифференциальных уравнений (М.: Изд-во МГУ, 1996, совместно с С. Д. Фуртой); 6. Общая теория вихрей (Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1998, есть перевод на англ. яз.); 7. Memoire on Integrable Systems (Sprindger-Verllag. 1999, совместно с Ю. Н. Федоровым); 8. Тепловое равновесие по Гиббсу и Пуанкаре (М.—Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002). Подготовил 27 кандидатов наук, среди них 5 человек защитили докторские диссертации.

Читал общие курсы теоретической механики и специальные курсы: «Динамика твердого тела», «Дополнительные главы аналитической механики», «Динамические системы», «Динамика систем с неинтегрируемыми связями», «Общая теория вихрей».

Имеет награды: лауреат премии Ленинского комсомола (1977), Ломоносовской премии 1-й степени (1986), премии имени С. А. Чаплыгина АН СССР (1988), Государственной премии РФ (1994), премии имени С. В. Ковалевской РАН (2000).

**Колесников Николай Николаевич** (1936–1997) родился в г. Ровенки Луганской обл. Окончил с отличием механико-математический факультет МГУ (1959), кандидат физико-математических наук (1966), с 1962 г. работал на кафедре теоретической механики сначала в должности ассистента, а потом — доцента. Читал основной курс теоретической механики, в том числе на экспериментальном потоке, организованном С. П. Новиковым.

Основные научные направления: аналитическая механика в современном аспекте, твердое тело с неподвижной точкой (гиростаты). Основные публикации: «К устойчивости свободного гиростата» (ПММ. Т. 27, вып. 4, 1963. С. 699–702); «Натуральные системы с разрешимой группой симметрий» (Вестник МГУ. Сер. Матем., 1978, № 5. С. 99–103); «О теоремах динамики» (ПММ. Т. 42, 1978, № 1. С. 28–33, с В. В. Козловым); «Об интегрируемости гамильтоновых систем» (Вестник МГУ. Сер. Матем. 1979, № 6. С. 88–91, с В. В. Козловым).

**Кугушев Евгений Иванович** родился 12 июня 1950 г. Окончил с отличием механико-математический факультет МГУ в 1972 г., доктор физико-математических наук (1992). В настоящее время профессор кафедры теоретической механики механико-математического факультета, ведущий научный сотрудник Института прикладной математики РАН. Е. И. Кугушев является крупным специалистом в области механики и управления движением робототехнических систем, а также изучения поведения и эволюции сложных дискретных систем.

Его исследования посвящены оптимальному управлению для негладких, разрывных и импульсных систем, системам автоматического управления мобильными и промышленными роботами, обработке и интерпретации зрительной информации в цифровых системах технического зрения, изучению процессов структурообразования макромолекул рибонуклеиновых кислот. Им

созданы оригинальные специальные курсы для студентов кафедры теоретической механики «Математические и механические модели пространственных структур нуклеиновых кислот» и «Негладкая механика».

**Кулешов Александр Сергеевич** родился 16 марта 1976 г. в Москве. Поступил на механико-математический факультет МГУ в 1993 г., окончил с отличием в 1998 г. В 2001 г. под руководством профессора А. В. Карапетяна защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование устойчивости и бифуркаций стационарных движений некоторых неголономных систем». С 2001 г. работает на кафедре, ассистент. Лауреат конкурса Международной Соросовской программы образования в области точных наук (дважды — в 2000 и 2001 г.). Победитель Всероссийского конкурса научных работ молодых ученых по механике и процессам управления, посвященного столетию со дня рождения А. И. Лурье (2001).

Область научных интересов: динамика и устойчивость стационарных движений неголономных механических систем. Опубликовал 15 статей.

**Лидов Михаил Львович** (4 октября 1926 г. — 30 декабря 1993 г.) родился в Чебоксарах Киевской обл. Выдающийся ученый-механик, специалист по динамике космического полета, один из пионеров освоения космического пространства.

Доктор физико-математических наук (1964 г., степень присуждена по совокупности работ без защиты кандидатской диссертации), профессор (1966), лауреат Ленинской премии (1960). Участник Великой Отечественной войны (ушел добровольцем на фронт в 1944 г.). Награды: медаль «За победу над Германией», орден Отечественной войны второй степени, орден Трудового Красного Знамени (1970), юбилейные медали в ознаменование победы в войне. В 1954 г. закончил с отличием механико-математический факультет МГУ (кафедра гидромеханики, научный руководитель — академик Л. И. Седов). Будучи студентом и сразу после окончания университета выполнил важные работы в области газовой динамики.

Работать начал в 1955 г. в Комиссии по межпланетным сообщениям при Астросовете АН СССР. С 1957 г. и до конца своей жизни работал в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша (до 1966 г. — Отделение прикладной математики Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР). Выполнял пионерские работы по определению плотности верхних слоев атмосферы Земли из наблюдений за движением ее первых искусственных спутников, по созданию методов расчета и исследованию эволюции орбит спутников. Открыл и исследовал эффект эволюции эксцентриситета у орбит спутников с большим наклоном к плоскости орбиты возмущенного тела, приводящий к падению спутника на центральное тело. Был одним из основных участников работ по баллистическому обеспечению советской лунной программы (облет Луны с фотографированием ее обратной стороны, мягкая посадка на Луну, запуск первых искусственных спутников Луны, облет Луны с возвращением на Землю, доставка на Землю образцов лунного грунта).

Предложил ставший стандартным подход к задаче о гарантированном оценивании параметров движения на основе линейного программирования. С 1966 по 1976 г. — профессор кафедры теоретической механики механико-математического факультета МГУ.

Читал годовые спецкурсы «Эволюция орбит, I» и «Эволюция орбит, II», основной курс теоретической механики. Среди его учеников — 4 доктора и 5 кандидатов наук. Некоторые публикации: 1. «Определение плотности атмосферы по наблюдаемому торможению первых искусственных спутников Земли». Искусственные спутники Земли (1958, № 1. С. 9); 2. «Эволюция орбит искусственных спутников планет под действием гравитационных возмущений внешних тел». Искусственные спутники Земли (1961, № 8. С. 5); 3. «О приближенном анализе эволюции орбит искусственных спутников». Проблемы движения искусственных небесных тел (М.: Изд-во АН СССР, 1963); 4. «Математическая аналогия между некоторыми оптимальными задачами коррекции траекторий и выбора состава измерений». Космические исследования (Т. 9, 1971, № 5. С. 687). Публикации о нем: Космические исследования (Т. 32, 1994, № 2. С. 3); Письма в Астрономический журнал (1994. Т. 20. № 5. С. 399; Вестник РАН. 2000. № 5).

**Минаков Андрей Петрович** (1893–1954) родился 31 января в Москве в семье профессора Московского университета. В 1911 г. окончил Московскую частную гимназию Г. Шелопутина с золотой медалью. В 1911–1912 гг. учился в Сорбонне (Париж). В 1912 г. вернулся в Москву и поступил в Московский коммерческий институт на техническое отделение. В 1917 г. поступил на математическое отделение физико-математического факультета Московского университета, который окончил по циклу «механика» в 1922 г. В 1941 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Основы механики нити». С 5 февраля 1935 г. — профессор. С осени 1923 г. преподавал механику в Московском университете. По совместительству работал в Московском текстильном институте, где долгое время был заведующим кафедрой теоретической механики. Периодически преподавал в Московском институте народного хозяйства им. Г. В. Плеханова, в Московском нефтяном институте. Много лет читал курс теоретической механики на механико-математическом факультете. Читал лекции по методике преподавания теоретической механики, спецкурсы по механике нити.

Научные интересы в основном были связаны с исследованием движения и равновесия нити. Публикации: 1. Сборник задач по теоретической механике (3-е изд. 1925, 1938, 1949, в соавторстве); 2–3. К вопросу о форме баллона и натяжения нити в шелкокрутильных машинах (Изв. Моск. текст. ин-та. 1927. Т. 1, вып. 1; 1929. Т. 2); 4. Теоретический расчет действия турбин (Собр. соч. Н. Е. Жуковского. Т. II, изд. ЦАГИ, 1930, совм. с Чаплыгиным); 5. Натяжение цепи, намотанной на неподвижный круглый шероховатый цилиндр (Бюллетень Моск. НИТИ, 31, 1934); 6. Анализ движения бегунка на кольце в кольцепрядильных машинах. Сборник работ научно-исследовательского семина-



ра (Пром. Академии легкой индустрии. Т. 1, 1936); 7. Передача вращения между крупными шероховатыми цилиндром и концом, касающихся вдоль общей образующей (Сб. научно-исследовательских трудов Моск. текст. инст. Т. 6, 1938).

**Мелкумова Елена Вадимовна** родилась 6 августа 1973 г. в Москве. Поступила на механико-математический факультет МГУ в 1990 г.; окончила его с отличием в 1995 г., с окончанием аспирантуры в 1998 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Движение шагающего аппарата по внутренней поверхности гладкого горизонтального цилиндра» (1998), научный руководитель Ю. Ф. Голубев. С 1998 г. работает на кафедре теоретической механики и мехатроники, ученый секретарь кафедры (1999), доцент (2003). Лауреат Международного научного конгресса «Молодежь и наука — третье тысячелетие» (1996).

Научные интересы: механика и управление движением робототехнических систем с элементами искусственного интеллекта. Опубликовала 13 научных работ, участвовала в подготовке контрольных вопросов к учебнику Ю. Ф. Голубева «Основы теоретической механики», соавтор задачника по аналитической механике, выпущенного научно-методическим семинаром кафедры в 2002 г. Секретарь Всероссийского семинара «Системы с элементами искусственного интеллекта» (руководители: академик РАН Д. Е. Охоцимский, проф. Ю. Ф. Голубев).

**Мясников Петр Вениаминович** (1904—1975). Окончил МГУ в 1932 г. На механико-математическом факультете работал с 1937 г. В 1938 г. защитил кандидатскую диссертацию по теории струй для криволинейных препятствий под руководством А. И. Некрасова. С 1938 г. — доцент. В 1941—1942 гг. был и.о. декана факультета для тех подразделений, которые не были отправлены в эвакуацию. Работал по оборонной тематике в Институте математики и механики МГУ, с 1944 по 1949 г. — был ректором МГПИ им. В. И. Ленина. Читал основной курс теоретической механики. Вел научную работу по интегрированию уравнений вращения тяжелого твердого тела. В 1959—1962 гг. был и.о. заведующего кафедрой теоретической механики.

**Охоцимский Дмитрий Евгеньевич** родился 26 февраля 1921 г. в Москве. Окончил механико-математический факультет МГУ (1946). Специальность: механика.

Доктор физико-математических наук (1958). Профессор (1959). Заведующий кафедрой теоретической механики и мехатроники механико-математического факультета (1962). Член-корреспондент АН СССР (1960), академик РАН (1991). Член Национального комитета по теоретической и прикладной механике. Председатель Научно-технического комитета по робототехнике и член бюро Российского национального комитета по автоматическому управлению. Зам. председателя Научного совета РАН по робототехнике и мехатронике. Председатель Специализированного совета по теоретической механике при МГУ.

Деятельность Д. Е. Охоцимского более 50 лет связана с передовыми научно-техническими проблемами. Герой Социалистического Труда (1961). Награжден орденами Ленина (1956, 1961), Трудового Красного Знамени (1970, 1981), Октябрьской Революции (1975). Лауреат Ленинской премии (1957), Государственной премии СССР (1970), премии им. С. А. Чаплыгина (1951), Золотая медаль им. М. В. Келдыша (2001). Удостоен звания «Заслуженный профессор МГУ» (1995). Избран иностранным членом Сербской Академии наук и искусств (2000). Имя «Охоцимский» присвоено Малой планете № 8061 (2001).

Область научных интересов: динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов, механика и управление движением робототехнических систем с элементами искусственного интеллекта. Подготовил свыше 35 кандидатов и 12 докторов наук. Опубликовал более 200 работ, в т.ч. 3 монографии.

**Павловский Владимир Евгеньевич** родился в Москве 22 мая 1950 г. Окончил мехмат (1972), доктор физико-математических наук (1995), профессор (2001). С 1972 г. работает в ИПМ им. М. В. Келдыша, с 1994 г. ведущий научный сотрудник, профессор кафедры теоретической механики и мехатроники (на кафедре работает с 1995).

Область научных интересов: механика и управление движением сложных технических систем, таких, как робототехнические устройства, мехатроника, а также применение современных технологий и методов в механике.

Опубликовал (в т.ч. — в соавторстве) в разные годы серии статей по моделированию и управлению движением сложных мобильных роботов (колесных, шагающих роботов и аппаратов с гибридным движителем), по управлению автоматизированными робототехническими производственными системами, по методам реализации алгоритмов управления роботами: «Координация движений шагающего аппарата» (1973), «Управление интегральным локомотивным роботом» (1974), «Процессы реального времени в системе управления роботом» (1983), «Многофункциональный программный комплекс моделирования и оптимизации подсистем ГПС» (1988), «Программная система для моделирования 3D-среды и дальнометрического сенсора» (1996), «Концепция и моделирование колесно-шагающего шасси для робота повышенной проходимости (2002)» и др. Ведет исследования и руководит разработкой компьютерных учебных пособий по механике. Им и под его руководством созданы программные обучающие средства (учебные пособия нового поколения) «Теоретическая механика» (1996), «Небесная механика» (1999). Подготовил 6 кандидатов физико-математических наук.

**Прошкин Владимир Александрович** родился в Новомосковске Тульской обл. 20 октября 1952 г. в семье рабочих. Окончил механико-математический факультет в 1975 г., аспирантуру (по кафедре теоретической механики — в 1981 г.). Кандидат физико-математических наук (1983). Работал инженером ОКБ МЭИ (Москва), на механико-математическом факультете МГУ работает с 1978 г.,

доцент с 1991 г. Тема кандидатской диссертации «Некоторые аналитические и качественные исследования в задаче двух гравитирующих твердых тел».

Область научных интересов: асимптотические методы в небесной механике, периодические решения в системах с быстро вращающейся фазой. Некоторые публикации: «Приведение задачи о быстром вращении несимметричного тела на возмущенной орбите ИСЗ». Космические исследования (1996. Т. 34. № 6. С. 633–636). Читал основной курс «Классическая динамика», спецкурс «Избранные задачи небесной механики».

**Румянцев Валентин Витальевич** родился 19 июля 1921 г. в с. Новая Скатовка Саратовской обл. Окончил физико-математический факультет Саратовского университета (1945), доктор физико-математических наук (1953), член-корр. АН СССР (1970), академик РАН (1992). Заведующий отделом механики Вычислительного центра РАН, с 1953 г. работает на кафедре теоретической механики, с 1956 г. — профессор. Решающее влияние как на формирование научных интересов В. В. Румянцева, так и на всю его дальнейшую судьбу оказал его учитель, выдающийся ученый и педагог Николай Гурьевич Четаев. В. В. Румянцев стал не только достойным научным преемником своего незабвенного учителя, но и активным его продолжателем.

Основные направления научной работы: аналитическая механика, теория устойчивости и стабилизации движения, динамика твердого тела, динамика твердого тела с полостями, содержащими жидкость, нелинейные колебания, математическое моделирование нелинейных явлений. В течение многих лет читал основной курс теоретической механики, с 1959 г. по настоящее время читает спецкурс «Теория устойчивости и стабилизации движения», руководит научно-исследовательским семинаром по аналитической механике и теории устойчивости. В созданную В. В. Румянцевым школу по аналитической механике и теории устойчивости входит плеяда блестящих специалистов, в существенной мере определяющая научное лицо этих отраслей знания. Среди его многочисленных учеников, как в нашей стране, так и за рубежом свыше шестидесяти защитили диссертации, почти треть из них — докторские. Многие его ученики занимают ведущие научные позиции в своих странах.

Опубликовал 5 монографий. «Динамика твердых тел с полостями, содержащими жидкость» (1965, совм. с Н. Н. Моисеевым), «Об устойчивости стационарных движений спутников» (1967), “Dynamics and stability of rigid bodies” (1972), «Устойчивость консервативных и диссипативных систем» (1983, совм. с А. В. Карапетяном), «Устойчивость и стабилизация движения по отношению к части переменных» (1987, совм. с А. С. Озиранером) и более 180 научных работ, в числе последних — «Об уравнениях Пуанкаре — Четаева». (ПММ. 1994. 58(3)); Общие направления аналитической динамики (ПММ. 1996. 60(6)); «К уравнениям Пуанкаре и Четаева» (ПММ. 1998. 62(4)).

В. В. Румянцев ведет активную научно-организационную работу. Он является членом Национального комитета РФ по теоретической и прикладной механике, заместителем председателя Научного совета РАН по проблеме

«Общая механика», главным редактором журнала «Прикладная математика и механика», членом бюро Отделения проблем машиностроения, механики и процессов управления РАН. Совместно с В. В. Белецким и А. В. Карапетяном руководит научным семинаром по аналитической механике и теории устойчивости. Он принял активное участие в подготовке многих проектов в рамках различных конкурсов, объявленных национальными и международными научными фондами, и возглавил ряд из этих проектов. Среди них — проекты МНФ (Сороса), INTAS, РФФИ, ФЦП Интеграции, РФФИ — ведущие научные школы (грант Президента и Правительства РФ). Награды: Государственные премии СССР (1980) и России (1995), премия Президиума АН СССР (1950), премия им. Чаплыгина АН СССР (1958), премия Фонда А. Фон Гумбольдта (1996). Два ордена Трудового Красного Знамени, орден Октябрьской Революции, медали. Почетный профессор Московского государственного университета.

**Сазонов Виктор Васильевич** родился в 1951 г. в г. Дзержинском Московской области. В 1974 г. окончил факультет управления и прикладной математики Московского физико-технического института и поступил на работу в Институт прикладной математики АН СССР в отдел Д. Е. Охоцимского на должность стажера-исследователя. С 1986 г. — доктор физико-математических наук. С 1987 г. — ведущий научный сотрудник. В 1990 г. получил звание старшего научного сотрудника, в 1998 г. — звание профессора. Занимается прикладной небесной механикой и теорией колебаний механических систем.

Основная область научных интересов — движение космических аппаратов относительно центра масс. Им разработаны численно-аналитические алгоритмы исследования ветвления периодических решений обыкновенных дифференциальных уравнений на базе метода Ляпунова—Шмидта, доказан ряд теорем о существовании периодических решений дифференциальных уравнений с большим параметром. Используя указанные алгоритмы и теоремы, В. В. Сазонов исследовал динамику ряда режимов пассивной одноосной ориентации искусственных спутников Земли и, в частности, режим одноосной гравитационной ориентации орбитальных станций «Салют-6,-7», Международной космической станции (МКС), режимы закруток станции «Мир». Разработал комплексы программ на ЭВМ, реализующие интегральные статистические методики определения неуправляемого вращательного движения космических аппаратов по данным измерений бортовых датчиков: солнечного, магнитного и звездного, датчика угловой скорости, акселерометров. Эти методики и программы использовались для определения движения орбитальных станций «Салют-6,-7», «Мир», МКС и спутников «Фотон-11,-12». Занимается решением задач, связанных с измерением и математическим моделированием микроускорений, возникающих на борту искусственных спутников Земли. Выполнил ряд работ по оптимизации траекторий полетов космических аппаратов с солнечным парусом и по управлению движением таких аппаратов относительно центра масс.

В. В. Сазоновым написано более 200 научных работ. В том числе: 1. Периодические решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений с большим параметром (ПММ. 1983. Т. 47. № 5. С. 707–719). 2. Об одном механизме потери устойчивости режима гравитационной ориентации спутника. Космические исследования (1989. Т. 27. № 6. С. 836–848). 3. Неуправляемое вращательное движение орбитальной станции «Мир» (с соавторами). Космические исследования (2001. Т. 39. № 1. С. 27–42). 4. Анализ низкочастотных микроускорений на борту ИСЗ «Фотон-11». Космические исследования (2001. Т. 39. № 4. С. 419–435).

Лауреат премии им. К. Э. Циолковского РАН за 2002 г. Получает государственную стипендию для выдающихся ученых, руководит выполнением проектов, финансируемых Миннауки РФ и РФФИ. Подготовил 10 кандидатов наук, один из которых стал доктором.

**Сальникова Татьяна Владимировна** родилась в уральском городе Губахе Пермской области в семье горного инженера и преподавателя математики. После окончания с золотой медалью средней школы поступила на механико-математический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Получив диплом с отличием, поступила в аспирантуру отделения механики факультета. Во время обучения в аспирантуре преподавала теоретическую механику в Военно-воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского. Досрочно защитив кандидатскую диссертацию, приступила к работе на кафедре теоретической механики механико-математического факультета МГУ.

В настоящее время Сальникова Т. В. работает в должности доцента кафедры теоретической механики и мехатроники, имеет 12 опубликованных научных работ, в том числе задачник по классической и аналитической механике (в соавторстве).

Научные интересы: интегрируемость и неинтегрируемость гамильтоновых систем, небесная механика, гироскопическая стабилизация и устойчивость равновесия гироскопических систем.

**Самсонов Виталий Александрович** родился 12 декабря 1940 г. Окончил мехмат МГУ в 1962 г., доктор физико-математических наук (1983). С 1965 г. работает в Институте механики МГУ, с 1996 г. — главный научный сотрудник. С 1963 г. преподает на кафедре теоретической механики и мехатроники МГУ, с 1992 г. — профессор кафедры по совместительству.

Основные направления работы: теория устойчивости движения, динамика твердого тела, динамика систем, содержащих твердые тела и деформируемые элементы. Читал основной курс теоретической механики, спецкурсы: «Динамика систем с циклическими координатами», «Динамика тела в сопротивляющейся среде», «Устойчивость стационарных движений гибридных систем». Руководит научно-исследовательским семинаром по динамике тел, взаимодействующих со средой; семинаром по задачам об устойчивости движения. Подготовил 19 кандидатов наук.

Опубликовал свыше 100 научных работ, в том числе: «Устойчивость стационарных движений. В примерах и задачах» (М.: Наука, 1988. С. 304, с В. Н. Рубановским); «Введение в задачу о движении тела в сопротивляющейся среде» (М.: МГУ, 1987. С. 75, с Б. Я. Локшиным, В. А. Приваловым); «Введение в задачу о движении точки и тела в сопротивляющейся среде» (М.: МГУ, 1992. С. 81, с Б. Я. Локшиным и В. А. Приваловым); «Очерки о механике. Некоторые задачи, явления и парадоксы» (М.: Наука, 1998. С. 64).

Награды: лауреат Ломоносовской премии МГУ 2-й степени за 1994 г., Государственная научная стипендия (1994–1996, 1997–2000); нагрудный знак «За отличные успехи в работе высшей школы СССР»; медали: «850-летия Москвы», им. академика В. Н. Челомея и М. В. Келдыша; «За заслуги в развитии спорта в МГУ». Заслуженный научный работник Московского университета (2000).

**Татаринов Ярослав Всеволодович** родился 30 июня 1950 г. в Париже в семье русских эмигрантов, принявших советское гражданство вскоре после Второй мировой войны. С отличием окончил механико-математический факультет МГУ (1972). После учебы в аспирантуре оставлен на кафедре теоретической механики в должности ассистента (с 1975), в 1982–1991 гг. — старший научный сотрудник, 1991–1994 гг. — ведущий научный сотрудник, с 1994 г. — профессор.

Основные направления научной деятельности связаны с применением топологических, качественных и асимптотических методов к динамике голономных и неголономных систем. Построил бифуркационные диаграммы классических интегралов задачи о вращении твердого тела вокруг неподвижной точки (Вестник МГУ, 1974. № 6). Обнаружил неторические интегральные многообразия — вплоть до сферы с семью ручками — в неголономной механике (Успехи матем. наук. 1985. Вып. 5). Предложил основы теории слабо неголономных систем — это системы с кинематическими связями, содержащими малый параметр (ПММ. 1987. Вып. 5, 51; Изв. АН СССР, МТТ, 1988. № 1). В теории нелинейных колебаний консервативных неголономных систем обнаружил эволюцию части координат со скоростью порядка третьей степени амплитуды (Вестник МГУ, 1990. № 5). Предложил новую форму уравнений классической динамики систем с голономными и неголономными связями (Вестник МГУ, 2003. № 3). Опубликовал свыше 30 научных работ и монографию «Лекции по классической динамике» (Изд-во МГУ, 1984). Подготовил 5 кандидатов наук. Читал общие курсы теоретической, классической и аналитической механики, а также специальные курсы: по топологическим и качественным методам в динамике твердого тела, по системам с двумя степенями свободы, по приложениям теории катастроф в классической динамике, по слабо неголономным системам и теории возмущений.

**Трещев Дмитрий Валерьевич** родился 25 октября 1964 г. в г. Оленегорске Мурманской обл. Окончил механико-математический факультет с отличием в 1986 г., доктор физико-математических наук (1992), профессор (1998). Член-корреспондент РАН (2003).

Основные направления научной работы: теория возмущений в гамильтоновой механике, в том числе: системы с упругими отражениями, теория КАМ, теория усреднения, экспоненциально малые эффекты, хаос, диффузия. Опубликовал свыше 40 научных работ, из них 2 монографии: «Биллиарды. Генетическое введение в динамику систем с ударами» (М.: Изд-во МГУ, 1991, 10 п.л.); «Введение в теорию возмущений гамильтоновых сетей» (М.: ФАЗИС, 1998. С. 181). Читал общие курсы теоретической механики и специальные курсы: «Теория возмущений гамильтоновых систем», «Избранные проблемы классической механики». Награжден медалью «За трудовые заслуги» в 1986 г. Лауреат Государственной премии РФ для молодых ученых за 1994 г.

**Трушин Сергей Иванович** (3 июля 1921—20 мая 1997) родился в Москве в семье рабочего. В 1939 г. поступил на механико-математический факультет МГУ. Во время Великой Отечественной войны работал на военном предприятии. В сентябре 1945 г. восстановился на третий курс мехмата, по окончании которого в 1948 г. поступил в аспирантуру Института математики и механики при механико-математическом факультете. Его научным руководителем был Н. Г. Четаев. В 1951 г. закончил аспирантуру, но диссертацию не защищал по анкетным соображениям. С 1951 по 1957 г. преподавал математику в Институте мясомолочной промышленности, в 1957—1961 гг. — в педагогическом институте. С 1961 г. работал ассистентом на кафедре теоретической механики механико-математического факультета МГУ. В 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию. Ряд лет читал курс теоретической механики на геологическом факультете, спецкурс по теории относительности для студентов механико-математического факультета. Руководил семинаром по методике решения задач по теоретической механике на факультете повышения квалификации. Научные интересы связаны с исследованием искусственных спутников Земли.

**Эльясберг Павел Ефимович** (5 июня 1914 г. — 30 марта 1988 г.) родился в Энгельсе Саратовской области. Выдающийся ученый-механик, специалист по динамике космического полета, один из пионеров освоения космического пространства, доктор технических наук, лауреат Ленинской премии. Участник Великой Отечественной войны, отмечен рядом правительственных наград. После окончания аспирантуры Киевского университета под руководством академика Лаврентьева был призван в армию в 1939 г. и прошел всю войну от солдата до лейтенанта. После окончания войны работал в НИИ Министерства обороны, дослужившись до звания полковника.

С 1967 г. возглавил Отдел баллистики Института космических исследований, где проработал до конца жизни и основал целое направление в космических исследованиях. Им были выполнены пионерские работы по теории движения искусственных спутников Земли, по созданию методов расчета эволюции орбит под влиянием атмосферы Земли, по определению траектории движения и оценке точности определения орбит, а также основополагающие работы по навигационной привязке космических экспериментов и статистической обработке космической информации. С 1963 г. был профессором

кафедры теоретической механики механико-математического факультета МГУ, где читал годовые спецкурсы по теории движения искусственных спутников Земли и основной курс теоретической механики. Под его руководством на кафедре успешно работал специальный семинар по задачам определения и оценивания параметров орбит. Основные работы П. Е. Эльясберга нашли отражение в целом ряде научных публикаций в специальных сборниках, посвященных проблемам обработки космической информации и в журнале «Космические исследования», а также в монографиях «Введение в теорию полета искусственных спутников Земли», «Определение и коррекция движения», «Определение движения по результатам измерений». Из школы П. Е. Эльясберга вышел целый ряд кандидатов и докторов наук, которые успешно продолжают работать в области космических исследований.

**Якимова Клавдия Евгеньевна** родилась 10 марта 1931 г. в Белогорске Амурской обл. Окончила мехмат МГУ (1954), кандидат физико-математических наук (1959), доцент кафедры теоретической механики с 1962 г., заслуженный преподаватель МГУ. Читала основной курс теоретической механики, спецкурсы «Избранные главы аналитической механики», «Интегральные инварианты». Для слушателей ФПК ряд лет вела спецсеминар по методике решения задач теоретической механики».

Научные интересы: аналитическая механика в групповых переменных. Публикации: «Варьирование уравнений Пуанкаре» (ПММ. Т. 17, вып. 1, 1953. С. 123–124); «Основной инвариант уравнений в вариациях Пуанкаре» (Вестник МГУ. Сер. 1 Матем. 1958. Вып. 3. С. 47–49); «Об интегрировании уравнений Пуанкаре — Четаева» (Вестник МГУ. Сер. 1 Матем. 1979. № 1. С. 77–80); «Об уравнениях движения аффино-изменяемого тела» (Вестник МГУ. Сер. Матем. 1963. № 2. С. 60–64); «Уравнения движения твердого тела с одной неподвижной точкой в переменных Кэли — Клейна» (Вестник МГУ. 1981. № 4. С. 55–57).

## Литература

1. *Арнольд В. И.* Математические методы классической механики / Главная редакция физико-математической литературы. М.: Наука, 1994. С. 432.
2. *Архангельский Ю. А.* Аналитическая динамика твердого тела. М.: Наука, 1977. С. 328.
3. *Балк М. Б., Демин В. Г., Куницын А. Л.* Сборник задач по небесной механике и космодинамике / Главная редакция физико-математической литературы. М.: Наука, 1972. С. 336.
4. *Белецкий В. В.* Движение искусственного спутника вокруг центра масс. М.: Наука, 1965. С. 416.
5. *Белецкий В. В.* Двухногая ходьба. Модельные задачи динамики и управления. М.: Наука, 1984. С. 288.
6. *Белецкий В. В.* Очерки о движении космических тел. М.: Наука, 1977. С. 430.
7. *Березкин Е. Н.* Курс теоретической механики. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 648.



8. *Березкин Е. Н.* Решение задач по теоретической механике. Учебно-методическое пособие для студентов-заочников механико-математических факультетов государственных университетов. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 92; Ч. 2, 1974. С. 136; Ч. 3, 1977. С. 112.
9. *Вильке В. Г.* Аналитические и качественные методы механики систем с бесконечным числом степеней свободы. М.: Изд-во МГУ, 1986. С. 191.
10. *Вильке В. Г.* Теоретическая механика. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1991. С. 237. ISBN 5-211-01557-6.
11. *Голубев Ю. Ф.* Основы теоретической механики. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1992. С. 525. ISBN 5-2102267-X.
12. *Демин В. Г.* Движение искусственного спутника в нецентральной поле тяготения. М.: Наука, 1968. С. 352.
13. *Егоров В. А.* Пространственная задача достижения Луны. М.: Наука, 1965. С. 224.
14. *Егоров В. А., Гусев Л. И.* Динамика перелетов между Землей и Луной. М.: Наука, 1980. С. 543.
15. *Карапетян А. В.* Устойчивость стационарных движений. М.: Эдиториал УРСС, 1998. С. 168.
16. *Козлов В. В.* Методы качественного анализа в динамике твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 232.
17. *Козлов В. В.* Симметрии, топология и резонансы в гамильтоновой механике. Ижевск: Изд-во Удмуртского государственного университета (Уд. ГУ), 1995. С. 432.
18. *Козлов В. В., Трещев Д. В.* Биллиарды. Генетическое введение в динамику систем с ударами. М.: Изд-во МГУ, 1991. С. 168.
19. *Охоцимский Д. Е.* Динамика космических полетов. Конспект лекций, прочитанных на механико-математическом факультете МГУ в 1962/63 уч. г. / Лекции записали и подготовили к выпуску В. П. Филатова и Ю. Г. Сихарулидзе. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 157.
20. *Охоцимский Д. Е., Голубев Ю. Ф.* Механика и управление движением автоматического шагающего аппарата / Главная редакция физико-математической литературы. М.: Наука, 1984. С. 312.
21. *Охоцимский Д. Е., Голубев Ю. Ф., Сихарулидзе Ю. Г.* Алгоритмы управления космическим аппаратом при входе в атмосферу. М.: Наука, 1975. С. 399.
22. *Охоцимский Д. Е., Сихарулидзе Ю. Г.* Основы механики космического полета. Учебное пособие / Главная редакция физико-математической литературы. М.: Наука, 1990. С. 448.
23. *Румянцев В. В.* Методические указания по курсу «Теоретическая механика». Для студентов II, III, IV курсов механико-математического факультета. М.: Изд-во МГУ, 1955. С. 27.
24. *Румянцев В. В.* Об устойчивости стационарных движений спутников. М.: Наука, 1967. С. 141.
25. *Румянцев В. В., Моисеев Н. Н.* Динамика тела с полостями, содержащими жидкость / Главная редакция физико-математической литературы. М.: Наука, 1965. С. 440.
26. *Румянцев В. В., Озиранер А. С.* Устойчивость и стабилизация движения по отношению к части переменных. М.: Наука, 1987. С. 253.
27. *Татаринов Я. В.* Лекции по классической динамике. М.: Изд-во МГУ, 1984. С. 296.
28. *Трещев Д. В.* Введение в теорию возмущений гамильтоновых систем. М.: ФАЗИС, 1998. С. 184. (Библиотека студента-математика. Вып. 6).
29. *Четаев Н. Г.* Теоретическая механика. М.: Наука. 1987, 367.
30. *Четаев Н. Г.* Устойчивость движения. М.: Гостехиздат, 1955. С. 207.
31. *Karapetyan A. V., Rumantsev V. V.* Modern Methods of Analytical Mechanics and their Applications Wien New York Springer-venlad, 1998. P. 344.



*Заведующий кафедрой теоретической механики и мехатроники, академик РАН, профессор Д. Е. Охоцимский*



*Академик РАН, профессор В. В. Румянцев*



*Член-корреспондент РАН, профессор В. В. Белецкий*



*Член-корреспондент РАН, профессор Д. В. Трещев*

# Кафедра газовой и волновой динамики

## Краткая историческая справка

Послевоенные годы — время становления сверхзвуковой авиации, ракетостроения и космонавтики. Большие сверхзвуковые скорости полетов сопровождалась новыми для техники явлениями: ударными волнами, высокими температурами и химическими реакциями. Разные высоты полета диктовали моделирование аэродинамических характеристик летательных аппаратов и ракет в очень широком диапазоне плотности атмосферы и скорости полета. Это потребовало подготовки специалистов по газовой динамике, новому для тех времен разделу аэромеханики.

Развитие техники привело к необходимости изучения и математического моделирования переходных, нестационарных процессов, сопровождающихся распространением волн в различных средах. Оказалось, что, несмотря на разнообразие физических свойств материалов, в которых наблюдаются динамические, волновые процессы, в них есть много общих свойств, характерных для условий существования и взаимодействия волн.

Возросший уровень скоростей взаимодействия тел сопровождался существенно необратимыми процессами, что требовало развития термодинамики необратимых процессов.

Настоятельная необходимость изучения и моделирования динамического поведения материалов и свойств газов при высоких скоростях и температурах, а также подготовки специалистов по этим направлениям науки привели к необходимости создания кафедры газовой и волновой динамики.

Кафедра газовой динамики была создана в 1951 г. Организовал кафедру и беспрерывно руководил ею до 10 января 1988 г. Герой Социалистического Труда, академик АН УзССР, доктор физико-математических наук, заслуженный деятель науки и техники РСФСР и УзССР, лауреат Государственной премии СССР (дважды), премии Совета Министров СССР (дважды), Государственной премии УзССР им. Бируни и Ломоносовской премии профессор **Халил Ахмедович Рахматулин** (23.04.1909–10.01.1988). В 1954 г. под руководством профессора Х. А. Рахматулина была создана кафедра волновой динамики. Через несколько месяцев обе кафедры были объединены под названием кафедры газовой и волновой динамики.

В настоящее время кафедрой заведует академик РАН, лауреат Государственной премии СССР, заслуженный профессор МГУ **Евгений Иванович**

**Шемякин.** На кафедре газовой динамики с момента ее создания работал заслуженный преподаватель МГУ, ученый секретарь кафедры, доцент И. Н. Зверев (14.04.1917–29.05.2001). С 1954 г. на кафедре работал заслуженный деятель науки РСФСР, заслуженный профессор МГУ А. Я. Сагомоян (23.03.1914–18.08.2001), с 1961 г. — Заслуженный профессор МГУ А. И. Бунимович (22.12.1917–3.07.1999), профессор Г. А. Тюлин (9.12.1914–22.04.1990). В последующие годы в состав кафедры вошли профессора Н. Н. Смирнов, А. Б. Киселев, В. Л. Ковалев, совместители профессора В. П. Коробейников (15.03.1929–6.02.2003), Л. В. Никитин, В. А. Дубровский, Ю. А. Демьянов; доценты — А. Л. Павленко (6.10.1914–25.08.1987), В. Ф. Максимов, Б. В. Куксенко, В. А. Филимонов (31.05.1944–22.03.1997), А. В. Звягин, В. Л. Натяганов, Ю. Г. Филиппов, В. Р. Душин, Е. А. Сагомоян, В. Ф. Никитин, совместители С. В. Гувернюк, В. П. Колпаков, П. Р. Андронов, старшие преподаватели Ю. И. Гримза (18.08.1921–18.08.1982), совместитель М. П. Фалунин, ведущий научный сотрудник В. М. Гендугов, научные сотрудники В. П. Козлов, А. Ф. Зубков, ст. лаборант З. И. Прохорова, инженер Т. Н. Фомина.

На кафедре в разные годы работали: Р. И. Надеева, Б. М. Мардонов, М. А. Воротынцев; по совместительству — профессор И. А. Паничкин, академик РАН профессор Р. И. Нигматулин, профессора В. В. Лунев, Н. С. Хабеев, доценты В. А. Прокофьев, Н. Н. Никитин.

В 1979 г. при кафедре была организована лаборатория волновых процессов. Ее первым заведующим с 1979 г. по 1990 г. был Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, генерал-лейтенант, профессор Г. А. Тюлин. С 1990 г. по настоящее время лабораторией заведует член-корреспондент РАЕН, лауреат премии им. И. И. Шувалова, профессор Н. Н. Смирнов. Сегодня в лаборатории работают старшие научные сотрудники О. Е. Ивашнев, Е. А. Ильюшина, младшие научные сотрудники А. В. Кульчицкий, С. М. Глебов, В. А. Нерченко, А. А. Чайка, С. Е. Касаткин, Н. В. Мартынова (Горбунова), Е. В. Кокорева, Т. Н. Фисенко.

В 1987 г. на механико-математическом факультете по инициативе и при участии профессора Г. А. Тюлина был создан Отдел прикладных исследований по математике и механике. В составе Отдела при кафедре газовой и волновой динамики была создана вторая научно-исследовательская лаборатория — лаборатория динамики деформируемых сред. Заведует лабораторией с момента ее создания лауреат премии Совета Министров СССР, доцент В. Ф. Максимов. В настоящее время в лаборатории работают старшие научные сотрудники А. С. Зеленский, М. В. Юмашев, младшие научные сотрудники А. В. Зацепин, А. В. Кокорева.

В лабораториях в разные годы работали Моргунов М. Н., Гендугов В. М., Киселев А. Б., Аксенов А. В., Прошкин В. А., Натяганов В. Л., Колпаков В. П., Демьянов А. Ю., Душин В. Р., Димитриенко И. Д., Панфилов И. И., Ждан Л. И., Кореняко В. В., Румянцева С. И., Голенева Л. А., Еременко Б. М., Баскаков В. В., Ермакова М. С., Сорокин А. Н.

## Научная деятельность

Специфика кафедры газовой и волновой динамики, отраженная в ее названии, состоит в том, что с самого момента создания круг научных проблем, исследующихся на кафедре, не ограничивался механикой твердого деформируемого тела или механикой жидкости газа и плазмы, поскольку проблемные динамические задачи для физически очень разных сред имеют много общего с точки зрения их математического моделирования. Поэтому на кафедре рассматривался очень широкий спектр задач по следующим основным направлениям:

- нелинейные задачи динамики газа и жидкости;
- теория распространения волн в упруговязкопластических повреждаемых средах;
- теория движения многофазных сред;
- механика грунтов, горных пород и сыпучих материалов;
- физико-химическая газовая динамика;
- гиперзвуковая аэродинамика и теплообмен;
- теория детонации и горения;
- динамика гибких связей;
- электромагнитная механика сплошных сред;
- аэрогазодинамика проницаемых тел, теория парашюта;
- проникание и динамика удара;
- механика разрушения;
- динамика разреженного газа;
- групповые методы решения систем дифференциальных уравнений.

С приходом на кафедру в 1989 г. нового заведующего, видного ученого в области динамических задач механики твердого деформируемого тела академика РАН **Е. И. Шемякина**, автора работ в области динамики упругопластических сред и разрушения материалов (*Шемякин Е. И.* Динамические задачи теории упругости и пластичности. Новосибирск: Наука, 1969; *Никифоровский В. С., Шемякин Е. И.* Динамическое разрушение твердых тел. М.: Наука, 1979; *Шемякин Е. И.* Синтетическая теория прочности // Физическая мезомеханика. 2000. № 1, № 5; *Шемякин Е. И.* Об инвариантах напряженного и деформированного состояния в математических моделях механики сплошной среды // ДАН. 2000. Т. 373. № 6; *Шемякин Е. И.* Диссипативная функция в моделях идеального упругопластического тела // ДАН. 2002. Т. 376. № 4), ему удалось сохранить как традиционные направления работы, так и активно поддержать новые научные направления, связанные прежде всего с моделированием крупномасштабных природных процессов и явлений. Одним из ярких примеров таких исследований является предложенная в 1995 г. Е. И. Шемякиным гипотеза о происхождении алмазоносных кимберлитовых трубок. Анализ месторождений алмазов и существующих объяснений их происхождения привел к

революционной гипотезе о том, что возникновение кимберлитовых трубок связано с падением на Землю крупных метеоритов, их ударом и высокоскоростным прониканием (*Шемякин Е. И.* О происхождении алмазных трубок (физико-механическая гипотеза) // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1995. № 5). В этой работе, аккумулирующей опыт, идеи и методы современной механики, сформулированы новые задачи о взаимодействии больших космических тел с Землей. Сама постановка таких задач приобретает особую значимость в связи с растущим осознанием человечеством глобальных экологических угроз, в том числе и связанных с космосом, и необходимостью разработки различных способов защиты.

Другим примером моделирования крупномасштабных природных явлений может служить гипотеза, связывающая движение материи внутри Земли и происхождение ее магнитного поля с процессами сложного циклического нагружения, которое происходит в земной коре под действием Луны и Солнца (*Шемякин Е. И.* Геомеханическая модель магнитного поля Земли: Сб. науч. тр.: Динамические процессы в геосферах под действием внешних и внутренних потоков энергии и вещества (Геофизика сильных возмущений). М.: ИДГ РАН, 1998).

В перечисленных выше традиционных направлениях исследований учеными кафедры получены важные и интересные результаты, многие из которых представляют не только теоретический интерес, но и широко используются при создании изделий новой техники.

К числу **классических результатов в области механики деформируемого твердого тела** надо отнести волны разгрузки, открытые в 1945 г. (*Рахматулин Х. А.* О распространении волны разгрузки // ПММ. 1945. Т. 9. № 1). Волны разгрузки, получившие название «волны Рахматулина», обусловлены необратимостью процесса пластической деформации материала. В области динамической теории упругопластических сред установлены законы распространения упругопластических волн, законы накопления остаточных деформаций при многократных нагрузках, разработана методика получения динамических диаграмм растяжения и сжатия материалов за пределами упругости. Как пример технических приложений этой теории можно привести динамический расчет фундаментов и проблем расчета брони стволов, работающих в условиях многократного приложения высоких давлений. Одним из применений теории волн разгрузки является решение задачи о многократных ударах по стержню, интенсивность которых превышает предел упругости и приводит к накоплению упругопластических деформаций. Эти вопросы нашли отражение во множестве статей и в монографиях (*Рахматулин Х. А., Демьянов Ю. А.* Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках. М.: Физматгиз, 1961; *Рахматулин Х. А. и др.* Двумерные задачи по неустановившемуся движению сплошных сред. Ташкент: ФАН, 1969).

Во многих случаях распространение волн в телах сопровождается трением с окружающей средой. Наличие трения приводит к тому, что такие задачи

даже при малых упругих деформациях становятся существенно нелинейными и сводятся к неклассическим задачам математической физики. Основной трудностью является определение неизвестных границ областей движения и покоя, в которых используются разные по характеру уравнения. Практическое приложение такого рода задач очень велико. Вот только некоторые из них: забивка свай; вытаскивание труб при бурении; расчет прочности трубопроводов при сейсмических воздействиях и мн. др. Многие результаты, относящиеся к данному кругу вопросов, приведены в монографии (*Никитин Л. В.* Статика и динамика твердых тел с внешним сухим трением. М.: Московский лицей, 1998).

На кафедре выполнены основополагающие исследования в **теории поперечного удара по гибким связям**. Открыты и исследованы сильные поперечные волны. Эти результаты послужили основой разработки современной теории поперечного удара по связям типа нитей, мембран, оболочек. Теория поперечного удара широко используется при расчетах динамических задач для тонкой брони, сетей и в технологиях текстильной промышленности. Выявлены особенности взаимодействия тел и связей. Основы теории поперечного удара опубликованы в работах (*Рахматулин Х. А.* О косом ударе по гибкой нити с большими скоростями // ПММ. 1945. Т. 9, вып. 1; *Рахматулин Х. А.* Об ударе по гибкой нити // ПММ. 1947. Т. 11, вып. 3; *Павленко А. Л.* О распространении разрывов в гибкой нити // Изв. АН СССР. ОТН. 1959. № 4; *Павленко А. Л.* Обобщение теории поперечного удара по гибкой нити // Изв. АН СССР. ОТН. 1960. № 2). И. Н. Зверевым исследован удар тонким клином по нити, когда нить соприкасается не только с вершиной клина, но и со щеками клина. Впервые введен ударный импульс (сосредоточенная сила в точках удара нити по щекам клина), действующий на щеки клина со стороны нити (1949).

Исследованием движения гибких связей на кафедре продолжают заниматься А. В. Звягин, Б. В. Куксенко и В. Ф. Максимов. Некоторые результаты отражены в работах (*Максимов В. Ф.* Динамика гибкой нити на круговом барабане. В кн.: Газовая и волновая динамика. Вып. 1. М.: Изд-во МГУ, 1975; *Максимов В. Ф.* Взаимодействие поперечной волны с геометрическим изломом линейноупругой нити. Там же: *Максимов В. Ф., Оснач Л. А.* Взаимодействие продольной волны с изломом нити. В кн.: Газовая и волновая динамика. Вып. 2. М.: Изд-во МГУ, 1979; *Максимов В. Ф., Оснач Л. А.* Нормальный удар конусом по тонкой пластине с трением. В кн.: Газовая и волновая. Вып. 3. М.: Изд-во МГУ, 1979; *Алимов С. И., Куксенко Б. В.* Исследование процесса формирования бунта в моталках проволочных станков. Труды ВНИКИ «Цветметавтоматика». Вып. 6, 1970; *Григорян С. С., Куксенко Б. В.* Основные особенности осесимметричного автомоделного движения свободной несморщенной мембраны // Изв. АН СССР. МТТ, 1988. № 4; *Звягин А. В.* О движении гибкой нити по поверхности вращения // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 6; *Голенев Л. А., Куксенко Б. В.* Вытягивание нити из прямолинейной однородной укладки. В кн.: Вопросы механики сплошных сред. М.: Изд-во МГУ,

1993; *Звягин А. В., Куксенко Б. В.* Стационарная размотка нити в вязкой жидкости // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1995. № 4; *Куксенко Б. В.* Формы нерастяжимой нити при квазистационарном протягивании через сопротивляющуюся среду // ДАН. 1998. Т. 359, вып. 4).

В направлении теории **моделирования грунтов и горных пород** созданы математические модели грунтов. Проведены экспериментальные исследования, давшие возможность определить уравнения состояния грунтов. Разработана модель твердой среды с трением, которая описывает поведение горных пород при взрывах и сейсмический эффект подземных взрывов в ближней зоне. Разработаны новые принципы деформации и смещения сыпучих материалов, учитывающие необратимые деформации и разрушение. Эти работы позволили исследовать и решить проблему подземного взрыва и многие другие вопросы динамики грунтов и горных материалов. Эти вопросы отражены в следующих работах (*Рахматулин Х. А., Сагомонян А. Я., Алексеев Н. А.* Вопросы динамики грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1964; *Никитин Л. В. и др.* Механика разрушения горных пород. М.: Наука, 1987).

Целый ряд исследований кафедры посвящен развитию **теории динамики соударения тела со средой, проблеме высокоскоростного взаимодействия твердых деформируемых тел** (жидкости, металлы, грунты, бетон, лед). Это вторая (после волн разгрузки) группа классических результатов. Фундаментальными работами в этом направлении были монографии (*Сагомонян А. Я.* Проникание. М.: Изд-во МГУ, 1974; *Сагомонян А. Я.* Удар и проникание в жидкость. М.: Изд-во МГУ, 1986; *Сагомонян А. Я.* Динамика пробивания преград. М.: Изд-во МГУ, 1988; *Сагомонян А. Я., Поручиков В. Б.* Пространственные задачи неустановившегося движения сжимаемой жидкости. М.: Изд-во МГУ, 1970). В этих монографиях исследован широкий круг практически важных задач. Полученные в них результаты активнейшим образом используются в инженерной практике. И. Н. Зверевым исследовано распространение волн в вязкоупругом и вязкопластическом стержне (1949).

Продолжением исследований в этом направлении послужили работы А. Б. Киселева, В. Ф. Максимова и А. В. Звягина. На основе современных численных методов детально исследованы задачи взаимодействия реальных проникающих тел с тонкими преградами с учетом процессов откола и разрушения. Эти результаты опубликованы в работах (*Киселев А. Б., Максимов В. Ф.* Численное моделирование нормального пробивания тонкой преграды деформируемым телом вращения // Изв. РАН. МТТ, 1995. № 5; *Киселев А. Б.* Численное моделирование в трехмерной постановке наклонного пробивания тонких преград // Численное решение задач волновой динамики. Кишинев: Штиинца, 1989). Построен ряд новых термодинамически конкретных моделей повреждаемых термоупруговязкопластических сред для описания динамического деформирования и микроразрушения материалов (*Киселев А. Б., Юмашев М. В.* Деформирование и разрушение при ударном нагружении. Модель повреждаемой термоупругопластической среды // ПМТФ. 1990. № 5; *Кисе-*



лев А. Б., Юмашев М. В. Математическая модель деформирования и разрушения твердого топлива при ударном нагружении // ПМТФ. 1992. № 6; Киселев А. Б., Юмашев М. В. Численное исследование ударного сжатия микропоры в термоупруговязкопластическом материале // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ., 1992. № 1; Киселев А. Б., Юмашев М. В. Численное исследование динамических процессов деформирования и микроразрушения повреждаемых термоупругопластической среды // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ., 1994. № 1; Киселев А. Б. Математическое моделирование динамического деформирования и комбинированного микроразрушения термоупруговязкопластической среды // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1998. № 6; Kiselev A. B., Yumashev M. V., Volod'ko O. V. Deforming and fracture of metals. The model of damageable thermoelastoviscoplastic medium. J. of Materials Processing Technology. 1998. Vol. 80–81; Kiselev A. B. Mathematical modelling of dynamical deforming and combined microfracture of damageable thermoelastoviscoplastic medium. In: Studies in Applied Mechanics 45. Advanced Methods in Materials Processing Defects. Amsterdam: Elsevier, 1997; Киселев А. Б. Математическое моделирование динамических процессов необратимого деформирования и разрушения твердых тел // Математическое моделирование. 2000. Т. 12. № 6). Исследования наклонного проникания в различные мишени, взрывного метания пластин проведены в работах А. В. Звягина.

На основе большого научного задела сотрудников кафедры в этой области разработаны модели высокоскоростного нормального и наклонного проникания в среды и пробивания преград, позволившие решить многие прикладные задачи аналитическими методами и улучшить методики решения этих задач на ЭВМ. Сформулированы и решены оптимальные задачи о форме тел минимального сопротивления при проникании в деформируемые среды, о минимальной скорости пробивания (Бунимович А. И., Якунина Г. Е. О форме пространственных тел минимального сопротивления, движущихся в пластически сжимаемой и упругопластической средах // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1987. № 3; Бунимович А. И., Якунина Г. Е. О форме тел вращения минимального сопротивления, движущихся в пластически сжимаемой и упругопластической средах // ПММ. 1987. Т. 51. № 3). Решен ряд нестационарных пространственных задач для удара, проникания и пробивания преград оболочками с наполнителем и некоторые задачи штамповки взрывом. Эти результаты отражены в следующих работах (Звягин А. В. К вопросу наклонного проникания в грунт // Проблемы динамики взаимодействующих сред. Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1984; Звягин А. В., Сагомоян А. Я. Косой удар по пластине из упругопластического материала // Изв. АН СССР. МТТ, 1985. № 1; Бунимович А. И., Якунина Г. Е. О форме тела вращения минимального сопротивления при безотрывном проникании в пластически сжимаемые среды // ПММ. 1989. Т. 53. № 5; Звягин А. В., Богданов В. И. Штамповка взрывом // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1990. № 2; Звягин А. В., Богданов В. И. Метание пластины взрывом // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1991. № 2.;

*Звягин А. В., Богданов В. И.* Численное исследование пространственного проникания жесткого тела в упругопластическую плиту // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 4; *Гендугов В. М., Киселев А. Б.* Численное исследование откола в пластине при взрыве накладного заряда ВВ // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1990. № 5).

Особенности пространственного трехмерного деформирования упругопластических тел при ударе численно исследованы А. Б. Киселевым «Численное исследование в трехмерной постановке процесса соударения упругопластических тел с жесткой преградой» (Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1985. № 4); «К расчету трехмерной задачи высокоскоростного соударения упругопластического стержня с жесткой преградой» (Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1988. № 2); «Численное моделирование рикошета жесткого ударника от упругопластической преграды в трехмерном случае» (В кн.: Механика деформируемых сред. М.: Изд-во МГУ, 1985).

Вопросы динамики упругопластических оболочек с упругим наполнителем численно исследовались в работах (*Киселев А. Б.* Поведение упругопластической оболочки вращения при осесимметричном нагружении // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1981. № 2; *Максимов В. Ф., Киселев А. Б.* Численное моделирование сложного взаимодействия упругопластической оболочки вращения с упругим наполнителем // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1982. № 1; *Максимов В. Ф., Киселев А. Б.* К численному моделированию сложного взаимодействия оболочки вращения с упругим наполнителем с учетом трения // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1984. № 2).

За исследования динамических процессов, сопровождающих проникание тел в плотные преграды, звания лауреатов премии Совета Министров СССР в 1990 г. удостоены Х. А. Рахматулин (посмертно), А. Я. Сагомоян, А. И. Бунимович, А. Б. Киселев, В. Ф. Максимов, А. В. Звягин и В. М. Гендугов.

Интересные результаты получены в работах Е. А. Сагомоян по исследованию нелинейных волн в твердых средах. Получены точные и асимптотические формулы для интенсивности простых волн и приволновая асимптотика. Разработан усовершенствованный подход к вычислению собственных функций и собственных значений эллиптических операторов, содержащих сингулярность. Результаты опубликованы в монографиях (*Локшин А. А., Сагомоян Е. А.* Нелинейные волны в механике твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 1989; *Lokshin A. A., Sagomonyan E. A.* Nonlinear waves in Inhomogeneous and Heterogeneous media. Springer Ser.: Research Reports in Physics, 1992; *Локшин А. А., Сагомоян Е. А.* Геометрические методы в теории спектров. М.: Изд-во МГУ, 1996; *Локшин А. А., Сагомоян Е. А.* Нелинейное волновое уравнение. М.: Вузовская книга, 1996).

В последние годы на кафедре активно развиваются исследования по механике разрушения твердых тел вплоть до разделения их на отдельные фрагменты. Интерес к этому направлению связан, в частности, с проблемой засорения околоземного космического пространства техногенными отходами, а

также техническими проблемами дробления горных пород. Такие задачи дробления и фрагментации рассматриваются в работах (*Шемякин Е. И.* Свободное разрушение твердых тел // ДАН. 1991. Т. 300. № 5; Задача о хрупком шарнире // Изв. РАН. МТТ. 1996, № 2; О хрупком разрушении твердых тел (плоская деформация) // Изв. РАН. МТТ. 1997. № 1; *Киселева А. Б.* Простейшие математические модели разрушения космического аппарата при взрыве // ПМТФ. 1995. № 2; Математическое моделирование фрагментации тонкостенных сферических оболочек под действием динамического внутреннего давления // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1996. № 3; Математическое моделирование взрывного разрушения сферических оболочек с образованием двух фракций осколков // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1999. № 2; Модель фрагментации при высокоскоростном соударении частиц космического мусора // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2001. № 3 и *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Kiselev A. B.* Peculiarities of Space debris production in different types of orbital breakups. Proc. of the Second European Conf. on Space Debris, Darmstadt: ESOC, 1997; *Смирнов Н. Н., Киселев А. Б., Никитин В. Ф.* К исследованию высокоскоростного взаимодействия элементов космического мусора с газонаполненными оболочками // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Матем., 2002. № 6). Результаты исследований по этой тематике вошли и в коллективную монографию, посвященную широкому кругу вопросов, связанных с высокоскоростным взаимодействием тел: *Высокоскоростное взаимодействие тел (Фомин В. М., Гулидов А. И., Киселев А. Б. и др.* Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. С. 600).

Весомые результаты получены сотрудниками кафедры по многим вопросам **динамики газов и жидкостей, теории горения и детонации, механики многофазных сред.**

Бурное развитие ракетно-космической техники, создание сверхзвуковых летательных аппаратов выдвинули новые задачи обтекания тел газом. Общеизвестными работами в этом направлении являются работы *А. И. Бунимовича*. Ему принадлежат фундаментальные исследования движения тонких тел с большими сверхзвуковыми скоростями, обтекания тел потоком слабо разреженного газа, теории пограничного слоя. Им создана научная школа по исследованию обтекания тел и систем тел во всем диапазоне высот полета в разреженном газе и построена общая теория локального взаимодействия тел с различными средами, которая нашла широкое применение в задачах определения характеристик и формы тел минимального сопротивления при их движении в среде. Этим вопросам посвящена книга (*Бунимович А. И., Dybinsky A. V.* Mathematical Models and Methods of Localized Interaction Theory World scientific. N. Y., 1995), а также статьи (*Бунимович А. И.* Об обтекании плоской полубесконечной пластины потоком вязкого разреженного газа // Изв. АН СССР. Механика и машиностроение. 1959. № 5; *Бунимович А. И.* Соотношения между силами, действующими на тела, движущиеся в разреженном газе, в потоке света и в гиперзвуковом ньютоновском потоке // Изв. АН СССР. МЖГ, 1973.

№ 4.; *Бунимович А. И.* Аэродинамические характеристики осесимметричных тел при обтекании в условиях закона локальности // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1974. № 4; *Бунимович А. И., Дубинский А. В.* Развитие, современное состояние и приложения теории локального взаимодействия // Изв. РАН. МЖГ. 1996. № 3).

На кафедре ведутся теоретические и экспериментальные исследования задач аэродинамического обтекания вращающихся тел, в том числе с учетом возможного срыва потоков. По этим проблемам выполнены работы (*Шкадова В. П., Козлов В. П.* Модель предсказания силы Магнуса на вращающихся осесимметричных телах // Изв. АН СССР. МЖГ. 1988. № 4; *Козлов В. П.* Эффекты движущейся стенки, возникающие при поперечном обтекании вращающегося цилиндра дозвуковым потоком // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 1; *Козлов В. П., Фалунин М. П., Шкадова В. П.* Экспериментальное исследование поперечного обтекания одиночного и пары авторотирующих цилиндров // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1996. № 2). А. И. Бунимовичем и его учениками проведен большой цикл работ по исследованию обтекания вращающихся тел в потоке разреженного газа (*Бунимович А. И., Дубинский А. В.* Аэродинамические характеристики произвольно вращающихся тел в газе различной разреженности. Космические исследования. 1989. Т. XXVII, вып. 2; О расчете вращательных производных при локальном взаимодействии потока с поверхностью тела // ПММ. 1998. Т. 62, вып. 1).

Выполнен цикл исследований движений вращающихся парашютов (ротошютов), в частности, экспериментально обнаружен новый тип движения таких объектов (переход от прямой к обратной «прецессии»), что позволило дать важную для практики классификацию границ существования стационарных режимов балансировки оси вращения ротошютов в потоке газа (*Гувернюк С. В., Фалунин М. П., Фещенко С. А.* Исследование движения вращающегося парашюта // Парашюты и проницаемые тела. М.: Изд-во МГУ, 1980).

Газодинамика тел с проницаемыми границами является одной из трудных задач математического и численного моделирования в механике жидкостей и газов. Знаменитая работа Рахматулина Х. А. «Обтекание проницаемого тела» (Вестник МГУ. Сер. Физ.-мат. и естеств. наук. 1950. № 3) легла в основу большого количества исследований по проблеме моделирования течений около проницаемых границ. Возникая во многих актуальных приложениях газовой и волновой динамики (таких, например, как экранировка тел от воздействия интенсивных ударно-волновых и тепловых нагрузок, аэродинамика парашютных систем, расчет систем распределенного вдува/отсоса с поверхности летательных аппаратов и иных тел, управление неоднородными турбулентными течениями путем преобразования крупномасштабной турбулентности в мелкомасштабную, газоструйные технологии сушки, распыления, перемешивания и др.), проблема выбора системы граничных условий на проницаемой поверхности до сих пор еще содержит ряд нерешенных вопросов, особенно в случаях, когда проницаемая поверхность является внутренней границей течения.

На кафедре это направление развивают С. В. Гувернюк и его ученик П. Р. Андронов. В проблеме обтекания проницаемых тел несжимаемой средой показано, что любая поверхность гидродинамического разрыва с условиями склейки наветренного и подветренного течений, отвечающими законам просачивания среды через пористость, в общем случае, является источником объемной завихренности (*Рахматулин Х. А., Гувернюк С. В.* О постановке задач обтекания проницаемых тел несжимаемой средой // *Параюты и проницаемые тела*. М.: Изд-во МГУ, 1987). Найдены подходы, позволяющие конструировать течения около проницаемых тел, с выполнением всех граничных условий и определением нестационарных нагрузок на движущиеся проницаемые поверхности (*Гувернюк С. В., Андронов П. Р.* Дискретные модели течений идеальной жидкости с источниками объемной завихренности. Труды VII международного симпозиума «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». Феодосия, 1997; *Андронов П. Р.* Численное моделирование обтекания двух круглых соосных дисков с учетом диссипации завихренности в следе. Труды VII международного симпозиума «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». Орел: Орловский госуниверситет, 2000). Получены точные аналитические решения струйных задач установившегося обтекания проницаемых экранов несжимаемой жидкостью (*Бучин В. А., Гувернюк С. В., Фещенко С. А.* Решение задачи об истечении жидкости из полупространства через частично проницаемую стенку // *Изв. АН СССР. МЖГ*. 1985. № 5; *Андронов П. Р., Гувернюк С. В.* Решение задачи о плоской струе, натекающей на бесконечный проницаемый экран // *Проблемы современной механики. К юбилею Л. И. Седова* МГУ им. М. В. Ломоносова, Институт механики. Изд-во МГУ, 1998).

Для задач обтекания проницаемых поверхностей сжимаемым газом С. В. Гувернюком сформулирована новая постановка проблемы отыскания замкнутой системы граничных условий на основе построения обобщенной адиабаты проницаемой поверхности, дана полная классификация режимов взаимодействия газовой среды с тонкими проницаемыми границами. Соответствующая геометрическая структура обобщенной адиабаты, удовлетворяющей условиям эволюционности разрывов, включает ветви различной размерности (кривые, точки и конечные области). На этой основе предсказаны и обнаружены экспериментально новые режимы взаимодействия сжимаемой среды с проницаемыми телами, решена обобщенная задача Римана о распаде произвольного разрыва на проницаемой поверхности, исследован ряд задач обтекания газом проницаемых экранов (*Гувернюк С. В., Ульянов Г. С.* Обтекание сверхзвуковым потоком пластинки с перфорированной хвостовой частью // *Параюты и проницаемые тела*. М.: Изд-во МГУ, 1980; *Гувернюк С. В., Фещенко С. А.* Автомодельные сверхзвуковые течения газа через проницаемый экран // *Вестник МГУ. Сер. 1, Матем. Механ.* 1985. № 5; *Гувернюк С. В., Савинов К. Г., Ульянов Г. С.* Сверхзвуковое обтекание затупленных перфорированных экранов // *Изв. АН СССР. МЖГ*. 1985. № 1;

*Гувернюк С. В., Симоненко М. М.* Взаимодействие цилиндрической ударной волны с тонкостенным проницаемым экраном // Изв. СО АН СССР. ПМТФ. 1985. № 6; *Гувернюк С. В., Савинов К. Г.* О сверхзвуковом обтекании затупленных тел, экранированных проницаемой поверхностью // Изв. АН СССР. МЖГ. 1986. № 2; *Гувернюк С. В.* Адиабата проницаемой поверхности АМГД. 2002. № 3.).

За разработку теории обобщенной адиабаты проницаемой поверхности С. В. Гувернюк награжден медалью им. П. Л. Капицы Академии естественных наук РФ и Ассоциации авторов научных открытий (1996).

Поле деятельности современной науки о горении и взрыве значительно шире, чем это было несколько десятилетий назад, и аккумулирует достижения традиционной газодинамики и механики многофазных сред. Уже в начале XX в. были сформулированы гипотезы, применяемые для вычисления скорости детонации и дефлаграции, опирающиеся на законы сохранения и законы термодинамики. С осознанием роли химических реакций в этих процессах законы термодинамики временно отступили на второй план. Работы И. Н. Зверева и его учеников В. М. Гендугова, Н. Н. Смирнова и др. по термодинамике реагирующих потоков, теории детонации и горения убедительно показали при изучении этих процессов необходимость учета всех законов сохранения и термодинамики.

Область научных интересов: исследование сильных возмущений в гомогенных и гетерогенных средах с учетом неравновесных химических и физических превращений. Им исследовано распространение ударных волн в гомогенных и гетерогенных средах. Изучены ударные волны в двухфазной среде (воздух и твердая порошкообразная фаза) с учетом межгранулярного давления. Выявлено, что плотность твердой фазы и скорость звука в смеси оказывают решающее влияние на процессы распространения волн. Исследовано распространение собственной волны детонации.

В работах И. Н. Зверева исследовано распространение неоднородной детонации в предварительно не перемешанных двухфазных системах (криогенный окислитель и тонкий слой горючего на стенках). Показано, что образуется самоподдерживающийся нестационарный комплекс, содержащий сильные и слабые разрывы и зоны горения или зоны детонации, периодически возникающие у стенок. Исследована детонация в тонких пластинах, пропитанных жидким кислородом с учетом разлета в зоне детонации. Выявлена зависимость скорости распространения детонации от толщины пластины.

Многоплановы интересы В. М. Гендугова. Его пионерские работы посвящены созданию теории детонации гетерогенных систем с предварительно неперемешанными фазами, поведению пленок жидкости за ударной волной, выявлению пространственных особенностей внутренней баллистики взрывного компрессора.

Созданная И. Н. Зверевым школа по процессам детонации и горения внесла весомый вклад в подготовку специалистов этих направлений науки. Ос-

новые этапы научной работы отражены в двух монографиях (*Зверев И. Н., Смирнов Н. Н.* Газодинамика горения. М.: Изд-во МГУ, 1987; *Смирнов Н. Н., Зверев И. Н.* Гетерогенное горение. М.: Изд-во МГУ, 1992) и следующих статьях (*Зверев И. Н., Гендугов В. М., Зверев Н. И.* Детонация гетерогенных систем предварительно не смешанных фаз // ФГВ. 1975. № 6; *Гендугов В. М., Зверев И. Н.* Температура поверхности теплопроводящей жидкости за ударной волной при наличии массообмена и химических реакций в пограничном слое // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1973. № 1; *Гендугов В. М.* Детонация гетерогенных систем предварительно несмешанных фаз // ФГВ. 1972. № 4; *Гендугов В. М.* О структуре волн детонации в гетерогенных системах с предварительно несмешанными фазами // ФГВ. 1979. № 5; *Гендугов В. М.* Об устойчивости границы раздела газ-жидкость за фронтом ударной волны, скользящей вдоль поверхности пленки жидкости // ФГВ. 1978. № 1; *Гендугов В. М.* Диффузионное пламя в турбулентном пограничном слое за ударной волной, скользящей вдоль поверхности жидкого топлива // ФГВ. 1979. № 2; *Гендугов В. М., Моргунов Ю. А.* Внутренняя баллистика взрывного компрессора // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1987. № 1; *Зверев И. Н., Смирнов Н. Н.* Тепло-массообмен над слоем горючего за ударной волной // ФГВ. 1981. № 6; *Смирнов Н. Н.* Горение слоя топлива при обдувании поверхности потоком окислителя // ФГВ. 1982. № 5; *Смирнов Н. Н.* Нестационарное гетерогенное горение топлива // ФГВ. 1991. № 2; *Smirnov N. N.* Combustion and detonation in multiphase media. Initiation of detonation in dispersed-film systems behind a shock wave. Int. J. of Heat and Mass Transfer. 1988. Vol. 31. № 4; *Смирнов Н. Н.* Горение и детонация в многофазных средах, содержащих жидкое горючее // ФГВ. 1988. Т. 24. № 3.

Эффект образования кумулятивной струи при взрывном обжатии металлического конуса был открыт еще в конце прошлого века и достаточно широко используется по настоящее время для разрушения и перфорации твердых массивов в добывающей промышленности и в военном деле. На кафедре проводились как аналитические, так и численные исследования нестационарных процессов формирования кумулятивных струй. Получено аналитическое решение задачи нестационарного формирования кумулятивной струи в рамках модели несжимаемой жидкости, обобщающее известное стационарное решение М. А. Лаврентьева (*Смирнов Н. Н.* Формирование кумулятивных струй // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1981. № 4; *Смирнов Н. Н.* Нестационарное формирование кумулятивной струи в плотной среде // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1985. № 6; *Смирнов Н. Н.* Разлет продуктов детонации трубчатого заряда // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1987. № 5).

Разработана модель конвективного горения унитарных сжимаемых пористых топлив. Установлено существование самоподдерживающихся режимов, обладающих характеристиками как детонационных, так и дефлаграционных волн (*Смирнов Н. Н.* Конвективное горение в каналах и трещинах в твердом топливе // ФГВ. 1985. № 5; *Смирнов Н. Н.* Конвективное горение и слабая

детонация в твердых топливах // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1987. № 3; *Смирнов Н. Н., Димитриенко И. Д.* Исследование конвективного горения в сжимаемом твердом топливе с продольными каналами // ФГВ. 1990. № 4; *Смирнов Н. Н.* Модель горения пористых диспергирующих топлив // ФГВ. 1991. № 1; *Смирнов Н. Н., Бердюгин А. Г.* О существовании стационарных самоподдерживающихся режимов сгорания пористых и канальных топлив // ФГВ. 1991. № 4).

Проведены комплексные экспериментальные и теоретические исследования механизмов перехода горения в детонацию в гомогенных и гетерогенных топливовоздушных смесях. Впервые обнаружено, что при переходе горения в детонацию в газах возможна реализация пяти различных сценариев. Показано, что существовавшие ранее теоретические представления о двух возможных механизмах: «взрыва во взрыве» А. Оппенгейма и «спонтанного пламени» Я. Б. Зельдовича, — суть не взаимно исключают, а взаимно дополняющие механизмы, но работающие на различных характерных масштабах. Именно комбинацией этих двух механизмов и вызвано экспериментально обнаруженное многообразие сценариев переходных процессов (*Смирнов Н. Н., Бойченко А. П.* Переход горения в детонацию в бензино-воздушных смесях // ФГВ. 1986. № 2; *Смирнов Н. Н., Панфилов И. И.* Режимы развития горения и детонации в газовых смесях // ФГВ. 1992. № 5; *Смирнов Н. Н., Панфилов И. И.* Численное моделирование перехода горения в детонацию в гомогенных горючих газовых смесях // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 3; *Смирнов Н. Н., Тюрников М. В.* Переход горения в детонацию в углеводородо-воздушной газовой смеси // ФГВ. 1994. № 1; *Smirnov N. N., Panfilov I. I.* Deflagration to detonation transition in combustible gas mixtures. *Combustion and Flame*. 1995. Vol. 101, № 1/2; *Smirnov N. N., Tyurnikov M. V.* Experimental investigation of deflagration to detonation transition in hydrocarbon-air gaseous mixtures. *Combustion and Flame*. 1995. Vol. 100, № 4; *Smirnov N. N., Zverev N. I., Tyurnikov M. V.* Theoretical and experimental study of shock wave propagation in multiphase hydrocarbon-air mixture. *Shock Waves*. Eds. R. Brun, L. Z. Dumitreku, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1995. Vol. 4; *Smirnov N. N., Panfilov I. I., Tyurnikov M. V., Berdyugin A. G.* Theoretical and experimental Study of deflagration to detonation transition and instability of detonation structure in gases. *Archivum Combustionis*. 1996. № 1–2; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Boichenko A. P., Tyurnikov M. V., Legros J. C., Shevtsova V. M.* Control of Detonation Onset in Combustible Gases. *High Speed Deflagration and Detonation: Fundamentals and Control*, Moscow, Elex-KM Pbl. 2001).

Проведенные исследования по переходу горения в детонацию в смесях бензина и дизельного топлива с воздухом позволили разработать эффективный генератор детонационных волн импульсного периодического действия. Созданное на его базе устройства для бурения грунтов было отмечено медалями ВДНХ, выставок в Хельсинки и Берлине (*Смирнов Н. Н., Зверев И. Н., Бойченко А. П., Курников С. А.* Внутренняя баллистика детонационной установки для разработки грунтов // Проблемы динамики взаимодействия деформируе-



мых сред. Ереван, 1987; *Smirnov N. N., Zverev N. I., Boytchenko A. P.* Der einsatz des gasdetonationsprinzipes zur durchdringung herter und gefrorener bodenschichten. Harvard des Ostens. Berlin, 1993).

Исследованы режимы нестационарного диффузионного горения топлив, когда горючее и окислитель не перемешаны и динамика горения определяется процессами смешения. Получены автомодельные решения и численно исследованы осесимметричные нестационарные задачи. Показано существование колебательного режима диффузионного горения (*Смирнов Н. Н.* Диффузионное горение жидкого топлива в потоке с распределенными параметрами // ФГВ. 1984. № 3; *Smirnov N. N.* Heat and mass transfer in unsteady-state diffusion combustion of a condensed fuel surface. Int. J. of Heat and Mass Transfer. 1986. Vol. 29, № 5; *Смирнов Н. Н., Плотников С. А.* Поверхностное диффузионное горение гетерогенных систем с жидким топливом // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1983, № 5; *Смирнов Н. Н.* Гетерогенное диффузионное горение конденсированного топлива в невесомости // ФГВ. 1994. Т. 30. № 5; *Smirnov N. N., Nikitin V. F.* Unsteady-state turbulent diffusive combustion in confined volumes. Combustion and Flame. 1997. Vol. 111. № 3).

Исследованы гетерогенные каталитические реакции и влияние внешнедиффузионного торможения на динамику реакции при трехстадийном адсорбционном механизме реакции. Впервые установлено, что внешняя диффузия не только количественно влияет на скорость протекания реакции, но и качественно меняет фазовый портрет реакции: возрастает количество стационарных состояний и меняется их место расположения на фазовой плоскости. Объяснена природа гистерезиса скорости каталитической реакции при изменении парциального давления одного из реагентов (*Смирнов Н. Н., Южаков В. В.* Динамика каталитической реакции окисления СО на Pt катализаторе с учетом диффузионного торможения // ФГВ. 1993. Т. 29. № 6; *Смирнов Н. Н., Южаков В. В.* Стационарное и нестационарное окисление СО на платине с учетом внешнедиффузионного торможения // ФГВ. 1996. Т. 32. № 6).

Труды коллектива специалистов по химической физике, посвященные релаксации колебательной энергии, диссоциации и рекомбинации двухатомных молекул в газовой фазе, в составе которой работал Б. В. Куксенко (*Kuksenko B. V., Losev S. A.* On the vibrational excitation of rotating molecules. 5-th ICPEAC. Л., 1967; *Куксенко Б. В., Лосев С. А.* Возбуждение колебаний и распад двухатомных молекул при атом-молекулярных столкновениях в газе высокой температуры // ДАН СССР. 1969. Т. 185), получили широкое признание.

Важное научное направление, связанное с **исследованием входа тел в атмосферу Земли и других планет**, представляет на кафедре В. Л. Ковалев. Им создана новая методология исследования теплообмена с каталитическими поверхностями высокотемпературных покрытий, применяемых для теплозащиты космических аппаратов. Разработаны и исследованы физико-математические модели для описания течений у каталитических поверхностей при полетах тел с большими сверхзвуковыми скоростями в атмосферах Земли и Марса.

За разработку модели взаимодействия ионизованных смесей с каталитическими поверхностями при их сверхзвуковом обтекании В. Л. Ковалев награжден медалью им. П. Л. Капицы Академии естественных наук РФ и Ассоциации авторов научных открытий (1996).

В. Л. Ковалевым с учениками и соавторами впервые выявлены зависимости коэффициентов гетерогенной рекомбинации от условий на поверхности (давления, температуры и концентраций компонент). Они позволяют правильно интерпретировать как лабораторные, так и натурные экспериментальные данные и проводить исследования в широком диапазоне условий в набегающем потоке. При этом обнаружен и объяснен ряд новых физических эффектов. В частности, эффект диффузионного разделения химических элементов на каталитической поверхности и, имеющий важное практическое значение, эффект снижения коэффициентов каталитической активности при повышенных температурах и факт их немонотонной зависимости от полного давления для современных теплозащитных плиточных покрытий.

Создан эффективный численный метод для расчета теплообмена при входе тел в атмосферу с учетом реальных физико-химических процессов как для ламинарного, так и для турбулентного режимов течений. Получены аналитические формулы для тепловых и диффузионных потоков, обобщающие классические формулы Гуларда и Фея—Ридела на случаи произвольной каталитической активности поверхности, и неравновесного течения многокомпонентной смеси в пограничном слое. Исследовано влияние каталитических свойств поверхности на теплообмен, уровень ионизации в ударном слое и другие характеристики течения. Рассчитаны аэродинамические характеристики и температурные схемы наветренной поверхности многоразовых космических аппаратов, изучено влияние конечной скорости гетерогенной рекомбинации атомарных компонентов диссоциирующего воздуха на величину теплового потока к поверхности. Получены данные о процессах плазмообразования в ударном слое, необходимые для определения возможности радиосвязи с космическим аппаратом (Ковалев В. Л., Сулов О. Н. Модель взаимодействия частично ионизованного воздуха с каталитической поверхностью. Исследования по гиперзвуковой аэродинамике и теплообмену с учетом неравновесных химических реакций. М.: Изд-во МГУ, 1987; Ковалев В. Л., Крупнов А. А. Особенности моделирования теплообмена с каталитическими поверхностями при входе тел в атмосферу Земли // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1998. № 5; Ковалев В. Л. Моделирование каталитических свойств теплозащитных покрытий при входе в атмосферу Марса // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1999. № 1; Ковалев В. Л., Колесников А. Ф., Крупнов А. А., Якушин М. И. Анализ феноменологических моделей, описывающих каталитические свойства поверхности высокотемпературной многоразовой теплоизоляции // Изв. РАН. МЖГ. 1996. № 6; Ковалев В. Л., Крупнов А. А., Тирский Г. А. Решение уравнений вязкого ударного слоя методом простых глобальных итераций по градиенту давления и форме ударной волны // ДАН. 1994. Т. 338. № 3; Ковалев В. Л.,

Суслов О. Н. Асимптотические формулы для исследования тепломассообмена в химически неравновесном пограничном слое на каталитической поверхности // ДАН. 1994. Т. 338. № 3; Ковалев В. Л. Моделирование процессов диффузии при описании неравновесных течений у каталитических поверхностей // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1995. № 1; Ковалев В. Л., Крупнов А. А., Лохин В. В. Численное исследование гиперзвукового обтекания затупленных тел химически реагирующим запыленным газом // Современные газодинамические и физико-химические модели гиперзвуковой аэродинамики теплообмена. Часть II. М.: Изд-во МГУ, 1995). Основные результаты исследований В. Л. Ковалева опубликованы в монографиях (Ковалев В. Л. Гетерогенные каталитические процессы при входе в атмосферу. М.: ЦПИ при мех.-мат. ф-те МГУ, 1999; Ковалев В. Л. Гетерогенные каталитические процессы в гиперзвуковых потоках. М.: Наука, 2001).

Многие современные технологии используют **магнитогидродинамику**. Этими вопросами на кафедре занимается В. Л. Натяганов. В данном направлении им получены фундаментальные решения трехмерных задач безиндукционного магнитогидродинамического обтекания, предложено обобщение метода точечных сил Озеена для задач МГД обтекания тел при малых числах Рейнольдса и Гартмана, на основе которого решен ряд конкретных задач. Основные результаты приведены в работах (Натяганов В. Л. Магнитогидродинамическое обтекание вращающегося шара при малых числах Рейнольдса и Гартмана в приближении Озеена // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1980. № 3; О фундаментальном решении задач МГД — обтекания тел при малых числах Рейнольдса // Вопросы механики сплошных сред. М.: Изд-во МГУ, 1993).

Принципиальными проблемами являются задачи об атмосферном электричестве. В данном направлении В. А. Дубровским получены уравнения электрогидродинамики сплошной среды с дипольным электрическим моментом. Периодическая перекачка энергии электрического поля в энергию движения диэлектрической сплошной среды может лежать в основе всего механизма генерации атмосферного электричества и дать объяснения его многочисленных загадок типа электромагнитных предвестников сильных землетрясений, образования тайфунов, атмосферных смерчей и возникновения шаровых молний. Основные результаты опубликованы в работах: Уравнения электрогидродинамики и электроупругости (ДАН. 1984. Т. 279. № 4); Механизм генерации электрического поля (ДАН. 1989. Т. 306. № 1, совместно с Н. Н. Русаковым); а на способ локации мощных атмосферных электромагнитных волн выдано авторское свидетельство (1990).

В последнее время В. Л. Натягановым и А. В. Кульчицким (последние три года работал по контракту в Японии) были получены обнадеживающие результаты по электромагнитным предвестникам и сопутствующим сильным землетрясениям явлениям, которые опубликованы в работах (Натяганов В. Л. Магнитогидродинамическая аналогия и сейсмоэлектрический эффект //

ДАН. 2003. Т. 391. № 1; *Натяганов В. Л.* Математическое моделирование и метод гидроэлектромагнитных аналогий // Современные проблемы механики и прикладной математики. Воронеж, 2003; *Kulchitsky A., Molchanov O., Hayakawa M.* Inductive seismo-electromagnetic effect in relation to seismogenic ULF emission, *Natural Hazards and Earth System Sciences (journal of EGS)*. Vol. 1, № 1/2, 2001, ISSN 1561–8633; *Kulchitsky A., Molchanov O., Hayakawa M.* ULF emission due to inductive seismo-electromagnetic effect, *Seismo Electromagnetics (Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling)*, Ed. by M. Hayakawa and O. A. Molchanov, TERRAPUB. Jan, 2002.

Сотрудниками кафедры был также решен ряд задач о взаимодействии веществ с сильными электромагнитными полями применительно к задачам электродинамического ускорения масс (*Никитин В. Ф., Смирнов Н. Н.* Формирование электромагнитного поля в несимметричных рельсах и защитном кожухе рельсотрона при нарастающем импульсе тока // ПМТФ. 1997. № 1; *Смирнов Н. Н., Никитин В. Ф.* Диффузия магнитного поля внутрь проводящего полупространства при линейном нарастании силы тока // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1992. № 2).

Исследовались вопросы внутренней баллистики газодинамических ускорителей (*Максимов В. Ф., Филиппов Ю. Г.* Ускорение тела при сжатии газа поршнем // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1987. № 1).

Большинство сред, встречающихся в природе и используемых в технике, не являются однородными и не могут быть отнесены к классу жидкостей, газов или твердых деформируемых тел. Это, так называемые, **многофазные (гетерогенные) среды**, содержащие поверхности разрыва непрерывности свойств. К таким средам могут быть отнесены парожидкостные потоки, газопылевые облака, нефтегазоносные пористые среды (грунты и горные породы), композиционные материалы. На границах раздела фаз в таких средах возможны фазовые переходы (испарение, газификация, конденсация) и химические реакции (горение, каталитические гетерогенные реакции). Различия в свойствах отдельных фаз, составляющих среду, и межфазные взаимодействия играют определяющую роль в динамике таких сред, что потребовало разработки новых моделей и методов.

Статья Х. А. Рахматулина «Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред» (ПММ. 1956. Т. 20, вып. 2) положила начало новому этапу развития механики многофазных сред. В ней последовательно объединились достижения, идеи и методы газодинамики, механики взаимопроникающих континуумов и реальных процессов межфазного взаимодействия. Это третья группа классических результатов, полученных на кафедре. Оформилась получившая мировое признание советская школа специалистов по механике многофазных сред, одним из признанных основателей которой был Х. А. Рахматулин. Не случайно эта школа возникла в конце 50-х гг. именно на кафедре газовой и волновой динамики. Именно здесь сформировались и методы теории многофазных сред, созданной учеником Х. А. Рахматулина, ака-

демиком РАН (*Нигматулин Р. И.* Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978; Динамика многофазных сред. Т. 1–2. М.: Наука, 1987).

Дальнейшие исследования в области механики многофазных сред на кафедре были продолжены *И. Н. Зверевым, Н. Н. Смирновым, Н. С. Хабеевым, В. Ф. Никитиным, О. Е. Ивашневым.*

Впервые разработаны физические и математические модели горения турбулизированных полидисперсных аэрозвесей, учитывающие фазовые переходы на поверхности конденсированных частиц или капель, выход летучих, гетерогенные и газофазные реакции. Для моделирования турбулентности в газе и ее влияния на динамику дисперсной фазы применен эффективный метод, сочетающий детерминистский и стохастический подходы в рамках совместного эйлера и лагранжева описания. Результаты исследований показали, что увеличение турбулизации потока приводит к возрастанию скорости распространения пламени, но затрудняет иницирование горения. Другой важный результат состоит в том, что наличие неоднородностей в распределении концентрации диспергированного горючего в объеме снижает концентрационные пределы воспламенения смесей (*Смирнов Н. Н., Никитин В. Ф., Легро Ж. К.* Моделирование зажигания и горения турбулизированных пылевоздушных смесей // Химическая физика. 1999. № 8; *Smirnov N. N., Nikitin V. F. et al.* Theoretical modeling of turbulent combustion of dust-air mixtures. Archivum Combustionis. 1997. Vol. 17. № 1–4; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Klammer J. et al.* Dust-air mixtures evolution and combustion in confined and turbulent flows. Proc. of the 7<sup>th</sup> International Colloquium on Dust Explosions. Bergen, Norway, June, 1996; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Kiselev A. B., Baskakov V. V., Boichenko A. P., Klemens R., Wolanski P., Legros J. C.* Turbulent combustion of organic dust-air mixtures in confined flows and explosion hazards. Proc. 4-th Asian-Pasific International Symposium on Combustion and Energy Utilization. Bangkok, Thailand, 1997).

Разработанные модели и методы с успехом применялись при анализе процессов эволюции и оседания аэрозольных загрязнений в турбулентной стратифицированной атмосфере (*Смирнов Н. Н., Никитин В. Ф.* Моделирование дрейфа и оседания частиц в турбулентной атмосфере // Обзорение прикладной и промышленной математики. М.: ТВП, 1996. Т. 3, вып. 2; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Legros J. C.* Mathematical modelling of aerosol evolution and sedimentation in the atmosphere of big cities. Int. J. of Aerosol Science. 1996. Vol. 27. Sup. 1).

Модели химически реагирующих многофазных сред успешно применялись при исследовании условий устойчивой работы химических реакторов (*Пушкин В. Н., Смирнов Н. Н., Никитин В. Ф.* Об устойчивости стационарных режимов двухфазного газочапельного химического реактора идеального смешения // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2001. № 2; *Пушкин В. Н., Смирнов Н. Н., Никитин В. Ф.* Теория двухфазного газочапельного химического реактора идеального смешения // Химическая физика. 2000. Т. 19. № 7; *Смирнов Н. Н., Пушкин В. Н.* О нормальной скорости распространения ламинарного

пламени в монодисперсной газочапельной смеси // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2001. № 6).

Исследованы структуры волн в пористых средах (Смирнов Н. Н., Сафаргулова С. И. О скорости распространения малых возмущений в пористых средах // ПММ. 1991. Т. 55, вып. 3; Смирнов Н. Н., Сафаргулов С. И. О распространении слабых возмущений при горении сжимаемых пористых топлив // ФГВ. 1991. № 2). Определены области в фазовом пространстве параметров, в которых система уравнений механики многофазных сред теряет гиперболичность.

Были выполнены новые исследования по горению пылегазовых смесей за ударными волнами и проведен численный анализ развития взрывов в каменноугольных шахтах. Выяснена возможность возникновения квазидетонации при взаимодействии проходящей ударной волны с пылевыми слоями в длинном тоннеле (работы В. П. Коробейникова, его учеников и коллег: *Korobeinikov V. P., Klemens R., Wolanski P., Markov V. V., Men'shov I. S.* Models and Numerical Methods for coal mine explosion development». Computational Fluid Dynamics Journal. 2000. V. 9. № 2; *Klemens R., Kosinski P., Wolanski P., Korobeinikov V. P., Markov V. V., Men'shov I. S., Semenov I. V.* Numerical modeling of coal mine explosion. Archivum Combustionis, 2001. V. 21. № 1; *Беспалов В. М., Коробейников В. П., Святуха В. А., Цицашвили Г. Ш.* Численное моделирование пылегазовой смеси // Дальневосточный математический журнал. 2001. Т. 2. № 1).

Разработаны **математические модели многофазной фильтрации несмешивающихся жидкостей в пористых средах** с учетом влияния капиллярных сил, особенно важных в условиях микрогравитации (Смирнов Н. Н. и др. Multiphase flow in porous media — mathematical model and microgravity experiments. Microgravity Science and Technology. 1996. Vol. IX (3); *Smirnov N. N., Dushin V. R., Douguinova K. I., Legros J. C., Istasse E., Boseret N., Mincke J. C., Goodman S.* Multiphase flow in porous media — mathematical model and microgravity experiments. Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics. Pisa: Edizioni ETS, 1997; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Norkin A. V., Legros J. C., Istasse E., Shevtsova V. M.* Microgravity Investigations of Capillary Filtration in Porous Media. Proc. Drop Tower Days 1998 in Hokkaido, 1998; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Kudryavtseva O. V. et al.* Capillary driven filtration in porous media. Microgravity Sci. Technol. Vol. XII/1. 1999. P. 23–35; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Norkin A. V., Legros J. C., Istasse E., Shevtsova V. M.* Capillary Driven Filtration. Proc. Int. Conf. on Modern Approaches to Flows in Porous Media, dedicated to P. Ya. Polubarinova-Kochina. M., 1999. P. 23–25; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Kiselev A. B., Norkin A. V., Legros J. C., Istasse E., Shevtsova V. M.* Microgravity investigation of capillary forces in porous media. Space Forum. 2000. Vol. 1–4), получившие применение при разработке капиллярных насосов в невесомости и при прогнозировании эволюции жидких неводных загрязняющих веществ в почвах.

Исследовались **равновесные и неравновесные фазовые переходы, вскипание криогенных жидкостей**. Впервые И. Н. Зверевым исследовано образование гейзерного выброса при транспортировке криогенных жидкостей. В последнее вре-

мя его учениками также активно исследуются процессы неравновесного испарения и конденсации (*Зверев Н. И., Дехтяренко Л. А., Смирнов Н. Н., Щепотьев Н. А., Якубович Д. М.* Нестационарное испарение жидкого кислорода в атмосфере // ФГВ. 1989. № 3; *Dectyarenko L. A., Zverev N. I., Smirnov N. N.* Condensed gas evaporation into the atmosphere. Int. J. of Heat and Mass Transfer. 1993. Vol. 36. № 13; *Smirnov N. N., Kulchitski A. V.* Unsteady-state evaporation in weightlessness. Acta Astronautica. 1997. Vol. 39. № 8; *Smirnov N. N., Kulchitski A. V.* Nonequilibrium phase transitions. Evaporation of liquified gases. Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Pisa: Edizioni ETS, 1997. Vol. 2; *Kulchitskii A. V., Smirnov N. N.* Allowing for non-equilibrium effects at evaporation of a solution droplet. Russian Journal of Engineering Thermophysics, 2000. Vol. 10. № 4).

Развита теория самораспространяющихся волн в метастабильных вскипающих жидкостях (*Ivashnyov O. E., Ivashneva M. N., Smirnov N. N.* Slow waves of boiling under hot water depressurization. J. of Fluid Mech., 2000. Vol. 413; *Ивашнев О. Е., Ивашнева М. Н., Смирнов Н. Н.* Ударные волны разрежения в потоках неравновесно кипящей жидкости // Изв. РАН. МЖГ. 2000. № 4), которые аналогичны самораспространяющимся волнам в химически реагирующих средах (детонации и горению). Показано, что при расширении продуктов вскипания в область низкого давления реализуется режим с максимальной скоростью волны кипения, соответствующей точке касания луча Михельсона с нижней ветвью кривой Гюгонио.

Создана модель новой техногенной среды, возникшей на низких околоземных орбитах — «**космического мусора**», — позволившая прогнозировать процессы засорения и самоочищения орбит и уточнить (на порядок) время потенциального начала процесса цепного саморазрушения элементов космического мусора и лавинного нарастания их числа (*Смирнов Н. Н. и др.* Space Debris Evolution Mathematical Modelling. Proc. 1-st Europ. Conf. on Space Debris, Darmstadt, 1993; *Смирнов Н. Н., Киселев А. Б., Никитин В. Ф.* Peculiarities of Space Debris Production in Orbital Breakups. Proc. 2-nd Europ. Conf. on Space Debrism, Darmstadt, 1997; *Smirnov N. N., Nazarenko A. I., Kiselev A. B.* LEO technogeneous ontaminants evolution modeling with account of satellites collisions. Space Debris 2000 (Ed. J. Bendisch). Sc. and Technol. Series American Austronaut. Society. 2001. Vol. 103; *Смирнов Н. Н., Киселев А. Б., Назаренко А. И.* Математическое моделирование эволюции космического мусора на околоземных орбитах // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2002. № 4). Разработанные модели и методы необходимы для оценки степени риска при долговременном функционировании космических аппаратов (спутников связи, космических исследовательских станций) на низких околоземных орбитах. Результаты исследований опубликованы, в частности, в монографиях: “Space Debris. Hazard evaluation and mitigation” (Edited by *Smirnov N. N.* London and New York: Taylor and Francis, 2002. P. 216); «Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду» (Под общей ред. В. В. Адушкина, С. И. Козлова и А. В. Петрова. М.: Анкил, 2000. С. 640, один из авторов А. Б. Киселев).

С позиций механики многофазных сред разработана модель накопления повреждений в композиционных материалах с термоупругими фазами, приводящих впоследствии к разрушению композита (*Киселев А. Б.* Численное моделирование деформирования и разрушения тонкостенной сферической оболочки из слоистого вязкоупругого композита, заполненной жидкостью, под действием взрыва заряда, расположенного в центре конструкции // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1997. № 5).

Разработанные модели механики многофазных привели к созданию методологии нового научного направления — **фундаментальной экологии**, — включающего разработку математических моделей крупных природных и техногенных процессов и прогнозирование их взаимовлияния. В частности, разработанные модели позволили прогнозировать распространение техногенных и антропогенных загрязнений в грунтах, в приземных и верхних слоях атмосферы, в околоземном космическом пространстве (*Smirnov N. N., Legros J. C., Nikitin V. F., Istasse E., Norkin A. V., Shevtsova V. M., Kudryavtseva O. V.* Capillary Driven Filtration in Porous Media. Microgravity Science and Technology. Hanser Publ. 1999. Vol. XII; *Smirnov N. N.* Space Debris Hazard Evaluation and Mitigation. Taylor and Francis, London-New York, 2002; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Legros J. C., Shevtsova V. M.* Motion and sedimentation of particles in turbulent atmospheric flows above sources of heating. Aerosol Science and Technology. The Journal of Americal Association for Aerosol Research, 2002. V. 36).

На кафедре авторитетно представлено научное направление математических аналитических методов, необходимых для решения задач механики (**групповые методы анализа дифференциальных уравнений, необходимых при решении задач механики**).

А. И. Бунимович и его ученики (В. Р. Душин, Б. И. Сиперштейн, А. В. Краснослободцев) выполнили большой класс исследований групповыми методами новых задач механики, имеющих важные практические приложения. В. Р. Душин выполнил построение групп Ли точечных преобразований уравнений движения нелинейно-вязких жидкостей и нашел для них системы оптимальных подгрупп допускаемых групп преобразований. Им выполнена групповая классификация уравнений двумерного пограничного слоя, а также построен ряд точных решений для нелинейно-вязких жидкостей. Основные результаты содержатся в работах (*Душин В. Р.* Инвариантные решения уравнений движения «степенных» жидкостей // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1988. № 2; *Душин В. Р.* Неустановившееся радиальное движение кольца неньютоновской жидкости со свободными границами // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1988. № 5; *Душин В. Р.* Численное исследование инвариантно-группового решения системы уравнений движения «степенных» жидкостей // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 2; *Душин В. Р.* Групповая классификация уравнений двумерного пограничного слоя «степенной» жидкости // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 6; *Бунимович А. И., Сиперштейн Б. И.* О групповых свойствах и инвариантных решениях одной си-



стемы уравнений, описывающей нестационарное неизотермическое движение газа в трубопроводах // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1976. № 5; *Бунимович А. И., Краснослободцев А. В.* Инвариантно-групповые решения кинетических уравнений // Изв. АН СССР. МЖГ. 1982. № 4). Проведен большой комплекс исследования математических методов решения нестандартных оптимальных задач. Основные результаты опубликованы в работах (*Бунимович А. И., Дубинский А. В.* Вариационный метод для обобщенного класса функционалов и его применение к задачам аэромеханики // Изв. АН СССР. МЖГ. 1972. № 1; Метод оптимизации для обобщенного класса функционалов и его применение к задаче об определении формы тела максимального аэродинамического качества // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1973. № 6).

Получило на кафедре развитие и направление, называемое в последнее время «**вычислительная механика**». В частности, для решения задач динамики взаимодействия упругопластических сред в трехмерной и двумерной постановках, наиболее сложных для численного моделирования, был развит лагранжев конечно-разностный метод в направлении учета сложных граничных условий на контактных поверхностях (отрыв тел, восстановление контакта, скольжение с трением), перестройки расчетной сетки для явного выделения поверхностей разрушения во взаимодействующих телах. Дано полное обоснование процедуры «приведения напряжений на поверхность текучести», численно реализующей уравнения упругопластического течения, даны постановки и предложены численные методы реализации граничных условий на осях симметрии и в центре симметрии, введены специальные искусственные вязкости (тензорная, угловая, контурная) и т. д. (*Киселев А. Б.* Развитие метода Уилкинса для решения трехмерных задач соударения деформируемых твердых тел // Взаимодействие волн в деформируемых средах. М.: Изд-во МГУ, 1984; *Киселев А. Б.* О расчете пространственных задач динамики упругопластических сред с большими деформациями в лагранжевых координатах // Волновые задачи механики деформируемых сред. М.: Изд-во МГУ, 1990; *Киселев А. Б.* О граничных условиях для задач МДТТ с центральной и осевой симметриями // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1995. № 6; *Киселев А. Б.* О численном интегрировании уравнений течения упрочняющейся упругопластической среды // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1995. № 4; *Kiselev A. B.* Computational simulation of boundary conditions in problems of elastoplastic bodies interaction. Systems Analysis Modelling Simulation. 1995. Vol. 18–19; *Зеленский А. С., Кукуджанов В. Н.* Численное решение пространственных динамических задач для осесимметричных упругопластических тел. Препринт ИПМех АН СССР. М., 1989. № 384). Предложен оригинальный метод построения двумерных расчетных лагранжевых сеток в областях сложной геометрии с выделением внутренних контактных границ для решения динамических задач МДТТ (*Киселев А. Б., Кабак Н. Е.* Метод построения расчетных сеток с выделением внутренних контактных границ // Моделирование в механике. 1990. Т. 4 (21). № 5; *Кабак Н. Е., Киселев А. Б., Максимов В. Ф.* Метод построения

расчетных сеток в двумерных областях с выделением внутренних контактных границ // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1992. № 3).

Для решения задач турбулентного течения многофазных полидисперсных сред с химическими реакциями и фазовыми переходами разработан эффективный численный метод, сочетающий эйлеров и лагранжевых подходы для описания движения различных фаз, детерминистские и стохастические модели. Метод включает процедуры выделения представительных частиц, являющихся носителями свойств диспергированной фазы, прямого численного моделирования их стохастического блуждания в поле турбулентного течения, пересчета воздействия на газовую фазу всего ансамбля дисперсных частиц по параметрам представительных частиц (*Смирнов Н. Н., Никитин В. Ф.* Моделирование дрейфа и оседания частиц в турбулентной атмосфере // Обзорение прикладной и промышленной математики. М.: ТВП, 1996. Т. 3, вып. 2.; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Legros J. C.* Turbulent combustion in multiphase gas-particle mixtures. Thermogravitational instability. Advanced Computation and Analysis of Combustion, Moscow, ENAS Publishers, 1997; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Legros J. C.* Ignition and combustion of turbulized dust — air mixtures. Combustion and Flame, 2000. 123. № 1/2). Метод позволил решить ряд важных задач прогнозирования формирования, циркуляции и оседания аэрозольных и других загрязнений в атмосфере.

Численный метод дискретных вихрей был успешно адаптирован для моделирования полностью пульсирующих и прерывистых затопленных струй (*Андронов П. Р., Гувернюк С. В., Зубков А. Ф.* Распространение пульсирующих турбулентных струй в затопленное пространство. Труды 14 Международной школы по моделям механики сплошных сред. М., 1998; *Андронов П. Р.* Периодическое возбуждение затопленных турбулентных струй // АМГД. 2001. № 1). Такие струи обладают повышенными эжектирующими свойствами и находят применение в технологиях перемешивания дисперсных материалов и интенсификации тепломассообмена в сушильных аппаратах распылительного типа.

Для моделирования наблюдаемых в эксперименте газодинамических эффектов влияния частоты следования интенсивных кратковременных импульсов (в оптическом разряде от лазерного источника энергии) на сверхзвуковое обтекание затупленных тел был разработан эффективный теоретический метод расчета таких источников импульсно-периодического энергоподвода (*Гувернюк С. В., Самойлов А. Б.* Об управлении сверхзвуковым обтеканием тел с помощью пульсирующего теплового источника // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23, вып. 9). Данный метод был внедрен в состав инструментов известного универсального лицензионного пакета вычислительных кодов GasDynamicsTool.

В последние годы на кафедре возник **ряд новых направлений** работы, связанных с применением методов механики сплошной среды в смежных областях знаний.

Первое связано с **математическим моделированием процессов эрозии и загрязнения почвы**. Это непосредственно связано с тем, что угроза ускоренной

деградации плодородных почв из гипотетической стала объективной реальностью. Моделированию дождевой и ветровой эрозии почв посвящены работы А. Я. Сагомоняна и В. М. Гендугова, выполненные в сотрудничестве с факультетом почвоведения МГУ (*Сагомонян А. Я.* К вопросу дождевой эрозии почв // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1995. № 2; *Кузнецов М. С., Гендугов В. М.* Критические для почв скорости и касательные напряжения водных потоков // Вестник МГУ. Почвоведение. 1995. № 5; *Гендугов В. М.* Об устойчивости границы раздела потока на почве // Вестник МГУ. Почвоведение. 1997. № 2; *Глазунов В. П., Гендугов В. М.* Ветровая эрозия // Вестник МГУ. Почвоведение. 1997. № 3; *Глазунов В. П., Гендугов В. М.* О подъемной силе ветра, переносающего почвенные частицы // Вестник МГУ. Сер. 17. Почв. 2000. № 3; *Глазунов В. П., Гендугов В. М.* Механизмы ветровой эрозии почв // Вестник МГУ. Сер. 17. Почв. 2001. № 6).

Вторым новым направлением является **математическое моделирование потоков автомобильного транспорта** по магистралям. Созданные математические модели хорошо описывают особенности движения транспорта по дорогам. Показано, что рассматриваемая среда (потоки транспорта) обладает целым рядом коренных отличий от традиционно рассматриваемых в механике сред. Разработанная модель позволяет правильно качественно и количественно описать такие характеристики движения, как условия обеспечения максимальной пропускной способности, возникновение и эволюция «подвижных пробок» на магистралях. Модель учитывает ограничения транспортного потока на скорость и ускорение отдельных элементов, а также технические характеристики транспортных средств и особенности реакции водителя на изменение дорожной обстановки (*Киселев А. Б., Никитин В. Ф., Смирнов Н. Н., Юмашев М. В.* Неустойчивые движения автотранспорта на кольцевой магистрали // ПММ. 2000. Т. 64, вып. 4; *Смирнов Н. Н., Киселев А. Б., Никитин В. Ф., Юмашев М. В.* Математическое моделирование автотранспортных потоков на магистралях // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2000. № 4; *Smirnov N. N., Kiselev A. B., Nikitin V. F., Yumashev M. V.* Mathematical modelling of traffic flow. Proc. of 9<sup>th</sup> IFAC Symposium in Transportation Systems 2000. Oxford: Elsevier Sc. Ltd, 2000).

Третье направление может определить ряд работ В. А. Дубровского. Это задачи о вихревой неустойчивости деформационных течений сплошной среды (*Дубровский В. А.* О генерации вихрей // Докл. АН СССР. 1994. Т. 337. № 2; *Дубровский В. А.* О связи вихрей и деформаций в гидродинамических течениях // Докл. АН СССР. 1997. Т. 356. № 1; *Дубровский В. А.* О связи деформаций и вихрей в гидродинамических течениях // ДАН. 2000. Т. 370. № 6). Сформулирован новый принцип об универсальном предвестнике катастроф в системах с неустойчивым равновесием (*Дубровский В. А.* Тектонические волны // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1985. № 1; *Дубровский В. А.* Тектонические волны и современные движения. Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геодинамика. Киев: Наукова думка, 1988. С. 138; *Дубровский В. А., Сергеев В. Н.*

Обязательный предвестник катастроф. Тектоника Неогоя: общие и региональные аспекты. М.: ГЕОС, 2001).

На основе моделей сред, допускающих продольные и сдвиговые деформации, выведены уравнения упругой модели, физического вакуума, позволяющие получить теоретическую и экспериментальную оценку скорости распространения гравитационных волн (*Дубровский В. А.* Упругая модель физического вакуума // Докл. АН СССР. 1985. Т. 282. № 1; *Dubrovskiy V. A., Smirnov N. N.* Measurements of the gravity waves velocity. 2001, Proc 52nd Internat. Astronomical Congress, Toulouse, France, IAF-01-J. 2.03; *Dubrovskiy V. A., Smirnov N. N.* The physical vacuum and the gravity wave velocity. Proc. 54-th Internat. Astronautical Congress. Bremen, 2003. IAC-03-J. 1.07).

На кафедре в последние годы также активизировались научные исследования в интересах нефтегазовой промышленности. Тематика исследований при этом оказалась традиционной для кафедры — это динамические задачи деформирования и разрушения упругопластических сред и повреждаемых сред, задачи механики многофазных сред, в том числе задачи фильтрации смешивающихся и несмешивающихся жидкостей в деформируемой пористой матрице, и другие. Последние годы кафедра тесно сотрудничает со Шлюмберже (*Schlumberger Oilfield Services*) — транснациональной корпорацией в области нефтяной и газовой промышленности.

Кафедрой ведутся теоретические и экспериментальные исследования по фундаментальным проблемам, относящимся к гидравлическому разрыву. Основной целью этих исследований является создание физических и математических моделей и поиск решений, способных предсказать процессы развития трещины гидроразрыва и ее очистки в зависимости от значений различных управляющих параметров. Наличие адекватных математических моделей позволяет производить выбор оптимальных стратегий по формированию гидроразрывов и последующей их очистке.

При формировании трещины с помощью гидравлического разрыва ее конец является самым сложным участком, поскольку там взаимодействие между потоком жидкости и деформируемым материалом, окружающим трещину, является наиболее сильным. Существующие теории формирования трещин гидроразрыва, основанные на линейной теории упругости, дают неограниченное увеличение значений напряжений при приближении к концу трещины.

При изучении распространения трещины гидроразрыва проблема взаимодействия между потоком жидкости и окружающей средой в окрестности конца трещины весьма важна для определения граничных условий. Стенки разрыва и разрываемая среда являются проницаемыми, что оказывает сильное влияние на формирование трещины. Некоторые новые автотельные решения представлены в работе (*Ивашнев О. Е., Смирнов Н. Н.* Формирование трещины гидроразрыва в пористой среде // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2003. № 6).

Проводятся прямые численные исследования двумерной модели, описывающей формирование трещины гидроразрыва в термовязкоупругопластическом повреждаемом материале под воздействием закачиваемой в трещину жидкости (Киселев А. Б., Лукьянов А. А., Тьерсилэн М. Численное моделирование динамики распространения криволинейных трещин гидроразрыва // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2003. № 6).

Взаимодействие наполненного жидкостью гидроразрыва с сетью существующих трещин весьма важно как для определения граничных условий на поверхности краев трещины, так и в окрестности ее конца. Анализ блочной иерархической структуры скальных пород показывает наличие нескольких характерных масштабных уровней сети трещин.

Очистка гидроразрыва производится продувкой через трещину газа под действием градиента давления, что приводит к вытеснению из трещины вязкой жидкости, формировавшей гидроразрыв. При этом возникает неустойчивость и языкообразование, играющие ключевую роль в процедуре очистки. Захват областей остающейся жидкости нефтегазовым потоком понижает качество очистки трещины и снижает производительность скважины.

При фронтальном вытеснении более плотной и вязкой жидкости с помощью менее плотной и вязкой неустойчивости поверхности раздела типа Релея—Тейлора или Саффмана—Тейлора могут привести к росту «языков» газа, проникающих в жидкость. Рост языков и их последующее слияние не могут быть описаны линейным анализом. Рост языков вызывает нерегулярность зоны смешения. Разность тангенциальных скоростей у поверхности раздела может вызвать неустойчивость типа Кельвина—Гельмгольца, что ведет к «диффузии языков» и частичной регуляризации зоны смешения. Комбинация этих эффектов управляет процессом вытеснения. Эффекты гравитации также могут играть существенную роль. Кафедрой совместно с организациями-партнерами проводятся теоретические и экспериментальные исследования неустойчивости вытеснения плотной и вязкой жидкости с помощью менее вязкой из двумерного канала и определение характерных размеров областей захвата жидкости. Экспериментальные исследования проводятся в модифицированных ячейках Хеле—Шоу с препятствиями, расположенными различным образом. Эксперименты нацелены на верификацию численной модели вытеснения. Численное моделирование позволяет изучить чувствительность процесса вытеснения к изменениям внешних определяющих параметров. Результаты исследований показали, что при фронтальном вытеснении вязкой жидкости менее вязкой жидкостью из однородной пористой среды неустойчивость и смешение возрастает при увеличении отношения вязкостей, в то время как при вытеснении из неоднородной среды (ячейки Хеле—Шоу с препятствиями) зависимость от отношения вязкостей может быть обратной. При определенных условиях уменьшение отношения вязкостей приводит к более нерегулярному вытеснению. (Smirnov N. N., Nikitin V. F., Legros J. C. Effect of Fingering in Porous Media. Proc. 52-nd Internat. Astronautical Congress. Toulouse,

2001. IAF-01-J. 4.10; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Ivashnyov O. E., Legros J. C., Vedernikov A., Scheid B., Istasse E.* Instability in viscous fluids displacement from cracks and porous samples. Proc. 53-d Internat. Astronautical Congress. Houston, 2002. IAC-02-J. 2.02.; *Smirnov N. N., Nikitin V. F., Ivashnyov O. E., Maximenko A., Thiercelin M. Vedernikov A., Scheid B. Istasse E., Legros J. C.* Theoretical and experimental study of instability and the mixing flux in frontal displacement of fluids. Proc. 54-th Internat. Astronautical Congress. Bremen, 2003. IAC-03-J. 2.03.; *Legros J. C., Nikitin V. F., Istasse E., Schramm L., Wassmuth F., D'Arcy Hart.* Filtration in artificial porous media and natural sands under microgravity conditions. Microgravity Science and Technology. XIV/2, 2003. P. 3–28).

Вибрационное воздействие на пористую среду с упругим скелетом может оказывать сильное влияние на скорость фильтрации жидкости в этой среде. На применении этого эффекта основаны различные инженерные принципы повышения нефтеотдачи пластов при их возбуждении с определенной частотой. Данная проблема родственна проблеме переноса жидкости в каналах с осциллирующими стенками, положенной в основу создания вибронасосов. Результаты исследований по этой тематике отражены в статьях (*Shugan I. V., Smirnov N. N.* Peristaltic mass transfer in a channel under standing walls vibrations. *Physics of Vibrations*, 2001. Vol. 9. № 2. P. 71–78; *Shugan I. V., Smirnov N. N., Legros J. C.* Streaming flows in a channel with elastic walls. *Phys. Fluids*, 2002. V. 14. № 10. P. 3502–3511).

## Педагогическая деятельность

Кафедрой на механико-математическом факультете и для геофизиков геологического факультета читаются основные курсы: «Механика сплошной среды», «Введение в механику сплошной среды»; созданы оригинальные спецкурсы:

- Распространение волн в сплошных средах;
- Газовая и волновая динамика;
- Гиперзвуковое движение газа;
- Динамика разреженного газа;
- Гидроаэродинамика;
- Термодинамика газовых потоков;
- Динамика многофазных сред с физическими и химическими превращениями;
- Неустановившиеся движения сжимаемых сред;
- Детонация и горение;
- Гетерогенное горение;
- Численное моделирование в динамике упругопластических сред;

- Метод граничных элементов в механике сплошной среды;
- Вычислительные методы в газовой и волновой динамике;
- Расщепление вычислительных алгоритмов в задачах механики;
- Компьютерные технологии в прикладной механике жидкости и газа;
- Статистические и структурные методы обработки экспериментальных данных;
- Теория пограничного слоя;
- Основы физико-химической газовой динамики;
- Динамика гибких связей;
- Динамические задачи упругости и пластичности;
- Прочность и разрушение твердых тел;
- Электродинамика сплошных сред;
- Магнитная гидродинамика и электровихревые течения;
- Асимптотические методы в механике сплошной среды;
- Групповые методы с приложениями к механике и физике;
- Групповой анализ дифференциальных уравнений;
- Новые задачи теории пластичности и разрушения.

## Литература

### Учебные пособия

1. Задачи физико-механического практикума/ Под ред. *Козлова В. П., Сагомонян Е. А.* М.: Изд-во МГУ, 1993.
2. *Зверев И. Н., Смирнов Н. Н.* Газодинамика горения. М.: Изд-во МГУ, 1987.
3. *Шемякин Е. И., Смирнов Н. Н.* Конспект лекций по курсу «Механика сплошной среды». М.: Изд-во МГУ, 1995.
4. *Нигматулин Р. И.* Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978.
5. *Рахматулин Х. А.* Газовая и волновая динамика. М.: Изд-во МГУ, 1983.
6. *Рахматулин Х. А., Сагомонян А. Я., Бунимович А. И., Зверев И. Н.* Газовая динамика. М.: Высшая школа, 1965.
7. *Сагомонян А. Я.* Волны напряжения в сплошных средах. М.: Изд-во МГУ, 1985.
8. *Смирнов Н. Н., Зверев И. Н.* Гетерогенное горение. М.: Изд-во МГУ, 1992.
9. *Шемякин Е. И.* Введение в теорию упругости. М.: Изд-во МГУ, 1993.

### Учебно-методическая литература

1. *Звягин А. В., Ковалев В. Л.* Задачи по математике для абитуриентов. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та МГУ, 2000.
2. *Зеленский А. С.* Сборник конкурсных задач по математике 1992–1995 гг. М.: НТЦ «Университетский», АСТ-ПРЕСС, 1996.
3. *Зеленский А. С., Василенко О. Н.* Сборник задач вступительных экзаменов. М.: НТЦ «Университетский», 2001.

4. *Кравцев С. В., Макаров Ю. Н., Максимов В. Ф., Нараленков М. И., Чирский В. Г.* Методы решения задач по алгебре: от простых до самых сложных. М.: Экзамен, 2001.
5. *Лужина Л. М., Натяганов В. Л.* Сборник задач по геометрии и тригонометрии. М.: УНЦ ДО, 2001.
6. *Лужина Л. М., Натяганов В. Л.* Сборник задач по геометрии. М.: Изд-во МГУ, 2000.
7. *Натяганов В. Л., Лужина Л. М.* Методы решения задач с параметрами. М.: Изд-во МГУ, 2003.
8. *Сагомонян Е. А., Локшин А. А., Саакян А. С.* Элементарная теория кривых. М.: Изд-во МГУ, 1996.

В создании и проведении физико-механического практикума участвовали лаборатории сверхзвуковой аэродинамики и динамических испытаний НИИ механики МГУ, заведующие лабораторий Н. А. Алексеев, М. П. Фалунин, С. В. Гувернюк, Ю. А. Созоненко.

Студентами кафедры выполняются курсовые и дипломные работы как теоретического характера (на кафедре), так и экспериментальные на базе лабораторий НИИ механики МГУ. Студенты, аспиранты и докторанты ведут научную работу в лабораториях при кафедре.

## Основатели кафедры и лабораторий

**Халил Ахмедович Рахматулин** (23.04.1909–10.01.1988). Выдающийся ученый, талантливый педагог и организатор науки, Герой Социалистического Труда, лауреат Государственных премий, академик АН Уз ССР, основатель и заведующий до конца своей жизни кафедрой газовой и волновой динамики Халил Ахмедович Рахматулин — автор фундаментальных исследований по механике, отличающихся глубиной идей, плодотворностью методов исследований. Многие его идеи и методы стали отправными для ряда крупных исследований советских и зарубежных ученых по проблемам течений жидкости, газа, динамике упругопластических сред, движений взаимопроникающих (многокомпонентных) сред. Научно-педагогическая, организаторская, общественная деятельность Халила Ахмедовича многогранна и тесно связана с Московским университетом.

Х. А. Рахматулин родился 23 апреля 1909 г. в г. Токмаке (Киргизская ССР). Трудовую деятельность начал с 10-летнего возраста. В 1925 г. поступил в Ташкентский областной педагогический техникум, по окончании которого был оставлен в нем преподавателем и продолжал учебу на физико-математическом факультете Среднеазиатского государственного университета. В 1931 г. Халил Ахмедович перевелся, при личном содействии наркома просвещения, председателя Ученого комитета при ЦИК СССР, академика АН СССР А. А. Луначарского, на механико-математический факультет МГУ, и с тех пор его жизнь неразрывно связана с Московским университетом. В 1937 г. он защитил кандидатскую диссертацию по аэродинамике больших скоростей и был оставлен



на факультете доцентом и заведующим аэродинамической лабораторией механико-математического факультета МГУ. В 1943 г. Халил Ахмедович защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. В 1947 г. он избирается академиком АН УзССР. Кафедрой газовой и волновой динамики Х. А. Рахматулин заведует со дня ее основания в 1951 г.

Научная деятельность Халила Ахмедовича ярко характеризует многогранность его научных интересов. Его исследования охватывают динамические проблемы различных областей механики. Им получены фундаментальные результаты, имеющие научное и прикладное значения в областях: теории распространения упругих и упругопластических волн, дифракции ударных волн, распространяющихся в газе, теории парашюта и аэродинамики пронизываемого тела, динамики грунтов, движения многокомпонентных сред, химической технологии и др. Во всех перечисленных направлениях Х. А. Рахматулину принадлежат основополагающие научные результаты решений динамических проблем механики, вошедшие в сокровищницу отечественной и мировой науки. Эти результаты находят широкие применения в важнейших областях техники, в научно-исследовательских и конструкторских организациях различных отраслей промышленности.

В области теории упругопластических сред Х. А. Рахматулин открыл особые волны разгрузки, обусловленные необратимостью процессов пластических деформаций. В литературе эти волны называются «волнами Рахматулина». Он установил закон распространения упругопластических волн, законы накопления остаточных деформаций при многократных нагрузках, разработал методики получения динамических диаграмм растяжения и сжатия материалов за пределами упругости. Эта теория является основой расчета различных сооружений, расчетов пробивания бетона и других преград. Его монография «Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках» приобрела мировую известность.

Основополагающими явились также исследования Х. А. Рахматулина в теории поперечного удара. Им была выявлена волновая картина, возникающая при ударе по гибким нитям. Его теория использовалась для расчета тросов аэростатов воздушного заграждения, которые широко применялись для обороны Москвы в годы Великой Отечественной войны. За исследования по динамике упругопластических волн и волн в гибких связях Х. А. Рахматулин был удостоен Государственной премии СССР (1949) и премии им. М. В. Ломоносова (1945).

Изящная теория поперечного удара по гибкой растяжимой нити, родившаяся в годы Великой Отечественной войны как ответ на насущные вопросы практических приложений, нуждается в несколько более подробном описании. Вопрос об эффективности применения аэростатов заграждения для защиты исторических, культурных и народно-хозяйственных ценностей от атак с воздуха остро стоял с первых дней войны. Если столкновение натянутого троса с быстро летящим самолетом приведет к обрыву троса, то разворачивать

подобную систему неэффективно. При рассмотрении задачи о натяжении троса под воздействием поперечной нагрузки большинству приходит в голову картина, аналогичная отклонению гитарной струны (см. рис. *а*). Небольшое отклонение троса, как видно из рисунка, приводит к возникновению большой силы натяжения  $T$ , ориентированной по направлению троса. При этом сила  $F$ , действующая на отклоняющееся трос тело (крыло или фюзеляж), будет значительно меньше. Допущение о том, что трос и ударяющий предмет выполнены из одного и того же материала и близки по прочностным характеристикам, приводит немедленно к выводу, что разрушению подвергнется трос, что делает его применение малоэффективным. Х. А. Рахматулиным было показано, что в момент удара от точки встречи по тросу в обе стороны (вверх и вниз) будет распространяться продольная волна со скоростью  $a = \sqrt{\frac{Es}{\rho}}$ , а за

ней с меньшей скоростью ( $b = \sqrt{\frac{T}{\rho(1+\varepsilon)}}$ ) поперечная волна, которая и будет приводить к изгибу троса. (Здесь  $E$  — модуль упругости,  $\varepsilon$  — деформация троса,  $\rho$  — линейная плотность,  $s$  — площадь сечения). Поэтому форма троса в первые моменты удара, пока возмущения еще не дошли до его концов, будет существенно другой (см. рис. *б*), где тангенс угла отклонения  $\theta$  будет пропорционален скорости удара  $V$ . При этом правило сложения сил показывает, что сила  $F$ , действующая на отклоняющееся трос тело, может существенно превосходить силу натяжения троса и будет тем больше, чем больше скорость полета самолета. В этом случае разрезание крыла или фюзеляжа летящего самолета становится неизбежностью.

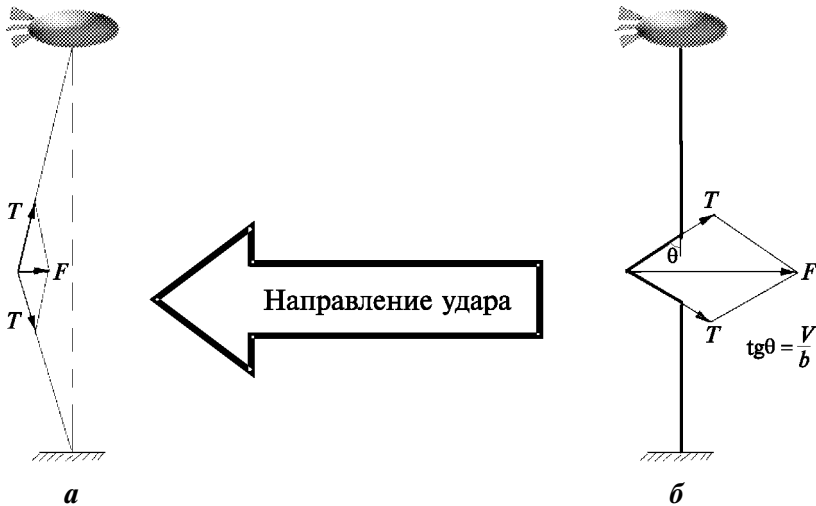


Схема сил, возникающих при квазистатическом *а* и динамическом *б* отклонении троса при ударе

Полученное решение доказало эффективность применения аэростатов заграждения для борьбы с низко летящими целями. Соответствующие системы были развернуты и эффективно охраняли столицу в годы войны. Тросы аэростатов заграждения имели и сильнейший психологический эффект: неожиданность их появления перед самолетом, невозможность предварительного обнаружения и летальность при столкновении — все это приводило в ужас вражеских летчиков и заставляло подниматься на большие высоты, что исключало прицельное бомбометание. Поэтому здания Москвы сохранились во многом благодаря исследованиям, выполненным Х. А. Рахматулиным.

Эти результаты послужили основой разработки современной теории поперечного удара по связям типа нитей, мембран, оболочек, которая в дальнейшем развивалась Х. А. Рахматулиным и его учениками на кафедре газовой и волновой динамики МГУ. Теория поперечного удара широко используется при расчетах динамических задач для тонкой брони, сетей, аэрофинишеров и в технологиях текстильной промышленности. Выявлены особенности взаимодействия тел и связей.

Большое практическое значение имеют исследования Х. А. Рахматулина по динамике грунтов. Им были рассмотрены вопросы проникания тел и распространения взрывных волн в грунтах и бетоне. Результаты этих исследований нашли применение, в частности, при расчете гидротехнических и подземных сооружений на сильные взрывные нагрузки.

Исследования последних десяти лет жизни Х. А. Рахматулина по динамике ударного взаимодействия тел с плотными преградами, выполненные им совместно со своими учениками и коллегами по кафедре газовой и волновой динамики (А. И. Бунимович, В. М. Гендугов, А. В. Звягин, А. Б. Киселев, В. Ф. Максимов, А. Я. Сагомоян), были удостоены в 1990 г. премии Совета Министров СССР.

На основе идей, методов и результатов исследований Х. А. Рахматулина по теории обтекания проницаемых тел и теории движения многокомпонентных и многофазных сред возникли школы и лаборатории, в том числе и в Московском университете, сотрудники которых успешно ведут научные исследования по этим современным актуальным проблемам механики.

Х. А. Рахматулин — основоположник теории взаимопроникающего движения многофазных сред. Им впервые была получена замкнутая система уравнений движения смеси нескольких сжимаемых фаз, проанализированы основные законы распространения волн, даны основы теории пограничного слоя в двухфазной смеси. Впервые им была поставлена и решена задача о сверхзвуковом потоке газа, содержащего твердые и жидкие частицы. Большинство сред, встречающихся в природе и используемых в технике, не являются однородными и не могут быть отнесены к классу жидкостей, газов или твердых деформируемых тел. Это, так называемые, многофазные (гетерогенные) среды, содержащие поверхности разрыва непрерывности свойств. К таким средам могут быть отнесены парожидкостные потоки, газопылевые облака, нефтегазоносные пористые

среды (грунты и горные породы), композиционные материалы. На границах раздела фаз в таких средах возможны фазовые переходы (испарение, газификация, конденсация) и химические реакции (горение, каталитические гетерогенные реакции). Различия в свойствах отдельных фаз, составляющих среду, и межфазные взаимодействия играют определяющую роль в динамике таких сред, что потребовало разработки новых моделей и методов.

Этот интенсивно развивающийся раздел механики многим обязан Х. А. Рахматулину. Предложенная им теория взаимопроникающих континуумов положила начало новому этапу развития механики многофазных сред. В ней последовательно объединились достижения, идеи и методы газодинамики, механики деформируемых сред и реальных процессов межфазного взаимодействия. Оформилась получившая мировое признание советская школа специалистов по механике многофазных сред, одним из признанных основателей которой был Х. А. Рахматулин. Результаты, полученные Х. А. Рахматулиным в механике многофазных сред, нашли применение в гидротехнике, химической технологии, атомной энергетике, теории горения и взрыва в гетерогенных средах и при создании образцов новой техники и активно развивались его учениками и последователями на кафедре газовой и волновой динамики МГУ. В 1979 г. Х. А. Рахматулин был удостоен звания Героя Социалистического Труда, во многом за свои исследования по механике многофазных сред, а его ученик, академик РАН Р. И. Нигматулин получил в 1973 г. премию Ленинского комсомола, а в 1983 г. Государственную премию СССР за исследования по механике многофазных систем (вместе с профессором Н. С. Хабеевым). Н. Н. Смирнову была присуждена премия И. И. Шувалова (1993) за исследования по гетерогенному горению.

Под руководством Х. А. Рахматулина разработана новая технология для аэрохимической очистки зерен риса, хлопковых семян и других культур, являющаяся наиболее совершенной и экономичной, превосходя все существующие в СССР и за рубежом.

Наряду с заведованием кафедрой Х. А. Рахматулин работал по совместительству в Центральном НИИ машиностроения (ЦНИИмаш) — головном институте ракетно-космической отрасли. Ему принадлежит идея создания аэродинамической базы в ЦНИИмаше, а также ее дальнейшее воплощение. Предложение было поддержано Главным конструктором С. П. Королевым. В результате в ЦНИИмаше была создана самая крупная для того времени экспериментальная база по аэродинамике в составе: установки адиабатического сжатия, серии ударных труб большого диаметра и установки электродугового разогрева с вращающейся дугой, позволявшей получать поток воздуха при давлениях 150–200 атмосфер и температурах 5000–6000°С. Создание экспериментальной аэродинамической базы было необходимо для исследования входа космических аппаратов в атмосферу. Большое количество учеников Х. А. Рахматулина и выпускников кафедры возглавило крупные отделы и лаборатории ЦНИИмаша, а его ученик, лауреат Ленинской премии, профессор

Ю. А. Демьянов долгие годы возглавлял крупное отделение аэродинамических исследований.

Выход аппаратов в космос, где средние скорости составляют 8 км/с, поставил вопрос о высокоскоростном взаимодействии тел, в частности взаимодействии элементов конструкций с мелкими частицами при высокоскоростном столкновении. Для изучения поведения материалов при высоких скоростях столкновения Х. А. Рахматулиным была предложена идея трехступенчатой легкогазовой установки с гидропоршнем. В дальнейшем эти идеи были развиты и воплощены Н. Н. Поповым. Крупными «легкогазовыми пушками» были оснащены исследовательские центры в Томске и Бийске. Эти установки позволяли исследовать взаимодействие тел, движущихся с космическими скоростями (до 10 км/с).

Работа по экспериментальной аэродинамике, выполненная под руководством и при непосредственном участии Х. А. Рахматулина, была удостоена Государственной премии СССР (1974).

Х. А. Рахматулин предложил численный метод решения линейных задач механики и математической физики, названный им методом источников, позволяющий наиболее экономично по сравнению с другими методами и без особых усложнений решать задачи с любой формой границы и любыми начальными условиями. Метод успешно используется для расчетов на прочность и газодинамических расчетов различных конструкций.

Под руководством Х. А. Рахматулина создана серия гидродинамических волновых установок для получения смесей и суспензий сверхвысокого качества, которые другими методами получать не удавалось. Ряд таких установок успешно работает в строительных организациях России и стран СНГ. За эти работы Х. А. Рахматулин был удостоен премии Совета Министров СССР (1985).

Велики заслуги Халила Ахмедовича в подготовке высококвалифицированных научных кадров. Им подготовлены сотни специалистов, докторов и кандидатов наук, которые успешно работают в НИИ и вузах страны, развивают научные исследования по механике во многих зарубежных странах.

Х. А. Рахматулин непрерывно вел большую научно-организационную работу. Он был зам. председателя Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике, председателем секции импульсных воздействий Научного совета по прочности и пластичности АН СССР, членом секции Международной Астронавтической академии, бессменным руководителем методологического семинара отделения механики механико-математического факультета МГУ.

Выдающиеся заслуги академика Х. А. Рахматулина высоко оценены: он удостоен звания Героя Социалистического Труда, награжден четырьмя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, Орденом «Знак Почета», медалями. Ему присвоены звания заслуженного деятеля науки и техники РСФСР и УзССР. Он — дважды лауреат Государственной премии СССР,

дважды лауреат премии Совета Министров СССР, лауреат Государственной премии УзССР им. Бируни, премии им. М. В. Ломоносова.

Халил Ахмедович ушел из жизни внезапно 10 января 1988 г. Халила Ахмедовича отличали чуткое отношение к людям, справедливость и необыкновенная доброта. Это был обаятельный, щедрой души человек, глубоко уважаемый и любимый всеми, кто общался с ним. Все, кому посчастливилось соприкоснуться с Халилом Ахмедовичем при решении научных или жизненных проблем, ощутили на себе эти волны доброты, исходящие от него. Как и открытые им волны разгрузки, эти волны доброты с полным правом могут быть названы волнами Рахматулина.

Светлый образ Халила Ахмедовича Рахматулина навсегда сохранится в сердцах всех, кто знал его. Всегда будут помнить о Халиле Ахмедовиче, выдающемся ученом и патриоте, в его родном Московском университете.

**Георгий Александрович Тюлин** (9.12.1914–22.04.1990). Георгий Александрович Тюлин родился в Пензе. Его отец Александр Федорович Тюлин происходил из иконописцев Владимирской губернии (слобода Мстёра), окончил Петербургский университет, стал специалистом по агропочвоведению. Мать — из семьи священника, окончила Петербургские высшие женские курсы и учительствовала до 70 лет.

Г. А. Тюлин окончил ФЗУ в Перми при паровозоремонтном заводе с пятым разрядом токаря-железнодорожника; потом окончил рабфак и поступил в 1933 г. на механико-математический факультет Московского университета. На третьем курсе стал работать препаратором лаборатории аэродинамики по хоздоговору, заключенному молодым ученым Х. А. Рахматулиным с НИИ-3 по тематике С. П. Королева. В 1938 г. договор МГУ с НИИ-3 неожиданно прервался, т. к. С. П. Королев по клеветническому письму некоторых сотрудников института был репрессирован.

Подрабатывая на должности ассистента кафедры теоретической механики, возглавляемой видным ученым Н. И. Мерцаловым, в Московском институте механизации и электрификации сельского хозяйства, Г. А. Тюлин заканчивал второй год аспирантуры МГУ, приступив к работе над диссертационной темой по вихревому сопротивлению самолета, когда началась война.

25 июня 1941 г. Г. А. Тюлин обратился с просьбой о мобилизации в Красную Армию. Пройдя до осени переподготовку в Подольском военном училище, в ноябре 1941 г. он в звании лейтенанта получил должность командира 2-й отдельной батареи 38-го дивизиона реактивных минометов; принял боевое крещение на Волоколамском направлении, а в ноябре прибыл с батареей под г. Яхрому, где принимал участие в крупном сражении с применением реактивной артиллерии, опрокинувшем наступление гитлеровцев.

После контрнаступления Западного фронта, в котором огонь реактивных минометов был большим подспорьем другим родам войск, Г. А. Тюлин был награжден медалью «За боевые заслуги» и выдвинут заместителем командира дивизиона ГМЧ (гвардейских минометных частей). В мае 1942 г. он был на-

значен помощником начальника штаба, а в августе того же года — начальником штаба 3-й армейской оперативной группы ГМЧ, куда входило несколько дивизионов, полков и других соединений реактивной артиллерии. За активную поддержку огнем войск Северо-Западного и 2-го Прибалтийского фронтов Г. А. Тюлин был награжден орденами Красной Звезды, Красного Знамени, Александра Невского, Отечественной войны II степени и медалями.

В сентябре 1944 г. Г. А. Тюлин был отозван из дивизиона и назначен старшим помощником начальника техотдела главного управления ГМЧ, вскоре реорганизованного в 5-й отдел Главного управления командующего артиллерией Советской Армии. В конце войны Верховный Главнокомандующий направил большую группу специалистов авиации, ракетной техники, вооруженцев в Германию, чтобы не упустить своей доли немецких трофеев; особое место занимали ракеты ФАУ-1 и ФАУ-2. Подбором и отправкой специалистов ракетной техники занимался генерал А. И. Соколов, возглавлявший в годы войны производство «катюш». Были привлечены многие офицеры из ГМЧ для контакта и организации работы с командированными специалистами-ракетчиками. Координацию действия первых таких групп поручили подполковнику Г. А. Тюлину. Многие из его подопечных были старше его и по возрасту (ему было 30), и по званию. Однако среди многих военных он имел преимущество по образованию, а перед гражданскими в военной форме — преимущество военного фронтового опыта.

Так появилось в предместьях Берлина летом 1945 г. «хозяйство Тюлина», обозначенное так на указателях. Среди прибывших сюда специалистов были Ю. А. Победоносцев, С. С. Лавров, В. П. Глушко, Н. А. Пилюгин, М. С. Рязанский, Л. А. Воскресенский. В сентябре прибыл С. П. Королев, потом Ю. А. Мозжорин. К октябрю приехал командовавший ими генерал А. И. Соколов. На основании анализа некоторых данных из немецких документов и личных наблюдений от поездок по нашей зоне Г. А. Тюлин и Я. Б. Шор составили перечень и карту со схемой размещения предприятий и фирм, участвовавших в изготовлении «оружия возмездия». Входившие в советскую зону предприятия были разбиты на три группы. Первая — район Большого Берлина и его пригородов, где под индексом А-4 технической документации находились некоторые фирмы по разработке аппаратуры и бортовой автоматики ФАУ-2. Вторая — в Тюрингии под г. Нордхаузен, где был подземный завод по сборке ракет, стенд огневых испытаний двигателей ФАУ-2 и пр., поблизости после бомбежек был переведен научно-исследовательский Центр Пенемюнде в городок Бляйхероде. Третья группа была в Праге. В середине октября 1945 г. от Британского военного командования поступило приглашение наших специалистов на опытный запуск ФАУ-2, куда поехали А. И. Соколов, Ю. А. Победоносцев, В. П. Глушко, С. П. Королев и Г. А. Тюлин. Г. А. Тюлин возглавил расчетно-теоретическое бюро в Институте Рабе, вошедшем позже в институт Нордхаузен. Бюро проводило расчеты по аэродинамике, баллистике, устойчивости движения и прочности ракет. Г. А. Тюлин тесно контактировал с

С. П. Королевым, который уже присматривал себе сподвижников на будущее: Ю. А. Мозжорина, С. С. Лаврова, Н. Ф. Герасюту. С. П. Королев вполне обратил в свою веру и Г. А. Тюлина, но последнего смущало то, что он военный и что А. И. Соколов его не отпустит из армии. Это огорчало Г. А. Тюлина, т. к. он мечтал о научной работе, не предполагая, что в дальнейшем пути военного и научного работника могут соединиться.

В 1946 г. Г. А. Тюлин получил назначение на должность заместителя начальника 13-го ракетного отдела Главного артиллерийского управления (ГАУ) Советской Армии; через два года он стал начальником этого отдела. Неоднократно он подавал рапорт о демобилизации, может быть, поэтому в 1948 г. он был переведен на научную должность, без оставления армии. Он возглавил лабораторию баллистики в НИИ-4 Академии артиллерийских наук. Его знания, каким-то образом не растерянные за время войны, обусловили ему поэтапное повышение: в 1955 г. он стал первым заместителем начальника НИИ-4 А. И. Соколова. За семь лет научно-организационной работы Г. А. Тюлин выполнил десятки исследований расчетных и реальных траекторий объекта, по обработке данных измерительных средств. В 1950 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1958 г. стал доктором технических наук с присвоением ему ученого звания старшего научного сотрудника.

Не ограничиваясь чисто теоретическими расчетами параметров траектории объекта, Г. А. Тюлин с 1947 г. активно участвовал в ракетных испытаниях на полигоне «Капустин Яр». При первых пусках ракеты А-4 он руководил отделением баллистических расчетов, необходимых для выведения ракеты на орбиту, а также для дальнейшей обработки результатов наблюдений реальной траектории ракеты и сравнению тех и других данных.

Г. А. Тюлин неоднократно был председателем Госкомиссии по запуску сначала баллистических ракет, затем ракет, выводящих на орбиту ИСЗ и межпланетные автоматические станции. Примерами могут служить запуск автоматической межпланетной станции «Марс-1», запущенной в конце 1962 г. и передавшей 61 сеанс радиосвязи до марта 1963 г.; запуски межпланетных станций к Венере, многих лунников. Однако самыми беспокойными и ответственными были Госкомиссии, возглавляемые Г. А. Тюлиным, по запуску пилотируемых космических кораблей. Таковыми были Госкомиссии по запуску корабля «Восток-5» с Валерием Быковским и «Восток-6» с Валентиной Терешковой. В. Быковский стартовал 15 июня 1963 г., 16 июня проводили в космос первую женщину-космонавта В. Терешкову. Г. А. Тюлин возглавлял также Госкомиссии по запуску В. Комарова, К. Феоктистова и Б. Егорова на «Восходе» 12 декабря 1964 г.; затем последовал запуск с П. Беляевым и А. Леоновым, который вышел в открытый космос.

В июне 1959 г. с целью усиления научно-исследовательского центра НИИ-88 в Подлипках (ныне г. Королев) заместитель председателя Совета Министров СССР Д. Ф. Устинов решил провести некоторую реорганизацию института. Посоветовавшись с главными конструкторами ракетной отрасли, и



прежде всего с С. П. Королевым, он решил поставить во главе института Г. А. Тюлина.

Г. А. Тюлин развернул процесс превращения НИИ-88 из научно-прикладной организации, обслуживающей запросы конструкторов, в головной центр ракетной отрасли, разрабатывающий общую методику, прогнозы, государственные планы развития ракетно-космической техники, совмещая эти новые функции с прежними обязанностями обслуживания конструкторских бюро. Безусловно, провести такую существенную реорганизацию было не под силу одному директору: ему помогали его дружеские отношения с большинством главных конструкторов: С. П. Королевым, А. М. Исаевым, Н. А. Пилюгиным, Г. Н. Бабакиным, В. И. Кузнецовым. Доброжелательные отношения были взаимными; например, С. П. Королев добивался создания специального ракетно-космического министерства во главе с Г. А. Тюлиным. Через шесть лет эти чаяния Главного конструктора были реализованы: было создано Министерство общего машиностроения, Г. А. Тюлин стал первым заместителем министра.

Уйдя с головой в научно-организационную работу в НИИ-88, Г. А. Тюлин активно участвовал в запусках космических объектов с нового космодрома Байконур. Кроме того, он вел педагогическую работу в Московском физико-техническом институте (МФТИ), где возглавил закрытую кафедру по его профилю, получив ученое звание профессора.

Успехи работы Г. А. Тюлина в НИИ-88 были отмечены присвоением ему воинского звания генерал-майора инженерно-технической службы. К его фронтовым наградам прибавилось высокое звание Героя Социалистического Труда и орден Ленина (позже второй орден Ленина, орден Октябрьской Революции), звание лауреата Ленинской премии.

В 1963 г. Г. А. Тюлина назначили первым заместителем председателя Государственного Комитета Обороны по ракетно-космической отрасли. С марта 1965 г. из этого Комитета было организовано Министерство общего машиностроения, возглавляемое С. А. Афанасьевым, его первым заместителем стал Г. А. Тюлин.

Г. А. Тюлин был председателем Госкомиссии при участии М. В. Келдыша, С. П. Королева и Г. Н. Бабакина по мягкой посадке на Луну аппарата «Луна-9». 3 февраля 1966 г. «Луна-9» мягко прилунилась в Океане Бурь, сделав целый ряд открытий. Однако с прежними коллегами на заключительном этапе уже не было С. П. Королева: он скончался месяцем раньше. Программу по изучению Луны расширили: был организован специальный Лунный совет, возглавляемый М. В. Келдышем; Г. А. Тюлин стал его заместителем. Только в 1966 г. запустили еще 4 автоматические лунные станции, три из которых стали искусственными спутниками Луны, а «Луна-14» совершила вторую мягкую посадку вблизи Океана Бурь. Госкомиссия по лунной программе, возглавляемая Г. А. Тюлиным, создала обширный коллектив разработчиков: селенологов, геохимиков, небесных механиков, который напряженно трудился по обработке

и анализу полученных с Луны данных, уточняя программы очередных экспериментов, выполняя огромный объем наземных испытаний, изготавливая объекты для отправки на поверхность Луны.

В 1975 г. Г. А. Тюлину было доверено возглавлять международную комиссию по запуску и стыковке советского корабля «Союз» с американским «Аполлоном».

В Министерстве общего машиностроения Г. А. Тюлин проработал 11 лет. В 1976 г. в звании генерал-лейтенанта он вышел на пенсию.

В 1977 г. Г. А. Тюлин возвратился в альма-матер, где стал работать на полставки старшим научным сотрудником (впоследствии — главным научным сотрудником) кафедры газовой и волновой динамики, возглавляемой академиком АН Уз. ССР Х. А. Рахматулиным. В 1979 г. Г. А. Тюлин организовал при кафедре и возглавил отраслевую лабораторию волновых процессов, финансируемую Министерством машиностроения СССР. Постепенно рядом с этой лабораторией были созданы еще три лаборатории, финансируемые уже Министерством общего машиностроения СССР. Так в 1987 г. организовался и успешно работает на механико-математическом факультете МГУ Отдел прикладных исследований по математике и механике, возглавляемый ректором МГУ, академиком РАН В. А. Садовничим.

Лаборатория необратимых волновых процессов и высокоскоростного метания с момента создания комплектовалась выпускниками механико-математического факультета, многие из которых в дальнейшем перешли на педагогическую работу на кафедры факультета либо на научную работу в НИИ. В числе сотрудников лаборатории в различное время были Н. Н. Смирнов, М. Н. Моргунов, А. Б. Киселев, В. М. Гендугов, Ю. Г. Филиппов, В. Р. Душин, В. А. Прошкин, В. Л. Натяганов, В. П. Колпаков, А. Ю. Демьянов, И. И. Панфилов, В. А. Нерченко, Л. А. Голенева. В научной работе лаборатории, кроме штатных сотрудников, участвовали и профессора и преподаватели кафедры. Основными направлениями работ лаборатории были фундаментальные исследования и математическое моделирование закономерностей быстропротекающих процессов в физически и химически трансформирующихся многофазных средах, а также применение полученных фундаментальных результатов при решении практических задач внутренней и внешней баллистики и соударения и разработке изделий новой техники. За время существования лаборатории ее сотрудниками были получены премия Совета Министров СССР (1990), премия им. И. И. Шувалова (1993), защищены 2 докторские и 9 кандидатских диссертаций.

Г. А. Тюлин совместно с Х. А. Рахматулиным осуществлял непосредственное научное руководство всеми научно-исследовательскими работами лаборатории. Он превратил еженедельный научно-исследовательский семинар Х. А. Рахматулина в рабочий семинар для сотрудников лаборатории, на заседаниях которого докладывались только работы сотрудников лаборатории по заданной правительственной тематике. Приглашенные доклады и инициативные

доклады сотрудников заслушивались на семинаре кафедры, руководившемся Х. А. Рахматулиным и также еженедельно проводившем свои заседания. Несмотря на то что все молодые сотрудники и аспиранты, из которых в дальнейшем была сформирована лаборатория, к моменту прихода Г. А. Тюлина на кафедру уже имели научных руководителей, в части работ по тематике лаборатории Георгий Александрович лично руководил научной работой сотрудников. Поэтому в части прикладных исследований все сотрудники по праву считают его своим Учителем. А Халил Ахмедович Рахматулин, направляясь на семинар лаборатории, шутил: «Идем на семинар РахмаТюлина». Ни одна статья и ни один научно-технический отчет не выходили из лаборатории без того, чтобы Георгий Александрович не прочитал их неоднократно вместе с автором, выверяя каждый тезис, каждую формулу и даже каждую букву. При этом он категорически отказывался от соавторства, оставляя все приоритеты молодым сотрудникам лаборатории. Георгий Александрович уделял также много внимания составлению и редактированию сборников научных трудов кафедры газовой и волновой динамики, не будучи официально редактором серии.

Под руководством Г. А. Тюлина в конце 80-х гг. в лабораториях и на кафедре были начаты исследования возникновения и эволюции «космического мусора» — новой техногенной среды, образовавшейся в околоземном космическом пространстве в результате космической деятельности человечества. Разработанные впоследствии новые механические модели и полученные на их основе долгосрочные прогнозы эволюции объектов «космического мусора» оказались точнее зарубежных аналогов и позволили нашей стране занять одно из лидирующих мест в данной области. Уже после смерти Георгия Александровича его учениками была опубликована первая в мире монография по данной тематике (*Smirnov N. Space Debris*. Ed. Taylor and Francis, 2002).

Г. А. Тюлин вел большую научно-организационную работу в рамках всего механико-математического факультета, тесно сотрудничая с созданной в начале 80-х гг. НИЧ факультета, которую возглавлял В. Б. Кудрявцев. В результате этой деятельности на факультете появилось много новых хоздоговоров по важнейшей тематике. При непосредственном участии Г. А. Тюлина было начато оснащение подразделений факультета персональной компьютерной техникой.

За плодотворную научную и научно-организационную деятельность, как в стенах Московского университета, так и за его пределами, в 1984 г. Г. А. Тюлину было присвоено почетное звание заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Г. А. Тюлин проводил серьезные научно-исторические исследования. Он был заместителем председателя Комиссии АН СССР по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства; сопредседателем секции пионеров космонавтики ежегодных Королевских чтений.

Г. А. Тюлин был требовательным руководителем и в то же время чутким и доброжелательным человеком, внимательным к людям, работавшим под его

началом. Он щедро делился своими знаниями и опытом с учениками. Светлый образ Георгия Александровича Тюлина навсегда сохранится в памяти его соратников и учеников.

**Игорь Николаевич Зверев** (14.04.1917–29.05.2001). Бессменный ученый секретарь и первый сотрудник кафедры газовой и волновой динамики заслуженный преподаватель МГУ Игорь Николаевич ЗВЕРЕВ родился в г. Мценске в учительской семье. После окончания средней школы в 1935 г. поступил на механико-математический факультет МГУ, который окончил в 1941 г. В годы Великой Отечественной войны И. Н. Зверев работал в коллективе отраслевой научно-исследовательской лаборатории по созданию новой реактивной техники. В его обязанности входила научная экспертиза изобретений и рацпредложений на предмет выявления наиболее эффективных. С 1943 по 1944 г. И. Н. Зверев работал в НИИ №1, с 1944 по 1948 г. — ассистентом в Московском станкоинструментальном институте. С 1944 г. И. Н. Зверев — аспирант механико-математического факультета МГУ, а с 10 мая 1949 г. — младший научный сотрудник. В 1949 г. И. Н. Зверев защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а в 1951 г. был переведен на должность доцента кафедры газовой динамики механико-математического факультета МГУ. Вся дальнейшая деятельность И. Н. Зверева была неразрывно связана с Московским университетом, где он работал до последних дней своей жизни, отдавая все силы развитию науки и подготовке специалистов.

Научная деятельность И. Н. Зверева охватывала важнейшие разделы механики сплошных сред. Его исследования по распространению волн в вязкоупругих и вязкопластических стержнях (1949) позволили решить важные технические и прикладные проблемы. И. Н. Зверевым исследован удар тонким клином по нити, когда нить соприкасается не только с вершиной клина, но и с боковой поверхностью. Впервые введен ударный импульс (сосредоточенная сила в точках удара нити по щекам клина), действующий на щеки клина со стороны нити (1949). Решен ряд новых задач в области механики грунтов. И. Н. Зверевым исследовано распространение сильных возмущений в гомогенных и гетерогенных средах с учетом неравновесных химических и физических превращений. Им исследовано распространение ударных волн в гомогенных и гетерогенных средах. Изучены ударные волны в двухфазной среде (воздух и твердая порошкообразная фаза) с учетом межгранулярного давления. Выявлено, что плотность твердой фазы и скорость звука в смеси оказывают решающее влияние на процессы распространения волн. Исследовано распространение собственной волны детонации.

В работах И. Н. Зверева исследовано распространение неоднородной детонации в предварительно не перемешанных двухфазных системах (криогенный окислитель и тонкий слой горючего на стенках). Показано, что образуется самоподдерживающийся нестационарный комплекс, содержащий сильные и слабые разрывы и зоны горения или зоны детонации, периодически возникающие у стенок. Исследована детонация в тонких пластинах, пропитанных

жидким кислородом с учетом разлета в зоне детонации. Выявлена зависимость скорости распространения детонации от толщины пластины.

И. Н. Зверевым опубликовано более 100 научных работ, в том числе в соавторстве с сотрудниками кафедры опубликованы учебные пособия «Газовая динамика» (М.: Высшая школа, 1965), «Газодинамика горения» (М.: Изд-во МГУ, 1987), «Гетерогенное горение» (М.: Изд-во МГУ, 1992). Под его руководством защищено 15 кандидатских диссертаций, многие его ученики впоследствии защитили докторские диссертации.

И. Н. Зверев читал общий курс «Механика сплошной среды». Им были созданы и продолжительное время читались на факультете оригинальные специальные курсы: «Распространение волн в сплошных средах», «Детонация и горение», «Термодинамика газовых потоков», которые и по сей день читаются на кафедре. И. Н. Зверев обладал энциклопедическими знаниями практически во всех областях механики, а его незаурядный педагогический талант позволял эффективно донести эти знания до слушателей. Прирожденный учитель, И. Н. Зверев считал педагогическую работу основой деятельности кафедры, и так он воспитывал все поколения сотрудников кафедры. Он бесценно участвовал в работе студенческих научных семинаров всех курсов. На его конструктивных критических замечаниях воспитывались все поколения выпускников кафедры, в памяти которых он навсегда останется первым учителем и наставником.

**Артур Яковлевич Сагомоян** (23.03.1914–08.2001). Заслуженный профессор Московского университета, заслуженный деятель науки и техники РСФСР Артур Яковлевич Сагомоян родился 23 марта 1914 г. в г. Андижане. В 1939 г. после окончания механико-математического факультета Московского университета А. Я. Сагомоян был зачислен в аспирантуру НИИ механики МГУ. С началом Великой Отечественной войны в 1941 г. ушел на фронт и до конца войны сражался в рядах действующей армии, был тяжело ранен.

В октябре 1941 г. А. Я. Сагомоян в звании лейтенанта был направлен в отдельный противотанковый полк, который после кровопролитных боев на западном направлении влился в состав 108-й стрелковой дивизии. В июле 1942 г. он был ранен и, выйдя из госпиталя, получил направление в 3-ю (позже — гвардейскую) танковую армию начальником артснабжения бригады. В составе этой армии он участвовал в сражениях сначала на Украинском фронте, воевал в Польше. Потом, после второго ранения, брал Берлин, освобождал Прагу, закончил войну в Австрии. За боевые действия А. Я. Сагомоян награжден орденами Отечественной войны I степени, Красной Звезды и медалями.

По окончании войны А. Я. Сагомоян вернулся в Московский университет. В 1947 г. после защиты кандидатской диссертации был оставлен для научно-педагогической работы на кафедре аэромеханики механико-математического факультета МГУ. Одновременно был назначен заместителем директора по научной работе НИИ механики МГУ. В 1954 г. А. Я. Сагомоян защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических

наук. С 1956 г. А. Я. Сагомоян — профессор кафедры газовой и волновой динамики. Он активно участвовал в общественной жизни Московского университета, был членом партийного комитета МГУ, председателем комитета народного контроля МГУ, заместителем секретаря партийного комитета механико-математического факультета.

А. Я. Сагомоян был крупным ученым-механиком. Его научное творчество было посвящено исследованиям в различных областях механики сплошных сред. Им решен ряд новых нестационарных задач движения сплошных сред, созданы их математические модели. Результаты его исследований задач дифракции и взаимодействия ударных волн в сплошных средах, математического моделирования явления взрыва в средах типа грунтов и бетона, проблем проникания твердых тел в эти среды, а также пробивания слоистых преград имеют фундаментальное научное и прикладное значение. Результаты этих исследований способствовали решению важных практических задач и созданию изделий новой техники. Научные труды А. Я. Сагомояна широко используются в инженерной практике и при подготовке специалистов для работы в области создания новой техники.

В последние годы жизни А. Я. Сагомоян уделял большое внимание научным исследованиям, имеющим экологическую направленность. Его научные интересы охватывали вопросы математического моделирования эрозии почв и оползней на склонах возвышенностей.

А. Я. Сагомоян вел большую педагогическую работу на кафедре. Им читались курсы по газовой динамике, распространению волн в сплошных средах, он был руководителем аспирантов. А. Я. Сагомояном подготовлено большое число научных работников, под его руководством защищено 43 кандидатских диссертации, 5 учеников защитили впоследствии докторские диссертации. Многие его ученики успешно работают в различных научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях.

А. Я. Сагомоян — автор более 200 научных работ, в том числе шести монографий и двух учебных пособий. Им были опубликованы следующие монографии: «Пространственные задачи по неустановившемуся движению сжимаемой жидкости» (М., 1962), «Вопросы динамики грунтов» (М., 1964, в соавторстве), «Пространственные задачи неустановившегося движения сжимаемой жидкости» (М., 1970, в соавторстве), «Проникание» (М., 1974), «Удар и проникание тел в жидкость» (М., 1986), «Динамика пробивания преград» (М., 1988). А. Я. Сагомоян — автор двух учебных пособий: «Газовая динамика» (М., 1965, в соавторстве), «Волны напряжения в сплошных средах» (М., 1985).

Научная и педагогическая деятельность А. Я. Сагомояна была отмечена орденом «Знак Почета». В 1990 г. за работы в области механики он был удостоен звания лауреата премии Совета Министров СССР, а в 1995 г. решением Ученого совета МГУ ему было присвоено почетное звание заслуженного профессора Московского университета.

**Абрам Исаакович Бунимович** (22.12.1917–03.07.1999). Заслуженный профессор Московского университета Абрам Исаакович Бунимович родился 22 декабря 1917 г. в Киеве. В 1934 г. после окончания средней школы поступил и в 1940 г. с отличием окончил механико-математический факультет МГУ по кафедре гидромеханики.

23 июня 1941 г. со второго курса аспирантуры НИИ механики МГУ ушел на фронт. Участвовал в боях на Волховском, Степном, 1-м и 2-м Украинских фронтах, в Корсунь-Шевченковской, Днепровской, Яско-Кишиневской, Бухарестской, Будапештской, Венской, Пражской и других боевых операциях в качестве офицера артиллерийской разведки. Прошел славный боевой путь от командира взвода разведки до старшего помощника начальника артиллерийской разведки 2-го Украинского фронта.

После демобилизации в сентябре 1945 г. вернулся в аспирантуру и в январе 1948 г. защитил кандидатскую диссертацию, в которой была построена теория и решен ряд задач об истечении газовых струй из каналов с произвольной формой стенок. С 1948 по 1961 г. работал старшим научным сотрудником в НИИ-1, МАП и ЦИАМ, где выполнил обширные циклы работ по теоретическому и экспериментальному исследованию обтекания решетчатых систем потоком газа с дозвуковыми скоростями, результаты которых нашли широкое применение при проектировании и разработке реактивных двигателей.

В 1961 г. Абрам Исаакович был приглашен доцентом на кафедру газовой и волновой динамики механико-математического факультета МГУ. В период 1961–1963 гг. заведовал отделом газовой и волновой динамики НИИ механики МГУ.

Степень доктора физико-математических наук присуждена в 1969 г., звание профессора в 1980 г.

Общепризнанны научные результаты А. И. Бунимовича, охватывающие широкую область механики. Одним из первых в 1948 г. А. И. Бунимович провел исследования движения тонких тел с большими сверхзвуковыми скоростями: были строго доказаны законы подобия при наличии ударных волн и установлена аналогия между пространственными установившимися и плоскими неустановившимися движениями.

А. И. Бунимович — автор свыше 190 научных работ. Области его научных исследований — теория пограничного слоя, газовая динамика и динамика разреженного газа, проникание твердых тел с большими скоростями в различные среды (грунты, металлы), теоретико-групповые методы и их применение к различным проблемам механики (нестационарное неизотермическое движение газа в газопроводах, движение неньютоновских жидкостей, кинетические уравнения).

А. И. Бунимовичу принадлежат пионерские исследования по обтеканию тел и систем тел потоком разреженного газа в области течения со скольжением. Им создана научная школа по теоретическому исследованию обтекания тел потоком разреженного газа в области свободномолекулярного течения и в

промежуточном диапазоне высот. А. И. Бунимовичу принадлежат многие работы по изучению течений разреженного газа в каналах и решетках; им разработаны теория и методы определения аэродинамических характеристик тел во всем диапазоне высот полета в разреженном газе, определения формы тел с оптимальными характеристиками, построена общая теория локального взаимодействия тел с различными средами, имеющая широкие приложения в различных задачах механики сплошной среды. Ряд работ посвящен применению методов теоретико-группового анализа в задачах механики.

Помимо научно-исследовательской деятельности, Абрам Исаакович на протяжении многих лет вел большую педагогическую работу: преподавал основные и ряд оригинальных специальных курсов на механико-математическом факультете МГУ («Механика сплошной среды», «Гидроаэродинамика», «Динамика разреженного газа», «Газодинамика пограничного слоя»).

За время работы на кафедре он воспитал многих высококвалифицированных научных работников в области механики, которые успешно работают в различных научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях. Им подготовлено 18 кандидатов наук, при его консультации защищены 4 докторские диссертации. На протяжении многих лет он был членом Специализированного совета по присуждению ученых степеней, членом Ученого совета отделения механики.

На протяжении всей жизни Абрама Исааковича всегда отличала активная жизненная позиция. В студенческие годы он избирался заместителем секретаря комитета ВЛКСМ МГУ, членом Краснопресненского РК ВЛКСМ; в дальнейшие годы — член партбюро факультета, секретарь партбюро отделения механики, парторг кафедры. Очень жизнелюбивый и доброжелательный человек, А. И. Бунимович снискал громадное уважение и авторитет среди коллег и учеников.

За вклад в науку Абрам Исаакович был удостоен многих наград, премий и почетных званий. В 1990 г. за научные результаты по спецтеematике ему было присуждено звание лауреата премии Совета Министров СССР. За внедрение в практику народного хозяйства научных результатов он был награжден серебряной и бронзовой медалями ВДНХ, за пропаганду научных знаний — медалью «День советской науки», за педагогическую деятельность — почетным знаком «Отличник высшей школы».

Высоко оценены боевые заслуги А. И. Бунимовича. Он был награжден орденом Отечественной войны I степени, двумя орденами Отечественной войны II степени, орденом Красной Звезды и многими медалями.

До последних дней своей жизни Абрам Исаакович оставался энтузиастом науки, творческой личностью, которую отличала бьющая через край энергия.

**Анатолий Леонтьевич Павленко** (06.10.1911—25.08.1987). Одним из первых сотрудников кафедры газовой и волновой динамики был Анатолий Леонтьевич Павленко. Он родился 6 октября 1911 г. на Украине. Нелегкая, и все же во многом схожая с другими из его поколения, дорога жизни привела его на ме-



ханико-математический факультет Московского университета. Война застала А. Л. Павленко в г. Градижске Полтавской области, где он работал учителем математики и завучем средней школы. Уже в июле 1941 г. А. Л. Павленко — командир пулеметной роты 2-го стрелкового полка 300-й стрелковой дивизии. Воюет на подступах к Днепру. За три месяца ожесточенных боев А. Л. Павленко прошел путь от младшего лейтенанта до исполняющего обязанности начальника штаба полка.

После ранения и лечения в госпиталях опять на фронте. В январе—феврале 1942 г. завязались бои по окружению 16-й немецкой армии. А. Л. Павленко участвовал в них вместе с ротой автоматчиков под Старой Руссой. С 7 по 9 февраля был ранен дважды, причем второе ранение было очень тяжелым, и в результате его он оказался на нейтральной полосе. Истекая кровью, временами теряя сознание, он полз ночами 12 км при сорокаградусном морозе к своим. И когда цель была уже близка, до окопов оставалось всего несколько десятков метров, его ранило еще раз — осколком мины в живот. К счастью, выползавшие на разведку бойцы вынесли его на передовую и в тяжелейшем состоянии А. Л. Павленко был отправлен в госпиталь, где началась в буквальном смысле борьба со смертью, поскольку ранения были очень тяжелыми и сказалась огромная потеря крови. Возвращение к жизни продолжалось целый год. Был потерян счет пережитым операциям. Но самоотверженная работа врачей и сильная воля помогли выжить. Однажды он смог сказать — «Жив курилка». Участие А. Л. Павленко в войне отмечено орденом Отечественной войны II степени и многими медалями.

Инвалидность заставила задуматься над тем, что делать дальше. И в 1943 г. Анатолий Леонтьевич поступил на 2-й курс механико-математического факультета МГУ. Закончив университет с отличием, А. Л. Павленко поступил в аспирантуру, а после аспирантуры остался работать в университете. Он работал на кафедре газовой и волновой динамики с момента основания кафедры в 1951 г. В 1954 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию по волновым задачам механики твердого деформируемого тела.

Вся его дальнейшая творческая жизнь связана с кафедрой газовой и волновой динамики. А. Л. Павленко был учителем многих поколений студентов и аспирантов. Его лекции были отточены до совершенства, и здесь сказывалась одна из основных черт его характера — во всем разобраться до мельчайших подробностей, не оставить никаких белых пятен. Исключительной научной добротностью отличаются более 60-ти научных работ А. Л. Павленко. Очень большое значение он отводил экспериментальной работе. Многие задуманные и осуществленные им эксперименты до сих пор используются в учебном процессе в качестве задач физико-механического практикума студентов.

Анатолий Леонтьевич был человеком сильной воли, способным отстаивать свое мнение в любом вопросе. Он принимал активное участие в общественной жизни факультета, был прекрасным куратором многих студенческих групп кафедры, требовательным научным руководителем. За большую и

плодотворную педагогическую работу в 1980 г. А. Л. Павленко был награжден Почетной грамотой Верховного Совета РСФСР.

Тяжелая автомобильная авария и сказавшиеся фронтовые раны привели к болезни, еще несколькими операциями и как результат — к уходу из жизни А. Л. Павленко 25 августа 1987 г.

Страстный рыбовод, занимательный рассказчик, дотошный исследователь, прекрасный лектор, требовательный учитель — таким останется Анатолий Леонтьевич Павленко в памяти своих учеников.

**Юрий Индрикович Гримза** (18.08.1921—18.08.1982). Родился 18 августа 1921 в Москве. В 1939 г. окончил 92-ю полную среднюю школу «на отлично» и по результатам собеседования в августе того же года был зачислен на первый курс механико-математического факультета МГУ. В сентябре 1939 г. был призван в ряды Красной Армии. Участник войны с белофиннами, Великой Отечественной войны (Западный, Калининский, Брянский, Белорусский, 1-й и 2-й Белорусские фронты). Награжден медалями «За боевые заслуги», «За освобождение Варшавы», «За победу над фашистской Германией в войне 1941—1945 гг.» и др. В июне 1946 г. был демобилизован из рядов Красной Армии в звании старшины. В июле 1946 г. вновь принят на механико-математическом факультете, который в 1951 г. окончил с отличием. С октября 1951 г. по сентябрь 1954 г. учился в аспирантуре факультета, но последние два года тяжело болел туберкулезом легких. С октября 1954 г. до своей кончины работал на кафедре газовой и волновой динамики механико-математического факультета — старшим лаборантом (до 1958 г.), ассистентом (до 1967 г.), старшим преподавателем. Активно участвовал в общественной жизни факультета.

Преподавательская деятельность Юрия Индриковича неразрывно связана со становлением студенческого практикума по газовой и волновой динамике. Им придуманы многие оригинальные установки, которые используются при выполнении студенческого практикума и по сей день, в частности установка для определения диаграммы состояния грунтов по данным динамических испытаний.

Проведенные Ю. И. Гримзой исследования распространения волн в грунтах показали существенную нелинейность исследуемых сред и экспериментально подтвердили сформулированную Х. А. Рахматулиным модель «пластического газа», продуктивно применяющуюся для описания динамики грунтов.

## **Биографическая справка о коллективе кафедры**

**Шемякин Евгений Иванович** — заведующий кафедрой, родился 09.12.1929 в Новосибирске. Окончил матмех ЛГУ в 1952 г., доктор технических наук (1962), профессор (1966), академик АН СССР (1984, член-корреспондент с 1976), лауреат Государственной премии СССР (1984), заслуженный профессор МГУ

(1998), действительный член Королевской шведской академии инженерных наук и Чехословацкой академии наук.

Область научных интересов: прикладная математика, механика, в том числе механика горных пород. Имеет более 250 научных работ; под его руководством защищено более 40 кандидатских диссертаций, около 20 учеников защитили докторские диссертации.

**Звягин Александр Васильевич** — ученый секретарь кафедры, доцент, родился 6.05.1953 в Тамбовской области. Окончил мехмат МГУ в 1975 г., кандидат физико-математических наук (1980), доцент (1989), лауреат премии Совета Министров СССР (1990).

Область научных интересов: механика твердого деформируемого тела, задачи разрушения, динамика нити. Имеет более 40 научных работ. Под его руководством защищена 1 кандидатская диссертация.

**Смирнов Николай Николаевич** — профессор, зам. заведующего кафедрой, заведующий лабораторией волновых процессов, зам. декана, родился 19.04.1954 в Москве. Окончил мехмат МГУ в 1976 г., доктор физико-математических наук (1990), профессор (1994), лауреат премии им. И. И. Шувалова (1993), член-корреспондент РАЕН (1998), член-корреспондент АТН РФ (1992), заместитель председателя Научного совета по горению и взрыву при Президиуме РАН (1999).

Область научных интересов: динамика физико-химически трансформирующихся многофазных сред, фундаментальные проблемы экологии, математическое моделирование эволюции космического мусора, движения автотранспортных потоков. Имеет более 200 научных работ, под его руководством защищено 10 кандидатских диссертаций.

**Максимов Виктор Федорович** — доцент кафедры, заведующий лабораторией динамики деформируемых сред, зам. проректора МГУ, родился 4.12.1940 в Саратовской области. Окончил мехмат МГУ в 1963 г., кандидат физико-математических наук (1974), доцент (1979), лауреат премии Совета Министров СССР (1990).

Область научных интересов: динамика гибких связей, динамика упругопластических оболочек, динамика удара. Имеет более 70 научных работ.

**Киселев Алексей Борисович** — профессор кафедры, родился 11.01.1956 в Москве. Окончил мехмат МГУ в 1978 г., доктор физико-математических наук (1992), профессор (1997), лауреат премии Совета Министров СССР (1990).

Область научных интересов: математическое моделирование процессов динамического деформирования и разрушения твердых тел, в том числе многофазных, математическое моделирование эволюции космического мусора, движения автотранспортных потоков. Имеет более 100 научных работ.

**Ковалев Валерий Леонидович** — профессор кафедры, зам. декана, родился 13.08.1952 в Брянской области. Окончил мехмат МГУ в 1974 г., доктор физико-математических наук (1996), профессор (2000), член-корреспондент РАЕН (2004).

Область научных интересов: механика жидкости, газа и плазмы, гиперзвуковая аэродинамика, физико-химические процессы. Имеет более 80 научных работ. Под его руководством защищена 1 кандидатская диссертация.

**Коробейников Виктор Павлович** (15.03.1929–6.02.2003) — профессор (по совместительству), родился в Татарской АССР. Окончил мехмат Казанского ун-та в 1952 г., доктор физико-математических наук (1968), профессор (1970), член-корреспондент АН СССР (1987), лауреат Государственных премий СССР (1975) и России (2002).

Область научных интересов: математическое моделирование задач теории взрыва и детонации, динамики многофазных сред, моделирование катастрофических явлений природы. Имеет около 200 научных работ. Под его руководством защищено 15 кандидатских диссертаций, 4 учеников защитили докторские диссертации.

**Никитин Лев Васильевич** — профессор (по совместительству), родился 17.05.1931 в Воронеже. Окончил МФТИ в 1955 г., доктор физико-математических наук (1974), профессор (1976), лауреат премии им. А. Гумбольдта (1996), член-корреспондент РАН.

Область научных интересов: механика деформируемого твердого тела, механика разрушения. Имеет более 100 научных работ. Под его руководством защищено более 30 кандидатских диссертаций.

**Дубровский Владимир Анатольевич** — профессор (по совместительству), родился 20.03.1935 в Севастополе. Окончил физфак МГУ в 1954 г., доктор физико-математических наук (1988), старший научный сотрудник (1976).

Область научных интересов: применение уравнений математической физики в геофизике, гидроаэродинамике и теории поля. Имеет более 80 научных работ. Под его руководством защищено 4 кандидатских диссертации.

**Куксенко Борис Владимирович** — доцент кафедры, родился 23.06.1934 в Челябинске. Окончил мехмат МГУ в 1957 г., кандидат физико-математических наук (1969), доцент (1984).

Область научных интересов: механика сплошных сред. Имеет более 50 научных работ. Под его руководством защищено 5 кандидатских диссертаций.

**Филимонов Владимир Алексеевич** (31.05.1944–22.03.1997) — доцент кафедры, родился в Москве. Окончил мехмат МГУ в 1971 г., кандидат физико-математических наук (1977), доцент (1985).

Область научных интересов: аэродинамика околозвуковых течений, течения в струях, взаимодействие с преградами. Автор более 20 научных работ, в том числе пособий по элементарной математике. Научную и педагогическую работу на факультете сочетал с преподаванием в школе.

**Филиппов Юрий Григорьевич** — доцент кафедры, родился 10.12.1955 в Пинске Белорусской ССР. Окончил мехмат МГУ в 1979 г., кандидат физико-математических наук (1983), доцент (1992).

Область научных интересов: вычислительные методы в газовой динамике, внутренняя баллистика. Имеет около 20 научных работ.

**Натяганов Владимир Леонидович** — доцент кафедры, родился 10.05.1952 в г. Валга Эстонской ССР. Окончил мехмат МГУ в 1975 г., кандидат физико-математических наук (1983), доцент (1990).

Область научных интересов: электромагнитная гидродинамика. Имеет более 40 научных работ.

**Душин Владислав Роальдович** — доцент кафедры, родился 10.05.1958 в Омске. Окончил мехмат МГУ в 1980 г., кандидат физико-математических наук (1988).

Область научных интересов: групповые методы в механике, вычислительные методы в газовой динамике. Имеет около 20 научных работ.

**Сагомонян Елена Артуровна** — доцент кафедры, родилась 7.11.1950 в Москве. Окончила мехмат МГУ в 1973 г., кандидат физико-математических наук (1976), старший научный сотрудник (1980).

Область научных интересов: задачи динамики твердого деформируемого тела. Имеет около 50 научных работ.

**Гендугов Владимир Михайлович** — ведущий научный сотрудник кафедры, родился 20.10.1945 в Сухуми. Окончил мехмат МГУ в 1968 г., кандидат физико-математических наук (1973), старший научный сотрудник (1976), лауреат премии Совета Министров СССР (1990).

Область научных интересов: горение, детонация, образование алмазов, дождевая и ветровая эрозия почв. Имеет более 100 научных работ. Под его руководством защищено 3 кандидатских диссертации.

**Никитин Валерий Федорович** — доцент кафедры, родился 5.09.1962 в Москве. Окончил мехмат МГУ в 1984 г., кандидат физико-математических наук (2002).

Область научных интересов: численное моделирование в механике многофазных химически реагирующих сред. Имеет более 50 научных работ.

**Гувернюк Сергей Владимирович** — доцент кафедры (по совместительству), родился 24.05.1950 в Луганской области. Окончил мехмат МГУ в 1972 г., кандидат физико-математических наук (1982), старший научный сотрудник (1988).

Область научных интересов: экспериментальная аэромеханика, теория проницаемого тела, управление отрывными течениями, сопряженные задачи движения тел в сплошной среде с учетом динамики вихрей, сверхзвуковые течения газов с искусственными источниками неоднородности, пульсирующие турбулентные струи, прикладные компьютерные технологии в МЖГ. Имеет более 100 научных работ и 10 патентов на изобретения. Под его руководством защищено 2 кандидатских диссертации.

**Андронов Петр Роальдович** — доцент кафедры (по совместительству), родился 4.07.1971 в Москве. Окончил мехмат МГУ в 1973 г., кандидат физико-математических наук (2001).

Область научных интересов: нестационарные вихревые взаимодействия неограниченных потоков и струй со сплошными и проницаемыми телами, численное моделирование. Имеет 25 научных работ.

**Фалунин Михаил Петрович** — старший преподаватель (по совместительству), родился 13.01.1919 в Казахстане. Окончил мехмат МГУ в 1948 г., кандидат физико-математических наук (1957), старший научный сотрудник (1965).

Область научных интересов: теоретическая и экспериментальная газовая динамика, теория парашюта. Имеет более 50 научных работ.

**Колпаков Виктор Петрович** — доцент кафедры (по совместительству), зам. декана, родился 22.07.1952 в Курской области. Окончил мехмат МГУ в 1979 г.

Область научных интересов: механика твердого деформируемого тела. Имеет около 10 научных работ.

**Козлов Владимир Петрович** — научный сотрудник кафедры, родился 9.06.1956 в Московской области. Окончил мехмат МГУ в 1982 г., кандидат физико-математических наук (1997).

Область научных интересов: моделирование отрывных течений, динамические задачи осесимметричных вращающихся тел. Имеет около 20 научных работ.

**Зубков Александр Федорович** — научный сотрудник кафедры (по совместительству), родился 19.04.1961 в Москве. Окончил мехмат МГУ (1986).

Область научных интересов: экспериментальная аэромеханика, генераторы импульсных струй, автоматизация эксперимента и методология измерительных систем, прикладные компьютерные технологии в эксперименте. Имеет 15 научных работ.

**Кокорева Анастасия Владимировна** — младший научный сотрудник лаборатории динамики деформируемых сред, родилась 2.11.1976 в Москве. Окончила мехмат МГУ в 1999 г.

Область научных интересов: динамика транспортных потоков. Имеет 4 научные работы.

**Нерченко Валентина Альфредовна** — младший научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родилась 12.11.1953 в Ленинграде. Окончила ЛГУ в 1976 г.

Область научных интересов: газодинамика взрыва и реагирующих систем. Имеет 10 научных работ.

**Ильюшина Елена Алексеевна** — старший научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родилась 3.09.1943 в Москве. Окончила физфак МГУ в 1966 г., кандидат физико-математических наук (1976), доцент.

Область научных интересов: динамика неоднородных многокомпонентных систем, задачи статистики. Имеет 25 научных работ.

**Ивашнев Олег Евгеньевич** — ведущий научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родился 22.10.1960 в Нижнем Тагиле Свердловской области. Окончил Харьковский авиационный институт в 1983 г., затем аспирантуру МГУ на кафедре газовой и волновой динамики. Кандидат физико-математических наук с 1988 г.

Имеет более 40 научных работ по механике многофазных сред, фазовым переходам и кипению перегретых жидкостей, неустойчивости поверхностей раздела в динамике жидкостей.

**Кульчицкий Антон Владимирович** — младший научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родился 30.08.1972 в Москве. Окончил мехмат МГУ в 1994 г., затем аспирантуру МГУ. Кандидат физико-математических наук с 1999 г.

Область научных интересов: неравновесные фазовые переходы и тепло-массообмен, сейсмoeлектрические эффекты, электромагнитные предвестники землетрясений. Опубликовано около 20 научных работ.

**Зеленский Александр Степанович** — старший научный сотрудник лаборатории динамики деформируемых сред, родился 21.10.1956 в пос. Ольховчик Донецкой области. Окончил мехмат МГУ в 1979 г., кандидат физико-математических наук (1985).

Область научных интересов: механика деформируемого твердого тела. Имеет около 20 научных работ.

**Юмашев Михаил Владиславович** — старший научный сотрудник лаборатории динамики деформируемых сред, родился 08.05.1958 в Реутове Московской области. Окончил мехмат в 1981 г., кандидат физико-математических наук (1985).

Область научных интересов: механика деформируемого твердого тела, механика разрушения. Имеет около 20 научных работ.

**Чайка Александр Александрович** — младший научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родился 24.03.1980 в Калуге. Окончил мехмат МГУ в 2002 г.

Область научных интересов: электровязкостный эффект, электрогидродинамика суспензий, электромагнитные взаимодействия.

**Касаткин Сергей Евгеньевич** — младший научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родился 29.07.1977 в р.п. Нюрба Якутской АССР. Окончил мехмат МГУ в 1999 г., второе высшее образование: государственный университет — Высшая школа экономики, кандидат экономических наук (2003).

Область научных интересов: математическая экономика.

**Глебов Сергей Михайлович** — младший научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родился 22 октября 1980 г. в Кировске Мурманской области. Окончил мехмат МГУ в 2003 г.

Область научных интересов — математическое моделирование многофазных течений в пористых средах, явления неустойчивости вытеснения. Имеет 2 научные работы.

**Мартынова (Горбунова) Надежда Владимировна** — младший научный сотрудник лаборатории волновых процессов, родилась 10.04.1982 в Севастополе. Окончила физфак МГУ в 2004 г.

Область научных интересов: математическое моделирование многофазных течений в пористых средах. Имеет 1 печатную работу.

**Прохорова Зоя Ивановна** — старший лаборант кафедры, родилась 26.12.1946 в Москве, с 1970 г. по 1981 г. работала на химическом факультете МГУ, а с 1981 г. работает на кафедре газовой и волновой динамики.

**Фомина Татьяна Николаевна** — инженер 2-й категории, родилась 7.03.1962 в Москве, работает на кафедре с 1983 г.

## **Выпускники кафедры**

Многочисленные выпускники кафедры работают практически во всех отраслях народного хозяйства. Среди них много известных ученых, преподавателей, инженеров, конструкторов, экономистов, экологов, политиков, сотрудников финансовых структур и банков, военных, сотрудников органов внутренних дел и служб безопасности. Это возможно благодаря специфике фундаментального образования, получаемого на кафедре и в Московском университете в целом. Перед преподавателями кафедры стоит задача дать студентам базовые фундаментальные знания законов, на которых строятся здания многих разделов науки, и научить общим методам построения физических и математических моделей динамических процессов и явлений, протекающих в различных технических устройствах, в природе и в обществе. Студенты не изучают конкретные технические устройства или методы, к работе с которыми были бы привязаны в дальнейшей трудовой деятельности. Особенность получаемого ими базового фундаментального образования в том, что в начале трудовой деятельности требуется дополнительное обучение выполнению конкретных работ в выбранной области, иными словами, дополнительная настройка приобретенных знаний. Этот недостаток является одновременно и большим преимуществом получаемого на кафедре образования, т. к. позволяет производить настройку в очень широком диапазоне в зависимости от выбранного рода деятельности.





*Основатель кафедры газовой и волновой динамики академик АН УзССР Х. А. Рахматулин*



*Заведующий кафедрой газовой и волновой динамики, академик РАН Е. И. Шемякин*



*Семинар кафедры газовой и волновой динамики 23.06.2004. Справа налево: А. В. Звягин, В. Р. Душин, В. П. Колпаков, В. Л. Натяганов, Ю. А. Демьянов, Е. А. Ильюшина, В. Л. Ковалев, Е. И. Шемякин, Б. В. Куксенко, Е. А. Сагомоян, Н. Н. Смирнов, Л. В. Никитин, А. Б. Киселев, В. Ф. Никитин, А. Ф. Нечунаев*



*На научно-исследовательском семинаре кафедры газовой и волновой динамики, 1981 г. В первом ряду слева направо: И. Н. Зверев, А. Л. Павленко, Х. А. Рахматулин*



*На студенческом семинаре 5 курса, 1981 г. В первом ряду слева направо: И. Н. Зверев, Х. А. Рахматулин*



*Г. А. Тюлин (второй слева) с первыми членами отряда космонавтов*



*Сидят (справа налево): Б. А. Стrogанов, М. С. Рязанский, маршал М. И. Неделин, С. П. Королев, Г. А. Тюлин, В. П. Бармин, А. Г. Карась. Стоят (справа налево): А. Г. Мрыкин, В. И. Кузнецов, А. Г. Иосифьян, Н. А. Пилюгин, Ю. Г. Захаров*



*Г. А. Тюлин и С. П. Королев в Германии, 1945 г.*



*20 лет спустя С. П. Королев  
и Г. А. Тюлин на космодроме, 1965 г.*



*Молодые ученые мехмата  
Х. А. Рахматулин и А. А. Ильюшин*

# Кафедра аэромеханики и газовой динамики

## Краткая историко-научная справка

25 октября 1932 г. был подписан приказ ректора № 142 по Московскому университету об организации кафедры аэромеханики на отделении механики физико-математического факультета МГУ. Бессменным заведующим кафедрой с момента ее образования до 4 декабря 1954 г. был член-корреспондент АН СССР Владимир Васильевич Голубев.

В 1933 г. приказом Наркомпроса организуется механико-математический факультет с тремя отделениями — механики, астрономии и математики. Приказом по университету В. В. Голубев был назначен деканом нового факультета. Кафедра аэромеханики вместе с отделением механики вошла в состав механико-математического факультета.

Под руководством В. В. Голубева на кафедре велись работы по теории крыла самолета в рамках моделей идеальной жидкости Эйлера и пограничного слоя Прандтля. Идеи, которые развивал на кафедре В. В. Голубев, являлись продолжением и развитием идей Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина. Совершенствовался математический аппарат применительно к задачам аэродинамики, в частности методы решения задач о стационарном обтекании профиля крыла, а также метод интегро-дифференциального уравнения Прандтля теории несущей линии для крыла конечного размаха. Развивалась теория механизированного крыла, изучалась работа закрылка, предкрылка. Изучено влияние предкрылка на отрыв потока от верхней поверхности крыла при полете на больших углах атаки.

Большое внимание уделялось теории вихревой дорожки Кармана. В. В. Голубев заметил, что если в дорожке Кармана изменить направление движения вихрей на противоположное, т. е. рассматривать обращенную дорожку Кармана, то на тело будет действовать сила, направленная в сторону движения тела — появляется тяга. Подобную обращенную дорожку Кармана могут создавать машущие крылья птицы. Это послужило отправным пунктом для создания основ теории машущего полета.

Для решения задач дозвуковой аэродинамики широко использовался аппарат теории функций комплексного переменного. Разрабатывалась теория тонкого крыла, изучалось обтекание воздушными потоками препятствий на земле в связи с вопросами рационального расположения лесозащитных полос и эффективной защиты дорог от заносов.

В. В. Голубев читал различные курсы лекций: по теории крыла, по теории эллиптических функций и ее приложениям к задачам гидромеханики, по теории дифференциальных уравнений применительно к интегрированию уравнений движения тяжелого твердого тела около неподвижной точки и др. Им был написан ряд монографий: «Теория крыла аэроплана в плоскопараллельном потоке» (1927), «Теория крыла аэроплана конечного размаха» (1931), «Лекции по теории крыла» (1949), «Лекции по интегрированию уравнений движения тяжелого твердого тела около неподвижной точки» (1953), «Труды по аэродинамике» (1957), «Исследования по теории удара струи жидкости и некоторые ее приложения» (1975) [1–6].

Экспериментальные исследования в 50-е гг. проводились в аэродинамических трубах, которые располагались в двух смежных аудиториях старого здания МГУ на Моховой улице. Определялись аэродинамические характеристики элементов летательных аппаратов: крыла, корпуса с хвостовым оперением, винтомоторной группы. Изучались колебания тел в потоке, вопросы устойчивости летательных аппаратов. Начались первые экспериментальные исследования аэродинамики гражданских объектов.

В 1952 г. профессором кафедры по совместительству становится крупный ученый в области прикладной газовой динамики Георгий Иванович Петров (с 1953 г. — член-корреспондент, а с 1958 г. — академик АН СССР). С его приходом на кафедре начала развиваться новая тематика научных исследований. Это — задачи газовой динамики, связанные с созданием реактивных авиационных двигателей и испытательных сверхзвуковых стендов, задачи гидродинамической устойчивости, вопросы перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный и др. Труды Г. И. Петрова по обобщению метода Галеркина и его приложениям к задачам гидродинамической устойчивости получили широкую известность.

Большое практическое значение имели работы Г. И. Петрова по изучению структуры течения в сверхзвуковых диффузорах и соплах. Им был открыт фундаментальный закон о предельном перепаде давления в скачке, выдерживаемом пограничным слоем без отрыва, в зависимости от числа Маха. Г. И. Петровым выдвинута идея плоского регулируемого сопла, разгонный участок контура которого жесткий, а выравнивающий — гибкий. Под руководством и при непосредственном участии Г. И. Петрова созданы методы расчета теплообмена при больших скоростях и способов тепловой защиты первых отечественных спускаемых космических аппаратов [7].

В 1955 г. через год после смерти В. В. Голубева заведующим кафедрой аэромеханики стал профессор Г. И. Петров. Он дал кафедре новое название — «кафедра аэромеханики и газовой динамики». Одновременно Г. И. Петров руководил лабораторией Научно-исследовательского института тепловых процессов, затем стал совмещать работу в МГУ с должностью заместителя директора по науке этого института; позже он стал директором Института космических исследований.

Совмещение преподавательской работы в МГУ и научно-исследовательской в институтах способствовало тому, что на кафедре Г. И. Петров ставил актуальные задачи, рожденные в научных коллективах и часто выдвигаемые потребностями практики. Имея чуткий и отзывчивый характер, он быстро вызывал к себе симпатии людей, всегда был окружен студентами и аспирантами.

В конце 50-х гг. в аэромеханику и газовую динамику стали интенсивно проникать вычислительные методы, разработка которых была обусловлена бурным развитием электронной вычислительной техники. Кафедра аэромеханики и газовой динамики стала одной из первых применять вычислительные методы для решения задач газовой динамики и гидродинамической устойчивости. Кафедрой совместно с Вычислительным центром МГУ был организован семинар по применению вычислительных методов в газовой динамике, которым руководили Г. И. Петров, Г. Ф. Теленин, Л. А. Чудов и Г. С. Росляков.

Развитие ракетно-космической техники и эффективных численных методов решения уравнений газовой динамики привело к расширению научной тематики кафедры. Начались исследования ряда новых проблем: о тепловой защите тел, входящих в атмосферу Земли с космической скоростью; о течениях газа с химическими реакциями и излучением; о газовом лазере; о солнечном ветре в астрофизических задачах; об обтекании магнитосферы Земли солнечным ветром и об обтекании Солнца и звезд межзвездным газом; о гидродинамической неустойчивости галактик как причине их спиральных форм; о циркуляции атмосфер планет. Продолжала развиваться и традиционная тематика — дозвуковая аэродинамика крыла самолета, работы по теории машущего полета.

Начиная с 60-х гг. научно-исследовательская работа кафедры проходила в тесном контакте с отделом аэромеханики нового Института механики МГУ, организованного в 1959 г. и располагавшего разнообразными аэродинамическими установками и стендами. Г. И. Петров и другие сотрудники кафедры являлись руководителями и участниками совместных научно-исследовательских работ. К руководству курсовыми, дипломными и диссертационными работами, а также к чтению специальных курсов привлекались научные сотрудники Института механики МГУ.

За научные достижения и организаторскую деятельность на посту заведующего кафедрой и директора Института космических исследований АН Г. И. Петров удостоен звания Героя Социалистического Труда, награжден тремя орденами Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, медалями. Ему дважды присуждались Государственные премии СССР (1949, 1978), в 1961 г. он стал лауреатом премии им. Н. Е. Жуковского.

Весной 1988 г. (после смерти академика Г. И. Петрова 13 мая 1987 г.) кафедру аэромеханики и газовой динамики возглавил выдающийся ученый в области механики, академик АН СССР с 1981 г. Горимир Горимирович Черный.

Г. Г. Черный внес огромный вклад в разработку теоретических основ расчета газодинамических течений в двигателях летательных аппаратов, включая

нестационарные процессы, вопросы устойчивости течений со скачками уплотнения и взаимодействия ударных волн с пограничным слоем. Этот период его научной деятельности связан с практической работой в Центральном институте авиационного моторостроения им. П. И. Баранова, где Г. Г. Черный с 1952 по 1970 г. руководил созданной им газодинамической лабораторией.

Трудно переоценить значение разработанного Г. Г. Черным асимптотического метода тонкого ударного слоя, ставшего эффективным средством при исследовании течений газа с большими сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями.

Основополагающие результаты получены Г. Г. Черным по теории оптимальных аэродинамических форм, гиперзвукового обтекания крыльев, течений газа с экзотермическими реакциями, пограничного слоя, сверхглубокого проникания в плотные среды и в других областях механики. Они признаны мировым научным сообществом и по праву считаются классическими.

Научные достижения Г. Г. Черного отмечены тремя Государственными премиями, первой премией им. Н. Е. Жуковского с золотой медалью, премиями: имени С. А. Чаплыгина, имени М. В. Ломоносова первой степени. Г. Г. Черный является автором двух научных открытий в области сверхзвуковых пространственных отрывных течений газа (1984, совместно с А. И. Зубковым и Ю. А. Пановым) и в области механики высокоскоростного удара (1990, совместно с А. Л. Гонором и Н. А. Остапенко). Исключительную роль в развитии сверхзвуковой аэродинамики в России и за рубежом сыграла монография Г. Г. Черного «Течения газа с большой сверхзвуковой скоростью» (1959) [8]. Широкой известностью пользуется его учебник «Газовая динамика» (1988) [9].

С 1960 по 1992 г. Г. Г. Черный был директором Института механики МГУ, который под его руководством превратился в крупнейший научно-исследовательский центр по вопросам современной механики. Свои научные исследования и деятельность ученого-организатора науки, председателя Национального комитета по прикладной и теоретической механике, Г. Г. Черный плодотворно совмещает с преподавательской работой на механико-математическом факультете МГУ, читая в течение многих лет обязательные курсы лекций по гидромеханике и газовой динамике.

Г. Г. Черный является основателем научной школы, внесшей значительный вклад в развитие гиперзвуковой аэродинамики, физической газовой динамики и магнитной гидродинамики. Отличительные особенности этой школы — совершенное владение теоретическими, экспериментальными и вычислительными методами исследования, разработка ясной адекватной физической модели процесса, лаконичный и изящный математический анализ модели, практическая направленность научных исследований.

Мировая известность Г. Г. Черного как выдающегося ученого-механика, блестящие лекторские способности, широкая эрудиция, научная принципиальность и доброжелательность являются качествами, неизменно притягивающими к нему студенчество и научную молодежь и определяющими высокий



авторитет руководимого им коллектива кафедры аэромеханики и газовой динамики.

В настоящее время на кафедре работают: заведующий кафедрой академик РАН профессор Г. Г. Черный, профессора: К. В. Краснобаев, В. Я. Шкадов, по совместительству — В. Б. Баранов, В. П. Стулов, доценты: С. И. Арафайлов, А. М. Головин, В. В. Измоденов, В. Д. Котелкин, В. С. Потапов, по совместительству — А. Н. Осипцов, Н. А. Остапенко, Г. Д. Смехов, ассистенты В. А. Васильев, Г. М. Сисоев, А. К. Такмазьян, научный сотрудник Я. Д. Янков, старший лаборант Л. Н. Андреева.

В разное время сотрудниками кафедры являлись профессора А. А. Космодемьянский, Г. Ф. Теленин, А. Л. Гонор, старший преподаватель В. Г. Громов. Многие годы отдали преподавательской и научной работе на кафедре доценты А. А. Зайцев, А. М. Комаров, С. Г. Попов, В. А. Прокофьев, Л. П. Смирнов, старший лаборант З. П. Случановская.

## **Основные направления научно-исследовательской работы кафедры**

Со времени создания кафедры содержание и объем проводившихся ее сотрудниками научных исследований определялись запросами практики и актуальностью решаемых фундаментальных проблем. При этом традиционная тематика органично расширялась и дополнялась новыми задачами, обогащалась новыми методами исследования сложных течений газа. Под влиянием идей В. В. Голубева, Г. И. Петрова, Г. Г. Черного к 80–90-м гг. сформировались следующие основные направления исследований: 1) аэродинамика до- и сверхзвуковых потоков; 2) теория течений вязкой жидкости; 3) космическая газовая динамика; 4) физико-химическая гидродинамика.

### **Аэродинамика до- и сверхзвуковых потоков**

Проблемы взаимодействия газовых сред с обтекаемыми телами на протяжении многих лет являлись предметом исследований коллектива кафедры. В последние десятилетия эти исследования были сосредоточены в основном на двух направлениях. Первое связано с математическим моделированием до- и трансзвукового обтекания крыловых профилей, второе — с научными разработками в области фундаментальных проблем сверхзвуковых и гиперзвуковых течений газа.

В рамках первого направления изучены следующие проблемы: обтекание профиля крыла дозвуковым и трансзвуковым потоками и вычисление его аэродинамических коэффициентов; обтекание профиля в системе крыла и учет

взаимного влияния элементов компоновки; решение обратных задач аэродинамики для определения профиля по заданным распределениям нагрузки или скорости потока по его поверхности; расчет пограничного слоя в условиях ламинарно-турбулентного обтекания с вычислением точки перехода; обтекание профилей с усложненными свойствами, такими, как наличие предкрылков и закрылков, проницаемости поверхности; расчет аэродинамических характеристик крыла при внесении конструктивных изменений и вариациях положения элементов компоновки; оптимизация профилировки крыла.

Дальнейшее развитие получили работы по теории несущей поверхности, результаты которых суммированы в монографии А. А. Зайцева «Теория несущей поверхности» [10].

В области фундаментальных проблем высокоскоростных течений газа значительное внимание на кафедре уделялось вопросам совершенствования формы быстро летящих тел с целью достижения оптимальных значений аэродинамических характеристик при различных совокупностях изопериметрических условий.

В середине 70-х гг. стало ясно, что при сверхзвуковых скоростях только переход от тела вращения к эквивалентному телу с некруговым миделевым сечением может привести к значительному снижению аэродинамического сопротивления. Начало этому направлению было положено в работах Г. Г. Черного, А. Л. Гонора и других авторов. Результатом этих исследований явился новый объект — тела со звездообразным поперечным сечением и их частный случай — пирамидальные тела. Однако имевшиеся знания, базировавшиеся на ряде точных решений, результатах решения вариационных задач и отдельных экспериментах, не позволяли давать рекомендации по использованию летательных аппаратов подобной конфигурации.

Возникла необходимость в широких теоретических и экспериментальных исследованиях сверх- и гиперзвукового обтекания оптимальных пространственных тел, в том числе структур возмущенного течения; свойств аэродинамических характеристик при различных режимах полета и наборах геометрических параметров. Для этих задач были созданы довольно простые и эффективные модели расчета, позволяющие с достаточной точностью получать оценки аэродинамического сопротивления указанных тел и проводить их оптимизацию.

В комплексных теоретических и экспериментальных исследованиях основное внимание было уделено обтеканию конических пространственных конфигураций с плоскими гранями. В указанном классе форм обеспечивается осуществление основного свойства пространственных тел со звездообразным поперечным сечением — значительное снижение сопротивления по сравнению с эквивалентными телами вращения, а также получение обзримых результатов.

Обтекание тел со звездообразным поперечным сечением во многих случаях сопровождается образованием в возмущенной области системы ударных

волн, взаимодействующих с пограничным слоем. Изучение эффектов, связанных с этим явлением, их закономерностей и влияния на аэродинамические характеристики пространственных тел составляет необходимую часть сформулированной проблемы.

Теоретически в рамках модели идеальной жидкости и экспериментально с использованием различных методов, в том числе — специального оптического метода для изучения иначе невидимых течений в угловых конфигурациях [11], исследовано обтекание составляющего элемента звездообразного тела — V-образного крыла на режиме сжатия и расширения возмущенного потока (Н. А. Остапенко [12–14]). В частности, теоретически обнаружены и получили экспериментальное подтверждение топологически новые структуры конических линий тока с особенностями в ударном слое при наличии маховской конфигурации ударных волн. Показано, что при их реализации нагрузка на угловую конфигурацию в окрестности режимов обтекания с плоскими ударными волнами, лежащими в плоскости передних кромок и принадлежащими на передних кромках к сильному семейству, терпит разрыв. Построены новые типы ветвления ударных волн в конических течениях с виссячими скачками уплотнения, обнаруженные в эксперименте. Обнаружены режимы автоколебаний, обусловленные отрывом пограничного слоя.

Экспериментально изучено и описано взаимодействие ударных волн с турбулентным пограничным слоем в конических течениях и его влияние на структуру течения в ударном слое и режимы обтекания. Установлена фундаментальная общность свойств отрыва турбулентного пограничного слоя в конических и плоских потоках. Построены эмпирические соотношения, позволяющие определять положение и размер области отрыва турбулентного пограничного слоя для широкого круга типов взаимодействия конических ударных волн и систем скачков уплотнения с пограничным слоем, а также прогнозировать глобальную перестройку структуры течения в конических угловых конфигурациях (Н. А. Остапенко [13–15]). Эти результаты значительно опережают соответствующие зарубежные исследования.

Экспериментально изучены аэродинамические характеристики конических тел со звездообразным поперечным сечением при сверх- и гиперзвуковых скоростях. Определена роль каждого из параметров геометрии в снижении сопротивления звездообразных тел по сравнению с эквивалентными телами вращения. Определена область изменения параметров, где звездообразные тела обладают значительно меньшим полным сопротивлением по сравнению с эквивалентными конусами и оптимальными степенными телами вращения (Н. А. Остапенко [16,17]). За цикл работ «Аэродинамика звездообразных тел при сверхзвуковых скоростях» проф. А. Л. Гонор и доц. Н. А. Остапенко удостоены премии им. М. В. Ломоносова (1980).

Построена модель расчета полного сопротивления пирамидальных тел со звездообразным поперечным сечением, адекватно отражающая результаты экспериментальных исследований при сверх- и гиперзвуковых скоростях

обтекания. Определена область ее справедливости для характерных параметров геометрии тела и различного состояния пограничного слоя, в которой модель может быть эффективно использована для постановки и решения оптимизационных задач (Н. А. Остапенко [18,19]).

Решение проблемы устойчивости полета пространственных тел, с учетом известных способов стабилизации, потребовало изучения ряда фундаментальных вопросов: 1. О положении центра давления пространственных тел и его зависимости от условий полета; 2. О возможности создания компоновок, обладающих запасом статической устойчивости. При этом отпадает необходимость использования дополнительных стабилизирующих устройств, значительно снижающих преимущество в сопротивлении по сравнению с эквивалентными телами вращения; 3. Об аэродинамике оптимальных пространственных форм при их стабилизации вращением.

Впервые поставлена задача о форме конических тел в сверхзвуковом потоке, положение центра давления которых не зависит от числа Маха и угла атаки. Найдены точные и приближенные решения, представляющие практический интерес. Построена теория конических пирамидальных тел со звездообразным поперечным сечением, обладающих максимальным запасом статической устойчивости при различных изопериметрических условиях. Получено экспериментальное подтверждение результатов теории, в том числе обнаруженного закона подобия, что позволяет рекомендовать найденные пространственные конфигурации в качестве формы устойчивого сверхзвукового летательного аппарата с малым сопротивлением и высокими несущими свойствами, обеспечивающими быстрое затухание колебаний тела около центра масс. Построена теория оптимальных пространственных тел минимального волнового сопротивления, вращающихся в гиперзвуковом потоке. Установлено, что оптимальные тела с принудительным вращением, обеспечивающим их гиросtabilизацию, имеют меньшее сопротивление, чем эквивалентные тела без вращения, а при определенных наборах параметров могут обладать тягой (Н. А. Остапенко [20,21]).

Значительное место в современных научных разработках кафедры занимают работы по сверх- и гиперзвуковой аэродинамике несущих форм — тел, обладающих подъемной силой. Начало этим исследованиям было положено в работе Г. Г. Черного «Крылья в гиперзвуковом потоке» (ПММ, 1965), удостоенной премии им. М. В. Ломоносова первой степени, а затем продолжено в работах А. Л. Гонора и Н. А. Остапенко [22–25, 87–92]. В рамках гиперзвуковой теории, в частности, было показано, что переход от плоского треугольного крыла к V-образному крылу позволяет увеличить аэродинамическое качество при тех же удельном объеме и коэффициенте подъемной силы на 6–12% (Н. А. Остапенко [22–24]). Результаты, полученные в рамках гиперзвуковой теории идеального газа, нельзя было считать окончательными. Анализ составляющих аэродинамического сопротивления пирамидальных тел со звездообразным поперечным сечением, о чем было сказано выше, свидетельствовал,

что оптимизация пространственных несущих форм при больших сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростях не может проводиться без учета реальных свойств газа в ударном слое. Работы Н. А. Остапенко в области сверх- и гиперзвуковой аэродинамики несущих форм получили широкое признание, в 1994 г. он награжден медалью П. Л. Капицы АЕН РФ.

Кроме исследований, связанных с выбором оптимальных форм аппаратов, летящих с большой скоростью, на кафедре выполнен цикл работ по сверхзвуковому обтеканию источников тепловыделения (К. В. Краснобаев, С. И. Арафайлов [26, 27]). Развита линейная теория обтекания крыловых профилей запыленным газом, изучено обтекание затупленных тел газозвесью в широком диапазоне скоростей набегающего потока (А. Н. Осипцов [28–31]).

За цикл работ «Аэродинамика и волновые движения газов с инерционной дисперсной примесью» А. Н. Осипцов (совместно с В. А. Куликовским и И. С. Меньшовым) награжден медалью и премией АН СССР для молодых ученых (1988).

С использованием аналитических и численных методов выявлены новые физические эффекты взаимодействия газа с источником энерговыведения, сформулированы новые принципы формирования сверхзвуковых потоков с нужными для приложений свойствами, проведены расчеты влияния энергоподвода на аэродинамические характеристики быстро летящих тел.

За цикл работ «Сверхзвуковое обтекание тел при наличии внешних источников энерговыведения» проф. К. В. Краснобаеву (совместно с В. А. Левиным и П. Ю. Георгиевским) присуждена премия им. М. В. Ломоносова первой степени (1991).

Учет присутствия дисперсных частиц в газовых потоках позволил выявить новые качественные закономерности течений двухфазных сред. В частности, при обтекании крылового профиля наличие дисперсной примеси способно приводить к возникновению значительных дестабилизирующих аэродинамических моментов, которые при определенных условиях действуют в сторону уменьшения угла атаки. Путем анализа теплообмена в газозвесьях и парокпельных средах обнаружен подтвержденный экспериментально эффект резкой интенсификации теплообмена за счет накопления малоинерционных дисперсных частиц в пограничном слое. Показана возможность эффективного управления параметрами теплообмена с помощью двухфазного вдува на обтекаемой поверхности. В задаче о подъеме пыли за движущимися ударными волнами предсказано формирование слоев высокой концентрации дисперсных частиц в пристеночной области за ударной волной, что необходимо учитывать при оценке взрывобезопасности промышленных пылей. Предложен новый лагранжев метод расчета течений сред, описываемых уравнениями континуума без собственных напряжений. Метод основан на привлечении дополнительных уравнений для компонент якобиана перехода от эйлеровых к лагранжевым переменным, тем самым позволяя рассчитывать все параметры среды (включая плотность) из решения обыкновенных дифференциальных уравнений на фиксированных траекториях.

## Течения вязкой жидкости

Исследования по механике вязких жидкостей на кафедре аэромеханики и газовой динамики развиваются, главным образом, по трем направлениям: пограничный слой, гидродинамическая неустойчивость и переход к турбулентности, развитие и приложение численных методов к решению уравнений Навье–Стокса, Эйлера, Прандтля. В течение многих лет эти исследования проводились под руководством академика Г. И. Петрова, который поставил первые задачи в тесной связи с запросами развития аэрокосмической техники, в частности тепловой защиты летательных аппаратов. Основу многих исследований составили работы Г. И. Петрова по гидродинамической устойчивости аэродинамических следов, вихревых слоев и течений в каналах. Развитие их завершилось созданием научной школы по гидродинамической устойчивости, заслуженный авторитет которой признан в научном мире. Что касается численных решений задач вязкой жидкости, то на кафедре исследования в этом направлении всегда были связаны с идеей об особой эффективности прямых методов Галеркина в комбинации с конечноразностными процедурами. Один из таких подходов, известный как метод Галеркина–Петрова, оказался особенно полезным не только для решения линейных задач устойчивости, но и для анализа нелинейных колебательных и волновых процессов в течениях вязкой жидкости.

Обширный цикл работ по аэрогидродинамике вязких жидкостей на кафедре выполнен под руководством проф. В. Я. Шкадова [32–52]. Продолжались традиционные для кафедры исследования фундаментальных свойств вязких потоков, таких, как неустойчивость и переход к турбулентности, вихреобразование и перенос завихренности при обтекании тел конечных размеров, отрывы и автоколебания в зонах отрыва, образование и динамика поверхностей раздела и свободных поверхностей в вязких потоках, перестройки потока под воздействием внешних объемных и поверхностных сил. Выбор конкретных задач определялся актуальными запросами современной технологии, экологии, техники. Значительная часть проводимых исследований посвящена течениям со свободными поверхностями и с поверхностями раздела, в частности капиллярным течениям в струях и пленках при различной геометрии удерживающих и формирующих поток твердых поверхностей.

Большой интерес представляет изучение свойств нелинейных, и особенно сильно нелинейных, волн в вязкой жидкости в условиях, когда они развиваются под воздействием капиллярных сил, силы тяжести и внешних воздействий. Исследование их с применением прямых методов приводит к нелинейным математическим моделям с диссипацией и дисперсией.

**Развитие теории пограничного слоя.** Объект исследования составляют пограничные слои, ограниченные свободными поверхностями, и пограничные слои вблизи поверхностей раздела. Возможность применения приближения пограничного слоя к таким течениям была установлена уже в первых работах

по динамике капиллярных пленок, поверхностей раздела, выполненных на кафедре аэромеханики и газовой динамики. Эффективность этого подхода была отчетливо продемонстрирована истолкованием экспериментов П. Л. Капицы и С. П. Капицы по волнообразованию в стекающих пленках еще в 1967 г. (В. Я. Шкадов). За фундаментальный вклад в разработку теории гидродинамической устойчивости и исследования нелинейных волн в жидких пленках проф. В. Я. Шкадов награжден медалью П. Л. Капицы АЕН РФ (1996). К настоящему времени получила законченное оформление концепция пограничного слоя с самоиндуцированным давлением, которое возникает при деформациях свободной поверхности от воздействия капиллярных сил. Для адекватного описания движений свободной поверхности с большой амплитудой, например сильно нелинейных волн, разработан способ соответствующего обобщения уравнений Прандтля. Этот способ пригоден также для описания стационарных течений в слоях с большими деформациями поверхности в области динамического мениска, образующегося при извлечении твердого тела из жидкого объема и при вытеснении жидкости из капилляра другой жидкостью.

Задачи о формировании тонкого слоя покрытия при извлечении цилиндра из жидкости и при вытеснении жидкости из капилляра решены численно. В связи с обнаружением в экспериментах особого поведения зависимости толщины пленки покрытия от параметров при инерционном (быстром) режиме извлечения создана новая математическая модель, позволившая объяснить поведение свободной поверхности в экспериментах. Модель является весьма перспективной с точки зрения исследования неустойчивости слоев покрытия. Этот подход позволил рассмотреть также формирование остаточной пленки покрытия при вытеснении одной жидкости, заполняющей цилиндр, другой жидкостью. В результате вместо первоначально однородного состояния формируется двухслойная система, в которой поверхность раздела ограничивает остаточный слой на стенке от вытесняющей жидкости. Обнаружено, что форма пленки может обладать немонотонной зависимостью толщины от координаты. В зависимости от значений управляющих параметров (в данной задаче их всего 4) обнаружены волновые формы поверхности раздела. Это с особой остротой ставит проблему гидродинамической неустойчивости в процессах вытеснения и нанесения покрытий.

Новый метод расчета пленок покрытия на твердых поверхностях принципиально отличается по своим возможностям от известной теории Ландау–Левича и представляет качественное развитие гидродинамической теории на случай конечных и больших значений капиллярного числа. Впервые новая теория привела к объяснению локального максимума толщины пленки в зависимости от капиллярного числа, обнаруженного в экспериментах с толстыми пленками на нитях, извлекаемых из жидкости.

Выполнен большой цикл работ по гидродинамике формирования и разрушения жидких струй и пленок. Такие исследования включают:

1) решение уравнений Навье—Стокса в приближении пограничного слоя для течений тонких слоев со свободными границами и границами раздела,

2) исследование гидродинамической неустойчивости стационарных и нестационарных пленочных течений,

3) анализ нелинейного развития возмущений в пленках и формирование волн, струек, капель. Установлен ряд закономерностей фундаментального характера. Роль вязкости, формирующей профиль скорости в слое, оказывается существенной, т. к. может приводить к появлению профильной неустойчивости, отличной от неустойчивости Релея и Кельвина—Гельмгольца. Многие из развивающихся пленочных течений обладают несколькими модами неустойчивости, что вызывает их конкурирующее взаимодействие на нелинейной стадии развития. Это свойство должно учитываться при разработке способов воздействия на развитие неустойчивости. Исследованы пленочные и струйные течения, в которых развитием неустойчивости можно достаточно эффективно управлять с помощью наложенных вращений, электрических полей, геометрии удерживающей поверхности и свободной пленки.

Новое развитие получила задача о пограничном слое на поверхности раздела, развивающемся под воздействием трения на поверхности (В. Я. Шкадов, 1970). В многочисленных экспериментах установлено, что касательная сила возникает при изменениях поверхностного натяжения, вызванных вариациями температуры или концентрации примесей (эффект Марангони). Проведенные расчеты спектров неустойчивости таких пограничных слоев открыли новые моды неустойчивости и наметили направление исследований для истолкования сложной картины турбулизации поверхности (В. Я. Шкадов, Г. М. Сисоев совместно с А. Е. Кулаго, В. Е. Епихиным, В. П. Шкадовой, А. А. Шутовым).

*Гидродинамическая неустойчивость и переход к турбулентности.* Неустойчивость и нелинейные волны в стекающих пленках по обилию важных механических явлений составляют одну из наиболее ярких фундаментальных проблем механики жидкости.

В стекающих пленках жидкости наблюдаются многообразные волновые возмущения поверхности — от регулярных волн до стохастических волновых ансамблей. Процессы гидродинамической неустойчивости, порождающие волновые структуры на поверхности, развиваются при сравнительно небольших числах Рейнольдса. Это обстоятельство позволяет успешно применять прямые методы для изучения динамики волновых пленок жидкости. Содержательная нелинейная модель течения построена осреднением по толщине пленки системы уравнений Навье—Стокса (В. Я. Шкадов, 1967).

Проведено углубленное исследование квазистационарных волновых решений, порождаемых бифуркациями от стационарного решения. При каждом заданном значении внешнего параметра можно выделить две основные бифуркации: первое семейство мягко ответвляется на нейтральной кривой и заканчивается медленным солитоном при уменьшении волнового числа;



второе семейство жестко ответвляется при собственном значении бифуркационного параметра и заканчивается быстрым солитоном при уменьшении волнового числа. Основная последовательность бифурцирующих семейств состоит из этих двух основных семейств и всех остальных семейств, бифурцирующих в промежуточных точках. Установлено два фундаментальных факта. Во-первых, число семейств в основной последовательности быстро растет вместе с числом Рейнольдса (удалось вычислить до семи последовательных бифуркаций). При этом усложняется нелинейная динамика волновых решений, вместе с числом бифурцирующих решений возрастает влияние фактора случайности в возбуждении периодических колебательных режимов, как это и наблюдается в экспериментах с волнообразованием в пленках. Во-вторых, существуют две бесконечные последовательности уединенных волн — солитонов. Им соответствуют две последовательности собственных значений фазовой скорости, сходящихся к единому пределу и составляющих дискретный спектр солитонов. Проведено численное исследование аттракторов уравнений пленочных течений при задании в качестве начальных условий малых гармонических волн, а также регулярных нелинейных решений. Уравнения содержат внешний параметр, возрастающий вместе с числом Рейнольдса и средней толщиной пленки. Особое внимание уделено случаю малых волновых чисел, при которых на каждом пространственном периоде квазистационарной волны имеется четко выраженный участок невозмущенной поверхности, так что регулярная волна по существу представляет уединенную волну. Установлены общие закономерности динамики развивающихся волновых фронтов, которые заключаются в следующем. Все регулярные нелинейные волновые решения, также как малые гармонические волны, неустойчивы и автоматически перестраиваются в устойчивые волновые структуры. Единственный устойчивый волновой режим при заданной средней толщине пленки и заданном волновом числе — доминирующая волна, имеющая наибольшую фазовую скорость и наибольшую амплитуду. Все быстрые квазистационарные волны и малые гармонические волны переходят в доминирующую уединенную волну. Для медленных квазистационарных волн обнаружено явление перемежаемости во времени структур из периодических и уединенных волн. Формируются нестационарные волновые структуры, в которых явления неустойчивости и когерентности чередуются, и происходит самопроизвольный переход от пространственно периодических волн к уединенным, а затем от последовательности уединенных волн к периодической волне. Взаимные переходы периодических и уединенных волн повторяются во времени. Отметим, что для конечных значений волновых чисел ранее обнаружены также переходы на двухпериодические колебательные режимы.

В течение ряда лет на кафедре проводятся исследования по теории нелинейных волн в пленках. Решению модельных уравнений (называемых уравнениями Шкадова [32]) посвящен целый ряд оригинальных работ и обзорных статей отечественных и зарубежных авторов. Разработанные на кафедре методы

находят эффективное приложение к изучению неустойчивости нелинейных волн, усложненных процессами тепло- и массообмена. Анализ проблем обобщения и приложений модельных уравнений для волновых пленок к неустойчивости Бенара—Марангони показал, что часто применяемые слабонелинейные модельные уравнения являются частными случаями модельных уравнений при стремлении к нулю единственного свободного параметра подобия, отражающего условия экспериментов. Как следствие этого, нелинейные волновые решения предельных модельных уравнений представляют лишь математические волны.

Проведено подробное численное исследование волновых решений предельного модельного уравнения и построена наиболее полная картина семейств установившихся волн и динамики их развития во времени. Поскольку предельное модельное уравнение было выведено также для некоторых течений с горением и с процессами диффузии, есть основания относить полученные результаты о множестве семейств периодических решений и спектре солитонов к широкому классу систем с дисперсией и диссипацией. В развитие проблемы о двумерных волнах на вертикально стекающей пленке выполнен ряд работ, в которых основной результат обобщен на другие случаи. Рассмотрены трехмерные волны и их устойчивость, течение и волнообразование в пленке на стенке канала, увлекаемой потоком газа, взаимодействие волновой пленки с граничным сверхзвуковым потоком газа (В. Я. Шкадов, Г. М. Сисоев совместно с А. Н. Буновым, Е. А. Демехиным, Г. Ю. Токаревым).

**Численные методы динамики вязкой жидкости.** В связи с нелинейностью основных уравнений численные методы играют существенную роль в аэрогидродинамике. Они применяются не только для доведения до конечного численного результата решений отдельных задач, но, главным образом, для выявления фундаментальных свойств течений. Особенно это относится к течениям вязкой жидкости. По сложившейся традиции развитие численных методов на кафедре аэромеханики и газовой динамики ориентировано на применение прямых методов при гибком комбинировании их с методами конечных разностей.

Численные методы решения линейных и нелинейных проблем гидродинамической устойчивости разрабатывались для изучения неустойчивости, нелинейного развития возмущений и переходов к сложным пространственным структурам в потоках с границами раздела и зонами отрыва, формирующихся в закрученных потоках и при обтекании плоских тел вязкой жидкостью. Исследованы критические значения параметров, при которых происходит потеря устойчивости стационарных течений, изучается нелинейный переход к новым периодическим или квазипериодическим состояниям и находятся решения уравнений Навье — Стокса для вторичных течений. В частности, решена проблема отыскания собственных чисел для системы уравнений Орра — Зоммерфельда в двух областях с условиями плавного сопряжения на границе раздела. Это создает возможность находить области неустойчивости

и наиболее растущие возмущения в двухслойных капиллярных течениях, управляемых 9-ю свободными параметрами.

Численными экспериментами показано, что возможно надежное моделирование ламинарного и турбулентного закрученного течения с застойной зоной ламинарным потоком с эффективным числом Рейнольдса, которому соответствует подходящее решение уравнений Навье—Стокса. Для истолкования гидродинамических механизмов разрушения вихрей исследована неустойчивость закрученных потоков с застойной зоной, которые характеризуются тем, что основное течение не плоскопараллельное. Обнаружены новые моды для свободного вихря, изучено возникновение, исчезновение, переход мод друг в друга при изменении чисел Рейнольдса, закрутки геометрических параметров.

Проведены исследования взаимодействий неустойчивостей и зон отрыва при обтекании профиля крыла с перфорированной и непроницаемой поверхностью дозвуковым и транзвуковым потоком газа. Усовершенствована вычислительная схема для расчета базовой задачи об обтекании кругового цилиндра, сопровождаемом формированием нестационарной зоны отрыва с вихревой дорожкой, при учете перемещений цилиндра. Отработаны алгоритмы, программы и постановки задач, учитывающих развитие неустойчивости в пограничном слое от носика профиля до зон отрыва. Прямыми вычислениями показана возможность затягивания перехода и отрыва с помощью управляемого отсоса. Включение перфорации поверхности в анализ позволяет конструировать транзвуковые течения, в которых зона отрыва, вызываемая размытым скачком, оказывается минимальной.

Новый нелинейный эффект обнаружен прямыми вычислениями в задаче о вторичных течениях после потери устойчивости вращающегося течения между коаксиальными цилиндрами. Наряду с вихрями Тейлора, самопроизвольно развивающимися из малых возмущений, существуют также периодические структуры, которые устанавливаются при начальных возмущениях конечной амплитуды (В. Я. Шкадов, Г. М. Сисоев совместно с В. К. Ахметовым, А. Н. Белоглазкиным, В. П. Шкадовой, И. В. Зеленовым, А. Н. Бурей).

Для применения аэродинамической теории в аэродинамическом проектировании разработаны численные методы и создан пакет программ АЭРО-ГАЗ решения основных задач аэродинамики, возникающих при аэродинамическом проектировании элементов летательных аппаратов.

Программы пакета АЭРОГАЗ реализуются на персональных компьютерах, использовались в практике проектирования элементов летательных аппаратов в АНТК им. А. Н. Туполева и показали высокую эффективность (В. Я. Шкадов, А. А. Зайцев, А. М. Комаров, В. Д. Котелкин, Е. В. Рыбалко, Б. Е. Горбатов, совместно с И. В. Зеленовым, А. Н. Белоглазкиным, Т. А. Васильевой, Е. М. Приходько).

В числе задач об установившихся движениях вязких жидкостей при наличии осложняющих течение факторов было исследовано формирование профилей концентрации дисперсных частиц в смеси «вязкая жидкость — части-

цы» на начальном участке плоского канала и круглой трубы (А. Н. Осипцов [53]). При этом получили теоретическое обоснование экспериментальные данные о перемещении максимума концентрации частиц от стенок трубы к ее оси. За развитие теории пограничного слоя в дисперсных системах в 1996 г. А. Н. Осипцов награжден медалью П. Л. Капицы РАЕН.

## Космическая газовая динамика

Это направление начало развиваться на кафедре примерно с 1967 г., через год после назначения академика Г. И. Петрова директором Института космических исследований АН СССР. Солнечный ветер, обтекание планет солнечным ветром, проблемы входа тел (например, метеоритов или болидов) в плотные слои атмосфер планет с большими сверхзвуковыми скоростями и проблемы кратерообразования на их поверхности, механизмы разогрева солнечной хромосферы и короны, взаимодействие солнечного ветра с межзвездной средой — вот далеко не полный перечень научных тем, исследуемых на кафедре.

В частности, в 1970 г. предложена газодинамическая модель взаимодействия солнечного ветра со сверхзвуковым потоком межзвездной среды (В. Б. Баранов, К. В. Краснобаев совместно с А. Г. Куликовским [54]), которая стала особенно актуальной после экспериментального обнаружения уже в 1971 г. сверхзвукового движения межзвездных атомов водорода относительно Солнечной системы. Развитие этой модели привело к необходимости решения абсолютно нового класса задач, связанных с взаимодействием двух компонент газа, одна из которых описывается уравнениями механики сплошной среды (плазменная компонента, состоящая из электронов и протонов), а для другой (атомы водорода) гипотеза сплошности несправедлива. В последнем случае длины свободного пробега нейтральных атомов сравнимы с характерным размером задачи. Уравнения Эйлера необходимо было решать совместно с уравнением Больцмана для функции распределения. Вместо прямого решения уравнения Больцмана был использован оригинальный вариант метода Монте-Карло. Такая самосогласованная задача решена в работе В. Б. Баранова и Ю. Г. Маламы [55]. Несколько позже было показано, что функция распределения атомов водорода сильно анизотропна, т. е. существенно отличается от максвелловской [56].

Усовершенствованная модель привела к широким возможностям интерпретации экспериментальных данных, получаемых на космических аппаратах, с помощью которых изучаются внешние области Солнечной системы («Вояджер 1 и 2», «Пионер 10 и 11», «Хаббл Спейс Телескоп», «Улисс» и др.). Модель оказалась применимой ко многим явлениям в астрофизике (взаимодействие звездных ветров в двойных системах, обтекание межзвездных конденсаций нейтрального газа, динамика межзвездных пузырей и др.).

Кафедра принимала активное участие в исследовании кометы Галлея при помощи космических аппаратов в марте 1986 г., а именно, до получения экспериментальных данных была создана осесимметричная модель взаимодействия солнечного ветра с кометными атмосферами (В. Б. Баранов совместно с М. Г. Лебедевым [57]), а ее результаты имели предсказательную ценность. Впервые (К. В. Краснобаев с М. А. Вергазовым) было исследовано двумерное истечение газа с поверхности кометного ядра, определена яркость свечения кометы [58].

Расчеты распределения пылевой компоненты в атмосфере кометы, обтекаемой солнечным ветром, позволили установить эффект возникновения слоистых структур (зон чередования высокой и низкой концентрации пыли) между головной и терминальной ударными волнами (А. Н. Осипцов совместно с М. А. Теверовским [59]).

Результаты работ по сверхзвуковому обтеканию источников тепловыделения нашли применение в проблемах взаимодействия звездного ветра с рентгеновскими источниками излучения (К. В. Краснобаев совместно с Р. А. Сюняевым), наблюдаемыми на космических аппаратах [60].

Построение Г. И. Петровым и В. П. Стуловым [61] модели, которая бы объясняла загадку падения Тунгусского метеорита, стимулировало новые подходы к проблеме движения метеорных тел в атмосфере Земли. В. П. Стуловым с сотрудниками исследованы закономерности входа с большими скоростями крупных тел в плотные слои атмосфер планет. Показано, что возможны режимы входа, при которых разрушение и испарение твердого тела происходит без потери скорости. Результаты этих исследований нашли отражение в монографии В. П. Стулова, В. Н. Мирского, А. И. Вислого «Аэродинамика болидов» [62].

Проведен анализ волновых движений излучающего межзвездного газа и установлены новые эффекты роста возмущений (К. В. Краснобаев совместно с Н. Е. Сыроевым, В. Ю. Таревым [63,64]).

Многие работы в области космической газовой динамики были обобщены в монографии В. Б. Баранова и К. В. Краснобаева «Гидродинамическая теория космической плазмы», которая была удостоена премии им. С. А. Чаплыгина за 1982 г. [65].

## Физико-химическая гидродинамика

Значительное место в тематике кафедры занимают исследования течений газов, жидкостей и многофазных сред с учетом физико-химических превращений. Так, расчеты движения, скоростей испарения, горения и термического разложения твердых частиц в высокотемпературной среде были применены к анализу процессов в плазмохимических реакторах (А. М. Головин [66–67]).

Исследовано распространение нелинейных волн в колебательно-неравновесном газе (К. В. Краснобаев, В. Ю. Тарев [68]). Определены режимы усиления волн давления за счет передачи неравновесной колебательной энергии распространяющемуся возмущению.

С использованием вероятностного и кинетического подходов определены границы применимости бесстолкновительной модели и модели «холодного газа» для описания дисперсной фазы в двухфазных средах (А. Н. Осипцов [69, 70]).

Развиты математические модели пограничного слоя в аэрозолях с испаряющимися каплями, разработана квазиодномерная модель течения суспензии в канале переменного сечения в условиях вскипания несущей фазы (А. Н. Осипцов совместно с Е. Г. Шапиро, Д. В. Коротковым, И. Л. Панкратьевой, В. А. Полянским, В. И. Сахаровым [71–74]). Подтвержден и объяснен экспериментальный эффект интенсификации теплообмена при наличии в потоке даже малой концентрации капель, указан способ формирования высокоскоростных двухфазных струй с использованием легко вскипающих жидкостей в коротких профилированных каналах.

Применительно к проблемам безопасности ядерных энергетических установок выполнен цикл работ по исследованию высокотемпературного окисления циркония и его сплавов в атмосфере водяного пара (С. И. Арафайлов, А. М. Головин [75, 76]).

Широкий круг вопросов, связанных с теорией пластических деформаций, химической технологией, течениями многофазных сред, геофизикой и геологией, исследован профессором В. П. Мясниковым (академик РАН, директор Института автоматики и процессов управления ДВО РАН, заведующий кафедрой вычислительной механики), доцентом В. Д. Котелкиным, научным сотрудником Я. Янковым. В. П. Мясниковым построена математическая модель фильтрации газа через тепловыделяющую среду, на основе которой удалось объяснить данные наблюдений за поведением аварийного блока Чернобыльской АЭС. Полученные результаты обобщены в монографии В. П. Мясникова (совместно с В. П. Масловым и В. Г. Даниловым) «Математическое моделирование аварийного блока Чернобыльской АЭС» [77]. Доц. В. Д. Котелкиным выполнено компьютерное моделирование термохимической конвекции земной мантии. Учет неньютоновских реологических свойств мантийных пород позволил воспроизвести ряд известных в геологии особенностей эволюции глобального геодинамического процесса (цикла Вильсона [78]).

Необходимые для вычисления коэффициентов переноса в газах квантовомеханические расчеты выполнены доцентом В. С. Потаповым. Результаты этой работы изложены в его монографиях «Квазиклассические методы задачи трехчастичного рассеяния» и «Квазиклассическая теория атомно-молекулярных столкновений» [79, 80].

## Учебная работа

Основой учебно-педагогической работы коллектива кафедры является чтение обязательных и специальных лекционных курсов, руководство семинарами для студентов и аспирантов, проведение лабораторных занятий по программе физико-механического практикума. Преподаватели кафедры руководят курсовыми и дипломными работами студентов, работой аспирантов.

Аспирантами кафедры защищены десятки кандидатских диссертаций, на кафедре подготовлен целый ряд докторов наук. В последние годы только по вопросам до- и трансзвуковой аэродинамики и течений вязкой жидкости защищено 14 кандидатских диссертаций (научные руководители — проф. В. Я. Шкадов, доц. А. А. Зайцев). За выдающийся вклад в развитие науки и подготовку молодых ученых проф. В. Я. Шкадов награжден медалью Петра I.

Сотрудники кафедры являются авторами ряда учебников и учебных пособий по аэрогидромеханике, газовой динамике, по физическим основам механики сплошных сред [9, 80–86].

Кафедра в своей работе поддерживает тесную связь с НИИ механики МГУ. Ученые НИИ механики, часть которых являются сотрудниками кафедры, активно участвуют в научной и педагогической деятельности кафедры. В лабораториях института проводятся занятия по физико-механическому практикуму студентов 3–4 курсов. Сотрудники института руководят курсовыми и дипломными работами студентов и диссертационными работами аспирантов, ведут семинары.

### Список профессорско-преподавательского коллектива кафедры\*

1. Черный Горимир Горимирович	Дфмн, профессор академик РАН
2. Баранов Владимир Борисович	Дфмн, профессор
3. Краснобаев Константин Васильевич	Дфмн, профессор
4. Стулов Владимир Петрович	Дфмн, профессор
5. Шкадов Виктор Яковлевич	Дфмн, профессор
6. Арафайлов Сергей Игоревич	Кфмн, доцент
7. Головин Александр Мефодьевич	Кфмн, доцент
8. Котелкин Вячеслав Дмитриевич	Кфмн, доцент
9. Осипцов Александр Николаевич	Дфмн, доцент
10. Остапенко Николай Андреевич	Дфмн, доцент
11. Потапов Владимир Семенович	Кфмн, доцент
12. Смехов Геннадий Дмитриевич	Кфмн, доцент

\* Биографические данные и сведения о научно-педагогической работе сотрудников кафедры доступны в сети Internet по адресу <http://mech.math.msu.su/department/aeromech>

13. Васильев Владимир Александрович	Ассистент
14. Измоденов Владислав Валерьевич	Кфмн, доцент
15. Сисоев Григорий Михайлович	Кфмн, ассистент
16. Янков Янко Добрев	Кфмн, научный сотрудник
17. Андреева Людмила Николаевна	Старший лаборант
18. Такмазьян Андрей Куркенович	Ассистент

### Чтение обязательных лекционных курсов

1. Газовая динамика	Академик Г. Г. Черный, проф. В. П. Стулов
2. Гидроаэромеханика	Проф. В. Б. Баранов, проф. В. Я. Шкадов
3. Механика сплошной среды	Проф. К. В. Краснобаев
4. Основы механики сплошной среды	Проф. К. В. Краснобаев

### Специальные курсы по выбору студентов

1. Космическая газовая динамика	проф. В. Б. Баранов
2. Введение в магнитную гидродинамику	проф. В. Б. Баранов
3. Радиационная газовая динамика	проф. К. В. Краснобаев
4. Гидродинамическая теория космической плазмы	проф. К. В. Краснобаев
5. Течения вязкой жидкости	проф. В. Я. Шкадов
6. Теория гидродинамической устойчивости	проф. В. Я. Шкадов
7. Динамика реальных газов	проф. В. П. Стулов
8. Физико-химическая гидродинамика	доц. А. М. Головин
9. Методы возмущений в механике жидкости	доц. А. М. Головин
10. Физические основы МСС	доц. В. С. Потапов
11. Численные методы в газовой динамике	доц. С. И. Арафайлов
12. Оптимальные аэродинамические формы	доц. Н. А. Остапенко
13. Аэродинамика технологических аппаратов	доц. В. Д. Котелкин
14. Течения многокомпонентного реагирующего газа	доц. Г. Д. Смехов
15. Динамика запыленных газов	доц. А. Н. Осипцов
16. Течения вязкой жидкости со свободной поверхностью	проф. В. Я. Шкадов асс. Г. М. Сисоев асс. А. К. Такмазьян
17. Основы физики космической плазмы	доц. В. В. Измоденов

Преподаватели кафедры руководят семинарами по аэромеханике и газовой динамике, а также семинарами по механике сплошной среды для студентов академических групп.



## Семинары кафедры

- |   |  |
|---|--|
| 1. Научно-исследовательский семинар по аэрогазодинамике | академик Г. Г. Черный  |
| 2. Гидродинамическая устойчивость и теория крыла        | проф. В. Я. Шкадов,<br>асс. Г. М. Сисоев,<br>асс. А. К. Такмазян   |
| 3. Физико-химическая гидродинамика                      | проф. К. В. Краснобаев,<br>доц. С. И. Арафайлов,<br>доц. А. М. Головин,<br>доц. В. Д. Котелкин,<br>доц. В. С. Потапов,<br>н.с. Я. Д. Янков |
| 4. Газовая динамика                                     | проф. В. П. Стулов,<br>проф. К. В. Краснобаев,<br>доц. С. И. Арафайлов,<br>доц. А. Н. Осипцов  |

## Литература

1. *Голубев В. В.* Теория крыла аэроплана в плоскопараллельном потоке. М.: Тр. ЦАГИ. 1927. Вып. 29.
2. *Голубев В. В.* Теория крыла аэроплана конечного размаха. М.: Тр. ЦАГИ. 1931. Вып. 108.
3. *Голубев В. В.* Лекции по теории крыла. М.—Л.: ГИТТЛ. 1949.
4. *Голубев В. В.* Лекции по интегрированию уравнений движения тяжелого твердого тела около неподвижной точки. М.: ГИТТЛ. 1953.
5. *Голубев В. В.* Труды по аэродинамике. М.—Л.: ГИТТЛ. 1957.
6. *Голубев В. В.* Исследования по теории удара струи жидкости и некоторые ее приложения. М.: Изд. МГУ, 1975. С. 76.
7. *Петров Г. И.* Аэромеханика больших скоростей и космические исследования // *Избранные труды*. М.: Наука, 1992. С. 306.
8. *Черный Г. Г.* Течения газа с большой сверхзвуковой скоростью. М.: Физматгиз, 1959. С. 220.
9. *Черный Г. Г.* Газовая динамика. М.: Наука, 1988. С. 424.
10. *Зайцев А. А.* Теория несущей поверхности. М.: Наука, 1995. С. 160.
11. *Гонор А. Л., Зубин М. А., Остапенко Н. А.* Применение лазеров в оптических методах экспериментальной аэродинамики. М. 1984. С. 53.
12. *Остапенко Н. А.* О всплывании точки Ферри на наветренной стороне V-образных крыльев // *ДАН СССР*. 1986. Т. 287. С. 2.
13. *Зубин М. А., Остапенко Н. А.* О структуре обтекания наветренной стороны V-образных крыльев при наличии отрыва турбулентного пограничного слоя // *Изв. АН СССР*. 1989. С. 3.
14. *Зубин М. А., Остапенко Н. А.* О некоторых режимах сверхзвукового обтекания наветренной стороны V-образных крыльев // *Изв. РАН. МЖГ*. 1992. С. 2.
15. *Зубин М. А., Остапенко Н. А.* Геометрические характеристики отрыва турбулентного пограничного слоя при взаимодействии с прямым скачком уплотнения в конических течениях // *Изв. АН СССР. МЖГ*. 1983. С. 6.

16. *Зубин М. А., Остапенко Н. А.* Аэродинамические характеристики и запас статической устойчивости конических звездообразных тел при сверхзвуковых скоростях // Изв. РАН. МЖГ. 1992. С. 6.
17. *Глазков В. М., Остапенко Н. А. и др.* Экспериментальное исследование аэродинамического сопротивления пространственных тел со звездообразным поперечным сечением при сверх- и гиперзвуковых скоростях // Вестник МГУ. Сер. 1. Математика, механика. 1997. С. 1.
18. *Остапенко Н. А.* Аэродинамическое сопротивление пространственных тел со звездообразным поперечным сечением при сверхзвуковых скоростях и проблемы его расчета // Изв. РАН. МЖГ. 1993. С. 1.
19. *Зубин М. А., Остапенко Н. А., Чулков А. А.* Моделирование аэро-динамического сопротивления пространственных тел со звездообразным поперечным сечением при гиперзвуковых скоростях // Изв. РАН. МЖГ. 1996. С. 5.
20. *Остапенко Н. А.* Конические тела со звездообразным поперечным сечением, обладающие запасом статической устойчивости // Изв. АН СССР. МЖГ. 1984. С. 6.
21. *Остапенко Н. А.* Тела минимального волнового сопротивления в закрученном гиперзвуковом потоке // Изв. АН СССР. МЖГ. 1983. С. 1.
22. *Остапенко Н. А.* Аэродинамические характеристики V-образных крыльев с отошедшей ударной волной на передних кромках при гиперзвуковых скоростях полета // Изв. РАН. МЖГ. 1993. С. 4.
23. *Остапенко Н. А.* Режимы сверхзвукового обтекания V-образных крыльев // Труды МИАН им. В. А. Стеклова. 1998. Т. 223.
24. *Остапенко Н. А.* О бифуркации аэродинамического качества при гиперзвуковом вязком взаимодействии // Доклады РАН. 1999. Т. 364. С. 5.
25. *Остапенко Н. А.* Оптимальные формы тел, двигающихся в плотных средах. М. 1997. С. 104.
26. *Краснобаев К. В.* Сверхзвуковое обтекание слабых источников излучения // Изв. АН СССР. МЖГ. 1984. С. 4.
- 26а. *Исаев В. С., Краснобаев К. В.* Хим. физика. 2000. Т. 19. № 1.
27. *Арафайлов С. И.* Влияние энерговыделения в ударном слое на сверхзвуковой полет тел // Изв. АН СССР. МЖГ. 1990. С. 4.
28. *Осипцов А. Н.* Тонкий профиль в потоке дисперсной смеси // Изв. АН СССР. МЖГ. 1981. С. 5.
29. *Осипцов А. Н.* Mathematical modeling of dusty-gas boundary layers, Appl. Mech. Reviews, 1997, v.50, № 6, p. 357–370.
30. *Ван Бо-И, Осипцов А. Н.* Пристеночный пограничный слой за ударной волной в запыленном газе // Изв. РАН. МЖГ. 1999. С. 4.
31. *Осипцов А. Н.* Modified Lagrangian method for calculating the particle concentration in dusty-gas flows with intersecting particle trajectories, Proc. 3d Intern. Conf. Multiphase Flows, Lyon, France, 1998, CD-ROM.
32. *Шкадов В. Я.* Волновые режимы течения тонкого слоя вязкой жидкости под действием силы тяжести // Изв. АН СССР. МЖГ. 1967. С. 1.
- 32а. *Шкадов В. Я.* Об интегрировании уравнений пограничного слоя // ДАН СССР. 1959. Т. 126. № 4.
33. *Шкадов В. Я.* К образованию волн на поверхности вязкой тяжелой жидкости под действием касательного напряжения // Изв. АН СССР. МЖГ. 1970. С. 3.
34. *Шкадов В. Я.* Некоторые методы и задачи теории гидродинамической устойчивости. М.: Изд. МГУ. Ин-т механики. Научн. труды, 1973. С. 25. 192.
35. *Шкадов В. Я., Запьянов З. Д.* Динамика вязкой жидкости. София: Наука, 1986.
36. *Шкадов В. Я., Холманов Л. П.* Гидродинамика и теплообмен с поверхностью раздела. М.: Наука, 1990.
37. *Бунов А. В., Демехин Е. А., Шкадов В. Я.* О неединственности нелинейных волновых решений в вязком слое // ПММ. 1984. Т. 48. № 4.

38. Бунов А. В., Демехин Е. А., Шкадов В. Я. Бифуркации уединенных волн в стекающем слое жидкости // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1986. С. 2.
39. Демехин Е. А., Шкадов В. Я. К теории солитонов в системах с диссипацией // Изв. АН СССР. МЖГ. 1986. С. 3.
40. Зеленов И. В., Шкадов В. Я. Обтекание профиля крыла потоком вязкой жидкости // Изв. АН СССР. МЖГ. 1986. С. 4.
41. Ахметов В. К., Шкадов В. Я. Развитие и устойчивость закрученных течений // Изв. АН СССР. МЖГ. 1988. С. 4.
42. Demekhin E. F., Tokarev G. Ju., Shkadov V. Ja. Hierarchy of bifurcations of space-periodic structures in a model of active dissipation media. *Physica D*, 1991, 52.
43. Кулаго А. Е., Шкадов В. Я., Шкадова В. П. К гидродинамической теории нанесения тонкослойных покрытий на движущиеся поверхности // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. С. 2.
44. Епихин В. Е., Шкадов В. Я. Численное моделирование неоднородного распада капиллярных струй // Изв. РАН. МЖГ. 1993. С. 2.
45. Белоглазкин А. Н., Шкадов В. Я. Транзвуковые профили минимального волнового сопротивления с пористой и непроницаемой поверхностью // Вестник МГУ. Матем. Механ. 1995. С. 3.
46. Koulago A. E., Shkadov V. Ja., Duere D., De Ryck A. Film entrained by a fiber quickly drown ont a liquid bath. *Physics of Fluids A*, 1995, v. 7, № 6, 1221–1224.
47. Shkadov V. Ja., Sisoiev G. M. Instability of two-layer capillary jet. *International Journal of Multiphase Flow*, 1996, v.22, № 2, 363–377.
48. Шкадова В. П., Шкадов В. Я. Инерционные режимы течения капиллярных пленок // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1997. С. 2.
49. Сисоев Г. М., Шкадов В. Я. Доминирующие волны в стекающих пленках вязкой жидкости // Доклады РАН. 1997. Т. 357. С. 4.
50. Шкадов В. Я., Шутов А. А. Устойчивость поверхностно-заряженной вязкой струи в электрическом поле // Изв. РАН. МЖГ. 1998. С. 2.
51. Сисоев Г. М., Шкадов В. Я. Неустойчивость и когерентность нестационарных уединенных волн в жидких пленках // Доклады РАН. 1998. Т. 363. С. 4.
52. Бура А. Г., Шкадов В. Я. Нелинейная неустойчивость вращательного течения Куэтта // Вестник МГУ. Матем. Механ. 1999. С. 2.
53. Осипцов А. Н. Движение запыленного газа в начальном участке плоского канала и круглой трубы // Изв. АН СССР. МЖГ. 1988. С. 6.
54. Баранов В. Б., Краснобаев К. В., Куликовский А. Г. Модель взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой // ДАН СССР. 1970. Т. 194. № 1.
55. Баранов В. Б., Малама Ю. Г. The model of the solar wind interaction with the local interstellar modium. Numerical solution of the self-consistent problem // *J. Geophys. Res.* 1993. V. 98. No. A9. P. 15157–15163.
56. Баранов В. Б., Измоденов В. В., Малама Ю. Г. On the distribution function of H atoms in the problem of the solar wind interaction with the local interstellar medium // *J. Geophys. Res.* 1998. V.103. No. A5. P. 575–9585.
57. Баранов В. Б., Лебедев М. Г. Самосогласованная газодинамическая модель обтекания ионосферы кометы солнечным ветром с учетом эффекта «нагружения» // Письма в Астрон. журн. 1986. С. 7.
58. Вергазов М. А., Краснобаев К. В. Осесимметричное истечение реагирующего газа из ядра кометы // Письма в Астрон. журн. 1985. Т. 11. С. 7.
59. Осипцов А. Н., Теверовский М. А. Гиперзвуковое обтекание сверхзвукового двухфазного источника. МЖГ. 1998. С. 3.
60. Краснобаев К. В., Сюняев Р. А. Расчет обтекания рентгеновского источника звездным ветром // Изв. АН СССР. МЖГ. 1983. С. 4.
61. Петров Г. И., Стулов В. П. Движение больших тел в атмосфере планет. Космич. исслед. 1975. Т. 13. Вып. 4.

62. Стулов В. П., Мирский В. Н., Вислый А. И. Аэродинамика болидов. М.: Наука. Физмат, 1995.
63. Краснобаев К. В., Сысоев Н. Е., Тарев В. Ю. Особенности распространения нелинейных и ударных волн в окрестности горячих звезд / Сб. «Программа “Университеты России”». М.: Изд-во МГУ, 1994.
64. Краснобаев К. В., Тарев В. Ю. Влияние процессов релаксации на акустические возмущения в области Н II. Астрон. журн. 1997. Т. 74. № 5.
- 64а. Краснобаев К. В. *Astrophys. And Space Sci.* 2000, v. 274, № 1–2.
- 64б. Краснобаев К. В. Письма в Астрон. журнал. 2001. Т. 27, № 2.
- 64в. Краснобаев К. В. Письма в Астрон. журнал. 2001. Т. 27, № 9.
- 64г. Краснобаев К. В. Письма в Астрон. журнал. 2002. Т. 28, № 9
65. Баранов В. Б., Краснобаев К. В. Гидродинамическая теория космической плазмы. М., 1977. С. 336.
66. Головин А. М., Песочин В. Р. Горение системы угольных частиц в условиях МГД-установок. ФГВ. 1985. С. 2.
67. Головин А. М. Зажигание горючей смеси движущейся нагретой частицей. ТВТ. 1996. Т. 34. № 1.
68. Краснобаев К. В., Тарев В. Ю. Нелинейные волны малой амплитуды в диссипативном газе с избытком колебательной энергии // Изв. АН СССР. МЖГ. 1990. С. 2.
69. Осипцов А. Н. Исследование зоны неограниченного роста концентрации частиц в дисперсных потоках // Изв. АН СССР. МЖГ. 1984. С. 3.
70. Осипцов А. Н. К учету конечности объема и гидродинамического взаимодействия частиц в газозвесах // ДАН СССР. 1984. Т. 275. С. 5.
71. Осипцов А. Н., Шапиро Е. Г. Обтекание поверхности аэродисперсным потоком с образованием жидкой пленки из осаждающихся частиц // Изв. АН СССР. МЖГ. 1989.
72. Осипцов А. Н., Шапиро Е. Г. Heat transfer in the boundary layer of a “gas-evaporating drops” mixture, In tern. J. Heat Mass Transfer, v. 36, № 1, 1993, 71–78.
73. Осипцов А. Н., Коротков Д. В. Пограничный слой в паракапельной среде на лобовой поверхности горячего затупленного тела. ТВТ. 1998. С. 2.
74. Осипцов А. Н., Панкратьева И. Л., Полянский В. А., Сахаров В. И. Стационарное течение смеси жидкость-частицы в канале при наличии вскипания несущей фазы. ТВТ. 1992. С. 3.
75. Арафайлов С. И., Головин А. М. Влияние смешанной конвекции на локальное воспламенение тела и плавление его оболочки в условиях аварии с потерей теплоносителя // Тр. межд. конф. «Теплофизич. аспекты...» Обнинск, 1998. Т. 2.
76. Головин А. М. Метод вращающегося диска в исследовании высокотемпературного окисления металлов // ХФ. 1999. Т. 18. № 2.
77. Маслов В. П., Мясников В. П., Данилов В. Г. Математическое моделирование аварийного блока Чернобыльской АЭС. М.: Наука. 1987. С. 144.
78. Котелкин В. Д., Лобковский Л. И. Причины цикличности глобального геодинамического процесса // Доклады РАН. 1999.
79. Потапов В. С. Квазиклассические методы задачи трехчастичного рассеяния. М.: Изд. МГУ. 1986. С. 109.
80. Потапов В. С. Квазиклассическая теория атомно-молекулярных столкновений. М.: Изд. МГУ. 1997.
81. Баранов В. Б. Гидроаэромеханика и газовая динамика. М.: Изд-во МГУ.
82. Шкадов В. Я., Запryanов З. Д. Течения вязкой жидкости. М.: Изд-во МГУ.
83. Толмачев В. В., Головин А. М., Потапов В. С. Термодинамика и электродинамика сплошной среды. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 232.
84. Лабораторный практикум. Задачи общего практикума по аэромеханике и газовой динамике. М.: Изд-во МГУ, 1972. С. 115.
85. Попов С. Г. Измерение воздушных потоков. М.–Л.: ГИТТЛ. 1947. С. 296.
86. Попов С. Г. Некоторые задачи и методы экспериментальной аэромеханики. М.: ГИТТЛ, 1952. С. 96.

87. *Остапенко Н. А.* К вопросу об оптимальной форме волнолозов, построенных на плоских ударных волнах // Изв. РАН. МЖГ. 2000. № 6. С. 46–63.
88. *Остапенко Н. А.* О взаимодействии сильных ударных волн со слабыми скачками уплотнения малой интенсивности // Доклады РАН. 2000. Т. 372. № 2. С. 181–184.
89. *Остапенко Н. А., Зубин М. А.* О закономерностях «несвободного» взаимодействия ударных волн с пограничным слоем на пластине со скольжением // Изв. РАН. МЖГ. 2002. № 2. С. 57–68.
90. *Остапенко Н. А., Зубин М. А.* О некотором экстремальном свойстве отрывных течений при взаимодействии скачка уплотнения с пограничным слоем // Доклады РАН. 2002. Т. 383. № 1. С. 51–56.
91. *Остапенко Н. А., Зубин М. А.* Структура течения в области отрыва при взаимодействии ударных волн с пограничным слоем на пластине со скольжением // Изв. РАН. МЖГ. 2002. № 3. С. 66–77.
92. *Остапенко Н. А.* Тела вращения минимального сопротивления при движении в плотных средах // Успехи механики. 2002. Т. 1. № 2. С. 105–149.

## **Биографическая справка о коллективе кафедры**

**Голубев Владимир Васильевич** (1884–1954) — первый заведующий кафедрой. Родился в Сергиеве Посаде Московской обл. Математик. Механик. Окончил математическое отделение физико-математического факультета Московского университета (1908).

Магистр чистой математики (1917). Доктор физико-математических наук (1935). Профессор, заведующий кафедрой аэромеханики Московского университета (1932–1954), декан механико-математического факультета МГУ (1933–1934, 1944–1952). Директор Института механики при Московском университете с 1936 г.

В Московском университете читал целый ряд курсов по прикладным вопросам математики и механики, в том числе: «Анализ III», «Аналитическая теория дифференциальных уравнений», «Интегрирование уравнений движения тяжелого твердого тела около неподвижной точки», «Теория винта», «Теория крыла».

Член-корреспондент АН СССР (1934). Начальник кафедры Военно-воздушной инженерной академии им. Н. Е. Жуковского (1932–1954). Генерал-майор инженерно-авиационной службы (1944).

Награжден орденами Красной Звезды (1946, 1944, 1945, 1954), орденом Трудового Красного Знамени (1944), медалью «За боевые заслуги» (1950), орденом Ленина (1953).

Область научных интересов: аналитическая теория дифференциальных уравнений, теория механизированного крыла, пограничного слоя, вихревого сопротивления, крыла конечного размаха, малого удлинения, машущего полета. Профессор В. В. Голубев является одним из создателей теоретической аэромеханики в нашей стране.

Тема магистерской диссертации: «Однозначные аналитические функции с совершенным множеством особых точек» (1917). Тема докторской диссертации: «Исследования по теории особых точек однозначных функций» (1922). Ученая степень доктора физико-математических наук была присвоена в 1935 г. без защиты диссертации по совокупности достигнутых важных научных результатов.

Научное наследие В. В. Голубева состоит из 112 научных работ по различным вопросам математики, механики и истории науки.

**Петров Георгий Иванович** (1912–1987) — заведующий кафедрой с 1955 по 1987 г. Родился в г. Пинега Архангельской обл. Окончил механико-математический факультет Московского университета по кафедре аэромеханики в 1935 г. Профессия: механик.

Профессор кафедры аэромеханики (1953), заведующий кафедрой аэромеханики и газовой динамики (1955).

В течение многих лет читал специальный курс по прикладной газовой динамике, руководил работой специальных семинаров для студентов и аспирантов кафедры, а также научного семинара для сотрудников кафедры и Института механики МГУ. Г. И. Петров организовал и возглавил научный семинар по применению численных методов в динамике жидкостей и газов при Вычислительном центре МГУ.

Член-корреспондент АН СССР (1953), действительный член АН СССР (1958). Г. И. Петров являлся основателем и первым директором Института космических исследований АН СССР. В течение многих лет он был главным редактором журнала АН СССР «Механика жидкостей и газов».

Герой Социалистического Труда (1961), награжден тремя орденами Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, дважды лауреат Государственной премии СССР, премии им. Н. Е. Жуковского.

Область научных интересов: гидродинамическая теория устойчивости, сверхзвуковая аэродинамика, космическая газовая динамика. Исследования оптимальных систем косых скачков уплотнения, проведенные Г. И. Петровым, стали основополагающими в создании сверхзвуковых диффузоров. Он выдвинул и разработал идею плоского регулируемого сверхзвукового сопла для аэродинамических труб, развил теорию мостообразного скачка уплотнения. Занимаясь проблемой взаимодействия скачков уплотнения с турбулентным пограничным слоем, Г. И. Петров установил фундаментальный закон о предельном перепаде давления в скачке, выдерживаемом турбулентным пограничным слоем без отрыва от стенки. Под его руководством разработаны эффективные методы численного решения уравнений пограничного слоя с физико-химическими процессами, а также методы численных расчетов обтекания тел с отошедшей ударной волной. Им был выдвинут целый ряд оригинальных идей, связанных с проблемой Тунгусского метеорита.

Исследования в области газовой динамики больших сверхзвуковых скоростей, тепло- и массообмена, взаимодействия ударных волн и пограничного

слоя, газодинамики стендовых установок, космической газовой динамики принесли Г. И. Петрову заслуженную известность и нашли широкое практическое применение.

**Черный Горимир Горимирович** — заведующий кафедрой с 1988 г. Родился 22 января 1923 г. в г. Каменец-Подольске (Украинская ССР). Поступил на механико-математический факультет МГУ в 1940 г. и закончил его с отличием по специальности «механика» в 1949 г. В 1941–1945 гг. — участник Великой Отечественной войны. По окончании МГУ работал в научных институтах авиационной промышленности (1949–1957).

Кандидат технических наук (1953), доктор физико-математических наук (1956), профессор (1957).

Педагогическую деятельность начал в 1951 г. в Московском физико-техническом институте. В 1957–1963 гг. заведовал кафедрой газовой динамики и горения МФТИ. С 1954 г. преподает в МГУ: ассистент, доцент, профессор кафедры гидромеханики механико-математического факультета (1958), заведующий кафедрой аэромеханики и газовой динамики этого факультета (1988). Директор (1960–1992), советник дирекции (1992) НИИ механики МГУ.

Заслуженный профессор МГУ, член Ученого совета МГУ (1960).

С 1954 г. читал общие и специальные курсы, вел семинары для студентов, а с 1960 г. — научный семинар для аспирантов и научных сотрудников.

Член-корреспондент АН СССР (1962), академик (1980). Академик-секретарь Отделения проблем машиностроения, механики и процессов управления РАН (1992–1997). Почетный член Российской академии естественных наук, Российской академии космонавтики, Международной академии наук высшей школы.

Член-корреспондент, академик (1968) Международной академии астронавтики. Иностраный член Национальной академии инженерных наук США (1997), член Европейской академии наук (2002).

Член, зам. председателя, председатель (1991) Российского Национального комитета по теоретической и прикладной механике, председатель Объединенного научного совета РАН по механике (1992–1997), председатель Научного совета РАН по механике жидкости и газа (1997), член Научного совета РАН по горению.

Лауреат Государственных премий СССР (1972, 1978, 1991), Государственной премии РФ (2003), премии Совета Министров СССР (1985), премии им. проф. Н. Е. Жуковского I ст. (1959), премии им. М. В. Ломоносова I ст. (1965), премии им. С. А. Чаплыгина (1976), премии им. Л. И. Седова (2003).

Автор двух зарегистрированных научных открытий — № 298 (1984) и № 10с (1990).

Главный редактор журнала «Известия РАН, Механика жидкости и газа» (1988), член редколлегии журналов «Доклады РАН» и «Прикладная математика и механика», РЖ «Механика», главный редактор журнала «Аэромеханика и газовая динамика» (2001), соредатор журнала «Acta Astronautica» (1972).

За участие в Великой Отечественной войне награжден орденами Славы III степени, Красной Звезды, Отечественной войны I и II степени, медалями «За отвагу», «За оборону Москвы», «За взятие Кенигсберга», «За взятие Берлина», «За победу над Германией», многими памятными медалями.

За достижения в научной, технической и преподавательской деятельности награжден орденами СССР: «Знак почета», «Дружбы народов», «Трудового Красного Знамени», орденом Почета (1998) и орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2003) и несколькими медалями. Удостоен многих медалей Федерации космонавтики СССР и РФ, высших наград Академии космонавтики СССР и РФ, РАЕН, Российской академии прикладных наук.

Область научных интересов: гидромеханика, теоретическая и прикладная аэродинамика и газодинамика, теория горения и взрыва. Тема кандидатской диссертации: «Некоторые вопросы теории воздушно-реактивных двигателей».

Тема докторской диссертации: «Ламинарные движения жидкости и газа в пограничном слое с поверхностью разрыва».

Подготовил свыше 30 кандидатов и 15 докторов наук. Опубликовал более 160 научных работ, в т.ч. 4 монографии.

**Потапов Владимир Семенович** — ученый секретарь кафедры. Родился в Москве в 1944 г. В 1967 г. окончил механико-математический факультет МГУ, а в 1970 г. — аспирантуру отделения механики. С 1970 г. и по настоящее время преподает на механико-математическом факультете МГУ сначала в должности ассистента, а затем доцента кафедры аэромеханики и газовой динамики. Защитил диссертацию на ученую степень кандидата физико-математических наук по теме «Асимптотические решения квантовой задачи рассеяния в системе из трех частиц».

В. С. Потапов является автором трех монографий и более пятидесяти научных работ в различных областях математической физики и механики.

В. С. Потапов читает лекции для студентов по спецкурсам: «Квазиклассические методы в теории трехчастичного рассеяния. Электродинамика сплошной среды». «Физические основы механики сплошной среды: статистическая физика и физическая кинетика», ведет спецсеминар для студентов по теме «Физико-химическая гидродинамика».

Темы научных исследований: «Квазиклассические методы расчета сечений атомных и молекулярных столкновений, происходящих в газах, исходя из квантовой многочастичной задачи». «Теоретическое исследование кинетики гетерофазного окисления металлов с учетом диффузионных, тепловых и механических воздействий».

**Краснобаев Константин Васильевич** родился 12 сентября 1941 г. в Салехарде Тюменской области.

Профессор кафедры аэромеханики и газовой динамики с 1988 г., доктор физико-математических наук (1985), профессор (1997).



Окончил механико-математический факультет и аспирантуру МГУ в 1969 г. по специальности «механика». В 1972 г. им защищена кандидатская диссертация, в 1985 г. — докторская. Тема кандидатской диссертации — «Перенос ионизирующей радиации в неравновесных условиях», докторской — «Динамика газа в поле ионизирующего излучения».

В 1969–1981 гг. К. В. Краснобаев — сотрудник Института космических исследований РАН, Московского радиотехнического института РАН. С 1981 г. — преподаватель кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

Основные работы К. В. Краснобаева посвящены исследованию динамики и устойчивости плазмы, нагреваемой частицами высоких энергий (ультрафиолетовыми и рентгеновскими квантами, космическими лучами и т. д.). Им исследовано влияние спектральных и угловых характеристик излучения на ионизационную и тепловую структуру газа, окружающего источник неравновесного излучения. На основе аналитических и численных методов выявлены особенности сверхзвукового обтекания источников тепловыделения и полученные результаты применены к решению ряда астрофизических и прикладных задач. Теоретически предсказано обнаруженное впоследствии с помощью экспериментов на космических аппаратах явление анизотропного истечения газа из ядра кометы, а также установлено, что положение максимума яркости свечения кометы не совпадает с положением ее ядра. Путем анализа устойчивости фронтов ионизации установлены новые эффекты роста возмущений и их связь с проблемой происхождения нерегулярных движений межзвездной среды. К. В. Краснобаев — один из авторов признанной в мировой литературе модели взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой. Модель находит многочисленные применения в различных областях астрофизики и газовой динамики.

К. В. Краснобаевым опубликовано 77 научных работ, монография. Работы К. В. Краснобаева удостоены премий им. С. А. Чаплыгина и М. В. Ломоносова первой степени.

К. В. Краснобаев читает общие лекционные курсы «Механика сплошной среды» и «Основы механики сплошной среды», специальные курсы лекций «Радиационная газовая динамика», «Гидродинамическая теория космической плазмы». Руководит спецсеминарами «Аэромеханика и газовая динамика», «Физико-техническая гидродинамика», «Газовая динамика».

**Шкадов Виктор Яковлевич** родился 21 октября 1935 г. в д. Наумово Спас-Деменского района Калужской области. Окончил механико-математический факультет МГУ (1958). Квалификация: механик.

Доктор физико-математических наук (1974). Профессор кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ (1979). Заслуженный профессор МГУ (2002).

Научный сотрудник, старший научный сотрудник Института механики МГУ (1961–1973). Заведующий лабораторией вычислительных методов

механико-математического факультета (1974–1979). Член Диссертационного совета по механике жидкости, газа и плазмы при МГУ (1985). Член редколлекции журнала «Вестник Московского университета. Математика. Механика» (1985).

Удостоен почетного знака Минвуза СССР «За отличные успехи в работе» (1986), медалей «За доблестный труд» (1970), «Ветеран труда» (1987), «В память 850-летия Москвы» (1997), «30 лет космической эры» (Федерация космонавтики СССР, 1987), П. Л. Капицы (РАЕН, 1996), Петра I (Международная академия наук о природе и обществе, 1998). Государственная научная стипендия (РАН, 1994–2003).

Область научных интересов: механика жидкости и газа. Разработал метод обобщенных автомодельных решений и вывел универсальные уравнения пограничного слоя. Создал теорию нелинейных волн, вызываемых гидродинамической неустойчивостью в тонких слоях вязкой жидкости и в капиллярных струях. Разработал численный метод поверхностей равных расходов для течений со свободными границами и с границами раздела. Решил серию задач о пленочных и струйных течениях с тепломассопереносом и об их устойчивости. Имеет 5 авторских свидетельств, связанных с приложением результатов к технологическим процессам. Предложил эффективные методы численного решения уравнений Навье–Стокса и Эйлера. Получил новые решения задач о нелинейном развитии возмущений в вязких течениях, обтекании тел вязкой жидкостью с возбуждением автоколебаний, закрученных течениях с образованием отрывных зон, дозвуковым и трансзвуковым обтекании аэродинамических профилей. Имеет приоритет в исследованиях по нелинейной теории гидродинамической устойчивости и переходу к турбулентности. Тема кандидатской диссертации: «Пограничный слой с градиентом давления в потоке сжимаемой жидкости». Тема докторской диссертации: «Вопросы нелинейной гидродинамической устойчивости слоев вязкой жидкости, капиллярных струй и внутренних течений».

Читает курсы лекций: «Гидроаэромеханика», «Теория пограничного слоя», «Теория гидродинамической устойчивости», «Течения вязкой жидкости», «Вычислительные методы аэрогидромеханики» студентам механико-математического факультета. Ведет спецсеминары по гидродинамической устойчивости и теории крыла. Читал курсы лекций: «Вычислительные машины и программирование», «Численные методы для уравнений с частными производными» для студентов и слушателей факультета повышения квалификации механико-математического факультета.

Подготовил 33 кандидата и 7 докторов наук. Автор более 200 научных работ, в т.ч. 6 монографий.

**Баранов Владимир Борисович** родился 16 сентября 1934 г. в Москве. Окончил механико-математический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова (1957), в 1962 г. — аспирантуру по кафедре аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ.

Квалификация: механик.

Доктор физико-математических наук (1970). Профессор кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета (1976).

Старший инженер, старший научный сотрудник Центра научных исследований им. М. В. Келдыша (1958–1966). Доцент (1966), профессор (1976) кафедры аэромеханики и газовой динамики по совместительству. Старший научный сотрудник (1966), зав. лабораторией (1986) Института космических исследований АН СССР. С 1987 г. по настоящее время — заведующий лабораторией «Физической газовой динамики» Института проблем механики РАН.

Награжден орденом «Знак Почета» (1972). Лауреат премии им. С. А. Чаплыгина, имеет звание «Соросовского профессора» (1994–2002). Лауреат конкурса «Грант Москвы», учрежденной Правительством Москвы (2001–2003).

Область научных интересов: гидроаэромеханика, магнитная гидродинамика, физика плазмы, космическая газовая динамика. Основные работы посвящены гидродинамическим течениям плазмы в сильных магнитных полях, нарушающих изотропию свойств переноса; фундаментальным проблемам обоснования гидродинамических уравнений для плазмы; созданию модели взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой и с кометными атмосферами; созданию других гидродинамических моделей физических явлений, встречающихся в космических условиях.

Тема кандидатской диссертации: «Некоторые магнитогидродинамические течения ионизованного газа с анизотропными свойствами переноса» (1962). Тема докторской диссертации: «Магнитная гидродинамика анизотропной плазмы» (1970).

Читает спецкурсы: «Гидроаэромеханика», «Введение в магнитную гидродинамику», «Введение в кинетическую теорию газов», «Космическая газовая динамика». Руководит спецсеминарами по аэромеханике и газовой динамике.

Член редколлегии журналов «Известия РАН, сер. МЖГ» и «Успехи механики». Член Ученого совета механико-математического факультета и Института механики МГУ по защитах диссертаций.

Подготовил 16 кандидатов наук, из которых в настоящее время 3 доктора наук. Опубликовал более 100 научных работ.

**Осипцов Александр Николаевич** родился 4 июня 1955 г. в Ростове-на-Дону. Окончил механико-математический факультет МГУ (1977). Квалификация: механик. Стажировался на факультете инженерной механики университета Циньхуа (Пекин) (1989–1990).

Кандидат физико-математических наук (1981), доктор физико-математических наук (1995). Доцент кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета на 0,5 ставки (1992), профессор с 2004 г.

Член-корреспондент РАЕН с 2004 г. Лауреат медали и премии АН СССР за лучшую работу молодого ученого (1988), награжден медалью им. П. Л. Капицы (РАЕН) (1995). Старший научный сотрудник (1988). Ведущий научный сотрудник (1994). Заведующий лабораторией многофазных сред Института

механики МГУ (2002). Член Национального комитета по теоретической и прикладной механике (1995). Член GAMM (1994), EUROMECH (1994). Ученый секретарь Диссертационного совета по механике жидкостей и газов при МГУ. Ответственный секретарь редколлегии журнала «Успехи механики».

Область научных интересов: механика многофазных сред, аэродинамика, газовая динамика, теплообмен, пограничный слой. Основные научные работы связаны с математическим моделированием процессов, происходящих при движении тел в аэродисперсных средах. Разработал асимптотическую теорию двухфазного пограничного слоя и методы расчета коэффициентов трения и теплообмена в газовзвесьях и аэрозолях. Разработал математическую модель течения суспензии в каналах при вскипании несущей фазы. Тема кандидатской диссертации: «Обтекание тел дисперсной смесью». Тема докторской диссертации «Пристеночные течения газа с инерционной дисперсной примесью».

Читает спецкурс «Динамика запыленного газа». Соруководитель научного семинара по газовой динамике на механико-математическом факультете. Опубликовал более 90 научных работ.

**Остапенко Николай Андреевич** — заместитель директора Института механики МГУ, доктор физико-математических наук, действительный член Российской академии естественных наук. В 1993 г. приглашен Г. Г. Черным на кафедру аэромеханики и газовой динамики для работы в качестве доцента по совместительству, с 2004 г. — в должности профессора.

Н. А. Остапенко родился 20 октября 1943 г. в Днепропетровске. В 1966 г. с отличием окончил механико-математический факультет МГУ по кафедре волновой и газовой динамики. Квалификация: механик. После окончания университета распределен на работу в Институт механики МГУ. Последовательно занимал должности старшего лаборанта, инженера, старшего инженера, младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, ведущего научного сотрудника. В 2001 г. Советом НИИ механики МГУ избран заместителем директора Института по НИР.

Кандидат физико-математических наук (1974, тема диссертации «Некоторые задачи гиперзвуковых пространственных течений газа»), доктор физико-математических наук (тема диссертации «Аэродинамика и проникание оптимальных пространственных форм», 1995).

Н. А. Остапенко — автор более 180 научных работ и двух монографий: «Применение лазеров в оптических методах экспериментальной аэродинамики» (1982, в соавторстве с А. Л. Гонором и М. А. Зубиным), «Оптимальные формы тел, двигающихся в плотных средах» (1997); лауреат премии им. М. В. Ломоносова за цикл работ «Аэродинамика звездообразных тел при сверхзвуковых скоростях» (1980, совместно с А. Л. Гонором); автор научного открытия в области механики высокоскоростного удара (1990, совместно с Г. Г. Черным, А. Л. Гонором и др.); награжден медалью П. Л. Капицы АЕН РФ (1994); член Экспертного совета по математике и механике ВАК РФ (1988–1994); член

Специализированного совета по специальности 01.02.05 при механико-математическом факультете МГУ; член редколлегии журнала «Аэромеханика и газовая динамика». Ученый секретарь Научного совета РАН по механике жидкости и газа.

Основные направления научной деятельности Н. А. Остапенко: теория сверхзвуковых конических течений газа, взаимодействие ударных волн с пограничным слоем, аэродинамика пространственных тел и крыльев при сверх- и гиперзвуковых скоростях, проникание и динамика тел в плотных средах, задачи оптимального профилирования. Н. А. Остапенко читает годовой спецкурс для студентов 3–5 курсов «Оптимальные аэродинамические формы», руководит научной работой студентов и аспирантов, ведет и участвует в работе спецсеминаров кафедры.

**Стулов Владимир Петрович** родился 30 августа 1936 г. в Ленинграде. Окончил механико-математический факультет МГУ (1957). Квалификация: механик.

Кандидат физико-математических наук (1962), доктор физико-математических наук (1974). Профессор (1984). Главный научный сотрудник Института механики МГУ (1993). Член специализированных советов при МГУ и Вычислительном центре РАН (1976).

Награжден медалью С. П. Королева (Федерация космонавтики СССР, 1988); медалью в честь 850-летия Москвы (1997); медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени (2000).

Область научных интересов: аэродинамика больших скоростей, газовая динамика, теория пограничного слоя, динамика многофазных сред, вычислительная гидродинамика, физика метеорных явлений. В области аэродинамики больших скоростей развил теорию движения газа при наличии физико-химических превращений.

Основное внимание уделил задачам внешней аэродинамики — обтеканию затупленных тел потоком газа с большой скоростью. Разработал новые численные методы расчета таких течений и обнаружил новые законы подобия, связывающие важнейшие свойства течений с определяющими параметрами. Разработал новый метод определения физико-механических свойств метеорных тел по данным наблюдений за светящимся участком траекторий болидов. В области динамики многофазных сред им создана и обоснована теория пограничного слоя в аэродисперсных системах. Тема кандидатской диссертации «Некоторые задачи движения двухатомного диссоциирующего газа». Тема докторской диссертации «Сверхзвуковое обтекание затупленных тел при наличии неравновесных процессов и излучения».

В. П. Стулов читает лекции по спецкурсам на механико-математическом факультете: «Газовая динамика», «Динамика реальных газов». Ведет семинарские занятия со студентами 3–5 курсов по теме «Аэромеханика и газовая динамика».

В. П. Стулов — научный руководитель темы «Аэродинамика и теплообмен тел сложной формы при движении с большими скоростями».

Под его руководством защитили кандидатские диссертации 13 человек. Трое из них в настоящее время — доктора наук. Опубликовал более 150 научных работ, в т.ч. 2 монографии.

**Арафайлов Сергей Игоревич** родился 23 марта 1961 г. в Кирове. Окончил механико-математический факультет МГУ (1983).

Кандидат физико-математических наук (1988). Доцент кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета (1995).

Аспирант (1983—1986), инженер, ассистент, старший преподаватель, доцент кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета.

С. И. Арафайлов читает лекции для студентов 3—5 курсов по спецкурсу «Вычислительные методы в газовой динамике», ведет спецсеминары по теме «Аэромеханика и газовая динамика», «Физико-химическая гидродинамика».

Темы научных исследований: сжимаемые течения с ударными волнами, сверхзвуковое обтекание тел с областями энерговыделения, набегание ударных волн на препятствия, гидродинамическое моделирование аварии ядерного реактора с потерей теплоносителя. Тема кандидатской диссертации «Влияние энерговыделения в ударном слое на сверхзвуковой полет».

**Головин Александр Мефодьевич** родился 15 декабря 1937 г. в Москве. Доцент кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ. А. М. Головин в 1960 г. окончил Московский инженерно-физический институт по кафедре теоретической ядерной физики, был рекомендован в аспирантуру института по той же кафедре. В 1963 г. А. М. Головин закончил аспирантуру, защитив в том же году диссертацию на степень кандидата физико-математических наук. Тема диссертации «О решении некоторых типов кинетического уравнения коагуляции облачных капель». В 1963/64 учебном году работал ассистентом кафедры теоретической ядерной физики Московского инженерно-физического института. С 1964 г. работал ассистентом, затем доцентом кафедры химической механики механико-математического факультета Московского университета, а с 1972 г. по настоящее время А. М. Головин работает доцентом кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета.

А. М. Головин имеет 92 научные работы, в том числе 2 монографии, опубликованные в различных изданиях. Основное направление его научных исследований последних лет связано с изучением движения, скорости испарения отдельных частиц и системы частиц при малых объемных концентрациях в высокотемпературной среде, изучение высокотемпературного окисления металлов в связи с проблемой разогрева оболочек твэлов ядерных реакторов в результате парациркониевой реакции в условиях максимальной проектной и запроектной аварий на ядерных энергетических установках.

А. М. Головин читает спецкурс по физике «Термодинамика и электродинамика сплошной среды», а также спецкурсы: «Методы возмущений в механике жидкости», «Физико-химическая гидродинамика». А. М. Головин

руководит на кафедре работой научно-исследовательского семинара по химической механике. Под его руководством 10 аспирантов успешно защитили кандидатские диссертации.

**Зайцев Альберт Алексеевич** (9 октября 1925 — 4 августа 1993) родился в Пензе. В 1943 г. пошел добровольцем в армию. С января 1943 г. по 30 апреля 1944 г. — курсант Военно-Морского авиационно-технического училища им. В. М. Молотова в городе Молотове. С 30 апреля 1944 по 8 марта 1948 г. служил механиком самолета в ВВС Черноморского флота, принимал участие в обеспечении безопасности с воздуха Ялтинской конференции. С 8 марта 1948 г. по 19 сентября 1950 г. — механик самолета в/ч 42841 в Москве. В 1950 г., неся службу в ВВС, окончил 10-й класс школы рабочей молодежи. Окончил механико-математический факультет МГУ в 1955 г.

Кандидат физико-математических наук (1958). Тема кандидатской диссертации «Некоторые задачи об устойчивости течения слоя вязкой жидкости».

Старший инженер (1958–1960), ведущий инженер в/ч № 06669. Инженер НИИ механики МГУ (1961), ассистент (1961), доцент (1965–1993) кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ.

Автор трудов по теории гидродинамической устойчивости, нестандартной аэродинамики летательных аппаратов. Читал курсы лекций: «Аэромеханика», «Теория толстого крыла», «Теория несущей деформируемой поверхности». Опубликовал более 40 работ.

За долготелний добросовестный труд награжден медалью «Ветеран труда».

**Измоленов Владислав Валерьевич** родился 6 сентября 1971 г. В 1993 г. с отличием окончил механико-математический факультет МГУ по кафедре аэромеханики и газовой динамики. В 1997 г. окончил аспирантуру по той же кафедре. С 1997 г. В. Измоленов имеет ученую степень кандидата физико-математических наук. После защиты диссертации В. Измоленов работает на кафедре аэромеханики и газовой динамики в должности ассистента.

В. В. Измоленов выполняет на кафедре большой объем педагогической работы: участвует в научных семинарах «Аэромеханика и газовая динамика» для студентов академических групп, ведет семинарские занятия по курсу «Механика сплошной среды», аэромеханический практикум, руководит курсовыми и дипломными работами студентов кафедры, является куратором студенческих групп, принимает участие в приеме вступительных экзаменов по математике в МГУ. С 1999 г. В. Измоленов читает спецкурс по выбору студентов «Основы физики космической плазмы».

В. Измоленов ведет активную научную работу. За последние 5 лет им опубликованы 20 работ в ведущих научных журналах. Научная деятельность В. Измоленова связана с построением механических и математических моделей для описания астрофизических объектов. Разрабатываемые методы учитывают многокомпонентность сред. В частности, разработана модель взаимодействия звездных ветров с трехкомпонентной межзвездной средой. В. Измоленов

активно применяет построенные модели для удаленной диагностики свойств звездных ветров. Эти работы В. Измоденова являются одними из пионерских работ в данной области науки. В. Измоденов является руководителем и исполнителем по нескольким грантам РФФИ. В. Измоденов ведет активное международное сотрудничество. Им сделано более 30 докладов на международных конференциях. В. Измоденов является руководителем с российской стороны гранта Американского Фонда гражданских исследований и развития. Является руководителем и участником нескольких грантов ИНТАС. В. Измоденов является также участником научных проектов, поддержанных NASA, и участвует в научной части программы NASA по подготовке космических аппаратов нового поколения *Interstellar Pathfinder* и *Interstellar Probe*.

**Котелкин Вячеслав Дмитриевич** родился 5 августа 1950 г. в с. Ново-Девичьем Куйбышевской области. Окончил механико-математический факультет МГУ (1972).

Кандидат физико-математических наук (1980). Доцент кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ (1988).

С 1974 по 1977 г. — аспирант отделения механики. Ассистент кафедры аэромеханики и газовой динамики (1978).

Области научных интересов: геодинамика, аэродинамическое проектирование, химическая технология и механика многофазных сред. Тема кандидатской диссертации «Аэродинамика химических реакторов с неподвижным слоем катализатора».

**Смехов Геннадий Дмитриевич** родился в 1938 г. в с. Б. Дворы Белгородской обл. В 1961 г. окончил физический факультет МГУ, в 1966 г. — аспирантуру механико-математического факультета МГУ, в 1968 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Тема диссертации «Экспериментальное исследование излучения и ионизации азота в неравновесной области за фронтом ударной волны». Работает в Институте механики МГУ в должности ведущего научного сотрудника, а также является доцентом кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ.

Г. Д. Смехов для студентов 3–5 курсов читает лекции по спецкурсу «Течения многокомпонентного реагирующего газа», ведет научную работу по теме «Экспериментальные и теоретические исследования кинетики физико-химических процессов в течениях многокомпонентного реагирующего газа, численное моделирование равновесных и неравновесных состояний газовой среды».

Автор 85 научных работ.

**Васильев Владимир Александрович** (1930–2005) родился 28 апреля 1930 г. в Чебоксарах. В. А. Васильев окончил механико-математический факультет и аспирантуру по кафедре гидромеханики. С 1956 г. работал на кафедре аэромеханики и газовой динамики в должности ассистента.



За время работы на кафедре В. А. Васильев читал лекции по курсу «Механика сплошной среды», проводил семинарские занятия по этому курсу. Он участвовал в руководстве специальными семинарами, руководил курсовыми и дипломными работами, проводил занятия по физико-механическому и специальному практикуму.

В. А. Васильев является одним из авторов учебного пособия «Лабораторный практикум по аэромеханике».

Научные интересы В. А. Васильева связаны с изучением течений газа с поверхностями разрыва. В «Известиях АН СССР» публиковались его результаты по регулярному отражению ударных волн от твердой стенки в потоках горючей смеси. Им получено достаточное условие устойчивости течения газа в трубе с ударной волной и фронтом пламени.

**Сисоев Григорий Михайлович** родился 28 февраля 1959 г. в Москве. Окончил механико-математический факультет МГУ (1975). Кандидат физико-математических наук (1991). Ассистент кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета (1994). Аспирант кафедры гидромеханики Отделения механики механико-математического факультета МГУ (1980–1983). Тема кандидатской диссертации: «Течение и устойчивость осесимметричных жидких пленок». Младший научный сотрудник, научный сотрудник, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института технологии и организации производства двигателей (1984–1993).

Область научных интересов и темы исследований: теория гидродинамической устойчивости, течения жидких пленок и струй, многофазные течения, поверхностные явления.

Г. М. Сисоев читает студентам 3–5 курсов лекции по спецкурсам: «Течение вязкой жидкости со свободной поверхностью», «Течения вязкой жидкости», ведет спецсеминары по теме «Аэромеханика и газовая динамика», занятия по курсу «Механика сплошной среды», проводит занятия по физико-механическому практикуму. Автор более 30 научных работ.

**Такмазьян Андрей Куркенович** родился 8 октября 1976 г. в Анапе Краснодарского края. Окончил механико-математический факультет МГУ 1998 г., в 2001 г. — аспирантуру по кафедре аэромеханики и газовой динамики. Квалификация: механик.

Кандидат физико-математических наук (2003). Ассистент кафедры аэромеханики и газовой динамики.

Область научных интересов: течения вязкой жидкости, гидродинамическая устойчивость, численные методы газовой динамики и теплопереноса.

Тема кандидатской диссертации: «Влияние мениска на течения вязкой жидкости со свободной поверхностью».

Опубликовано 9 научных работ.

**Янков Янко Добрев** родился 13 февраля 1950 г. в г. Стара Загора (Болгария). Окончил факультет математики-механики Софийского университета им. К. Охридского в Софии (Болгария) в 1973 г. В 1976–1980 гг. — аспирант

механико-математического факультета МГУ. Кандидат физико-математических наук (1979). Тема кандидатской диссертации «Кинетическая теория дисперсных систем и граничные условия на твердой поверхности».

С 1982 г. младший научный сотрудник, а с 1991 г. — научный сотрудник кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ.

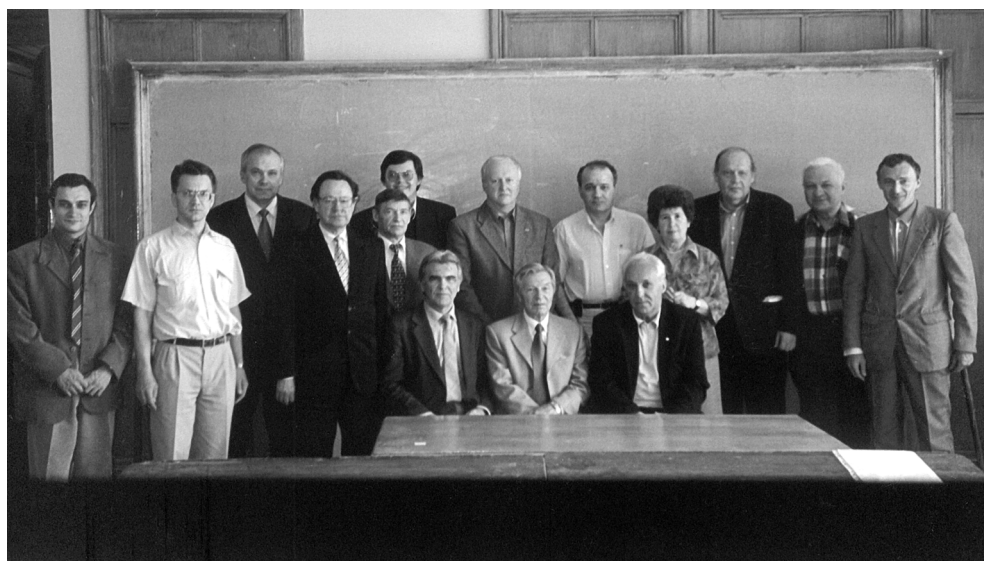
Опубликовано 8 научных трудов.

**Андреева Людмила Николаевна** родилась 25 апреля 1936 г. в Липецке. Окончила механико-технологический факультет МВТУ им. Н. Э. Баумана в 1959 г., получив специальность инженера-механика. С 1991 г. работает в должности старшего лаборанта на кафедре аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ.

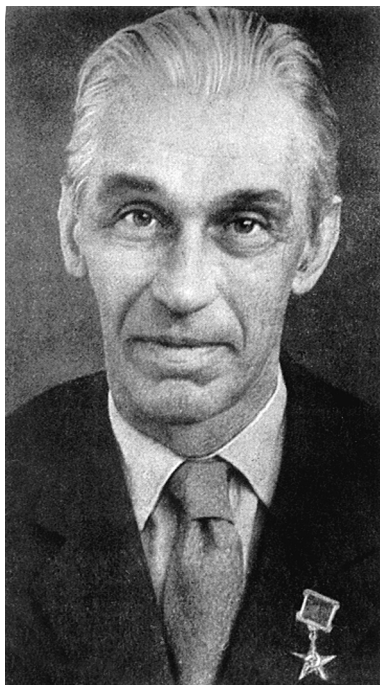
С 2003 г. является секретарем Диссертационного совета Д 501.001.89 по защите кандидатских и докторских диссертаций.



*Заведующий кафедрой аэромеханики и газовой динамики  
академик РАН Г. Г. Черный*



*Коллектив кафедры аэромеханики и газовой динамики (2003 г.)*



*Академик АН СССР Г. И. Петров*

# Кафедра прикладной механики и управления

## Историческая справка

Точная дата образования кафедры прикладной механики неизвестна. Наиболее вероятным временем ее создания следует считать конец 1941 г. К началу Великой Отечественной войны на кафедре теоретической механики сформировалась группа специалистов, чьи научные интересы были тесно связаны с разделами механики, развития которых настоятельно требовали приборостроительная промышленность и производство систем автоматического регулирования. Так, профессор И. И. Артоболевский читал общий курс «Прикладная механика» и спецкурсы «Кинематика механизмов» и «Динамика механизмов», профессор Б. В. Булгаков — спецкурсы «Теория линейных колебаний» и «Специальные главы прикладной теории гироскопов». Они и стали организаторами новой кафедры, отделившейся от кафедры теоретической механики. Исполнять обязанности заведующего кафедрой было предложено **Ивану Ивановичу Артоболевскому**, тогда члену-корреспонденту АН СССР. Наибольший вклад в становление кафедры внес профессор, впоследствии член-корреспондент АН СССР **Борис Владимирович Булгаков** (1900–1952), заведовавший кафедрой с 1944 по 1952 г. Им были разработаны новые курсы по теории гироскопов и теории колебаний. Его монографии «Колебания» и «Прикладная теория гироскопов» стали классическими.

После безвременной кончины Б. В. Булгакова обязанности заведующего кафедрой с 1952 по 1956 г. исполнял профессор **Яков Наумович Ройтенберг** (1910–1988), один из ведущих российских специалистов в области гироскопии и автоматического управления.

С 1956 по 2003 г. кафедрой руководил академик РАН **Александр Юльевич Ишлинский** (1913–2003). А. Ю. Ишлинский — один из крупнейших ученых-механиков, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР и России. А. Ю. Ишлинский вел активную работу во Всемирной федерации инженерных организаций, а с 1987 по 1991 г. был ее президентом.

С 2003 г. обязанности заведующего кафедрой исполняет профессор, дважды лауреат Государственных премий **Владимир Васильевич Александров**.

В связи со значительным увеличением объема проводимых кафедрой работ по теории управления, Ученый совет МГУ в 1993 г. изменил ее название на кафедра прикладной механики и управления.

Кафедра тесно связана с Институтом механики МГУ. При организации института в 1959 г. его первым директором был назначен А. Ю. Ишлинский, заведующий кафедрой прикладной механики. Сформирован отдел прикладной механики, которым последовательно руководили Г. В. Савинов, В. О. Кононенко, Е. А. Девянин. В этом отделе было создано четыре лаборатории: теории колебаний (И. А. Балаева), теории гироскопов (Н. Т. Кузовков, затем И. В. Новожилов), лаборатория теории механизмов и машин (Н. В. Еремеев), преобразованная в лабораторию навигации (Н. А. Парусников), лаборатория теории регулирования (И. Т. Борисенко). В настоящее время эти подразделения преобразованы в лабораторию общей механики (Е. А. Девянин, затем В. М. Буданов) и лабораторию навигации и управления (Ю. М. Окунев).

Увеличение сложности и числа практических задач навигации и управления привело к организации в МГУ отдела прикладных исследований (руководитель — академик РАН В. А. Садовничий), в рамках которого в 1987 г. создается лаборатория управления и навигации (Н. А. Парусников), а в 1992 г. — лаборатория математического обеспечения имитационных динамических систем (В. В. Александров). Наконец в 1998 г. в Институте механики МГУ при поддержке кафедры была образована лаборатория механики и электроники (А. В. Ленский), основная направленность которой — разработка мехатронных систем, в том числе мобильных роботов.

Сотрудники всех указанных лабораторий принимают активное участие в работе кафедры, проведении физико-механического практикума, руководят научной работой студентов и аспирантов. Помимо упомянутых ранее руководителей научных подразделений, назовем докторов физико-математических наук А. А. Голована, Ю. В. Болотина, А. И. Матасова, В. А. Самсонова, А. П. Сейраняна, А. М. Формальского, кандидатов физико-математических наук Т. Г. Астахову, Л. Ю. Блаженнову-Микулич, Д. И. Бугрова, Н. Б. Вавилову, А. А. Гришину, Е. В. Гурфинкеля, В. И. Каленкову, Р. П. Кузьмину, Э. К. Лавровского, Б. Я. Локшина, В. А. Привалова, М. А. Салмину, О. Ю. Черкасова, А. Г. Якушева, а также научного сотрудника С. А. Трубникова и младшего научного сотрудника Н. Э. Шуленину.

В настоящее время на кафедре работают: доктора физико-математических наук, профессора В. В. Александров (и.о. зав. кафедрой), И. В. Новожилов, Н. А. Парусников, В. М. Морозов; кандидаты физико-математических наук, доценты А. Е. Орданович, Н. В. Куликовская, Н. П. Степаненко, В. В. Тихомиров, П. А. Кручинин, В. М. Буданов, ведущий научный сотрудник С. С. Лемак, А. В. Влахова, Э. А. Победря. В разное время на кафедре работали видные специалисты: Е. А. Девянин, И. А. Балаева, В. И. Борзов, И. Т. Борисенко, Н. В. Еремеев, С. И. Злочевский, Н. Т. Кузовков, Н. И. Левицкий, М. З. Литвин-Седой, В. Я. Натанзон, Г. С. Нариманов, И. З. Пирогов, Г. В. Савинов, В. М. Старжинский.

Научные достижения механиков-прикладников неоднократно отмечались высокими правительственными наградами:

- лауреатами Государственной премии СССР в 1976 г. стали Е. А. Девянин и И. В. Новожилов;
- в 1989 г. — В. В. Александров, В. И. Борзов, И. В. Дылевский, Ю. М. Окунев;
- в 2002 г. лауреатами Государственной премии Российской Федерации — В. В. Александров и С. С. Лемак.

## **Основные направления научной деятельности**

Основным объектом исследований, проводимых на кафедре, служат управляемые механические системы. Эта область механики отличается от других механических специальностей рядом специфических особенностей:

1. Механика управляемых систем — одна из самых молодых областей механики. Научно-технический прогресс непрерывно порождает новые направления и отрасли техники, требующие теоретического осмысления и обоснования с точки зрения динамики управляемого движения [55, 56]. Примерами таких новых направлений в XXI в. служат авиация, автомобильная техника, гироскопия, космонавтика, робототехника, биомеханика и т. д. Кафедра проводит исследования по всем перечисленным направлениям.

2. Управляемая механическая система обретает жизнь, а ее уравнения становятся замкнутыми только после волевого акта исследователя — выбора закона управления. Тем самым задача анализа управляемой системы неразрывно связана с задачей ее формирования — синтеза.

3. Современные методы управления предполагают, что в алгоритмах управления и оценивания, заложенных в управляющий компьютер, используется некоторая математическая модель объекта, своего рода, его виртуальный компьютерный образ. Таким образом, управляемая механическая система образуется из двух динамических подсистем: железа — самого управляемого механического объекта и информационной модели, реализованной в компьютере. Компьютер при этом выступает не только как вычислитель, но и как неотъемлемая часть информационно-механической системы.

Перечислим основные направления, в которых развивается научная деятельность кафедры. В публикациях [1–7] подробно описаны исследования, проводившиеся на кафедре до 1970-х гг. Далее основное внимание будет уделяться современным исследованиям.

### **Математическое моделирование**

Математическая модель в механике — это замкнутая система математических соотношений, позволяющая с приемлемой точностью изучать интересные исследователя особенности поведения рассматриваемого объекта.

Математическое моделирование в механике управляемых систем имеет ряд особенностей:

1. Изучаемые в механике управляемого движения объекты чрезвычайно разнообразны. Автомобиль, гироскопический стабилизатор, шагающий робот, имитатор космического полета и т. п. слагаются из различных жестких конструктивных элементов, устройств, датчиков, двигателей. С теоретико-механической точки зрения все эти объекты могут рассматриваться как системы, состоящие из большого числа взаимодействующих твердых тел. Попытка составить математическую модель такого объекта при помощи классических методов теоретической механики, например в форме уравнений Лагранжа, обычно приводит к невообразимо громоздким уравнениям, насчитывающим сотни и тысячи слагаемых. Возникает потребность в приближенном моделировании, которое для четко оговоренного класса движения описывает нужные явления с приемлемой точностью.

2. Для систем, изучаемых механикой управляемых движений, характерны сильные затухания высокочастотных собственных составляющих движения. Приближенное моделирование таких систем тяготеет к построению разложений А. Пуанкаре и погранслоинным методам А. Н. Тихонова — А. Б. Васильевой. Кафедра имеет значительные достижения в развитии методов математического моделирования механических управляемых систем.

Разработана и внедрена в практику методика фракционного анализа (И. В. Новожилов [77]). Методика используется для составления приближенных математических моделей, которые описывают порознь составляющие движения, развивающиеся в различных временных или пространственных масштабах. Фракционный анализ конкретной системы выполняется в два этапа. На первом используются методы теории размерности для нормализации уравнений и введения в них малых параметров, отвечающих выделяемому для исследования классу движения. На втором применяются асимптотические методы, при помощи которых строится приближенная математическая модель.

Получены оценки погрешности асимптотических приближений для решений регулярно и сингулярно возмущенных по малому параметру систем и оценки временных интервалов, на которых эти погрешности гарантируются (Р. П. Кузьмина [64, 65, 94]). Эти оценки использованы при исследовании конкретных динамических систем (А. В. Влахова [34]).

Предложена методика составления приближенной математической модели медленных составляющих движения для близких к консервативным механическим систем с сильно разнесенными собственными частотами (А. В. Влахова, И. В. Новожилов [36]).

Разработана методика исследования динамических систем общего вида с разрывными правыми частями. В отличие от известных подходов, математическая модель скользящих движений и условия их реализации определяются при помощи методов теории сингулярных возмущений (А. В. Влахова, И. В. Новожилов [77, 35]).



Для регулярно и сингулярно возмущенных по малому параметру систем предложены методики безытерационных уточнений по малому параметру. При этом порядок получаемых приближенных моделей не превосходит порядка исходной системы (А. В. Влахова, И. В. Новожилов [78, 37]).

В области теории гироскопических систем научный коллектив кафедры прикладной механики и управления — один из ведущих в России. Труды Б. В. Булгакова и А. Ю. Ишлинского стали в гироскопии основополагающими [30, 51, 52, 54, 43]). Исследования были продолжены Я. Н. Ройтенбергом, И. В. Новожиловым, Е. А. Девяниным, А. И. Кобриным, Ю. Г. Мартыненко, В. И. Борзовым, В. В. Тихомировым, Н. П. Степаненко.

При помощи методов фракционного анализа проведено обоснование корректности ряда классических моделей механики: прецессионной модели гироскопии, абсолютно твердого тела, голономной и неголономной связей (И. В. Новожилов [77]).

Потребности практики привели А. Ю. Ишлинского к необходимости сформулировать новую для классической механики модель — твердое тело, вращающееся на струне. В отличие от задачи о движении твердого тела вокруг неподвижной точки, здесь отсутствуют случаи интегрируемости, как в случаях Эйлера, Лагранжа, Ковалевской. А. Ю. Ишлинским совместно с учениками исследованы бифуркации стационарных движений и их устойчивость [57].

В теории полета крылатых летательных аппаратов В. И. Борзовым и И. В. Новожиловым при помощи методов фракционного анализа построены приближенные математические модели динамики полета, описывающие быстрые и медленные составляющие движения, проведена оценка погрешности приближений [27, 77].

Предложена модель взаимодействия деформируемого колеса с дорогой, обобщающая известные модели Картера, Рокара, Фромма, Келдыша [77]. Построены приближенные математические модели движения автомобиля для разных классов его движения (И. В. Новожилов, П. А. Кручинин, М. Х. Магомедов, И. С. Павлов [62, 80]). Получены математические модели поперечных движений типа кинематических влияний для железнодорожного вагона и поезда, в том числе учитывающие взаимодействие гребня колесной пары с головкой рельса (И. В. Новожилов, И. А. Копылов, А. В. Влахова, В. Н. Филиппов [77, 59, 33, 81]).

Среди работ по изучению колебаний в подвеске автомобиля отметим исследование параметрического возбуждения шимми управляемых колес, моделирование динамики активной подвески и др. (С. И. Злочевский, А. Д. Дербаремдикер, П. А. Кручинин [50, 60]). Проведено моделирование условий возникновения паразитных колебаний в антиблокировочной системе колесных машин и предложены алгоритмы их подавления (И. В. Новожилов, П. А. Кручинин, М. Х. Магомедов [62, 63]). Полученные результаты использованы при разработке антиблокировочной Системы НПФ САУНО в рамках договора с Корейским электротехническим институтом (г. Пусан, Южная Корея).

Проведено математическое моделирование многозвенных управляемых систем, таких, как шагающие аппараты и многостепенные динамические стенды. Разработаны приближенные модели таких устройств, отдельно описывающие медленные режимы перемещения в силу назначения системы и быстрые режимы стабилизации этих перемещений (Е. А. Девянин, А. М. Формальский, И. В. Новожилов, Ю. В. Болотин, И. В. Бардушкина [92, 88, 89, 28, 73, 82]).

Энергозатраты четырехногого и шестиногого движения в зависимости от аллюра и кинематической схемы конечностей исследованы в [74]–[76] (И. В. Новожилов, М. Ф. Зацепин, А. В. Паншина). Проведено исследование задачи минимизации биомеханических энергозатрат (Ю. В. Болотин [20, 21]). Решена задача оптимизации энергозатрат двуногого аппарата, построены бифуркационные диаграммы типа походки в зависимости от безразмерных параметров — числа Фруда и относительных масс конечностей. Построена теория динамически устойчивых походок статически неустойчивых шагающих роботов (Ю. В. Болотин [24]).

Новым для кафедры является научное направление, связанное с созданием и исследованием математических моделей биомеханических систем. Проводится обширный цикл исследований по моделированию механорецепторов ускорения человека. Исследования ориентированы на имитацию ощущений, испытываемых пилотами и космонавтами в реальном полете. Работы выполняются совместно с Центром подготовки космонавтов [13] (см. также раздел 2.3.4) (В. В. Александров, Т. Г. Астахова, Н. В. Куликовская, Г. В. Бут, Ю. О. Мамасуева, Н. Э. Шуленина [91, 96, 97]).

Совместно с сотрудниками детской психоневрологической больницы № 18 проводятся работы по математическому моделированию движений больных детским церебральным параличом. Проведено математическое моделирование сложных сгибательно-разгибательных движений при изменении вертикальной позы человека. Показано, что таким движениям отвечают малые изменения длин двусуставных мышц скелетного многозвенника — своего рода инвариантность длин. При этом движения реализуются весьма простыми управлениями в рамках модели А. Г. Фельдмана (И. В. Новожилов, А. М. Журавлев, П. А. Кручинин, И. А. Копылов, П. П. Демин, А. А. Гришин [79]).

Значительные успехи достигнуты в математическом моделировании крупномасштабных упорядоченных вихрей, так называемых когерентных структур. К ним относятся, например, облачные улицы в атмосфере, циркуляция Ленгмюра в морях и озерах, периодические крупные вихри в струях за реактивными двигателями и др. Построенные модели тепломассопереноса в турбулентных потоках используют методы фракционирования составляющих движения (А. Е. Орданович, Н. С. Блохина, Л. А. Михайлова [18, 19, 48, 66, 83]).

Разработаны методы построения математических моделей систем типа тело — трос, позволяющие рассчитать конфигурацию, крупномасштабные движения и малые колебания широко распространенных тросовых устройств

(привязные летательные аппараты, буксируемые системы, заякоренные буровые платформы и др.) [41, 58]. Особенность таких систем состоит в том, что, кроме уравнений, описывающих движение тела в сопротивляющейся среде, математические модели включают уравнения в частных производных, описывающие трос. Особое внимание уделялось тросовым системам, в которых возникает сминание троса и удары при его выпрямлении, а также образование петель (А. Е. Орданович, М. В. Лось [67, 68]).

Решен ряд задач об устойчивости стационарных решений движений спутников, находящихся под действием гравитационных, магнитных и аэродинамических моментов. Исследована устойчивость движений сложных механических систем, состоящих из твердых и деформируемых тел, таких, как космические аппараты и спутники (В. М. Морозов [71, 72]).

## Теория оценивания и навигации

В теории инерциальной навигации сотрудниками кафедры получены существенные результаты, нашедшие прямое применение при разработке навигационных систем в специализированных организациях.

Предложена простая интерпретация инерциальных навигационных систем (ИНС) как модели движения материальной точки (приведенной чувствительной массы ньютонометров) под действием силы тяготения и внешней силы, доступной измерению (Е. А. Девянин, Н. А. Парусников), а также введены представления о трехгранниках: модельном, приборном и идеальном.

Получены общие уравнения, из которых как частные случаи следуют уравнения всех ранее известных навигационных схем. Это позволило установить ряд свойств таких систем и указать новые возможные схемы. Установлена математическая эквивалентность уравнений движения невозмущаемых гироскопических навигационных систем и систем инерциальной навигации. Указанный результат позволил объединить ранее развивавшиеся независимо направления в единую теорию таких систем (Е. А. Девянин [44, 45]).

Методом функций Ляпунова строго доказана в широких пределах скоростей неустойчивость трехкомпонентных ИНС и даны оценки сверху степени этой неустойчивости (Е. А. Девянин, Н. А. Парусников [46]).

Построена теория ИНС, использующая формализм гамильтоновой механики. Это позволило при помощи энергетических представлений получить достижимые границы трубок, ограничивающие траектории относительного движения модельной точки (Н. А. Парусников [84]).

Построена общая теория навигационных систем, содержащих в качестве чувствительных элементов только ньютонометры, для случая произвольного движения объекта в поле сил притягивающего центра. Найдены и решены уравнения, определяющие вертикаль, расстояние до притягивающего центра и угловые скорости объекта (Е. А. Девянин [42]).

С использованием теории наблюдаемости построены алгоритмы выставки ИНС на неподвижном и подвижном основании и указана роль маневра при выставке на подвижном основании (Н. А. Парусников [84]).

Современные навигационные системы, как правило, объединяют в себе ряд навигационных приборов, работающих на разных физических принципах. Основную роль в них играют методы обработки разнородной информации, позволяющие обеспечивать точность, существенно превосходящую точность каждого отдельного прибора.

На базе информационного подхода построена теория корректируемых навигационных систем, использующих такие понятия, как наблюдаемость, редукция, регуляризация, обусловленность (Н. А. Парусников). Проведен анализ наблюдаемости ИНС при основных видах информации, дополнительной по отношению к инерциальной позиционной, скоростной, угловой (Н. А. Парусников, В. М. Морозов, В. И. Каленова, А. Г. Шакоцько [84]). Решена задача коррекции ИНС по высоте в зависимости от скорости движения объекта (Н. А. Парусников [84]).

В рамках предложенной формализации коррекционной задачи показана информационная эквивалентность ее решения как задачи управления и как задачи оценивания. Построены алгоритмы сведения одного вида коррекции в другой. Показано, что при помощи дополнительных обратных связей результаты, доставляемые чистым оцениванием, не могут быть улучшены (Н. А. Парусников).

Предложены методы идентификации в пространстве состояний линейных динамических систем типа серого ящика, т. е. таких, в которых имеется частичная информация о параметрах системы. Разработанные алгоритмы и программы, обеспечивающие задачу идентификации в различных постановках, использованы для решения прикладных задач идентификации (Л. Ю. Блаженнова-Микулич [17]).

Ряд работ в указанном направлении связан с решением задачи топопривязки. Отличие этой задачи от навигационной состоит в том, что допускается постобработка, т. е. обработка по завершению движения. Численно исследованы субоптимальные алгоритмы (в различных модификациях) топопривязки вертолетов, наземного транспорта, метеотрассеров, дефектоскопов в газовых и нефтяных трубопроводах. В частности, обработка при помощи таких алгоритмов результатов испытаний ИНС, расположенной на автомобиле, движущемся с периодическими остановками, показала, что можно повысить точность по сравнению с точностью ИНС на три порядка (А. А. Голован, А. Ю. Горицкий, Н. Б. Вавилова, Н. А. Парусников, В. В. Тихомиров [38, 40]).

Начиная с 1995 г. на кафедре и в лаборатории управления и навигации по инициативе и под руководством Н. А. Парусникова проводятся работы по построению методики обработки информации, доставляемой аэрогравиметрическими системами. Конечная цель — построение карт аномального гравитационного поля, применяемых в первую очередь при разведке полезных

ископаемых. Приемлемая точность измерения аномалий — величина порядка одного миллигала, т. е.  $10^{-5}$  ускорения свободного падения.

Содружество МГУ, МИЭА, Института физики Земли РАН, НПО Аэрогеофизика, ЗАО Гравитехнологии позволило создать опытные образцы авиавивиметрических систем, в которые вошли ИНС с горизонтируемой платформой, блок гравиметров и спутниковая навигационная система (СНС).

Трудность обработки информации, доставляемой аэрогравиметрическими системами, состоит в том, что приходится решать некорректную, обратную, задачу механики (по движению определять силы) в условиях, когда полезный сигнал зашумлен помехами, превышающими его на несколько порядков. На кафедре и в лаборатории разработаны теоретические основы аэрогравиметрии [29, 22, 23] и создан уникальный программно-вычислительный комплекс Гравиа, позволяющий решать задачу аэрогравиметрии с высокой точностью. Определяющую роль при создании комплекса сыграли Ю. В. Болотин и А. А. Голован. На разных стадиях в работе также принимали участие В. В. Тихомиров, Н. Б. Вавилова, С. А. Трубников, П. А. Кручинин, М. Ю. Попеленский. Комплекс использовался в многочисленных летных испытаниях с тремя типами гравиметров и различными носителями в районах: Вологодская обл., Ладожское озеро, Калужская обл., Моравия (Чехия), пустыня Виктория (Австралия), Архангельская область, Обская губа — и обеспечил точность карт аномального поля, превышающую лучшие мировые достижения. Надо отдать должное высокому качеству отечественных гравиметров, и особенно гравиметру МАГ-1 разработки ЗАО Гравитехнологии, с которым кафедра и лаборатория тесно сотрудничают.

Исследованы возможности, предоставляемые при решении задач аэрогравиметрии градиентометрами (Н. Б. Вавилова, И. А. Папуша). При решении задач гравиметрии и топопривязки большое значение имеют методы обработки измерений СНС. Одна из проблем здесь — скачки измерений, вызванные потерей фазы сигнала приемником (сбой). Новый подход к методам построения алгоритмов обработки спутниковой информации позволил заметно улучшить точность определения скоростей и ускорений (А. А. Голован, Н. Б. Вавилова [111]).

Применительно к различным задачам навигации и аэрогравиметрии исследованы возможности метода наименьших модулей, в частности, как средства борьбы со сбоями (Н. А. Парусников, А. Ю. Невидомский).

## Прикладная теория управления движением

Под управляемой динамической системой (УДС) понимается совокупность управляемого движущегося объекта, терминальных элементов и системы управления движением. Поэтому работы по первым двум разделам тематики кафедры явились естественной предпосылкой появления нового

раздела — прикладной теории управления движением. Можно говорить о трех видах УДС: технические (автоматические); живые (натуральные); комбинация первых двух видов (например, системы ручного управления движением, биотехнологические системы и т. д.). Следует также отметить многоуровневость систем управления движением — до пяти уровней (физиология). При создании первых автоматических регуляторов вначале использовались одноуровневые системы управления движением — системы стабилизации и следящие системы. На кафедре первые результаты по прикладной теории управления движением — это работы по стабилизации, выполненные Б. В. Булгаковым в 30-е и 40-е гг. [30].

Работа «Теория нелинейных колебаний систем с приложением к теории регулирования», выполненная Б. В. Булгаковым в 1943 г., оказалась в числе важнейших научно-исследовательских работ Московского университета в те годы [98] и была представлена на соискание Государственной премии СССР.

В дальнейшем работы в этой области получили на кафедре широкое распространение. Рассмотрим кратко важные результаты, связанные с анализом и синтезом управляемых динамических систем.

**Управляемость, стабилизируемость, устойчивость.** Исследования в этой области проводятся в рамках единого информационного подхода к задачам управления и навигации движущихся объектов. В соответствии с этим подходом задача определения параметров движения механических систем при помощи дополнительной информации ставится как задача оценивания вектора состояния динамической системы по данным измерений. Управляющие воздействия в задачах управления также формируются на основе имеющихся измерений. Решение задач оценивания и управления можно получить, если установлено, что эти задачи разрешимы. Их разрешимость математически формализуется при помощи понятий наблюдаемости и управляемости.

Введены количественные меры оцениваемости и управляемости. Наиболее полная и обоснованная из них — стохастическая мера оцениваемости. В частности, строго показано, что редукция задачи оценивания за счет отбрасывания переменных с малыми мерами оценивания оказывает на учитываемые переменные влияние той же степени малости, что и меры отброшенных переменных. Аналогично мерам оцениваемости введены меры управляемости для систем управления с квадратичным критерием качества (Н. А. Парусников, А. А. Голован [39, 32]) и меры изоляции возмущений для игровых задач с квадратичным критерием качества (Ю. В. Болотин [25]).

Многие задачи механики и техники, в частности задачи управления и навигации движущихся объектов, приводят к исследованию нестационарных линейных систем. Нестационарность системы вносит принципиальные трудности как в изучение структурных свойств системы (устойчивости, управляемости и наблюдаемости), так и в разработку алгоритмов оценивания и управления. Разработана теория приводимых нестационарных линейных систем

управления и оценивания, представляющая новое направление в теории нестационарных систем (В. М. Морозов [69]). Эта теория была применена к решению ряда конкретных задач динамики гироскопических приборов, коррекции ИНС, уточнения ориентации ИСЗ и управления движением космических аппаратов (В. М. Морозов, В. И. Каленова, А. И. Можейко, А. Ю. Потепалова).

Информационный подход был использован при решении задач стабилизации стационарных движений голономных и неголономных механических систем. Его применение позволило сформулировать новые критерии управляемости и наблюдаемости для линейных механических систем общего вида и решить ряд прикладных задач стабилизации (В. М. Морозов, В. И. Каленова, М. А. Салмина, Е. Н. Шевелева [70]).

Исследованы задачи оценивания движения по угловым измерениям с использованием понятия проективной наблюдаемости. Показано, что проективная наблюдаемость задачи тесно связана с механическими свойствами системы, в частности с наличием у нее гамильтоновой (консервативной) структуры. Предложен несмещенный алгоритм оценивания, основанный на методе расширенных наименьших квадратов, и применимый как в наблюдаемых, так и в ненаблюдаемых случаях (Ю. В. Болотин, С. Н. Моргунова [93]).

Разработан подход к анализу задач оценивания и управления в линейных динамических системах, основанный на применении теории двойственности в выпуклых вариационных задачах. С помощью этого подхода построены оценки степени неоптимальности упрощенных алгоритмов оценивания и управления. Эти оценки могут быть получены без решения исходных, сложных, вариационных задач, что особенно существенно для систем с последствием. Построена новая формализация задачи гарантирующего оценивания при сбоях в измерениях (А. И. Матасов [95]).

Ресурсы органов управления в реальных управляемых системах обычно ограничены. Вследствие этого возникает задача об определении множества начальных состояний (области управляемости), из которых систему можно вывести на желаемый режим работы. Эта задача тесно связана с проблемой оптимального управления. Были построены области управляемости для линейных стационарных систем. Построены также области притяжения для систем, замкнутых линейной обратной связью, при ряде различных ограничений на управляющие воздействия (А. М. Формальский [88]). Аналогичные вопросы рассмотрены и для билинейных систем (В. В. Александров [90]).

**Задача о максимальном отклонении, абсолютная устойчивость и робастная стабилизация.** В 1939 г. Б. В. Булгаковым для линейной стационарной системы была поставлена задача о максимальном отклонении (о накопленном возмущении) по одной координате в фиксированный момент времени [30]. Она возникла в связи с актуальной технической проблемой оценки баллистической девиации гирокомпаса при маневрировании корабля. Общая математическая постановка и решение этой задачи были опубликованы [31]. Задача о

максимальном отклонении явилась первой экстремальной задачей на функциональном множестве с ограничениями типа неравенства и в этом смысле предшествовала всем остальным задачам оптимального управления при наличии ограничений. Из ее решения, полученного в явном виде Б. В. Булгаковым, следует, что принцип максимума Л. С. Понтрягина является в этом случае не только необходимым, но и достаточным условием оптимальности. Дальнейшее развитие эта задача получила в работах Я. Н. Ройтенберга, Л. С. Гноенского, В. В. Александрова, Л. Н. Таракановой и др. [8, 85, 87].

Задача о максимальном отклонении была модифицирована для нефиксированного времени и параметрических возмущений (В. В. Александров). Это дало возможность разработать новый, вариационный, метод решения задач абсолютной устойчивости. Формулировка самой задачи абсолютной устойчивости также связана с именем Б. В. Булгакова. В 1942 г. он впервые дал описание неопределенностей, возникающих в исполнительных механизмах при стабилизации, в виде функционального множества. Вариационный метод анализа абсолютной устойчивости позволяет редуцировать исходную задачу для колебательных систем к задаче о максимальном отклонении на полупериоде колебаний соответствующей квадратичной формы, которая, по сути дела, является колеблющейся функцией Ляпунова (В. В. Александров, В. И. Жермоленко [9, 10] и др.). Обзор работ по абсолютной устойчивости и других родственных проблем к задаче Б. В. Булгакова приведен в [49]. Дальнейшее развитие этого метода связано с минимаксной методикой робастной стабилизации (В. В. Александров, В. И. Жермоленко [15]) и максиминного тестирования точности робастной стабилизации (В. В. Александров [14]). Максиминная задача тестирования, образующая вместе с минимаксной задачей робастной стабилизации динамическую игру, позволяет находить объективную оценку качества стабилизации нестационарных движений. При наличии седловой точки попутно находится минимаксная стратегия робастной стабилизации [16]. Данная методика нашла применение и для стохастических систем. Следует отметить, что процедура тестирования не требует знания самого алгоритма стабилизации и в этом смысле пригодна как для оценки алгоритма, реализованного в бортовом компьютере, так и в центральной нервной системе оператора (например, в случае дистанционного ручного управления) (В. А. Садовничий, В. В. Александров, С. С. Лемак [86]).

**Мехатронные и робототехнические системы.** Под мехатронной системой понимается динамический объект, алгоритм управления которым реализуется с использованием компьютера. Можно считать, что первой мехатронной системой, созданной в СССР в 50-е гг., была баллистическая ракета с бортовым компьютером и системой инерциальной навигации. Теория инерциального управления баллистическими ракетами была разработана А. Ю. Ишлинским [53]).



С 70-х гг. в Институте механики МГУ и на кафедре начинают успешно развиваться исследования робототехнических систем с элементами искусственного интеллекта (Д. Е. Охоцимский, Е. А. Девянин). Эти работы выполняются в тесном контакте с кафедрой теоретической механики и ИПМ им. М. В. Келдыша.

Создается интегральная робототехническая система — действующий лабораторный макет шестиногой шагающей машины с системой управления, реализованной сначала на базе аналоговых вычислительных машин, затем на гибридном спецвычислителе и, наконец, на базе персонального компьютера. Эти работы выполнены впервые в стране и одновременно с аналогичными работами зарубежных коллективов. Основным результатом является разработка принципов и средств реализации системы управления машиной, обеспечивающая возможность перехода к созданию шагающих роботов целевого назначения (Е. А. Девянин, А. В. Ленский, Л. Г. Штильман, В. М. Буданов, Д. Н. Жихарев, Е. В. Гурфинкель [92]).

Для детального исследования и моделирования ходьбы и бега, наряду с шестиногим роботом, создаются теория и исследовательские макеты двуногих машин. Эти исследования относятся как к традиционной механике, так и к биомеханике человека и животных (А. М. Формальский, А. В. Ленский, Э. К. Лавровский, Е. А. Девянин, А. А. Гришин, И. В. Новожилов, Ю. В. Болотин, Д. Г. Алиева).

Построена теория управления манипуляционными системами, использующая информацию об усилиях. Такие системы могут, например, выполнять сборку хрупких деталей. Управление манипуляционными системами, взаимодействующими с объектами внешней среды, использует информацию о деформациях и напряжениях, возникающих в конструкции манипулятора (А. М. Формальский, Д. М. Гориневский, А. Ю. Шнейдер [89]). Предложены алгоритмы распределения усилий, основанные на принципе двойственности выпуклых вариационных задач (Ю. В. Болотин [26]).

Студенты и аспиранты кафедры составляют основу молодежных команд, которые с 1995 г. участвуют в соревнованиях робототехнических систем во Франции и России в рамках «Международного фестиваля “Наук и технологий”». Для этих соревнований построены автономные колесные мобильные роботы [47]. В разные годы команды занимали призовые места в этих соревнованиях. В разработке роботов и подготовке молодежных команд участвовали Е. В. Гурфинкель, Е. А. Девянин, В. М. Буданов, А. А. Голован, А. А. Гришин, Д. И. Жихарев, А. В. Ленский.

В Институте механики МГУ при непосредственном участии аспирантов и студентов кафедры сконструированы и построены роботы — велосипеды двух конструкций, оснащенные системами угловой гироскопической стабилизации. Разработан закон управления, который дает такому роботу возможность совершать автономное движение по заданной трассе, содержащей прямолинейные и криволинейные участки (А. В. Ленский, А. М. Формальский, Е. В. Гурфинкель [47]).

**Динамическая имитация управляемых движений.** В 1977 г. по просьбе организаций, разрабатывавших конструкцию и теорию космического корабля «Буря», В. А. Садовничим (тогда проректором МГУ) был создан объединенный коллектив, включавший математиков и механиков МГУ, а также инженеров и сотрудников ЦПК им. Ю. А. Гагарина и НПО «Молния». От кафедры и родственных лабораторий в этот коллектив вошли В. И. Борзов, В. В. Александров, Ю. М. Окунев и другие сотрудники. В результате десятилетней работы коллектива было создано новое направление прикладной математики и механики — динамическая имитация управляемых движений. Под динамической имитацией управляемого движения понимается функционирование таких имитирующих движений стенда, чтобы выходные сигналы с измерительных устройств УДС (или механорецепторов человека), размещенных на этом стенде, были похожи на выходные сигналы этих же измерительных устройств при реальном движении УДС. Имитационные динамические стенды, вместе с компьютерной сетью, управляющей этими стендами, образуют сложную мехатронную систему с трехуровневым управлением. Практическая реализация разработанной методики и программного обеспечения впервые в мировой практике подготовки космонавтов позволила осуществить сквозное — от взлета до посадки — имитационное моделирование аэрокосмического полета на центрифуге с управляемым кардановым подвесом (В. В. Александров [11]–[13]). В 1989 г. разработчикам этой системы присуждена Государственная премия СССР.

В 90-х гг. работа получила неожиданное продолжение в связи с открытием феномена вестибулоглазодвигательных нарушений в условиях микрогравитации. Детальный анализ этой проблемы и эксперимента, проведенный в Центре подготовки космонавтов коллективом во главе с ректором МГУ В. А. Садовничим (совместно с сотрудниками и аспирантами кафедры под руководством В. В. Александрова), позволил создать математическое обеспечение нового тренажера управляемого спуска с орбиты Международной космической станции. Эта работа в 2002 г. была удостоена Государственной премии Российской Федерации.

В настоящее время, в соответствии с проектом NASA, разрабатывается математическое обеспечение динамического имитатора визуального управления космическим «спасателем» — сейфером (В. В. Александров, С. С. Лемак, Д. И. Бугров и др.).

Научные интересы кафедры прикладной механики и управления очень широки. Это любая управляемая динамическая система, объект управления которой движется в пространстве и времени. Происхождение объекта (естественное или искусственное) и его структура несущественны. Цель исследований выпускника кафедры — создание математической модели объекта управления и синтез алгоритмов, решающих поставленную задачу.

В этом направлении сделаны лишь первые шаги. Среди наиболее важных и перспективных задач, стоящих перед кафедрой, — проблемы управления

системами с распределенными параметрами, включающими элементы сплошной среды. К такого рода приоритетным для кафедры системам относятся и биологические объекты.

## **Педагогическая деятельность**

Ежегодно на кафедре прикладной механики и управления обучается 40–60 студентов и 15–20 аспирантов.

Преподаватели читают лекции и проводят семинарские занятия не только для студентов своей кафедры, но и для студентов старших курсов отделения механики. Годовой курс «Механика управляемых систем» — общий для студентов 4 курса отделения механики. Он был создан Я. Н. Ройтенбергом и впоследствии модифицирован В. В. Александровым и Н. А. Парусниковым. Предмет курса — современные методы анализа и синтеза управления движением механических систем. По курсу проводятся семинарские занятия.

В программу обучения студентов-механиков 3 курса входит выполнение задач общего физико-механического практикума по теоретической и прикладной механике. Для студентов 4 курса кафедр прикладной и теоретической механики проводятся занятия специального практикума.

Для студентов кафедры читаются специальные курсы, необходимые им для углубления знаний в конкретной области научной деятельности.

Обязательным является годовой курс «Динамика систем твердых тел и гироскопы» (Н. П. Степаненко, В. В. Тихомиров), созданный А. Ю. Ишлинским при активном участии В. И. Борзова, Н. П. Степаненко. Курс посвящен исследованию особенностей движения систем твердых тел и развитию у студентов методических навыков при решении конкретных задач.

Обязательным является также курс «Теория колебаний» (И. В. Новожилов), созданный еще Б. В. Булгаковым и долгое время читавшийся Я. Н. Ройтенбергом. В курсе рассматриваются особенности свободных и вынужденных колебаний линейных и нелинейных систем и методы их исследования, включающие методы разделения движений и асимптотические методы.

Для аспирантов читается обязательный специальный курс «Оптимальное управление и оценивание» (В. В. Александров, Н. А. Парусников), в котором рассматриваются современные методы управления сложными механическими системами.

Специальные курсы, которые могут выбираться студентами, отражают научные направления, развиваемые на кафедре и в лабораториях, и читаются преподавателями кафедры и сотрудниками лабораторий. К этим курсам относятся: «Теория оценивания и приложения» (Н. А. Парусников, Ю. В. Болотин), «Математическое и компьютерное моделирование в механике управляемых систем» (И. В. Новожилов, П. А. Кручинин, С. С. Лемак), «Управление

и стабилизация движения механических систем», «Устойчивость и управление в нестационарных системах» (В. М. Морозов), «Основы инерциальной навигации» (В. В. Тихомиров), «Компьютерный анализ механических систем» (П. А. Кручинин, С. С. Лемак), «Мобильные роботы — мехатронные системы» (В. М. Буданов), «Асимптотические методы и разделение движений» (А. В. Влахова), «Гарантирующее оценивание и экстремальные задачи» (А. И. Матасов), «Устойчивость и катастрофы в механических системах» (А. П. Сейранян).

Читаемые курсы подкреплены учебниками и учебными пособиями, приведенными в списке литературы [99]–[111] (см. также [61]).

На кафедре регулярно проводятся семинары для студентов 3–5 курсов и аспирантов. На семинарах решаются задачи, подкрепляющие усвоение материалов обязательных спецкурсов кафедры, обсуждается ход выполнения курсовых, дипломных и диссертационных работ. Тем самым студенты и аспиранты кафедры получают широкое представление об актуальных направлениях современной механики управляемых систем, что является важным элементом университетского образования.

Следует отметить также активное сотрудничество кафедры с зарубежными университетами. Среди них университет Карлоса III в Мадриде (Испания), университет штата Пуэбла (Мексика), университет им. Пьера и Марии Кюри в Париже (Франция) и др.

## Сотрудники кафедры

**Александров Владимир Васильевич** родился 21 августа 1941 г. в Коломне Московской обл. В 1964 г. окончил механико-математический факультет МГУ. Квалификация: механик. С 1988 г. — доктор физико-математических наук. С 1993 г. — профессор кафедры прикладной математики и управления на механико-математическом факультете. С 1986 г. — зам. декана механико-математического ф-та по научной работе. В 1998–2002 гг. — проректор МГУ.

Член-корреспондент Академии технологических наук РФ с 1992 г. Член Специализированного совета по теоретической механике с 1986 г. Лауреат Государственной премии СССР 1989 г. и Государственной премии РФ 2001 г. за работы в области математики и механики. Награжден юбилейной медалью им. летчика-космонавта СССР Ю. А. Гагарина.

Область научных интересов: исследования по вопросам анализа динамических систем с функциональными включениями. Решены различные задачи о влиянии постоянно действующих возмущений, известных с точностью до функционального множества. В частности: решена задача Б. В. Булгакова о максимальном отклонении по нескольким координатам; поставлена и решена обратная задача о максимальном отклонении; получены достаточные условия

абсолютной устойчивости линейных многомерных параметрически возмущаемых систем; получены необходимые и достаточные условия абсолютной устойчивости линейных многомерных параметрически возмущаемых систем; получены необходимые и достаточные условия абсолютной устойчивости одномерных параметрически возмущаемых систем.

Создано новое направление в механике управляемых систем — теория динамической имитации управляемых движений. Поставлены и решены следующие задачи: имитация траекторных перегрузок, имитация сенсорного конфликта невесомости, имитация линейных и угловых ускорений. Разработано математическое обеспечение сквозного моделирования аэрокосмического полета, которое реализовано и эксплуатируется на тренажном комплексе ЦФ-18 в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина. Получены два авторских свидетельства на новые кинематические схемы динамических имитаторов типа центрифуги и способы имитации перегрузок для человеческого организма. Разработаны методы тестирования качества стабилизации имитирующих движений имитационных динамических систем.

Читает курс лекций для студентов отделений механики «Механика управляемых систем» и специальные курсы: «Экстремальные задачи в механике управляемых систем», «Гарантированное управление и тестирование». Осуществляет руководство двумя научно-исследовательскими семинарами — «Управление и оптимизация в механических системах» и «Билинейные задачи в механике управляемых систем».

Под научным руководством В. В. Александрова защищено 22 кандидатские диссертации, в том числе 2 на Кубе и 3 в Мексике.

Автор более 70 опубликованных книг и статей. Основные научные и учебно-методические труды: «Лекции по алгебре и элементарным функциям» (совм. с М. К. Потаповым и Р. И. Панченко, 1978), «Алгебра и анализ элементарных функций» (совм. с М. К. Потаповым и Р. И. Панченко, 1980; 1986 — на испанском, 1987 — на английском), «Математические задачи динамической имитации полета» (совм. с В. А. Садовничим и О. Д. Чугуновым, 1986), «Математическое моделирование управляемых динамических систем» (совм. с А. Гомез и А. Кастро, 1990 — на испанском языке), «Введение в динамику управляемых систем» (совм. с С. И. Злочевским, С. С. Лемаком и Н. А. Парусниковым, 1993), «Оптимизация динамики управляемых систем» (совм. с В. Г. Болтянским, С. С. Лемаком и Н. А. Парусниковым, В. М. Тихомировым, 2000). Соавтор эмблемы механико-математического факультета «Интеграл и лист Мебиуса».

**Булгаков Борис Владимирович** (1900–1952). Родился 6 августа 1900 г. в Москве. Окончил физико-математический факультет Московского университета (1928). Доктор физико-математических наук (1939). Профессор кафедры теоретической механики (1939). Исполняющий обязанности, а затем первый штатный заведующий кафедрой прикладной механики Московского университета (1942–1952). Член-корреспондент АН СССР (1946). Основоположник школы гироскопистов в Московском университете.

Область научных интересов: механика гироскопических и навигационных систем как важнейших устройств управления подвижными объектами (самолетами, кораблями, ракетами и т. д.); разработка методов теории колебаний и методов анализа механических управляемых систем; разработка методов синтеза, т. е. методов управления механическими системами.

Разработана теория гироскопических маятников, гироскопических компасов, непосредственных гироскопических стабилизаторов и дано решение ряда вопросов общей теории гироскопов. Проведено исследование движения гиромаятника на неподвижном основании при учете влияния сил сопротивления. Исследовано влияние ускорений движущегося корабля и самолета на гиромаятник и изучены его баллистические девиации, а также влияние вращения Земли и собственной скорости корабля. Проведено оригинальное исследование невозмущаемого гиромаятника, который не имеет ни баллистических, ни скоростных девиаций. Разработана теория авиационных гироскопических горизонтов различных типов. Рассмотрено движение гироскопических компасов на неподвижном основании и на движущемся корабле. Решена задача о накоплении баллистических девиаций при длительном маневрировании корабля. Создана теория гироскопов с гидравлическими успокоителями. Исследовано влияние качки на интеркардинальную девиацию. Развита общая теория многогироскопических систем. Установлена очень важная принципиальная особенность этих систем, состоящая в возможности использования для погашения колебаний действующих по надлежащему закону сил взаимодействия между гироскопами. Разработаны вопросы общей теории гироскопа, основанной на точных уравнениях движения. Изучена задача о вынужденной прецессии, получены уравнения движения гироскопа на неподвижной опоре в специальной форме и проведено исследование движения свободного гироскопа в сопротивляющейся среде. Исследованы на устойчивость движения гироскопов. В общей теории гироскопов рассмотрен вопрос о вынужденной прецессии гироскопа, установленного в кардановом подвесе. Предложена новая система фазовых координат, впоследствии широко используемая как при построении уравнений теории гироскопов, так и при расчете движений космических объектов.

Читал специальные курсы по теории гироскопов и теории колебаний. Подготовил 8 кандидатов наук (только в МГУ).

Опубликовано около 50 научных работ, в том числе 2 монографии. Автор ряда изобретений. Основные труды: «Прикладная теория гироскопов» (М.—Л.: ГОНТИ, 1939; 2-е изд. М., 1955; 3-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1976); «Колебания» (М., 1954).

**Девянин Евгений Андреевич** (1931—2002). Родился 23 октября 1931 г. в Ульяновске. В 1954 г. окончил механико-математический факультет МГУ. Квалификация: механик. Доктор физико-математических наук (1971). Профессор кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета МГУ (1978). Зав. отделом общей механики МГУ (1967). Действительный член

РАЕН (1994). Член Национального комитета по теоретической и прикладной механике (1974). Член Специализированных ученых советов механико-математического факультета МГУ, Института проблем механики, Института прикладной математики РАН. Лауреат Государственной премии СССР (1976). Награжден медалями им. П. Л. Капицы и им. Петра I.

Область научных интересов: теория инерциальных навигационных систем, теория управления и робототехнические системы с элементами искусственного интеллекта.

Построил общие уравнения инерциальных навигационных систем, датчиками первичной навигационной информации которых являются гироскопы и измерители ускорений. Исследование этих общих уравнений, из которых как частные случаи получаются уравнения всех ранее известных схем, позволило установить ряд их принципиальных свойств. Решена поставленная еще Б. В. Булгаковым задача о демпфировании ошибок невозмущаемой системы, исследованы свойства ошибок пространственной системы навигации, указаны новые возможные схемы и изучены их свойства. Установлена полная математическая эквивалентность уравнений движения невозмущаемых гироскопических навигационных систем и систем инерциальной навигации с измерителями ускорений. Этот результат позволил объединить ранее развивавшиеся, в значительной мере, независимо направления в единую теорию таких систем и указать новые схемы гироскопических приборов с необычными свойствами. Принимал непосредственное участие в промышленной разработке первых отечественных астроинерциальных навигационных систем, один из авторов-разработчиков успешно использованной для мягкой посадки на Луну навигационной системы.

С начала 70-х гг. занимается мехатроникой, разрабатывая роботы с элементами искусственного интеллекта. Руководитель коллектива, которым создан исследовательский комплекс для изучения проблематики интегральных шагающих роботов. Построение комплекса, в состав которого входят шагающие аппараты, датчики первичной информации, в том числе сило-моментные и системы технического зрения, системы управления, испытательный полигон и регистрирующая аппаратура, потребовало выполнения большого объема аналитических, вычислительных и экспериментальных исследований. Определены принципы построения и иерархическая структура систем управления, найдены приемлемые технические решения.

Создал и прочитал курсы по теории гироскопов, теории инерциальных навигационных систем, механике робототехнических систем. Руководит семинаром, студентами и аспирантами.

Подготовил 20 кандидатов физико-математических наук. Среди учеников три доктора наук. Автор около 100 публикаций.

**Ишлинский Александр Юльевич** (1913–2002). Родился 6 августа 1913 г. в Москве. Окончил механико-математический факультет МГУ (1935). Специальность: механика. Доктор физико-математических наук (1944). Профессор

(1944). Заведующий кафедрой прикладной механики и управления механико-математического факультета (1956). Действительный член АН СССР (1960), действительный член АН УССР (1948). Иностраннный член Английской королевской инженерной академии (1966), Польской академии наук (1977), Чехословацкой академии наук (1977), член-корреспондент Мексиканской инженерной академии (1977), почетный член Международной академии истории наук (Париж, 1981). Иностраннный член Национального географического общества США (1967), иностраннный член Польского общества механиков-инженеров (1969), член Ассамблеи Международного союза по теоретической и прикладной механике (1976). Почетный доктор наук Дрезденского технического университета (1983).

А. Ю. Ишлинский ведет активную работу во Всемирной федерации инженерных организаций и с 1987 по 1991 гг. был ее президентом.

Герой Социалистического Труда (1961). Награжден орденами «Знак Почета» (1954), Трудового Красного Знамени (1957, 1969), Ленина (1956, 1973, 1981) и медалями. Лауреат Ленинской премии (1960), Государственных премий СССР (1981) и России (1996). Лауреат премии им. Акад. А. И. Динника (1981). Заслуженный профессор МГУ (1994) и КГУ (1989).

Область научных интересов: механика гироскопических систем, теория автоматического регулирования и управления, теория упругости и пластичности, сопротивление материалов, динамика твердых тел и сложных механических систем, теория трения, динамика грунтов. В каждой из этих областей им получены основополагающие результаты, решены важные для практики сложнейшие проблемы. Научные результаты А. Ю. Ишлинского оказали большое влияние на развитие отечественной морской и космической навигационной техники.

Большое влияние на общее направление исследований по механике оказали ранние работы А. Ю. Ишлинского по построению и анализу моделей деформирования неупругих систем. Эти модели включали элементы сухого трения, упругие элементы и ограничители перемещений и использовались для анализа процесса деформирования во времени на стадии установления. Исследования А. Ю. Ишлинского в этой области как бы предвосхитили направление систематического применения методов установления, получившего широкое развитие во второй половине XX в. Важное значение имела работа А. Ю. Ишлинского о решении осесимметричной задачи идеальной пластичности (задачи о пробе Бинелля). В этой области А. Ю. Ишлинский впервые решил сложную конкретную задачу на основании представлений о полной и неполной пластичности. Эта работа впервые привела к прекрасному совпадению решения пространственной упругопластической задачи с данными опытов и долго оставалась единственным примером решения подобных задач.

С построением моделей релаксирующих сред тесно связаны работы А. Ю. Ишлинского по теории качения катка по не вполне упругому основанию. В этой задаче использование конкретной модели не вполне упругого



основания позволило обосновать расположение зон сцепления и проскальзывания при качении с учетом кулонова трения в области проскальзывания.

При исследовании устойчивости упругих и неупругих систем в основу исследования был положен анализ изменения во времени формы, связанного с ростом начальных отклонений. Такая идея позволила решить вопрос о потере устойчивости стержней и пластин при развитии высших гармоник. Вторая ключевая работа в этой области посвящена постановке задач устойчивости с точки зрения теории упругости. Следуя Л. С. Лейбензону, А. Ю. Ишлинский показал, что надо ставить граничные условия на уже деформированной поверхности, что в наше время кажется совершенно естественным и позволяет получить решение вопросов устойчивости строгими методами теории упругости.

Наибольший вклад А. Ю. Ишлинский внес в развитие теории гироскопических систем — важную прикладную область современной теории систем связанных тел. Результаты исследования уходов гироскопических систем при вибрациях и решение вопроса о жесткости крепления приборов на корпусе подвижных ускоряющихся объектов исключительно важны для практики и широко используются при конструировании подвижных объектов. А. Ю. Ишлинским предложена рациональная форма составления уравнений движения сложных гироскопических систем, образованных набором последовательно соединенных рамок кардановых подвесов. К важнейшим результатам в этой области следует отнести доказательство теоремы о накоплении телесного угла, решение сложных задач о перемещении центра масс гироскопа из-за деформаций ротора центробежными силами, изучение влияния трения и вибраций на работу гироскопических приборов, построение и исследование математических моделей многих гироскопических приборов (гировертикали на воздушном подвесе, многороторного гироазимутгоризонта, гироскопического креновыравнивателя и др.), получение условий, налагаемых на параметры гироскопических приборов и начальные условия их движения, при которых девиации (отклонения) этих устройств не зависят от ускорений маневрирования объектов (условия невозмущаемости гироскопических приборов).

А. Ю. Ишлинский явился одним из создателей теории инерциальных навигационных систем и впервые систематически изложил математические основы способов инерциального управления полетом баллистических ракет. Результатом этих работ явилось создание в СССР одной из первых мехатронных систем, в которых управление движением механического объекта осуществляется с использованием счетно-решающих устройств (ЭВМ).

Особо следует отметить работы А. Ю. Ишлинского в области общей механики. Им была открыта и развита ее новая глава — движение твердого тела, подвешенного на струне (абсолютно гибкой невесомой нити). В этой задаче отсутствуют случаи интегрируемости, однако исследования наличия различных бифуркаций стационарных движений и изучение условий их устойчивости представляют большой интерес. Самым неожиданным оказалось то, что

рождение новой формы стационарного движения нередко не сопровождается потерей устойчивости старой формы. Эта область теоретических исследований также нашла ряд практических приложений, например при расчете быстроходных центрифуг.

Ряд работ А. Ю. Ишлинского относится к методологическим и историческим вопросам классической механики, к исходным позициям этой науки и пресловутым силам инерции.

А. Ю. Ишлинский руководитель ряда научных семинаров, советов и конференций по теоретической механике и ее приложениям. Редактор журнала «Механика твердых тел» с его основания (1964). Более 30 лет возглавлял работу научно-методического совета по теоретической механике при Минвузе СССР.

А. Ю. Ишлинский читает оригинальные курсы по общей механике, теории упругости, теории гироскопов и инерциальной навигации. Опубликовал более 200 работ, в том числе 10 монографий, университетский учебник и задачник.

Ученики А. Ю. Ишлинского занимают ведущие позиции во многих научных и учебных заведениях России, Украины и других стран.

**Кручинин Павел Анатольевич** родился 29 января 1960 г. в Москве. Окончил механико-математический факультет МГУ (1981). Квалификация: механик. Кандидат физико-математических наук (1985). Доцент кафедры прикладной механики и управления на механико-математическом факультете (1995). Ученый секретарь кафедры (1995).

Область научных интересов: математические модели сложных механических и природных систем, управление динамическими системами.

Описан (совместно с С. И. Злочевским и А. Д. Дербаремдикером) механизм параметрического возбуждения колебаний типа шимми управляемых колес транспортных машин и разработал методы подавления этих колебаний. Предложен подход к оценке предельных возможностей систем активной виброзащиты, использующий критерии  $H_\infty$  теории управления. Участвует в работах по разработке алгоритмов авиационной гравиметрии. Проводит исследования в области биомеханики движений человека.

Читает специальные курсы лекций для студентов «Компьютерный анализ механических систем» и «Математическое и компьютерное моделирование в механике управляемых систем». Ведет занятия в специальном практикуме по теоретической и прикладной механике; семинары со студентами и аспирантами.

Автор более 20 опубликованных научных работ.

**Куликовская Нина Владимировна** родилась в 1932 г. в Москве. Окончила механико-математический факультет МГУ (1955). Работает на кафедре прикладной механики и управления механико-математического факультета (с 1955 г.). Кандидат физико-математических наук (1966). Присвоено звание доцента (1979).

Область научных интересов: исследование работоспособности механических систем и систем автоматического управления при влиянии внутренних и внешних помех. Проводится с различными научно-исследовательскими организациями научно-исследовательская работа по повышению надежности астрокоррекции систем навигации, описанию статистических характеристик дорожных покрытий, определению шумов гироскопических приборов. Последние годы занимается математическим моделированием ионных токов в мембранах волосковых клеток чувствительного эпителия внутреннего уха животных.

Педагогическую деятельность начала в 1957 г., при ее непосредственном участии в физико-математический практикум были введены задачи, выполняемые на аналоговых вычислительных машинах. Она является одним из авторов пособий по общему и специальному практикумам. Особенное внимание Н. В. Куликовская уделяла использованию вычислительной техники в учебном процессе. Соавтор специального курса лекций «Прикладные методы случайных процессов». Этот спецкурс читается с 1971 г.

**Лемак Степан Степанович** родился 30 сентября 1954 г. в г. Хуст Закарпатской обл. Окончил механико-математический факультет МГУ (1976). Квалификация: механик. Кандидат физико-математических наук (1984). Ведущий научный сотрудник кафедры прикладной механики и управления (1993).

Область научных интересов: задачи гарантированного оценивания и управления, динамическая имитация управляемых движений.

Решен ряд прикладных задач управления и оценивания, в которых часть действующих на управляемую систему возмущений известна с точностью до функционального множества. В частности, решены задачи об оптимальном выборе формы тормозного участка пневмотранспортной системы и задача гарантированного оценивания положения искусственного спутника Земли по измерениям дальности. Разработаны алгоритмы динамической имитации траекторных перегрузок для маневренных летательных аппаратов. Разработаны методы тестирования качества стабилизации для стохастических управляемых систем.

Читает специальный курс лекций для студентов отделения механики «Компьютерный анализ динамики систем», проводит семинар по курсу «Механика управляемых систем». Осуществляет руководство научно-исследовательским семинаром «Нелинейные задачи механики управляемых систем».

Автор более 10 опубликованных книг и статей.

**Морозов Виктор Михайлович** родился 15 декабря 1941 г. в Горьком (Нижнем Новгороде). В 1964 г. окончил механико-математический факультет МГУ. Квалификация: механик. Доктор физико-математических наук (1990). Ведущий научный сотрудник Института механики МГУ (1991). Профессор кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета МГУ (по совместительству) (1997). Член двух Специализированных советов в МГУ и МАИ (с 1992 г.).

Область научных интересов: теория управления и оценивания динамических систем, теория устойчивости и стабилизации движения, теория навигации и управления движущимися объектами.

Решен ряд задач об устойчивости стационарных движений космических аппаратов, находящихся под действием гравитационных, магнитных и аэродинамических моментов, а также космических аппаратов, состоящих из твердых и деформируемых тел и движущихся в гравитационном поле. Разработана теория корректируемых инерциальных навигационных систем (ИНС) (совместно с Н. А. Парусниковым и другими сотрудниками). Решен ряд задач коррекции ИНС при наличии дополнительной информации различной физической природы, в том числе получаемой от искусственных спутников Земли. Разработана оригинальная теория приводимых нестационарных систем управления и оценивания, представляющая новое направление в теории нестационарных линейных систем. Построены простые алгоритмы оценивания и управления и исследованы свойства замкнутых систем. Исследован ряд прикладных задач динамики, определения параметров движения и стабилизации механических систем. Разработан новый подход к решению задач стабилизации установившихся движений голономных и неголономных механических систем. Сформулированы новые эффективные критерии управляемости, отличные от известных ранговых критериев. Решен ряд задач стабилизации конкретных механических систем.

Читает специальный курс для студентов и аспирантов «Устойчивость и управление в нестационарных системах» и руководит научно-исследовательским семинаром «Билинейные задачи в механике управляемых систем», а также семинаром по устойчивости движения и задачей спецпрактикума для студентов 4 курса. С 1977 по 1991 г. читал лекции на факультете повышения квалификации инженеров МИРЭА. Подготовил 6 кандидатов физико-математических наук.

Автор около 100 опубликованных книг и статей.

**Новожилов Игорь Васильевич** родился 3 декабря 1931 г. в Кирове (Песочня) Калужской области. Окончил механико-математический факультет МГУ в 1954 г. Квалификация: механик. Кандидат физико-математических наук (1957). Доктор физико-математических наук (1972). Заведующий кафедрой теоретической механики МЭИ (1975–1986). Профессор кафедры прикладной механики и управления на механико-математическом факультете (1986). Лауреат Государственной премии СССР (1976). Лауреат премии им. М. В. Ломоносова МГУ в области преподавания (1998). Принял участие в разработке системы управления аппаратом, впервые совершившим мягкую посадку на Луну.

Область научных интересов: методы приближенного математического моделирования в прикладной механике. Им в этой области сформирована методология фракционного анализа, объединяющая методы теории размерности и асимптотические методы разделения движений. Фракционный анализ

применен для построения приближенных математических моделей управляемых механических систем большой описательной громоздкости. Предложен метод двухэтапного исследования устойчивости многомерных систем, обладающих симметрией. Предложена методика доопределения систем с разрывными характеристиками. При помощи этих методов поставлены и решены следующие задачи: определены условия корректности традиционных моделей механики — прецессионной модели гироскопа, абсолютно твердого тела, голономной и неголономной связи; построена модель качения деформированного колеса, объединяющая модели Картера, Ракара, Фромма, Келдыша; построены и обоснованы приближенные математические модели динамики полета, автопилота, вагона в магнитном подвесе, модель поперечного движения железнодорожного поезда, модели двух-, четырех-, шестиногой ходьбы, трех-, четырех-, шестимерных динамических стендов, модель массообмена системы «человек — искусственная почка». Проведены исследования данных объектов в прикладных целях.

И. В. Новожилов читает курсы лекций «Теория колебаний» и «Математические модели прикладной механики» для студентов кафедры прикладной механики и управления. Подготовил 16 кандидатов и 3 докторов наук.

Опубликовал более 90 книг и статей. Автор ряда поэтических, графических и прозаических изданий: «Без опасений и стыда» (1991), «Другая грань» (1997), «Год рождения 1921» (1998) (М.: Христианское издательство.)

**Орданович Александр Евгеньевич** родился 29 апреля 1926 г. в Москве. В 1952 г. окончил физический факультет МГУ. Квалификация: физик. Кандидат физико-математических наук (1959). Доцент кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета МГУ (1961). Руководитель трех грантов РФФИ (1994).

Область научных интересов: теория колебаний, гидродинамическая устойчивость, турбулентность, когерентные структуры, механика тросовых систем.

Разработана теория *когерентных структур* в турбулентных потоках: проведены серии исследований, посвященные обработке и интерпретации результатов измерений турбулентности в геофизических течениях, в основном в пограничном слое атмосферы. Сформулированы основные положения теории когерентных структур. На основе положений были разработаны математические модели для открытых течений (слои смешения, струи), стратифицированного течения Пуазейля, облачных улиц в пограничном слое атмосферы, циркуляций Ленгмюра в верхнем слое водоема. В каждой из исследуемых задач были проведены расчеты, результаты которых сопоставлялись с известными экспериментальными данными. В области теории нелинейной гидродинамической устойчивости выполнены следующие работы: О применении ортогональных разложений в задаче Орра — Зоммерфельда, «Применение метода типа Галеркина для исследования устойчивости течений с большими градиентами скорости», «Расчет течения в канале с волнистыми стенками

методом ортогональных разложений», «Влияние термической стратификации на устойчивость Экмановского течения».

Читает курс лекций «Колебания и волны», специальный курс «Элементы устройств систем управления». Ведет семинары со студентами и аспирантами. Подготовил 11 кандидатов физико-математических наук. Опубликовано более 110 работ. Соавтор 11 изобретений.

**Парусников Николай Алексеевич** родился 26 июля 1931 г. в деревне Селонучье Лотошинского района Московской области. Окончил механико-математический факультет МГУ (1954). Доктор физико-математических наук (1979). Профессор кафедры прикладной механики механико-математического факультета МГУ (1980). Научный руководитель лаборатории управления и навигации (1987). Действительный член Академии навигации и управления движением (1995). Один из ведущих специалистов в области инерциальной навигации, методов оптимальной обработки информации и структурного анализа управляемых механических систем. Более десяти лет работал на предприятии авиационного и космического приборостроения. Принял участие в разработке первой действующей инерциальной навигационной системы и системы мягкой посадки на Луну.

Область научных интересов: инерциальные навигационные системы, обработка информации и анализ управляемых систем.

Построена теория инерциальной навигации, использующая аппарат гамильтоновой механики. Исследована устойчивость уравнений ошибок инерциальной навигации и получены оценки их расходимости в различных случаях. Построены алгоритмы выставки инерциальных навигационных систем на неподвижном и подвижном основании. На базе теории наблюдаемости построена теория корректируемых навигационных систем и разработан ряд конкретных алгоритмов коррекции. Решен ряд задач топопривязки (в том числе топопривязки метеотрассеров, дефектоскопов в газо- и нефтепроводах и т. д.).

В области обработки информации и структурного анализа управляемых систем получен ряд принципиальных результатов, связанных с введением таких характеристик, как меры оцениваемости и управляемости. Разработаны процедуры редукции и декомпозиции систем с точки зрения мер оцениваемости и управляемости.

За последующие годы под его руководством и по его инициативе в лаборатории управления и навигации создан программный комплекс, обеспечивающий в целях разведки нефти и газа получение методами авиагравиметрии высокоточной информации для построения карт аномального гравитационного поля. Был проведен ряд летных испытаний, подтвердивших его высокое качество, не уступающее лучшим мировым достижениям.

Создал и читает ряд новых курсов. Среди его учеников 16 кандидатов, 2 доктора наук. Организатор 4 Всесоюзных школ-семинаров по навигации и управлению.

Автор более 130 научных работ.

**Ройтенберг Яков Наумович** (1910–1988). Родился 28 мая 1910 г. в пос. Троянов Житомирской области. Окончил Московский механико-машиностроительный институт им. Н. Э. Баумана (1938). Доктор физико-математических наук (1947). Профессор кафедры прикладной механики (1948). Заведующий кафедрой прикладной механики (1952–1956). Член редколлегии журнала «Известия Академии наук СССР. Механика твердого тела» (1971). Заместитель ответственного редактора (1960–1978), а затем член редколлегии журнала «Вестник Московского университета. Математика. Механика» (1978).

Область научных интересов: прикладная теория гироскопов, общая механика, теория колебаний, теория управления движением, синтез систем автоматического управления.

Я. Н. Ройтенбергом разработана теория важнейших гироскопических устройств, обеспечивающих функционирование систем стабилизации, систем автоматического управления летательными объектами, инерциальными навигационными системами и др. Им разработана теория многих гироскопических приборов: гироскопических компасов, вертикалей. Впервые получены полные уравнения прецессионного движения гироскопического компаса с учетом движения гиросферы как тела с тремя степенями свободы, с дополнительной свободой движения гироскопов внутри нее. Разработаны методы компенсации баллистических девиаций гироскопических приборов, возникающих вследствие маневрирования корабля, самолета или другого объекта, на котором эти приборы установлены. Им решен ряд важнейших задач оптимизации динамических систем, и в частности гироскопических систем, находящихся под воздействием случайных сил.

Разработана теория силовых гироскопических стабилизаторов, получивших широкое распространение на флоте и в авиации. Заложены основы нового направления механики гироскопических систем — управляемых гироскопических систем. Развита методика исследования линейных нестационарных систем, описываемых дифференциальными и разностными уравнениями с переменными коэффициентами. Решены задачи реализации выбранной стратегии управления движением, а также задачи определения положения управляемой системы в фазовом пространстве в отсутствие об этом непосредственной информации и в отсутствие сведений о положении системы отсчета. Большой цикл работ посвящен применению вероятностных методов к задачам механики.

Подготовил и читал специальные курсы прикладной теории гироскопов, теории колебаний, автоматического регулирования, операционного исчисления. Создал новый университетский курс механики управляемых движений. Подготовил 31 кандидата наук и 5 докторов наук.

Опубликовано 75 научных работ, в том числе 5 монографий. Основные труды: «Гироскопы» (М., 1966; 2-е доп. изд. М., 1975); «Автоматическое управление» (М., 1971; 2-е доп. изд. 1978, переведена на франц. и польск. языки); «Некоторые задачи управления движением» (М., 1963).

**Степаненко Наталья Петровна** родилась 31 мая 1941 г. в Москве. В 1963 г. окончила мехмат МГУ. Квалификация: механик. Кандидат физико-математических наук (1970). Доцент кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета (1976).

Область научных интересов: актуальные проблемы аналитической динамики, вопросы динамики системы твердых тел и гироскопов.

Найден случай интегрируемости уравнений движения гироскопа в кардановом подвесе. Получено решение уравнений движения в конечных углах, которое выражено через эллиптические функции. Исследовано движение свободной системы двух твердых тел, связанных сферическим шарниром. Исследован ряд задач, относящихся к вопросам гироскопической стабилизации твердого тела и управления движением.

Опубликовано более 40 научных работ.

**Тихомиров Владимир Викторович** родился 24 февраля 1945 г. в Москве. Окончил механико-математический факультет МГУ (1968). Квалификация: механик. Кандидат физико-математических наук (1973). Доцент кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета МГУ (1991).

Область научных интересов: инерциальные платформенные и бесплатформенные навигационные системы и гравиметрические системы, модельные алгоритмы инерциальных навигационных систем и алгоритмы их коррекции, алгоритмы обработки информации в гравиметрических системах.

Разработаны алгоритмы решения задачи высокоточного определения географических координат точек траектории объекта (задача топопривязки) как задачи коррекции инерциальной навигационной системы. Разработан и опробован при летных испытаниях алгоритм определения отклонения силы тяжести от нормального поля в точках траектории носителя аэрогравиметрического комплекса в режиме постобработки. Разработан алгоритм идентификации параметров интеркардиональной погрешности однороторного гирокомпас в нестационарном режиме. Проведен анализ наблюдаемости переменных в задаче зондовой навигации. Построены алгоритмы бесплатформенной инерциальной навигационной системы с учетом избыточности информации.

Педагогическая деятельность включает в себя чтение специальных курсов: «Механика систем связанных тел и гироскопов» и «Основы инерциальной навигации»; проведение специальных семинаров по общему курсу механики управляемых систем и механике систем связанных тел и гироскопов; проведение занятий специального практикума кафедры прикладной механики и управления. Принял участие в разработке установок и методического обеспечения проведения задач специального практикума.



## Литература

1. *Девянин Е. А., Ишлинский А. Ю., Ройтенберг Я. Н.* Прикладная механика в Московском университете // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1979. Вып. 6.
2. *Кудряшова Л. В., Пирогов И. З.* К истории возникновения и развития кафедры прикладной механики (по материалам Архива МГУ) // История и методология естественных наук. Вып. XXIX. М.: Изд-во МГУ, 1982.
3. *Летопись Московского университета.* М.: Изд-во МГУ, 1979.
4. *Механика в Московском университете.* М.: МГУ, 1992.
5. *Профессора и доктора наук Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Биографический словарь.* М.: Книжный дом Университет, 1998.
6. *Развитие механики гироскопических и инерциальных систем.* М.: Наука, 1973.
7. *Ким А. А., Тюлина И. А.* Борис Владимирович Булгаков. М.: Наука, 2000.

## Научная литература

8. *Александров В. В.* К задаче Булгакова о накоплении возмущений // ДАН СССР. 1969. Т. 186. № 3.
9. *Александров В. В., Жермоленко В. Н.* Об абсолютной устойчивости систем 2-го порядка // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1972. № 5.
10. *Александров В. В., Жермоленко В. Н.* Об абсолютной устойчивости систем 3-го порядка // ДАН СССР. 1975. Т. 222. № 2.
11. *Александров В. В.* Об имитации кажущегося ускорения // ДАН СССР. 1980. Т. 256. № 2.
12. *Александров В. В., Садовничий В. А., Чугунов О. Д.* Математические задачи динамической имитации полета. М.: Изд-во МГУ, 1986.
13. *Александров В. В., Воронин Л. И., Глазков Ю. Н., Ишлинский А. Ю., Садовничий В. А.* Математические задачи имитации аэрокосмических полетов. М.: Изд-во МГУ, 1995.
14. *Александров В. В.* Тестирование качества стабилизации нестационарных движений // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1997. № 3.
15. *Александров В. В., Жермоленко В. Н.* Минимаксная стабилизация колебательной параметрически возмущенной системы // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1998. № 6.
16. *Александров В. В., Каленова И. Н., Трифонова А. Н.* Минимаксная стабилизация и максимумное тестирование // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1999. № 5.
17. *Блаженнова-Микулич Л. Ю.* Идентификация линейных динамических ММО систем с квазипериодическим сигналом на входе // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1996. № 3.
18. *Блохина Н. С., Орданович А. Е.* Математическое моделирование вихревых структур в верхнем слое водоема // Изв РАН. Физика атмосферы и океана. 1994. Т. 30. № 5.
19. *Блохина Н. С., Овчинникова А. В., Орданович А. Е.* Математическое моделирование весеннего термобара в неглубоком водоеме // Вестник МГУ. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2002. № 2.
20. *Болотин Ю. В.* Оптимизация конструкции и траекторий движения гидравлического манипулятора // Изв. АН СССР. МТТ. 1985. № 5.
21. *Болотин Ю. В.* Энергетически оптимальные походки двуногого шагающего аппарата // Изв. АН СССР. МТТ. 1984. № 6.
22. *Болотин Ю. В., Попеленский М. Ю.* Анализ точности решения задачи аэрогравиметрии на основе стохастических моделей // Авиакосмическое приборостроение. 2003. № 4.
23. *Болотин Ю. В., Голован А. А., Парусников Н. А.* Математические модели аэрогравиметрических систем на базе корректируемого гироскопического блока // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2003. № 4.

24. *Болотин Ю. В.* Управление статически неустойчивыми походками шагающих аппаратов // Изв. АН СССР. МТТ. 1989. № 3.
25. *Болотин Ю. В.* Метрические критерии изоляции возмущений при управлении механическими системами // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1998. № 2.
26. *Болотин Ю. В.* Двойственность в задаче оптимальной стабилизации механических систем со связями // Изв. АН СССР. Техн. Кибернетика. 1988. № 4.
27. *Борзов В. И.* Задача о разделении движений в динамике полета // Изв. АН СССР. МТТ. 1981. Т. 5.
28. *Болотин Ю. В., Новожилов И. В.* Управление походкой двуногого шагающего аппарата // Изв. АН СССР. МТТ. 1977. № 1.
29. *Болотин Ю. В., Голован А. А., Парусников Н. А., Кручинин П. А., Тихомиров В. В., Трубников С. А.* Задача авиационной гравиметрии. Алгоритмы. Некоторые результаты испытаний // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1999. № 2.
30. *Булгаков Б. В.* Прикладная теория гироскопов. 1-е изд. М.: Гостехиздат, 1939. С. 258; 2-е изд. М.: Гостехиздат, 1955; 3-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1976.
31. *Булгаков Б. В.* О накоплении возмущений в линейных колебательных системах с постоянными параметрами // ДАН СССР. 1946. Т. 51. № 5.
32. *Варавва В. Г., Голован А. А., Парусников Н. А.* О стохастической мере оцениваемости // В сб. Коррекция в навигационных системах и системах ориентации ИСЗ. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та МГУ, 1987.
33. *Влахова А. В.* Математические модели движения железнодорожного вагона конечной жесткости // Изв. РАН. МТТ. 2000. № 4.
34. *Влахова А. В.* «Размене точности на время» при асимптотических оценках регулярно возмущенных задач // Математические методы и приложения // Труды X математических чтений МГСУ. 2002.
35. *Влахова А. В., Новожилов И. В.* Разделение движений в системах с разрывными правыми частями // В сб. науч. трудов «Проблемы механики» к 90-летию академика А. Ю. Ишлинского. 2003.
36. *Влахова А. В., Новожилов И. В.* Разделение движений разночастотной механической системы, не содержащей явно «малых» или «больших» параметров // Изв. РАН. МТТ. 2003. № 1.
37. *Влахова А. В.* О безытерационных приближениях по малому параметру // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2003. № 4.
38. *Голован А. А., Парусников Н. А.* О способах выделения малого параметра в управляемой системе с точки зрения мер управляемости // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 2.
39. *Голован А. А., Парусников Н. А.* О связи стохастической меры оцениваемости с сингулярными разложениями матриц // АиТ. 1998. № 2.
40. *Голован А. А., Горицкий А. Ю., Парусников Н. А., Тихомиров В. В.* Алгоритмы корректируемых инерциальных навигационных систем, решающих задачу топопривязки. М.: Препринт мех.-мат ф-та МГУ, 1994.
41. *Гребенюк И. С., Орданович А. Е.* Свободный полет «змея» с приземным воздушным тормозом в градиентном потоке // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1990. № 3.
42. *Девянин Е. А., Демьяновский А. П.* Определение абсолютной угловой скорости, расстояния до притягивающего центра и построение вертикали инерциальными средствами // Изв. АН СССР. МТТ. 1966. № 2.
43. *Девянин Е. А., Ишлинский А. Ю., Климов Д. М.* Механика гироскопических и навигационных систем // В кн. Механика в СССР за 50 лет. Общая и прикладная механика. М.: Наука, 1968. Т. 1.
44. *Девянин Е. А.* О возможных принципах построения систем инерциальной навигации // Изв. АН СССР. МТТ. 1970. № 3.
45. *Девянин Е. А.* К теории невозмущаемой бигироскопической вертикали // Изв. АН СССР. МТТ. 1970. № 3.

46. *Девянин Е. А., Парусников Н. А.* Об устойчивости движения математической точки в поле сил притягивающего центра // Изв. АН СССР. МТТ. 1969. № 3.
47. Доклады научной школы-конференции «Мобильные роботы и мехатронные системы». М.: Ин-т механики МГУ, 1998–2000.
48. *Иванов В. Н., Орданович А. Е.* Спектры скорости ветра при неустойчивой стратификации в низкочастотном диапазоне // Физика атмосферы и океана. 1967. № 8. Т. 3.
49. Задача Булгакова о максимальном отклонении и ее приложения / Под ред. В. В. Александрова. М.: Изд-во МГУ, 1993.
50. *Злочевский С. И., Кручинин П. А., Дербаремдикер А. Д.* О возбуждении параметрических колебаний управляемых колес // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1987. № 3.
51. *Ишлинский А. Ю.* Механика специальных гироскопических систем. Киев: АН УССР, 1952.
52. *Ишлинский А. Ю.* Механика гироскопических систем. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
53. *Ишлинский А. Ю.* Инерциальное управление баллистическими ракетами. М.: Наука, 1968.
54. *Ишлинский А. Ю.* Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. М.: Наука, 1976.
55. *Ишлинский А. Ю.* Механика: идеи, задачи, приложения. М.: Наука, 1985.
56. *Ишлинский А. Ю.* Механика относительного движения и силы инерции. М.: Наука, 1981.
57. *Ишлинский А. Ю., Темченко М. Е., Стороженко В. А.* Вращение твердого тела на струне и смежные задачи. М.: Наука, 1991.
58. *Каликов В. Н., Некрасов И. В., Орданович Е. А.* Исследование плоскопараллельного движения воздушного змея // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1974. № 5.
59. *Копылов И. А., Новожиллов И. В.* Модель поперечных колебаний железнодорожного поезда // Изв. РАН. МТТ. 1998. № 2.
60. *Кручинин П. А.* Редукция алгоритмов управления медленным приводом в двухмассовой модели активной подвески // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1997. № 3.
61. *Кручинин П. А.* Об освоении пакета MATLAB с использованием практических задач // Труды Всероссийской научной конференции «Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB». М.: ИПУ РАН, 2002.
62. *Кручинин П. А., Магомедов М. Х., Новожиллов И. В.* Математическая модель автомобильного колеса на антиблокировочных режимах движения // Изв. РАН. МТТ. 2001. № 6.
63. *Кручинин П. А., Магомедов М. Х., Макаров Л. М.* Активное подавление паразитных колебаний при работе пневматической антиблокировочной системы. М.: Вестник МГУ Сер. 1. Матем. Механ. 2003. № 5.
64. *Кузьмина Р. П.* Метод малого параметра в регулярно возмущенной задаче Коши. М.: Изд-во МГУ, 1991.
65. *Кузьмина Р. П.* Метод малого параметра для сингулярно возмущенных уравнений. М.: Изд-во МГУ. Ч. 1, 1993; Ч. 2, 1994.
66. *Латышев А. В., Орданович А. Е.* О моделировании упорядоченных структур в открытых турбулентных потоках // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1981. № 4.
67. *Лось М. В., Орданович А. Е.* Анализ образования петли на гибком стержне // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1993. № 3.
68. *Лось М. В., Орданович А. Е.* Об образовании петель на тросах и нитях // Доклады Академии наук. 2002. Т. 383. № 4.
69. *Морозов В. М., Каленова В. И.* Оценивание и управление в нестационарных линейных системах. М.: Изд-во МГУ, 1988.
70. *Морозов В. М., Каленова В. И., Салмина М. А.* Управляемость и наблюдаемость в задаче стабилизации механических систем с циклическими координатами // ПММ. 1992. Т. 56, вып. 6.
71. *Морозов В. М.* Об устойчивости относительного равновесия спутника при действии гравитационного, магнитного и аэродинамического моментов // Космические исследования. 1969. Т. 7, вып. 3.

72. Морозов В. М., Рубановский В. Н. Устойчивость относительного равновесия на круговой орбите твердого тела с упругими стержнями // Изв. АН СССР. МТТ. 1974. № 1.
73. Новожилов И. В. Управление пространственным движением двуногого шагающего аппарата // Изв. АН СССР. МТТ. 1984. № 4.
74. Новожилов И. В., Зацепин М. Ф. и др. К оценке энергетических затрат на ходьбу шестиногого шагающего аппарата // Труды МЭИ. 1981. Вып. 515.
75. Новожилов И. В., Зацепин М. Ф. Управление аллюрами четырехной ходьбы // Изв. АН СССР. МТТ. 1986. № 5.
76. Новожилов И. В., Панишина А. В. Кинематическая избыточность конечностей и энергозатраты четырехной ходьбы // Изв. АН СССР. МТТ. 1990. № 2.
77. Новожилов И. В. Фракционный анализ: пер. на англ. яз. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та МГУ, 1995.
78. Новожилов И. В. Об уточнении предельных моделей механики / Нелинейная механика. М.: Физматлит, 2001.
79. Новожилов И. В., Кручинин П. А., Копылов И. А., Журавлев А. М., Гришин А. А., Демин П. П., Куликовский С. В., Моисеева Е. М. Математическое моделирование движений при изменении вертикальной позы человека. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та МГУ, 2001.
80. Новожилов И. В., Павлов И. С., Фрольцов В. А. О поведении автомобиля на «миксте» // Изв. РАН. МТТ. 2001. № 3.
81. Новожилов И. В., Филиппов В. Н. К оценке условий вкатывания гребня железнодорожной колесной пары на головку рельса // Изв. РАН. МТТ. 2002. № 5.
82. Новожилов И. В., Бардушкина И. В. Об одной механической аналогии в задаче управления шестиопорным стендом // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 2003. № 4.
83. Орданович А. Е. Математическое моделирование вихревых структур в верхнем слое водоема // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1988. Т. 24. № 9.
84. Парусников Н. А., Морозов В. М., Борзов В. И. Задача коррекции в инерциальной навигации. М.: Изд-во МГУ, 1982.
85. Ройтенберг Я. Н. О накоплении возмущений в линейных нестационарных импульсных системах // ПММ. 1958. № 4.
86. Садовничий В. А., Александров В. В., Лемак С. С. Гарантированное тестирование точности стабилизации стохастических систем // Дифф. уравнения. 1999. № 5.
87. Тараканова Л. Н. Обратная задача Б. В. Булгакова о максимальном отклонении // Дисс. канд. физ.-мат. наук. М., 1986.
88. Формальский А. М. Управляемость и устойчивость систем с ограниченными ресурсами. М.: Наука, 1974.
89. Формальский А. М., Гориневский Д. М., Шнейдер А. Ю. Управление манипуляторными системами на основе информации об усилителях: пер. на англ. яз. М.: Наука, 1994.
90. Alexandrov V. V., Jacome J. Stabilization of oscillatory bilinear systems // Moscow University Press, 2001.
91. Alexandrov V. V., Almanza A., Kulikovskaya N. V., Vega R., Alexandrova T. B., Shulenina N. E., Limon A., Soto E. A mathematical model of the total current dynamics in hair cells // Moscow University Press, 2001.
92. Bogutsky A. V., Gurfinkel E. V., Devjanin E. A., Shtilman L. G. Control of walking machine motion over an extra-complex terrain. International Conference on Machine Automation 94, Tampere. Finland, 1994.
93. Bolotin Yu. V., Morgunova S. N. On Bearing-only observability in TLS Setting. — proceedings of 2 International Conference in Information Sci/ St/Peterburg, 1997.
94. Kuzmina R. P. Asymptotic methods for ordinary differential equations. Ser. Mathematics and its Applications. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers. 2000. № 512.
95. Matasov A. I. Estimators for Uncertain Dynamic Systems. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1999.
96. Sadovnichii V. A., Alexandrov V. V., Astakhova T. G., Trincher V. K., Mikhaleva E. Yu. Harmonic oscillations of the cupula in the vestibular canal // Moscow University Press, 2001.

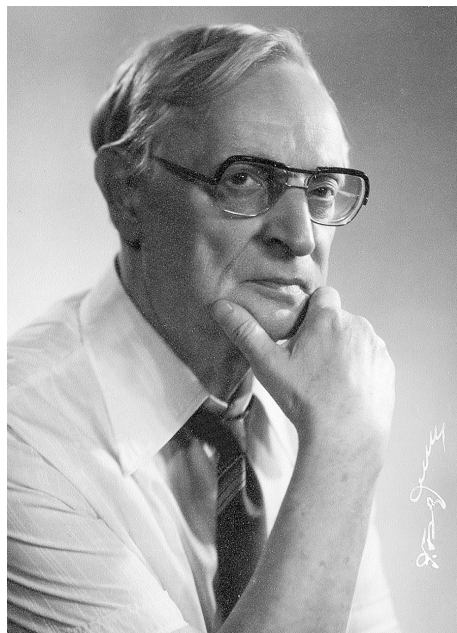
97. *Soto E., Alexandrov V. V., Alexandrova T. B., Cruz R., Vega R., Astakhova T. G.* A mechanical coupling model for the axolotl (*Ambystoma tigrinum*) semicircular canals // Moscow University Press, 2001.
98. Труды конференции по теории колебаний и управлению // Сборник трудов конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Б. В. Булгакова. М.: Изд-во МГУ, 2000.

## Учебная литература

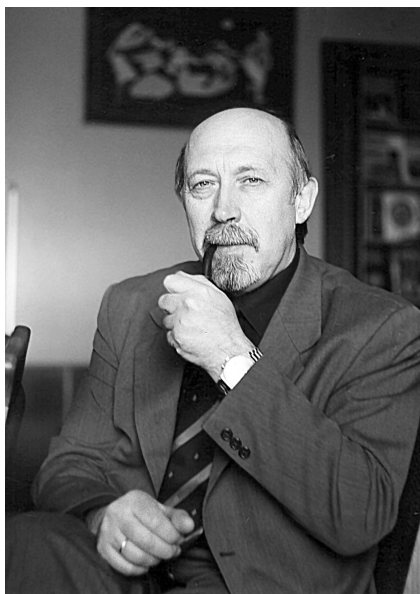
99. *Александров В. В., Злочевский С. И., Лемак С. С., Парусников Н. А.* Введение в динамику управляемых систем: пер. на англ. яз. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та МГУ, 1993.
100. *Булгаков Б. В.* Колебания. М.: Гостехиздат, 1954.
101. *Злочевский С. И.* Лекции по теории оптимального управления. М.: Изд-во МГУ, 1972.
102. *Злочевский С. И.* Лекции по теории оптимального управления (дополнительные главы). М.: Изд-во МГУ, 1977.
103. *Ишлинский А. Ю., Борзов В. И., Степаненко Н. П.* Лекции по теории гироскопов. М.: Изд-во МГУ, 1982.
104. *Ишлинский А. Ю., Борзов В. И., Степаненко Н. П.* Сборник задач и упражнений по теории гироскопов. М.: Изд-во МГУ, 1979.
105. Лабораторный практикум по теоретической и прикладной механике / Под ред. И. З. Пирогова. М.: Изд-во МГУ, 1981.
106. *Парусников Н. А., Морозов В. М., Борзов В. И.* Теория навигационных систем. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1980.
107. *Ройтенберг Я. Н.* Автоматическое управление: пер. на англ., франц., польск., немец. яз. М.: Наука, 1978.
108. Спецпрактикум по прикладной механике. Ч. 1, 2 / Под ред. И. З. Пирогова. М.: Изд-во МГУ, 1987.
109. *Александров В. В., Болтянский В. Г., Лемак С. С., Парусников Н. А., Тихомиров В. М.* Оптимизация управляемых систем. М.: Изд-во МГУ, 2000.
110. *Александров В. В., Бугров Д. И., Лемак С. С., Невидомский А. Ю., Черкасов О. Ю., Якушев А. Г.* Оптимальное управление возмущаемой системой. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та МГУ, 2000.
111. *Вавилова Н. Б., Голован А. А., Парусников Н. А., Трубников С. А.* Математические модели и алгоритмы обработки измерений спутниковаой навигационной системы GPS. Стандартный режим. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та МГУ, 2001.



*Член-корреспондент АН СССР  
Б. В. Булгаков, первый штатный  
заведующий кафедрой прикладной  
механики*



*Академик А. Ю. Ишлинский,  
заведующий кафедрой прикладной  
механики с 1956 по 2003 гг.*



*Профессор В. В. Александров,  
заведующий кафедрой прикладной  
механики с 2003 г.*

# Кафедра гидромеханики

## Краткая историческая справка

В развитии механики в Московском университете заметное место занимают научные исследования по вопросам движения жидкости и газа, начало которым было положено в трудах С. А. Чаплыгина, выполненных еще до революции и в первые годы советской власти. Замечательные научные идеи и традиции Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина в области гидромеханики продолжали развивать их ученики — крупнейшие ученые, заложившие основу многих современных актуальных направлений механики сплошной среды, — А. И. Некрасов, Л. С. Лейбензон, Н. Е. Кочин, Л. И. Седов, Л. Н. Сретенский, Н. А. Слезкин. В настоящее время эти идеи и традиции получили развитие в многочисленных трудах их учеников — сотрудников кафедры гидромеханики.

По уставу Московского университета 1863 г. на физико-математическом факультете в числе десяти кафедр была кафедра теоретической и практической механики, которая существовала и в первые годы советской власти, а с 1921 по 1930 г. называлась Предметной комиссией по механике. После реорганизации университета в 1930–1931 гг. возникло механическое отделение с тремя специализациями: аэромеханика, гидравлика и сопротивление материалов. Заведовал отделением А. И. Некрасов. 25 октября 1932 г. на механическом отделении были учреждены четыре кафедры: теоретической механики, теории упругости, гидродинамики и аэродинамики. В момент организации в состав кафедры гидродинамики входили заведующий кафедрой Л. С. Лейбензон и заведующий лабораторией гидравлики Д. С. Вилькер. С 1933 по 1991 г. на кафедре гидродинамики работал Н. А. Слезкин, с 1939 по 1999 г. — Л. И. Седов, с 1954 по 1992 г. — Г. Г. Черный, с 1934 по 1973 г. — Л. Н. Сретенский. С 1953 по 1992 г. ученым секретарем кафедры была В. В. Розанцева. Академик Л. С. Лейбензон заведовал кафедрой до 1938 г. В 1938–1944 гг. кафедрой заведовал академик Н. Е. Кочин, в 1945–1951 гг. вновь академик Л. С. Лейбензон. В 1951–1953 гг. исполнял обязанности заведующего кафедрой Н. А. Слезкин. Почти полвека с 1953 по 1999 г. заведовал кафедрой академик Л. И. Седов. С сентября 1999 г. заведующим кафедрой является академик РАЕН, заслуженный профессор МГУ В. П. Карликов.

**Леонид Иванович Седов** (1907–1999) — заслуженный профессор МГУ, академик, Герой Социалистического Труда, лауреат премий имени С. А. Чаплыгина,

М. В. Ломоносова, А. Н. Крылова и Государственной премии СССР. Он был награжден шестью орденами Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденами «Знак почета» и «За заслуги перед Отечеством» 4 степени, медалями Советского Союза, французским орденом Почетного Легиона; золотой медалью А. М. Ляпунова, многими международными премиями и медалями, являлся действительным членом Международной астронавтической академии, Французской и других зарубежных академий, был удостоен званий почетного доктора многих иностранных университетов. Широко известны научные заслуги Л. И. Седова в области механики, математики и астрофизики; на его замечательных книгах по гидромеханике, механике сплошной среды, теории размерности и подобия воспитывалось не одно поколение ученых. Он — создатель крупной школы ученых-механиков. Среди его учеников — четыре академика, более пятидесяти докторов и ста тридцати кандидатов наук.

В 1980-е гг. на кафедре гидромеханики основными сотрудниками являлись профессоры Н. А. Слезкин, В. П. Карликов, Н. Р. Сибгатуллин, доценты Г. Я. Галин, А. Н. Голубятников, М. Э. Эглит, старшие преподаватели В. В. Розанцева и Е. И. Свешникова, ассистенты Я. А. Каменярж, В. А. Налетова, И. С. Шикина, старшие научные сотрудники В. Л. Бердичевский, А. Г. Петров, младший научный сотрудник А. Ю. Беляев. Сотрудниками-совместителями работали академик Г. Г. Черный (в настоящее время заведующий кафедрой аэромеханики и газовой динамики), профессора А. Г. Куликовский, В. В. Гогосов и В. А. Левин.

С сентября 1999 г. состав кафедры гидромеханики включает академика РАЕН профессора В. П. Карликова (заведующий кафедрой), профессоров **Н. Р. Сибгатулина**, А. Н. Голубятникова, М. Э. Эглит, В. А. Налетову, доцентов А. В. Аксенова, Г. Я. Галина, А. Г. Калугина, Е. И. Свешникову (ученый секретарь кафедры), И. С. Шикину, С. Л. Толоконникова, Н. Е. Леонтьева, старшего лаборанта М. Е. Ревунову, а также штатных совместителей: членов-корреспондентов РАН профессоров А. Г. Куликовского и В. А. Левина, профессоров А. А. Бармина, **И. С. Шикина**, **В. В. Гогосова**.

Многие годы научное руководство работой студентов и аспирантов осуществляется также сотрудниками Института механики МГУ, выпускниками кафедры: академиком С. С. Григоряном, профессорами Г. А. Любимовым, **С. А. Регирером**, Г. А. Тирским, Н. Н. Пилюгиным, д.ф.-м.н. А. К. Цатуряном и др.

## Учебная работа

Длительный период на 3 курсе на кафедре ежегодно начинала обучаться группа студентов в 20–25 человек. Таким образом, на кафедре на всех трех курсах числилось около семидесяти студентов. Тематика курсовых и дипломных



работ студентов всегда тесно была связана с планом научно-исследовательских работ кафедры и соответствующих лабораторий НИИ механики университета. Студенты кафедры ежегодно принимали участие в конкурсах научных студенческих работ, на которых их работы, как правило, отмечались премиями и похвальными отзывами. Многие студенческие работы были опубликованы в союзных журналах, в «Вестнике Московского университета» или оформлялись в виде отчетов в НИИ механики. Кафедра ежегодно рекомендовала в аспирантуру порядка десяти студентов. Педагогическая деятельность кафедры гидромеханики, на которой читался ряд основных и специальных курсов, а также проводились многочисленные учебные и научные семинары, общий и специальный лабораторные практикумы, всегда была направлена на воспитание высококвалифицированного молодого научного поколения.

За пятнадцать лет (с 1964 по 1979 г.) выпускниками кафедры было защищено 12 докторских диссертаций (Г. А. Тирский, Г. А. Любимов, С. С. Григорян, Г. М. Бам-Зеликович, Ю. Л. Якимов, А. Г. Куликовский, А. А. Бармин, В. В. Гогосов, А. Б. Ватажин, В. А. Левин, С. А. Регирер, Н. Р. Сибгатуллин), за десять лет (в период с 1967 по 1977 г.) на кафедре кандидатские диссертации защитили 54 аспиранта. Только за период с 1997 по 1999 г. выпускниками и сотрудниками кафедры защищены 4 докторские и 10 кандидатских диссертаций.

Курс гидродинамики в Московском университете начал читать в 1917 г. А. И. Некрасов. Он повторял его ежегодно до 1938 г. В 1929 г. лекции по гидродинамике прочел также И. В. Станкевич. Лекции А. И. Некрасова и И. В. Станкевича были изданы литографически в 1930 и 1932 г.

Несколько лекций и докладов по гидромеханике прочли во время пребывания в СССР в Московском университете в 1928–1930 и в 1952 гг. Л. Прандтль, И. Бюргерс, Т. Карман и С. Цзян. Лекции И. Бюргерса были изданы литографически. Основной курс лекций по гидромеханике после 1938 г. в разное время читали Н. Е. Кочин, Л. Н. Сретенский, Н. А. Слезкин, Л. И. Седов, а специальный курс гидродинамики после 1963 г. — Н. А. Слезкин, Г. Г. Черный, А. Г. Куликовский, В. П. Карликов, Н. Р. Сибгатуллин, Г. Я. Галин, А. Н. Голубятников.

В 1938/39 учебном г. в курс гидромеханики Л. И. Седовым были впервые включены разделы по термодинамике и газовой динамике. В 1963/64 учебном году в учебный план механико-математического факультета был введен общий для потока механиков курс механики сплошной среды. Он был прочитан Л. И. Седовым.

В 70–90-е гг. на кафедре читались следующие общие и специальные курсы: механика сплошной среды для студентов-механиков 2 и 3 курсов, а также общий курс «Основы механики сплошной среды» для всех студентов 2 курса (А. Г. Куликовский, М. Э. Эглит), гидроаэромеханика для 3 курса (В. П. Карликов), газовая динамика для 4 курса (Г. Г. Черный). В 1960–1963 гг. на вечернем отделении курс гидроаэромеханики читался В. П. Карликовым. Кроме

того, кафедры ведет преподавание курса механики сплошной среды для отделения математики (5 курс, Н. Р. Сибгатуллин, Я. А. Каменярж, М. Э. Эглит), курса теоретической механики и гидромеханики для студентов гидрометеопотока географического факультета (В. В. Розанцева, Е. И. Свешникова, И. С. Шикина), а также курсов механики сплошной среды (А. Н. Голубятников) и газовой динамики (Г. Я. Галин) на факультете повышения квалификации преподавателей вузов. На кафедре работало до 14 специальных семинаров и читалось более 20 специальных курсов, среди которых — динамика вязкой жидкости (Н. А. Слезкин), анализ размерностей и моделирование (В. П. Карликов), магнитная гидродинамика и электрогидродинамика (В. В. Гогосов), теория разрывов (А. Г. Куликовский), специальные главы механики сплошной среды (А. Н. Голубятников, В. Л. Бердичевский) и многие другие.

К чтению специальных курсов приглашались в разные годы специалисты из АН СССР и научно-исследовательских институтов, в частности П. Я. Кочина, И. А. Чарный, И. А. Кибель, Ф. И. Франкль, Г. Ю. Степанов, Е. А. Красильщикова, С. С. Григорян.

С 1943 г. под руководством академика Л. И. Седова на кафедре работал научно-исследовательский семинар по механике сплошной среды, в работе которого принимали участие многие выпускники университета. С октября 1999 г. кафедральный совместно с отделом механики МИАН семинар продолжает работать под руководством проф. В. П. Карликова, члена-корреспондента РАН А. Г. Куликовского и проф. А. А. Бармина.

Некоторые специальные курсы, впервые прочитанные на кафедре гидромеханики, способствовали развитию многих, а часто и новых направлений в науке (в скобках указаны лектор и учебный год начала чтения курса):

- Движение вязкой жидкости (Н. А. Слезкин, 1933–1934);
- Гидродинамика нефти и газов в пористых средах (Л. С. Лейбензон, 1935–1936);
- Теория волновых движений жидкости (Л. Н. Сретенский, 1935–1936);
- Теория глассирования (Л. И. Седов, 1938);
- Гидромеханика (с разделами термодинамики и газовой динамики) (Л. И. Седов, 1938–1939);
- Гидродинамическая теория решеток (Н. Е. Кочин, 1944);
- Методы теории подобия и размерности в механике (Л. И. Седов, 1944–1945);
- Околосвуковые течения газа (Ф. И. Франкль, 1947–1948);
- Теория одномерных неустановившихся течений газа (Л. И. Седов, 1948–1949);
- Теория газовых и гидравлических машин (Л. И. Седов, 1952–1953);
- Динамическая метеорология (И. А. Кибель, 1952–1953);
- Движение с большими сверхзвуковыми скоростями (Г. Г. Черный, 1954–1955);
- Введение в механику сплошной среды (Л. И. Седов, 1955–1956);

- Магнитная гидродинамика (А. Г. Куликовский 1959–1960);
- Механика грунтов (С. С. Григорян, 1961–1962);
- Разрывные решения в механике сплошной среды (А. Г. Куликовский, 1969–1970);
- Вопросы устойчивости течений сплошной среды (А. Г. Куликовский, 1971–1972);
- Электродинамика и гидродинамика поляризующихся и намагничивающихся сред (В. В. Гогосов, 1972–1973);
- Введение в биологическую механику (С. А. Регирер, 1975–1976);
- Основы механики с точки зрения общей теории относительности (Л. И. Седов, 1975–1976).

В последние годы преподавателями кафедры читались новые специальные курсы: В. П. Карликовым — «Анализ размерностей и моделирование», «Проблемы кавитации», «Методические основы проведения гидродинамических экспериментов»; Н. Р. Сибгатуллиным — «Методы гамильтоновой механики в теории нелинейных волн», «Введение в теорию солитонов», «Введение в теорию газовых лазеров»; А. Г. Куликовским — «Математические методы изучения одномерных движений», «Устойчивость течений и поверхностей раздела», «Течения сплошных сред при наличии поверхностей разрыва»; В. А. Левиным — «Распространение взрывных и детонационных волн в газах»; И. С. Шикиным — «Основы специальной теории относительности»; А. В. Аксеновым — «Групповой анализ дифференциальных уравнений с приложениями к механике сплошной среды»; Г. Я. Галиным — «Основы теории ударных волн», «Устойчивость ударных волн», «Основы теории фильтрации»; А. Н. Голубятниковым — «Неравенства в газовой динамике», «Динамика гравитирующего газа», «Механика ориентируемых жидкостей»; В. А. Налетовой — «Феррогидродинамика»; Е. И. Свешниковой — «Нелинейные упругие волны», «Волны на воде»; М. Э. Эглит — «Гидравлика открытых потоков», «Гидравлика». В течение ряда лет на факультете повышения квалификации Г. Я. Галин читал специальный курс «Некоторые вопросы газовой динамики» (1973–1982, 1989), а также руководил научной работой слушателей ФПК и стажеров.

С 60-х гг. на кафедре функционирует созданный В. П. Карликовым уникальный студенческий практикум, в основе многих задач которого лежит использование анализа размерностей с целью физического моделирования явлений или определения вида зависимостей искомых характеристик от определяющих параметров.

На базе многолетней практики преподавания механики сплошной среды преподавателями кафедры созданы новые учебные пособия, содержащие много оригинального материала, который используется при подготовке основных и различных специальных курсов и проведении семинарских занятий. Это задачник (Галин Г. Я., Голубятников А. Н., Каменярж Я. А., Куликовский А. Г., Петров А. Г., Розанцева В. В., Свешникова Е. И., Шикина И. С., Эглит М. Э.

Сборник задач по механике сплошной среды / Под ред. М. Э. Эглит. М.: Изд-во МГУ. Ч. 1, 1991; Ч. 2, 1992) и учебники (*Галин Г. Я., Голубятников А. Н., Каменярж Я. А., Карликов В. П., Куликовский А. Г., Петров А. Г., Свешникова Е. И., Шикина И. С., Эглит М. Э.* Механика сплошных сред в задачах / Под ред. М. Э. Эглит. Т. 1: Теория и задачи. Т. 2: Ответы и решения. М.: Изд-во «Московский Лицей», 1996; *Eglit M. E., Golubiatnikov A. N., Kamenjarzh J. A., Karlikov V. P., Kulikovskiy A. G., Petrov A. G., Shikina I. S., Sveshnikova E. I.* Continuum mechanics via problems and exercises // Edited by M. E. Eglit and D. H. Hodges. Part 1: Basic Theory and Problems. Part 2: Solutions. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific Publishing Co., 1996). Последнее издание рассчитано на студентов, аспирантов и научных работников зарубежных вузов.

## Научная работа

Коллектив сотрудников кафедры гидромеханики всегда вел большую научную работу, связанную как с развитием новых теоретических направлений в механике сплошной среды, так и с решением ряда важных прикладных научно-технических задач.

Всегда имела место тесная связь кафедры с ЦАГИ, в котором в свое время работали С. А. Чаплыгин, А. И. Некрасов, Л. С. Лейбензон, Л. Н. Сретенский, Л. И. Седов, и с Институтом механики МГУ. Уже в 1922–1932 гг. в НИИ математики и механики МГУ велись теоретические и экспериментальные работы по теории вихрей, внутренней баллистике, движению газов и жидкостей в пористых средах, движению крыла в несжимаемой и сжимаемой жидкости, по гидродинамике судна.

В последующие годы на кафедре гидромеханики развивалась также теория пограничного слоя, теория волн на поверхности тяжелой жидкости, теория неустановившихся течений, теория глиссирования, теория движения вязкой жидкости, теория фильтрации, теория плоских течений жидкости и газа. Позднее большое внимание уделялось вопросам газовой динамики. Исследовались явления взрыва, течения со сверхзвуковой скоростью с учетом химических и фазовых превращений, взаимодействие пограничного слоя со скачками уплотнения, развивалась магнитная гидродинамика и динамика плазмы.

Важное место в работе кафедры всегда занимала общая теория построения и исследования моделей сплошной среды. С 70-х гг. на кафедре под руководством академика Л. И. Седова выполнялась основная тема научных исследований «Построение новых моделей сплошных сред, постановка и решение актуальных задач», в рамках которой плодотворно развивались следующие научные направления: общие принципы построения моделей сплошной среды на основе базисного вариационного уравнения механики сплошной среды, вопросы симметрии в механике, гидродинамика скоростного движения в

воде, электрогидродинамика, построение моделей поляризующихся и намагничивающихся сред, исследования стационарных и нестационарных течений сред с произвольным, в рамках термодинамических ограничений, уравнением состояния, методы исследования разрывных решений и течений с фазовыми переходами, общие вопросы устойчивости течения жидкостей, газов и плазмы, приложения теории размерностей и подобия к физике и технике, теория распространения взрывных волн, нелинейная теория волн, теория смесей химически реагирующих компонент с учетом электромагнитных явлений и диссипации, создание моделей жидкостей с пузырьками и твердыми частицами, проблемы биологической механики, исследование турбулентных течений жидкости, в том числе при наличии полимерных добавок, изучение динамики релятивистского гравитирующего газа и гравитационных волн, движение газа в переменных звездах, общая теория инерциальной навигации с учетом релятивистских эффектов, разработка вариационно-асимптотических методов и методов осреднения в механике сплошных сред, построение динамических моделей теории упругости, изучение динамики снежных лавин и др.

Академик Л. И. Седов всегда энергично способствовал развитию новых актуальных направлений в науке и концентрации научных сил для решения перспективных проблем. Он являлся, например, инициатором исследований по магнитной гидродинамике, которая теперь получила свое законченное развитие и внедрена в различных областях прикладной механики. Многие из этих направлений интенсивно развиваются и в настоящее время.

Большое число полученных на кафедре научных результатов получили всеобщее признание и высокую оценку научной общественности.

За создание ставшей теперь классической монографии «Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики» Л. И. Седову в 1952 г. была присуждена Сталинская премия. За работу «Одновременное моделирование вязкостного и волнового сопротивления корабля в опытовом бассейне» Л. И. Седов совместно с О. П. Орловым и В. М. Пашиным был удостоен в 1998 г. премии им. А. Н. Крылова.

Длительное время сотрудниками Института механики МГУ под руководством академика Л. И. Седова и его учеников профессоров В. П. Карликова и Ю. Л. Якимова проводились исследования по изучению движения тел в воде с большими скоростями и созданию новых образцов морской техники. Профессором В. П. Карликовым с сотрудниками Института механики МГУ получено более 40 авторских свидетельств на изобретения и патентов.

За работы в области скоростной гидродинамики профессор В. П. Карликов удостоен в 1978 г. Государственной премии СССР. Цикл работ по экспериментально-теоретическому анализу нестационарных развитых кавитационных течений, выполненных профессором В. П. Карликовым с сотрудниками Института механики МГУ и ЦАГИ, отмечен в 1986 г. премией Н. Е. Жуковского.

За установление нового парадокса симметрии в гидродинамике струйных течений и его экспериментально-теоретический анализ профессору В. П. Карликову и О. В. Трушиной присуждена в 2000 г. премия им. М. В. Ломоносова

МГУ II степени. За достижения в науке В. П. Карликов удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1994) и награжден орденом «Знак Почета» (2002).

Под руководством академика Г. Г. Черного изучалась теория движения тел в газах с большими скоростями, теория детонации и горения. За эти работы Г. Г. Черный (дважды в 1972 г. и в 1978 г.) удостоен Государственной премии СССР. Работы академика Г. Г. Черного и доктора физико-математических наук В. А. Левина по асимптотическим методам в теории детонации были отмечены АН СССР премией С. А. Чаплыгина. Г. Г. Черный в 1960 г. за работы по аэродинамике течений с сильными ударными волнами удостоен золотой медали и премии Н. Е. Жуковского, а в 1965 г. за работы по теории крыла в гиперзвуковом потоке премии имени М. В. Ломоносова МГУ I степени.

Цикл работ по теории осреднения в механике неоднородных сплошных сред (М. Э. Эглит, Н. С. Бахвалов, Г. М. Кобельков) отмечен в 1998 г. премией им. М. В. Ломоносова МГУ I степени.

Руководителям, членам кафедры гидромеханики и ее выпускникам принадлежит много известных научных достижений. Ниже отмечены только некоторые из них, относящиеся к периоду до 1980 г. (даты поставлены по годам первых научных публикаций в соответствующих областях).

## Теория упругости и теоретическая механика

Разработана теория безбалочных покрытий (Л. С. Лейбензон, 1915).

Применены методы статической теории упругости и теории упругих волн к проблемам строения Земли (Л. С. Лейбензон, 1912).

Развиты вариационные методы решения задач в теории упругости (Л. С. Лейбензон, 1924).

Указаны вытекающие из второго начала термодинамики ограничения, которые должны выполняться на ударных волнах в упругих и пластических средах (Г. Я. Галин, 1955).

Впервые для сред с произвольной зависимостью напряжений от деформаций и температуры решена динамическая задача о распространении возмущений с плоскими волнами. Показано, что для таких сред в ряде случаев имеется не единственное решение, удовлетворяющее всем условиям задачи, и для отбора решения необходимо выставлять дополнительные требования (Г. Я. Галин, 1958).

## Исследование идеальной несжимаемой жидкости

Дано доказательство существования и изучены периодические установившиеся волны конечной амплитуды на поверхности жидкости бесконечной и конечной глубины (А. И. Некрасов, 1921, 1928).

Решена задача о струйном обтекании криволинейных препятствий (А. И. Некрасов, 1922). Применены соображения теории размерностей к задаче Коши—Пуассона о волнах малой амплитуды и определен в явном виде класс решений автомодельной задачи о волнах малой амплитуды на поверхности тяжелой жидкости (Н. Е. Кочин, 1935; Л. И. Седов, 1948).

Развита теория волнового сопротивления тел, движущихся под поверхностью тяжелой жидкости (Л. Н. Сретенский, 1935–1936; Н. Е. Кочин, 1937).

Получено в конечном виде решение задачи о движении крыла круговой формы в плане в несжимаемой жидкости (Н. Е. Кочин, 1940).

Построена теория входа в воду метаемых твердых тел. Развита подходы и поставлена задача в теории рикошетирования по поверхности воды метаемых тел (Л. И. Седов, 1942).

Установлен асимптотический закон расширения струй при обтекании тел со срывом струй в осесимметрическом случае (М. И. Гуревич — докторант А. И. Некрасова, 1947).

Предложена кавитационная схема обтекания тела с возвратной струей (Д. А. Эфрос — аспирант Л. И. Седова, 1946).

Изучено изменение формы волны, выходящей на мелководье (Л. Н. Сретенский, 1950).

Создан алгоритм для решения в любом приближении задачи об определении трехмерных установившихся волн конечной амплитуды (Л. Н. Сретенский, 1952).

Интегрирование уравнений приливных волн в неоднородной жидкости сведено к случаю однослойной жидкости (Л. Н. Сретенский, 1935).

Установлены законы затухания вертикальных колебаний центра тяжести тел, плавающих на поверхности тяжелой жидкости (Л. Н. Сретенский, 1973).

Определены периоды симметричных колебаний двух слоев жидкости разной плотности, покрывающих вращающийся шар (Л. Н. Сретенский, 1949).

Решены задачи о распространении волн в тяжелой жидкости и в упругой подстилающей поверхности и задачи о неустановившемся распространении начальных возмущений на поверхности вращающейся тяжелой жидкости при наличии твердых препятствий (Л. Н. Сретенский, 1952, 1961).

Предложен новый способ организации развитых кавитационных течений при движении в воде путем выпуска струи вперед (Л. И. Седов, 1972), экспериментально подтвержденный и исследованный в Институте механики МГУ (В. П. Карликов, А. Н. Хомяков, Г. И. Шоломович, 1974).

## Изучение движения вязкой жидкости

Создана основа гидродинамической теории фильтрации и газированных жидкостей в пористых средах (Л. С. Лейбензон, 1934).

Исследована задача Коши — Пуассона о волнах малой амплитуды на поверхности тяжелой вязкой жидкости (Л. Н. Сретенский, 1941).

Обнаружено осесимметричное точное решение полных нелинейных уравнений движения вязкой жидкости в случае импульсного источника (Н. А. Слезкин, 1934). Позднее (в 1935 г.) один из частных случаев этого решения получен Л. Д. Ландау, который интерпретировал его как случай затопленной струи.

Дано решение задачи о движении вязкой жидкости в конусе и между двумя конусами посредством интегрирования полных уравнений движения вязкой жидкости методом последовательных приближений с доказательством сходимости процесса (Н. А. Слезкин, 1935). Развита методика расчета течений в ламинарном пограничном слое (Л. С. Лейбензон, 1935, Н. Е. Кочин и Л. Г. Лойцянский, 1942).

Разработана теория и методы приближенного и точного решения многих новых задач о движении вязкой жидкости (Н. А. Слезкин): о неустановившемся движении цилиндра в вязкой жидкости (1940), о течении в начальном участке трубопровода (1946), о развитии течений вязкого теплопроводного газа в трубе (1959), о выдавливании вязкого вещества через щель в безграничной стенке (1966), о различных видах уравнений Рейнольдса для пространственных течений газовой смазки (1971).

Установлены и изучены асимптотические законы затухания изотропной турбулентности с учетом моментов третьего порядка. Дано подтверждение предпосылок этой теории путем сравнения выполненных расчетов с имеющимися экспериментальными данными (Л. И. Седов, 1944, А. И. Корнеев — аспирант Л. И. Седова, 1973).

Исследована задача о пограничном слое на движущейся поверхности (Г. Г. Черный, 1974).

Развита теоретическая основа динамической метеорологии, в частности, исследована методами теории пограничного слоя задача об общей циркуляции атмосферы (Н. Е. Кочин, 1935–1936).

Решена задача о сопротивлении трения и определении параметров турбулентного пограничного слоя при течении слабых полимерных растворов вдоль гладких и шероховатых поверхностей с учетом переменной концентрации, предельного градиента давления, деструкции молекул (Л. И. Седов, Н. Г. Васецкая, В. А. Иоселевич, В. Н. Пилипенко, 1973, 1974).

Создана схема расчета турбулентного теплообмена в потоках слабых полимерных растворов (Л. И. Седов, В. А. Иоселевич, В. Н. Пилипенко, 1977).

## Газовая динамика

Сделано обобщение теорий С. А. Чаплыгина на случай произвольной зависимости давления от плотности, изучены специальные законы зависимости



давления от плотности, близкие к адиабатическим и позволяющие находить в эффективном виде общее решение при установившихся плоскопараллельных движениях газа как для дозвуковых, так и для сверхзвуковых потоков (Л. И. Седов, Ю. В. Руднев, 1949, Г. А. Домбровский, 1952). (Ю. В. Руднев и Г. А. Домбровский — докторанты Л. И. Седова в МГУ.)

Метод особых точек С. А. Чаплыгина распространен на струйное обтекание криволинейной дуги и плавное обтекание газом криволинейного контура (Н. А. Слезкин, 1935).

Построено решение задачи о непрерывном обтекании изолированных профилей и решетки профилей без циркуляции и с циркуляцией «газом С. А. Чаплыгина» (Н. А. Слезкин, 1935, Л. Н. Сретенский, 1945, Л. И. Седов, 1947).

Создана общая теория сил, действующих на решетку профилей. Обобщена теорема Н. Е. Жуковского (Л. И. Седов, 1948).

Выполнена линеаризация уравнений газовой динамики с помощью преобразования Лежандра и решены задачи об обтекании газом круглого цилиндра (А. И. Некрасов, 1944).

Разработана общая теория и изучены частные случаи установившихся адиабатических вихревых движений газа (И. А. Кибель, 1937, Ф. И. Франкль, 1947, Л. И. Седов, 1947, М. П. Михайлова — аспирантка Л. И. Седова, 1954).

Решена пространственная задача о движении тонкого крыла со сверхзвуковой скоростью с учетом концевых эффектов. Исследована общая задача о неустановившихся движениях тонкого крыла в сжимаемой жидкости (Е. А. Красильщикова — аспирантка Л. И. Седова, 1946, 1947, 1954).

Развиты методы анализа размерностей и подобия и внедрены в теорию интегрирования уравнений с частными производными. Создана общая теория автомоделных движений (Л. И. Седов, 1944, 1945).

Построена теория и решены конкретные задачи об одномерных неустановившихся движениях газа (Л. И. Седов, 1945, 1946, Н. Л. Крашеникова, 1945, С. С. Григорян, 1958 и другие ученики Л. И. Седова).

Дано точное решение задачи о сильном взрыве. Успешное решение этой задачи было обеспечено получением конечного интеграла системы уравнений на основании соображений теории подобия и размерности. Решение нашло широкое применение в расчетах действия ядерного взрыва (Л. И. Седов, 1945).

Установлены алгебраические интегралы системы уравнений автомоделных одномерных неустановившихся адиабатических движений совершенного газа с учетом ньютоновского тяготения (Л. И. Седов, 1946, М. Л. Лидов — аспирант Л. И. Седова, 1955).

Сделана оценка влияния излучения на законы распространения ударных волн (В. А. Прокофьев — аспирант Л. И. Седова, 1950).

Теоретически исследована линейная задача о точечном взрыве в газе с учетом противодействия (Н. С. Бурнова-Мельникова — аспирантка Л. И. Седова, 1953).

Поставлена и решена впервые в аналитической точной постановке линейная задача о сильном взрыве в неоднородной атмосфере (В. П. Карликов — аспирант Л. И. Седова, 1955, 1959).

Установлены теоретические формулы для звездных закономерностей «светимость—масса» и «радиус—масса» в случае переменного молекулярного веса внутри звезды (Л. И. Седов, 1954).

Решена задача о сферической детонации в среде с переменной начальной плотностью с приложением к проблеме звездных вспышек: установлены зависимости от законов падения плотности звезды по ее радиусу эффектов повышения скорости детонации и образования пустоты вблизи центра звезды (Л. И. Седов, И. М. Яворская — аспирантка Л. И. Седова, 1956).

Исследован динамический взрыв равновесия газовых масс звезды (Л. И. Седов, 1957).

Установлено общее решение уравнений одномерных неустановившихся движений газа и уточнение закона затухания ударных волн (Ю. Л. Якимов, Г. М. Шефтер — дипломники Л. И. Седова, 1957).

Изучены особенности аналитических решений уравнений адиабатического движения газа вблизи центра симметрии и ударной волны (Л. И. Седов, 1952).

Видоизменен метод С. А. Чаплыгина для решения задач о дозвуковых струях с разными скоростями в далеких точках струи и внутри сосуда (Л. Н. Сretenский, 1959).

Решена задача о распаде произвольного разрыва в инертном газе (Н. Е. Кочин, 1926) и задача о распаде произвольного разрыва в горючей смеси газов (Г. М. Бам-Зеликович — ученик Л. И. Седова, 1949).

Развита теория закрученных течений сжимаемого газа в осесимметричных каналах применительно к определению наиболее выгоднейших режимов работы ступеней компрессоров и турбин (Г. Г. Черный, 1950).

Исследовано сверхзвуковое обтекание тел со скачками уплотнения с учетом вязкости и теплопроводности газа (Л. И. Седов, Г. Г. Черный, М. П. Михайлова, 1953).

Создана теория сверхзвуковых неустановившихся течений газа со скачками уплотнения в каналах с проницаемыми стенками (Г. Г. Черный, 1953).

Развита общая теория отрыва ламинарного и турбулентного пограничных слоев от обтекаемой поверхности и создание способов расчета точки отрыва как при дозвуковых, так и при сверхзвуковых скоростях (Г. М. Бам-Зеликович, 1954).

Предложена теоретическая модель взаимодействия скачка уплотнения с пограничным слоем (Г. Г. Черный, 1952).

Создан и использован при решении задач о течении за интенсивной ударной волной эффективный метод разложения решения в ряды по степеням отношения плотности газа перед волной к характерному значению плотности за ней (Г. Г. Черный, 1956).

Построена теория и решены задачи обтекания слабозатупленных тел потоком газа с большими сверхзвуковыми скоростями (Г. Г. Черный, 1957, 1958).

Построен ряд точных решений уравнений одномерных автомодельных неустановившихся движений газа, движений с однородной деформацией, с ударными и детонационными волнами (И. С. Шикин, 1957–1958).

Проведен цикл исследований по релятивистской гидродинамике и релятивистской магнитной гидродинамике в специальной теории относительности (И. С. Шикин, 1962–1964). Указана аналогия между стационарными течениями релятивистского газа и течениями некоторого вспомогательного газа в рамках ньютоновской механики (1962). Впервые введен для анализа однородных анизотропных космологических моделей метод многомерного качественного анализа дифференциальных уравнений (1968).

Получен ряд новых результатов в теории ударных волн для сред с произвольным, в рамках термодинамических ограничений, уравнением состояния. Описаны возможные качественные особенности ударных адиабат, в том числе для сред, имеющих область состояний с невыпуклыми изоэнтропами. Рассмотрена задача о структуре ударных волн; указан класс сред и условия, при которых решение задачи не существует (Г. Я. Галин, 1958–1959).

Создана теория ионизирующих ударных волн (А. Г. Куликовский и Г. А. Любимов, 1959, А. А. Бармин, 1968).

Решена задача о распаде произвольного разрыва в магнитной гидродинамике (В. В. Гогосов, 1961).

Исследована задача о поршне в магнитной гидродинамике (А. А. Бармин — аспирант Л. И. Седова, В. В. Гогосов, 1960).

В классе осесимметричных неустановившихся адиабатических движений совершенного газа найдено общего вида решение газодинамических уравнений, в котором искомые характеристики допускают представление в виде степенных рядов по положительным степеням линейной координаты (В. П. Карликов, 1960).

Проведены исследования фронтов ионизации и рекомбинации в магнитной гидродинамике. Изучен новый тип разрывов. С помощью исследования их структуры доказана необходимость использования дополнительных соотношений, число которых различно для различных типов разрывов и определяется условиями эволюционности. Исследована задача о поршне. При наличии фронтов ионизации показана необходимость для построения решения использования всех типов разрывов, имеющих структуру; при наличии фронтов рекомбинации обнаружены случаи несуществования автомодельного решения (А. Г. Куликовский, 1959–1967).

Открыты асимптотические законы поведения пересжатых детонационных волн (В. А. Левин, Г. Г. Черный, 1967).

Изучено стационарное обтекание тел с образованием детонационных волн (Г. Г. Черный, 1963).

Исследовано инициирование детонации в горючей смеси газов с помощью взрыва (В. А. Левин, В. П. Коробейников, 1967).

Изучена устойчивость детонационных волн и дано теоретическое обоснование возникновения колебательных режимов обтекания тел горючей смесью газов (В. А. Левин, 1968).

Поставлены и решены новые задачи о взаимодействии электромагнитного поля с сильными ударными волнами и в их числе задача о сильном точечном взрыве в бесконечнопроводящей среде при наличии слабого магнитного поля (В. П. Карликов, В. П. Коробейников, 1960, 1962, 1964, 1966).

Проведен качественный анализ и расчет сверхзвуковых и гиперзвуковых обтеканий крыльев при больших углах атаки (Г. Г. Черный, 1969).

Разработан ряд приближенных методов решения задач о взрыве в неоднородных средах (В. П. Карликов, В. П. Коробейников, 1963).

Установлен характер затухания малых начальных возмущений со временем в области, занятой комбинированной или обычной простой волной (Г. Я. Галин, 1975).

Исследована устойчивость образующегося при распаде начального разрыва течения, одна или обе границы которого являются ударными волнами. Получены критерии устойчивости в обычном и обобщенном смысле (Г. Я. Галин, А. Г. Куликовский, 1975–1981).

## Механика сплошной среды

Выведены кинетические уравнения химических реакций для неравновесных состояний, близких к равновесным (Л. И. Седов, 1948). Введены производные от тензоров относительно разных систем отсчета и установление соотношений между ними (Л. И. Седов, 1960).

В уравнения энергии и притока тепла включен приток энергии нетепловой и немеханической природы как для обратимых, так и для необратимых процессов (Л. И. Седов, 1962).

Установлена структура нелинейных тензорных функций от нескольких тензорных аргументов, инвариантных относительно точечных и непрерывных групп преобразований (Л. И. Седов, В. В. Лохин, 1963).

Сформулировано базисное вариационное уравнение, примененное к построению новых моделей сплошной среды с внутренними степенями свободы (Л. И. Седов, 1965).

Построены при помощи базисного вариационного уравнения модели континуальной теории дислокаций (Л. И. Седов, В. Л. Бердичевский, 1967), модели сред с учетом поляризации и намагничивания (Л. Т. Черный — аспирант Л. И. Седова, А. Г. Цыпкин, 1974), модели жидкости с частицами (В. Л. Бердичевский, 1973), модели многокомпонентных сред (А. А. Штейн — аспирант, Нгуен Ван Дьеп — докторант Л. И. Седова, 1974), моделей пластических тел (Я. А. Каменярж, 1974).

Дано доказательство того, что полная (эволюционная) система граничных условий на поверхностях разрыва параметров течения сплошной среды в общем случае может быть найдена из рассмотрения структуры этого разрыва (А. Г. Куликовский, 1968).

Исследованы простые волны в задаче о распаде произвольного разрыва в упругоидеальнопластической среде (Я. А. Каменярж, 1972).

Установлены эффективные условия применимости кинематического метода расчета коэффициента запаса нагрузки (Я. А. Каменярж, 1979).

Изучено взаимодействие электромагнитного поля и ускоренно движущегося континуума с учетом конечности деформаций (Л. И. Седов, 1965).

Построена в рамках общей теории относительности теория сильных разрывов в гравитационном поле и в среде (Л. И. Седов, 1965).

Решена в рамках общей теории относительности задача об инерциальной навигации с учетом релятивистских эффектов (Л. И. Седов, 1975).

Создана естественная динамическая теория сплошных сред и полей в сопутствующих системах отсчета с последующим кинематическим навигационным пересчетом результатов для произвольно заданных наблюдателей (Л. И. Седов, 1977). Выполнен анализ динамических свойств риманова четырехмерного пространства-времени и дано инвариантное определение энергии гравитационного поля в вакууме (1978).

Исследованы различные вопросы, связанные с уравнениями Больцмана (Н. А. Слезкин): расширены кинетические уравнения Больцмана и уравнения гидродинамики (1975); выписано уравнение Фоккера—Планка для броуновского движения вращающихся молекул (1976); найдено фундаментальное решение уравнений Фоккера—Планка (1978).

Установлена асимптотика поведения собственных частот и собственных функций в механике сплошной среды (выявлен эффект глобальной неустойчивости) (А. Г. Куликовский, 1965).

Исследованы течения плазмы в каналах (А. А. Бармин, 1975).

Развиты методы релятивистской гидродинамики для изучения неоднородных космологических моделей с ударными волнами и магнитным полем (Н. Р. Сибгатуллин, 1969 г. (специальная теория относительности), 1970 г. (с магнитным полем), 1977 г. (общая теория относительности)).

Показана эквивалентность систем уравнений нелинейной теории упругости и магнитной гидродинамики в одномерном нестационарном случае. Изучены резонансные нелинейные вынужденные колебания упругого слоя и МГД-слоя с ударными волнами и слабыми разрывами для слабосжимаемых сред, когда возникают уравнения с кубической нелинейностью (Н. Р. Сибгатуллин, 1972). Исследованы резонансные колебания МГД-слоя в случае близости звуковой и альфеновской скоростей (1976).

Обнаружена и описана конвективная неустойчивость пульсирующих газовых шаров в собственном гравитационном поле (Н. Р. Сибгатуллин, 1976).

Выявлены релятивистские эффекты в специальной теории относительности при распространении магнитогидродинамических волн (И. С. Шикин, В. В. Гогосов, 1964).

Разработан асимптотический метод исследования вариационного уравнения. Этим методом построены уточненная нелинейная и линейная теория пластин, оболочек и стержней и осредненных уравнений для сред с периодической микроструктурой (В. Л. Бердичевский, 1976).

Предложены энергетические методы оценки скорости затухания решений эллиптических уравнений и дана формулировка принципа Сен-Венана в теории оболочек (В. Л. Бердичевский, 1976).

Построена теория релятивистской кинематической симметрии, основанная на полной классификация подгрупп группы Лоренца, их тензорных и спинорных инвариантов.

Получено точное решение задачи о движении релятивистского источника энергии-импульса в газе с образованием сильной ударной волны. Разработан обратный метод для построения точных решений в задаче о сильном взрыве конечного коллапсирующего тела с учетом эффектов теории относительности и детонации (А. Н. Голубятников, 1969, 1975, 1976).

Развит метод интегральных неравенств в задачах газовой динамики для двусторонних оценок движения ударных волн (А. Н. Голубятников, 1977).

Построена теория материальной симметрии жидких кристаллов, дана полная классификация подгрупп унимодулярной группы и их тензорных инвариантов (А. Н. Голубятников, 1978).

Внедрены методы механики сплошной среды в динамику снежных лавин, обвалов и других природных явлений (С. С. Григорян, М. Э. Эглит, И. Е. Шурова, Ю. Л. Якимов, 1967, Е. И. Свешникова, 1974, А. Г. Куликовский, 1970).

Выведены уравнения, описывающие движение поляризующихся и намагничивающихся сред (В. В. Гогосов, В. А. Налетова и Г. А. Шапошникова, 1975).

В 80-е и 90-е годы сфера научных интересов сотрудников кафедры продолжала расширяться, накапливая новые теоретические и экспериментальные достижения, во многих случаях тесно связанные с различными прикладными задачами.

Далее представлен краткий обзор результатов исследований основных сотрудников кафедры и штатных совместителей за этот период.

Вышла в свет монография академика Л. И. Седова «Размышления о науке и об ученых» (1980), в которой обсуждаются вопросы развития и организации науки, рассматриваются проблемы, связанные с освоением космического пространства, методология и общие вопросы построения новых моделей механики сплошных сред, ряд важных частных проблем гидродинамики, а также вопросы этики ученого.

Публикацией монографии Л. И. Седова и А. Г. Цыпкина «Основы макроскопических теорий гравитации и электромагнетизма» (1989) завершен этап

развития общей теории построения моделей сплошных сред и воздействующих полей, основанной на использовании базисного вариационного уравнения, получаемого с помощью первого и второго законов термодинамики. К этому циклу работ относится и монография В. Л. Бердичевского «Вариационные принципы механики сплошной среды» (1983), в которой систематически изложены вариационные принципы механики жидкости и газа и механики твердого деформируемого тела. Рассмотрены приложения к проблеме осреднения периодических и случайных микронеоднородных сред, к построению теории упругих оболочек и стержней, теории дисперсных смесей.

Л. И. Седовым на основе развития релятивистской теории точки переменной массы выдвинута фундаментальная идея производства безмассовых элементарных частиц, обладающих энергией-импульсом, и указан новый механизм светимости квазаров, связанный с проявлением подобных эффектов на границах континуумов (1985).

А. Н. Голубятниковым построен класс точных решений уравнений релятивистской газовой динамики, описывающий указанный кумуляционный эффект (1987).

Л. И. Седовым предложена новая релятивистская теории гравитации, основанная на понятии потенциальной энергии (1994).

Монография члена-корреспондента АН СССР, профессора Л. Н. Сретенского «Динамическая теория приливов» (1987), вышедшая посмертно, содержит оригинальные результаты по теории приливов и распространению неустановившихся волн, связанных с явлением цунами, а также по учету возбуждения упругих волн в среде, граничащей с бассейном, по которому распространяются приливные волны. Многие из них связаны с приложениями к ряду актуальных геофизических проблем.

Профессором Н. А. Слезкиным предложены гидродинамические модели тайфуна, вихревого отсоса воды с поверхности океана и вихревого возмущения цунами, построенные с учетом вращения Земли (1987). Н. А. Слезкиным и Н. Р. Сибгатуллиным разработана имеющая практическое значение тема «Теория аэростатических опор», по результатам которой опубликована монография: Н. Р. Сибгатуллин, Н. А. Слезкин, Э. А. Сорокин. «Платформы на воздушной подушке» (1988).

Профессором Я. А. Каменяржем в случае неоднородных тел выведены условия на поверхности разрыва в жесткопластическом материале и получены формулы для оценки коэффициента запаса нагрузки с помощью разрывных полей скорости (1986). Им опубликована монография «Предельный анализ пластических тел и конструкций» (1997), содержащая систематическое изложение современного состояния вопроса и оригинальные результаты по исследованию значений предельной нагрузки, допускаемой телом, в рамках теорий пластического разрушения и приспособляемости.

Профессор В. П. Карликов с сотрудниками Института механики МГУ предложил новый возможный способ снижения волнового сопротивления

судна, разработал методику учета влияния стенок гидротрубы при исследовании развитых кавитационных течений. Выполнил фундаментальное исследование широкого класса развитых стационарных и нестационарных кавитационных течений, выявил в результате новые физические эффекты и закономерности и развил методы их практического использования, в частности, для создания новых образцов морской техники. Установил возможность существенной интенсификации тепломассобменных процессов в жидкости с помощью нестационарной развитой кавитации. Исследовал важные для практики особенности силового взаимодействия тел с потоком при истечении из них поперечных струй. Обнаружил новый парадокс симметрии в гидродинамических струйных течениях — наличие автоколебательных режимов истечения из-под свободной поверхности плоских затопленных струй весомой жидкости, выполнил обширные экспериментальные исследования этого класса течений, построил приближенное решение сложной нестационарной задачи о периоде автоколебаний плоских затопленных фонтанов, которое находится в хорошем соответствии с результатами экспериментов. Исследовал впервые автоколебательные режимы поведения и обтекания в цилиндрических трубах и плоских каналах плохообтекаемых свободных тел при очень больших загромождениях ими потока. Предложил и исследовал новые схемы замыкания развитых кавитационных полостей. Разработал ряд уникальных методик экспериментальных исследований в области гидродинамики скоростного движения и, в их числе, эффективный способ визуализации и измерения поля скоростей течений капельной жидкости с помощью кавитационных зондов, внедренный в ряде ведущих отраслевых институтов (ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского, ЦНИИ им. А. Н. Крылова и др.).

Профессор Н. Р. Сибгатуллин поставил и решил задачу о стационарных и автоколебательных режимах работы малорасходных устройств на воздушной подушке, а также задачу об устойчивости стационарного режима. Получил нелинейное эволюционное уравнение для поверхностных волн с околоскритическим волновым числом. Изучил двумерную устойчивость тангенциального разрыва с учетом сжимаемости и диспергируемости среды. Построил модель жидких пленок с двумя свободными границами, когда величина прогиба много больше толщины пленки. Вывел интегральное уравнение для стационарных осесимметричных электровакуумных полей и разработал метод получения его точных и приближенных решений. Доказал интегрируемость системы уравнений Эйнштейна—Максвелла—Вейля для нейтринного электровакуума и исследовал автомодельные космологические модели с ударными волнами и слабыми разрывами. Построил точные решения, описывающие внешние поля быстровращающихся нейтронных звезд. Изучил эволюцию равновесных форм нейтронных звезд под действием дисковой аккреции. Для волн на поверхности воды с упругой крышкой (модель льда на поверхности океана) обнаружил явление 3-волнового резонансного взаимодействия. Н. Р. Сибгатуллиным опубликованы монографии «Колебания и волны в сильных



гравитационных и электромагнитных полях» (1984) и «Oscillations and waves in strong gravitational and electromagnetic fields» (1991).

Профессор А. А. Бармин получил основополагающие результаты в теории разрывных решений с учетом процессов ионизации и рекомбинации на ударном фронте. Теоретические результаты применены к исследованиям природных явлений, таких как взаимодействие возмущений солнечного ветра с головной ударной волной Земли и волнами в окрестности гелиопаузы. Исследовал течения плазмы в каналах, ударное сжатие магнитного поля в кристаллах и ударное разрушение сверхпроводимости магнитным полем. Создал новую нестационарную модель вулканического извержения в случае газонасыщенных магм, позволившую объяснить ряд наблюдаемых явлений и используемую в настоящее время в вулканологических исследованиях.

Профессор В. В. Гогосов разработал методы построения моделей поляризующихся и намагничивающихся многокомпонентных и многофазных сред. Решил задачи о структуре ударных волн в электрогидродинамике, в многокомпонентных и дисперсных средах. Развил методы определения констант электрохимических реакций и коэффициентов подвижностей ионов из анализа вольт-амперных характеристик. Разработал электрогидродинамическую теорию поверхностных явлений. Изучил явления электризации слабопроводящих жидкостей, текущих по металлическим трубам. Провел исследования по управлению барботажем и седиментацией в магнитных жидкостях. Изучил резонансные явления, возникающие при колебаниях магнитных жидкостей в капиллярах. Предложил новые методы исследования физико-химических свойств магнитных жидкостей по распространению в них ультразвука. Развил новое научное направление по использованию магнитной жидкости в качестве закалочной среды для получения неоднородных по твердости структур с помощью магнитного поля. Выполнил цикл работ по изучению теплопереноса в магнитных жидкостях. Изучил влияние структуры магнитного поля на гидродинамику процессов разделения сред по плотности в сепараторах на магнитных жидкостях и предложил новые методы извлечения золота и платины из рассыпных гравитационных концентратов.

Член-корреспондент РАН, профессор А. Г. Куликовский выполнил обширные исследования распространения и структуры разрывов в магнитной гидродинамике и нелинейной теории упругости. Показал необходимость использования дополнительных соотношений, связанных с условиями эволюционности и свойствами структуры разрыва. Нашел асимптотическую форму условий устойчивости однородных течений в протяженных областях. Дал обобщение этого результата на случай неоднородных течений при наличии внутренних точек, где выставляются граничные условия. Исследовал развитие возмущений и указал условия абсолютной неустойчивости на поверхности тангенциального разрыва как при наличии поверхностного натяжения, так и на фоне размазанного разрыва. Изучил класс одномерных задач о распространении нелинейных волн в упругих средах. Теоретически обнаружил, что если в

структуре разрывов большую роль играет дисперсия, то это приводит к сложному строению множества допустимых разрывов. Показал, что при этом на ударной адиабате имеется большое количество маленьких отрезков и отдельных точек, соответствующих допустимым разрывам, и решения задач становятся неединственными. Поведение разрывов такого типа существует при распространении волн в стержнях, нелинейных электромагнитных волн в магнетиках и волн в композитах. Опубликованы монографии (*Kulikovskii A. G., Sveshnikova E. I. Nonlinear elastic waves, 1996; Куликовский А. Г., Свешникова Е. И. Нелинейные волны в упругих средах, 1998*).

Член-корреспондент РАН, профессор В. А. Левин провел цикл исследований по возникновению и распространению взрывных и детонационных волн в горючей смеси газов вплоть до перехода в режим Чепмена—Жуге. Обосновал существование критической величины энергии взрыва, начиная с которой происходит инициирование детонации. Указал на существование многофронтных режимов детонационного горения в газовзвесах. Результаты этих исследований используются в ряде отраслевых организаций при проектировании и разработке образцов новой техники. Исследовал течения в сверхзвуковых соплах газодинамических лазеров (ГДЛ) и определил оптимальные профили сопел и начальные параметры состава рабочей смеси газов. Предложил новый перспективный тип импульсного ГДЛ и провел теоретический анализ режимов его работы. Обнаружил новый класс аэродинамических форм головных частей летательных аппаратов с существенно меньшим волновым сопротивлением по сравнению с осесимметричными и обладающих большим объемом и аэродинамическим качеством. Исследовал цикл задач о форме зондов, движущихся в атмосфере Юпитера, с минимальным лучистым притоком энергии. Указал качественно новый эффект стабилизации затупленных конусов при помощи вдува газа с их носовой части. Предложил новый способ снижения сопротивления тел, летящих со сверхзвуковой скоростью, при помощи подвода тепла перед ними. При исследовании взаимодействия быстро летящего затупленного тела с тепловой неоднородностью обнаружил и объяснил эффект кумуляции энергии на его поверхности, вызывающий резкое изменение аэродинамических нагрузок, что может приводить к разрушению летательного аппарата. В. И. Левиным опубликована монография «Сверхзвуковое обтекание тел с интенсивным вдувом» (совм. с И. И. Вигдоровичем, 1983).

Профессор И. С. Шикин в рамках магнитной гидродинамики разреженной плазмы в сильном магнитном поле получил в магнитогидродинамическом описании общие выражения для тензора напряжений с учетом конечного ларморовского радиуса ионов (магнитной гировязкости). Выполнил несколько работ по релятивистской космологии в рамках общей теории относительности. Указал для космологических моделей с движущейся материей необходимость учета газодинамических эффектов, связанных с наличием горизонта, дозвуковой и сверхзвуковой областей. Показал, что аналогами однородных анизотропных моделей общей теории относительности в ньютоновской

космологии являются движения с однородной деформацией. В рамках ньютоновской и релятивистской газодинамики с центральной притягивающей массой рассмотрел динамику истечения типа солнечного и звездного ветра.

Профессор А. Н. Голубятников, используя асимптотический метод тонкого ударного слоя, дал решение задачи о сильном релятивистском взрыве, особенностью которого является появление вторичных ударных волн. Решил задачу о центральном взрыве вращающейся звезды. Построил решение задачи о гравитационном захвате газа. Исследовал ряд оптимальных задач о распространении ударных волн в дискретных и непрерывных системах, в частности связанных с кумуляцией энергии-импульса. Провел исследования по оптимизации ускорения тел в экспериментальных легкогазовых баллистических установках. Развил теорию поверхностного натяжения магнитных жидкостей, согласованную с экспериментом. Исследовал вопросы устойчивости сплошных сред при наличии четырехпараметрических групп материальной симметрии, связанных с классификацией анизотропных жидкостей. С учетом анизотропной структуры поверхностного натяжения нематического жидкого кристалла численно решил задачу о форме взвешенной капли.

Доцент Г. Я. Галин исследовал возможные типы сильных и слабых разрывов, которые могут возникать в средах с общими термодинамическими свойствами, допускающими возможность фазовых превращений. Для таких сред им разработана методика, позволяющая исследовать (в рамках одномерной постановки задачи) возможные стационарные режимы течения в сопле Лаваля. Для газов с выпуклыми изоэнтропами построил решение задачи и установил качественные особенности течения, зависящие от свойств газа.

Профессор В. А. Налетова построила модели многофазных намагничивающихся жидкостей с учетом неравномерности намагниченности и броуновского движения и исследовала движение магнитных жидкостей во вращающихся полях. Изучила процессы гравитационной седиментации ферромагнитных частиц в магнитных жидкостях в присутствии магнитных полей. Исследовала влияние полидисперсности магнитной жидкости на ее физические и магнитные свойства. Предложила новый способ вычисления функции распределения частиц по размеру с использованием магнитных измерений. На основе модели полидисперсной магнитной жидкости дала объяснение аномальному увеличению вязкости магнитной жидкости, текущей в трубе, в присутствии магнитного поля различного направления. Решила ряд задач о вычислении сил, действующих на тела (в том числе и на магниты) в магнитной жидкости для различных зависимостей магнитной проницаемости от параметров жидкости и поля. Полученные аналитические формулы для сил используются для расчетов магнитожидкостных сепараторов и вибродатчиков. Исследовала влияние магнитного поля на растекание намагничивающейся жидкости по горизонтальному вращающемуся диску. Указала возможность возникновения разрывов толщины слоя при включении магнитного поля. Получила уравнение, описывающее движение этого разрыва в присутствии магнитного поля.

Доцент Е. И. Свешникова изучила влияние на процессы распространения ударных волн в нелинейных упругих телах малой анизотропии, которая всегда присуща реальным средам. Нашла и исследовала ударную адиабату, выделила на ней участки, удовлетворяющие условиям эволюционности и неубывания энтропии, рассмотрела структуру ударных волн. Построила решение автомодельных задач о поршне и о распаде произвольного начального разрыва.

Доцент И. С. Шикина в рамках линейной теории гидродинамической устойчивости изучила развитие первоначально локализованных возмущений для однородных сдвиговых течений несжимаемой жидкости. Исследовала асимптотику при больших временах двумерных и трехмерных возмущений тангенциального разрыва и свободной поверхности сдвига. Получила критерии абсолютной и конвективной неустойчивости этих течений. Исследовала влияние вязкости на устойчивость тангенциального разрыва. Рассмотрела поведение возмущений некоторых однородных течений на отрезке большой, но конечной длины. Изучила устойчивость некоторых слабонеоднородных течений. Показала, что слабонеоднородные течения без диссипации могут быть неустойчивы, даже если неустойчивость локально конвективна.

Профессор М. Э. Эглит на основе асимптотического подхода, использующего наличие малого параметра, представляющего собой отношение масштаба неоднородности среды к масштабу изучаемого процесса, построила ряд моделей механики микронеоднородных сред. Дала строгое обоснование и исследование эффективных уравнений, описывающих различные процессы в микронеоднородных средах, в частности процессы теплопроводности, распространения звука, деформирования и течения. Построила математические модели для расчета динамических параметров снежных лавин различных типов. Рассмотрела лавины из плотного снега, лавины из снежной пыли, а также лавины смешанного типа. Построила аналитические решения и получила аналитические формулы для динамических параметров лавин на длинных слабонеоднородных склонах. Провела расчеты конкретных лавин, а также расчеты для схематизированных лавинных очагов. Результаты использованы при выводе полуэмпирических формул для расчета динамических параметров лавин разных типов в различных геофизических регионах. М. Э. Эглит — автор монографии «Неустановившиеся движения в руслах и на склонах» (1986).

Доцент А. В. Аксенов выполнил исследование ряда динамических задач обтекания препятствий идеальной стратифицированной несжимаемой жидкостью. Решил задачу об установившейся ветровой циркуляции в модели двухслойного океана в области экватора, исследовал структуру внутренних волн в трехслойной жидкости со стратифицированным средним слоем, описал распространение фронта возмущений при нестационарном движении вихревой пары в стратифицированной жидкости. Провел групповой анализ серии уравнений механики сплошной среды и математической физики и предложил метод построения их фундаментальных решений. Нашел класс периодических по пространственной переменной точных решений системы уравнений газовой динамики.

Доцент А. Г. Калугин исследовал ряд вопросов моделирования ориентируемых жидкостей и анизотропного поверхностного натяжения. Решил задачи о влиянии анизотропии поверхностного натяжения на поверхностные волны в ориентируемой жидкости и нашел форму одной из ее равновесных конфигураций. Изучил вопрос о гиперболичности уравнений сплошной среды в зависимости от ее свойств симметрии.

Доцент С. Л. Толоконников получил решение новых задач о слабозмущенных струйных течениях несжимаемой жидкости. Выявил неизвестный ранее эффект нестационарного взаимодействия струй с жидкостью и твердыми телами. Обнаружил неединственность решения стационарной задачи о вихре в струе, текущей около стенки с изломом. Исследовал новые схемы замыкания развитых кавитационных полостей. Получил впервые решение задачи о кавитационном обтекании «жидких» цилиндров.

Доцент Н. Е. Леонтьев решил ряд новых оптимальных задач внутренней баллистики, связанных с ускорением тел в одно- и многоступенчатых газодинамических метательных установках. При различных ограничениях на начальные условия и краевые данные провел оптимизацию разгона тела в установках с деформируемой боковой границей. Предложил способ увеличения скорости метания с использованием вакуумированной области за телом.

Следует отметить также многочисленные имеющие фундаментальное значение результаты выпускников кафедры в области биологической механики. Открыто новое явление — наличие в крови большинства животных и человека специфических биополимеров, снижающих гидродинамическое сопротивление течению крови в системе кровообращения (С. С. Григорян). Создан новый класс моделей концентрированных суспензий и дано их применение в задачах реологии крови (С. А. Регирер, Н. Х. Шадрина, 1977–1985), разработаны модели гидродинамики микрососудов с учетом механики сосудистых мышц (С. А. Регирер, Н. Х. Шадрина, 1975–1999), построены кинетические модели клеточных популяций с учетом движения клеток и производства матрикса (С. А. Регирер, 1994–1999).

Изданы монографии (*Левтов В. А., Регирер С. А., Шадрина Н. Х.* Реология крови, 1982; *Регирер С. А.* Лекции по биологической механике. Ч. 1, 1980; *Chernyi G. G., Regirer S. A.* (eds) Contemporary Problems of Biomechanics, 1990; *Регирер С. А., Фирсов Н. Н.* Реология крови и микроциркуляция / Современные проблемы биомеханики. 1994. Вып. 9).

## Биографические сведения

**Аксенов Александр Васильевич** родился 7 января 1953 г. в Гомельской области. Доктор физико-математических наук (2005), доцент (1999).

Область научных интересов: теория волн в стратифицированных жидкостях, динамика неустойчивых сред, групповой анализ дифференциальных уравнений.

Решил задачу об установившейся ветровой циркуляции в модели двухслойного океана в области экватора. Провел исследование ряда динамических задач обтекания препятствий идеальной стратифицированной несжимаемой жидкостью. Исследовал структуру внутренних волн в трехслойной жидкости со стратифицированным средним слоем. Изучил особенности обтекания цилиндра стратифицированной жидкостью при малых значениях внутреннего числа Фруда. Описал распространение фронта возмущений при нестационарном движении вихревой пары в стратифицированной жидкости. Провел групповой анализ ряда уравнений математической физики и предложил метод построения их фундаментальных решений. Нашел группы симметрий уравнений, описывающих движение вращающейся идеальной жидкости в приближении бета-плоскости. Построил лоренц-инвариантные решения уравнения свободной релятивистской частицы. Получил инвариантные и фундаментальные решения уравнений одномерного движения абсолютно неустойчивых сред. Построил класс периодических по пространственной переменной точных решений системы уравнений газовой динамики.

Читает годовой спецкурс «Групповой анализ дифференциальных уравнений с приложениями к механике сплошной среды».

Опубликовано более 65 научных работ.

**Бармин Алексей Алексеевич** родился 29 декабря 1934 г. в Магнитогорске. Окончил механико-математический факультет МГУ (1958). Квалификация: механик. Доктор физико-математических наук (1978). Профессор (1992). Главный научный сотрудник Института механики МГУ (1989).

Действительный член РАЕН (1998). Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике (1982). Член Диссертационного совета по механике жидкости, газа и плазмы при МГУ (1985), член Экспертного совета Российского фонда фундаментальных исследований и Экспертного совета ВАК РФ. Член редколлегии журнала «Известия РАН. Механика жидкости и газа».

Лауреат премии им. С. А. Чаплыгина (АН СССР, 1961) и Государственной премии РФ по науке за 2004 г. Награжден 2 медалями им. П. Л. Капицы (РАЕН, 1997, 1998), медалью Петра I (Международная академия наук о природе и обществе, 1998) и орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Область научных интересов: магнитная гидродинамика, теория разрывных решений, их устойчивость, приложения гидромеханики к природным процессам.

Решил классические задачи магнитной гидродинамики — задачи о поршне и распаде произвольного разрыва. Получил основополагающие результаты в теории разрывных решений с учетом процессов ионизации и рекомбинации на ударном фронте. Теоретические результаты применены к исследованиям

природных явлений, таких как взаимодействие возмущений солнечного ветра с головной ударной волной Земли и волнами в окрестности гелиопаузы. Исследовал течения плазмы в каналах, ударное сжатие магнитного поля в кристаллах и ударное разрушение сверхпроводимости магнитным полем. Создал новую нестационарную модель вулканического извержения в случае газонасыщенных магм, позволившую объяснить ряд наблюдаемых явлений и используемую в настоящее время в вулканологических исследованиях. Разработал теорию фазовых переходов в геотермальных пластах. Руководит (совместно с А. Г. Куликовским и В. П. Карликовым) семинаром кафедры гидромеханики и отдела механики МИАН по механике сплошных сред.

Опубликовано более 140 научных работ. Подготовил 11 кандидатов наук. Четверо из них стали докторами физико-математических наук.

**Беляев Алексей Юрьевич** родился 19 января 1959 г. в Москве. Кандидат физико-математических наук (1987), доцент (2003).

Область научных интересов: усреднение гидродинамических процессов в случайно-неоднородных средах, оптимизация структуры композитов, нелинейный анализ уравнений с гистерезисом, математические вопросы теории течений в пористых средах.

Выполнил ряд исследований, относящихся к проблеме усреднения процессов в неоднородных средах; одним из его результатов в этой области является математическое обоснование закона Дарси в пористых средах со случайной структурой. В связи с изучением гидродинамических процессов с гистерезисом им получены новые результаты о корректности постановок начально-краевых задач, свойствах решений и усреднении. Помимо теоретических работ, он участвовал в различных прикладных гидрологических исследованиях.

Читает годовой спецкурс «Специальные главы теории усреднения». Прочел курс лекций по математическим вопросам теории усреднения в Амстердамском университете.

Опубликовано более 40 работ.

**Галин Глеб Яковлевич** родился 26 июля 1924 г. в Ашхабаде. Окончил механико-математический факультет МГУ (1951). Кандидат физико-математических наук (1959), доцент кафедры гидромеханики (1963). Заслуженный преподаватель МГУ (2000).

С 1956 по 1962 г. был по совместительству заместителем заведующего отделения механики факультета. Выполнил большую работу, связанную с организацией НИИ механики МГУ.

Область научных интересов: стационарные и нестационарные течения газа (сжимаемой жидкости) с общими термодинамическими свойствами. Устойчивость течений с ударными волнами. Волны фазовых превращений. Распространение возмущений в средах с произвольной зависимостью напряжений от деформаций и температуры.

Получил ряд новых, имеющих фундаментальное значение результатов в теории ударных волн для сред с произвольным, в рамках термодинамических

ограничений, уравнением состояния. Описал возможные качественные особенности ударных адиабат, в том числе для сред, имеющих область состояний с невыпуклыми изоэнтропами. Рассмотрел задачу о структуре ударных волн, указал класс сред и условия, при которых решение задачи не существует. Впервые для сред с произвольной зависимостью напряжений от деформаций и температуры рассмотрел динамическую задачу о распространении возмущений с плоскими волнами. Показал, что для таких сред в ряде случаев имеется не единственное решение, удовлетворяющее всем условиям задачи, и для отбора решения необходимо выставлять дополнительные требования.

Установил характер затухания малых начальных возмущений со временем в области, занятой комбинированной или обычной простой волной. Исследовал устойчивость образующегося при распадении начального разрыва течения, одна или обе границы которого являются ударными волнами. Получил критерии устойчивости течений в обычном и обобщенном смысле. Исследовал возможные типы сильных и слабых разрывов, которые могут возникать в средах с общими термодинамическими свойствами, допускающими возможность фазовых превращений. Для таких сред разработана методика, позволяющая исследовать (в рамках одномерной постановки задачи) возможные стационарные режимы течения в сопле Лавалю. Для газов с выпуклыми изоэнтропами построил решение задачи и установил качественные особенности течения, зависящие от свойств газа.

Читает общий курс «Механика сплошной среды» для студентов-математиков. Читал основной курс «Гидромеханика» и годовой специальный курс «Сильные разрывы в сплошных средах». Читает полугодовые спецкурсы: «Основы теории ударных волн», «Устойчивость ударных волн», «Основы теории фильтрации». На факультете повышения квалификации читал специальный курс «Некоторые вопросы газовой динамики». Руководил научной работой слушателей ФПК и стажеров.

Опубликовано более 20 научных работ. Соавтор учебного пособия «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992) и учебника «Механика сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996).

Участник Великой Отечественной войны, ушел в армию в 1942 г. с первого курса механико-математического факультета МГУ. Награжден орденами Отечественной войны I и II степени, 16 медалями, а также «Почетным Знаком СКВВ».

**Гогосов Вадим Владимирович** (10 сентября 1934 г. — 17 июля 2002 г.) родился в Рыбинске Ярославской обл. Окончил механико-математический факультет МГУ (1957). Квалификация: механик. Доктор физико-математических наук (1974), профессор (1986). Заведующий лабораторией физико-химической гидродинамики Института механики МГУ (1983–2002).

Действительный член Международной академии астронавтики (1981, член-корреспондент с 1973 г.). Лауреат премии им. С. А. Чаплыгина (АН СССР, 1962). Член редколлегии международных журналов “International Journal of



Applied Electromagnetics in Materials” (1981) и «Магнитная гидродинамика» (1965). Зам. председателя Научного совета ГКНТ СССР по проблеме «Магнитные жидкости» и член Экспертного совета ВАК СССР и Российской Федерации по математике и механике. Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике.

Область научных интересов: магнитная гидродинамика, электрогидродинамика, гидродинамика и физика магнитных жидкостей, физико-химическая гидродинамика.

В общем случае решил одну из фундаментальных задач магнитной гидродинамики — задачу о распаде произвольного разрыва. Разработал методы построения моделей поляризующихся и намагничивающихся многокомпонентных и многофазных сред с учетом броуновского движения диспергированных частиц. Решил задачи о структуре ударных волн в электрогидродинамике, в многокомпонентных и дисперсных средах. Выполнил исследования по управлению барботажем и седиментацией в магнитных жидкостях с помощью постоянного и переменного магнитного поля. Изучил резонансные явления, возникающие при колебаниях магнитных жидкостей в капиллярах. Предложил новые методы исследования физико-химических свойств магнитных жидкостей по распространению в них ультразвука. Развил новое научное направление по использованию магнитной жидкости в качестве закалочной среды, для проведения локально-неоднородного охлаждения и получения локально-неоднородной структуры и твердости на различных участках закаливаемых изделий по заранее заданной схеме с помощью магнитного поля. Выполнил цикл работ по изучению тепломассопереноса в магнитных жидкостях. Изучил температурные интервалы различных режимов кипения магнитных жидкостей. Предложил новые методы извлечения золота и платины из рассыпных гравитационных концентратов в магнитожидкостных сепараторах. Исследовал влияние структуры магнитного поля на гидродинамику процессов разделения сред по плотности в сепараторах на магнитных жидкостях. Развил методы определения констант электрохимических реакций и коэффициентов подвижностей ионов в слабопроводящих жидкостях из анализа вольт-амперных характеристик. Построил электрогидродинамическую теорию поверхностных явлений. Изучил явления электризации слабопроводящих жидкостей, текущих по металлическим трубам.

Читал специальные курсы: «Магнитная гидродинамика», «Электрогидродинамика», «Термодинамика неравновесных процессов». Руководил научными семинарами: «Электрогидродинамика» и «Физико-химическая гидродинамика».

Опубликовал более 150 научных работ. Подготовил 26 кандидатов наук. Его учениками являются 3 доктора наук.

**Голубятников Александр Николаевич** родился 1 февраля 1944 г. в Николаеве. Окончил Московский государственный университет (1966). Доктор физико-математических наук (1999), профессор (2000). Заместитель заведующего кафедрой гидромеханики (2002). Член Российского национального комитета

по теоретической и прикладной механике (1995), член редколлегии журнала «Аэромеханика и газовая динамика».

Основные направления научной деятельности: свойства симметрии сплошных сред и силовых полей, теория относительности и динамика гравитирующего газа, механика и физические свойства жидких кристаллов и магнитных жидкостей, проблемы передачи и кумуляции энергии-импульса в сложных системах.

Построил релятивистскую теорию кинематической симметрии, основанную на полной классификации подгрупп группы Лоренца и их инвариантов, разработал теорию материальной аффинной симметрии сплошных сред, связанную с полной классификацией подгрупп группы трехмерных линейных преобразований лагранжевых переменных и их инвариантов. Исследовал вопрос устойчивости сплошной среды при наличии группы материальной симметрии. Предложил метод обратной задачи для сильных ударных волн в теории неоднородного релятивистского гравитационного коллапса, приводящего к последующему расширению, с приложениями к взрывам сверхновых звезд и моделированию условий образования разлета Вселенной. Получил решение задачи о движении релятивистского источника энергии-импульса, моделирующего нелинейный процесс торможения быстрой частицы в веществе. Нашел точные однородные решения уравнений квантовой теории гравитирующего нейтрино. Используя метод тонкого ударного слоя, дал асимптотическое решение задачи о точечном релятивистском взрыве, особенностью которого является появление вторичных ударных волн. Решил задачу о центральном взрыве вращающейся звезды. Построил решение задачи о гравитационном захвате газа. Исследовал вопрос релятивистской кумуляции энергии-импульса. Предложил метод интегральных неравенств для оценок движения ударных волн в одномерных задачах газовой динамики. Провел исследования по оптимизации ускорения тел в экспериментальных легкогазовых баллистических установках. Развил теорию поверхностного натяжения магнитных жидкостей, подтвержденную экспериментально. С учетом анизотропной структуры поверхностного натяжения нематического жидкого кристалла решил задачу о форме взвешенной капли.

Читает основные курсы: «Гидромеханика», «Механика сплошной среды» (ФПК и факультет наук о материалах МГУ), «Теория относительности и гравитация» (ФПК) и специальные курсы: «Алгебраические и вариационные методы МСС», «Неравенства в задачах гидромеханики», «Динамика гравитирующего газа», «Механика ориентируемых жидкостей», «Оптимальные задачи газовой динамики». Руководит научным семинаром по моделям сплошных сред с внутренними степенями свободы.

Подготовил 7 кандидатов наук. Двое из них защитили докторские диссертации.

Опубликовано более 170 научных работ, из них (с соавторами) «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992) и учебники:

«Механика сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996) и “Continuum mechanics via problems and exercises”, parts 1, 2 (1996). Автор учебного пособия «Аффинная симметрия сплошных сред» (2001).

**Калугин Алексей Георгиевич** родился 3 июля 1971 г. в Москве. Кандидат физико-математических наук (1998), доцент (2003).

Научные интересы в области моделей ориентируемых жидкостей и анизотропного поверхностного натяжения и теории многофазных сред.

Решил ряд задач о влиянии анизотропии поверхностного натяжения на поверхностные волны в ориентируемой жидкости и форму одной из ее равновесных конфигураций. Изучил вопрос о гиперболичности уравнений сплошной среды в зависимости от ее свойств симметрии.

Читает специальный курс по механике анизотропных сред и теории жидких кристаллов.

Опубликовано более 20 научных работ.

**Каменяж Яков Александрович** родился 4 января 1947 г. в Одессе. Окончил механико-математический факультет МГУ (1970). Доктор физико-математических наук (1991), профессор кафедры гидромеханики (1992), работал по 1997 г. Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике (1995) и Московского математического общества (1992).

Область научных интересов: математические методы механики сплошной среды, теория пластичности. Исследовал распространение волн в упругопластических средах, аналитически построил решение задачи о распаде начального разрыва, в частности задачи о косом ударе по полупространству. Получил ряд результатов в теории предельной нагрузки пластических тел, установил условия применимости кинематического метода для расчета предельной нагрузки, формулу для верхней оценки предельной нагрузки при помощи разрывного поля скорости, а также соотношения на поверхностях разрыва в жесткопластическом теле. Использование разрывных полей существенно расширяет возможности методов расчета предельной нагрузки. Развил метод расчета приспособляемости упругопластических тел, использующий лишь мгновенные поля, а не их историю. Вывел явную формулу для оценки приспособляемости в случае множества нагрузок в виде выпуклого многогранника. Изучал плоскую упругопластическую задачу с пластической зоной, прилегающей к свободной части поверхности тела, установил существование критических нагрузок, при которых происходит потеря решения такой задачи со стандартным полем напряжений, в частности нашел границу области применимости решения со стандартным полем напряжений вблизи кругового отверстия. Указал конструкцию решения задачи для закритических нагрузок, построил несколько первых приближений решения для слабо закритической нагрузки. Исследовал также некоторые вопросы термодинамики сплошной среды, математических основ теории пластичности, построения моделей пластического поведения.

Читал курсы лекций «Механика сплошной среды» для студентов отделений механики и математики, спецкурсы: «Математические основы теории идеальной пластичности», «Предельная нагрузка», «Приспособляемость упругопластических тел», один из основателей и руководителей научного семинара «Модели сплошных сред с внутренними степенями свободы» для студентов и аспирантов.

Опубликовал более 50 научных работ. Один из авторов учебного пособия «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992) и учебников: «Механика сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996) и “Continuum mechanics via problems and exercises”, parts 1, 2 (1996). Автор монографии «Предельный анализ пластических сред и конструкций» (1997).

**Карликов Владимир Павлович** родился 10 июля 1930 г. в Великих Луках. Окончил механико-математический факультет МГУ (1953). Квалификация: механик, преподаватель вуза. Доктор физико-математических наук (1983). Профессор кафедры гидромеханики механико-математического факультета (1984). Зам. заведующего (1991) и заведующий кафедрой гидромеханики (1999). Главный научный сотрудник Института механики МГУ (1991). Научно-методический руководитель Лаборатории экспериментальной гидродинамики Института механики МГУ. Действительный член РАЕН (1992). Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике (1985). Член Совета по проблемам гидродинамики при Президиуме РАН (1988). Член Совета РАН по механике жидкости и газа. Ученый секретарь Диссертационного совета по механике жидкости, газа и плазмы при МГУ (1980), заместитель председателя этого совета (2000). Зам. председателя Диссертационного совета по механике при МГУ (1992). Член Экспертного совета ВАК России по математике и механике (1999). Член редколлегии журнала РАН «Водные ресурсы» и журнала «Вестник МГУ».

Удостоен почетных званий «Заслуженный деятель науки РФ» (1994), «Заслуженный профессор МГУ» (1999), лауреат Государственной премии СССР (1978), премии им. Н. Е. Жуковского (1986), премии им. М. В. Ломоносова МГУ II степени (2000). Награжден орденом «Знак Почета» (2002), знаком «Изобретатель СССР» (1976), почетным знаком Минвуза СССР «За отличные успехи в работе» (1980), медалями им. М. В. Келдыша (1987) и им. П. Л. Капицы (РАЕН, 1996).

Область научных интересов: теория взрыва, гидродинамика скоростного движения в воде, экспериментальная и прикладная гидродинамика.

Впервые получил линеаризованное аналитическое решение задачи о сильном точечном взрыве в неоднородной атмосфере. Разработал новые эффективные методы приближенного решения задач о взрыве в неоднородной атмосфере и в жидкости. Решил ряд новых задач о взаимодействии сильных взрывных волн с электромагнитным полем. Выполнил фундаментальное исследование широкого класса развитых стационарных и нестационарных кавитационных течений и выявил в результате новые физические эффекты и

закономерности, развил методы их практического использования при создании новых образцов морской техники, установил возможность существенной интенсификации тепломассообменных процессов в жидкости с помощью нестационарной развитой кавитации. Обнаружил и исследовал новый парадокс симметрии в гидродинамике струйных течений — существование автоколебательных режимов истечения из-под свободной поверхности плоских затопленных струй весомой жидкости, построил приближенное решение сложной нестационарной задачи о периоде автоколебаний таких фонтанов, которое находится в хорошем соответствии с результатами экспериментов. Исследовал впервые автоколебательные режимы поведения и обтекания в трубах и каналах плохообтекаемых свободных тел при очень больших загромождениях ими потока. Исследовал новый класс струйно-кавитационных течений, предложил новые схемы замыкания развитых кавитационных полостей за плохообтекаемыми телами. Разработал ряд уникальных методик экспериментальных исследований в области гидродинамики скоростного движения.

Читает обязательный курс лекций «Гидромеханика», спецкурсы: «Анализ размерностей и моделирование» (для механиков и математиков), «Проблемы кавитации» и «Методические основы проведения гидродинамических экспериментов». Руководит общим и специальным студенческими практикумами. Является руководителем (совместно с А. Г. Куликовским и А. А. Барминым) семинара кафедры гидромеханики и отдела механики МИАН по механике сплошных сред, а также семинара по прикладной гидродинамике.

В числе его учеников 15 кандидатов и 2 доктора наук.

Опубликовано более 160 научных работ, в т. ч. 1 монография и 2 учебника (с соавторами): «Механика сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996) и “Continuum mechanics via problems and exercises” parts 1, 2 (1996). Имеет более 30 авторских свидетельств на изобретения и патентов.

**Кочин Николай Евграфович** (19 мая 1901 г. — 31 декабря 1944 г.) родился в Санкт-Петербурге. Окончил физико-математический факультет Петроградского университета (1923). Участник Гражданской войны (1919–1922). Доктор физико-математических наук (1935, без защиты), профессор, зав. кафедрой гидромеханики механико-математического факультета МГУ (1938–1944).

Академик АН СССР (1939) (без избрания членом-корреспондентом). Директор Института теоретической метеорологии (1933–1934). Работал в Центральном аэрогидродинамическом институте (1935–1938). Зав. отделом механики и член совета Математического института АН СССР (1937). Секретарь Московского математического общества (1938). Зам. председателя Жюри по присуждению премий Н. Е. Жуковского (1940). Зав. отделом аэрогидродинамики Института механики АН СССР (1941). Член бюро отделения технических наук АН СССР (1942).

Лауреат премии Наркомпроса (1927) и премии Главной геофизической обсерватории (1933).

Область научных интересов: гидродинамика, аэродинамика, теоретическая механика, метеорология, математические методы в механике.

Изучил вид волн конечной амплитуды на поверхности раздела двух жидкостей. Предложил общий метод решения плоской задачи о подводном крыле. Вывел формулы, описывающие сопротивление корабля. Решил плоскую задачу о глиссировании. Заложил основы теории качки корабля. Дал строгое решение задачи об обтекании крыла конечного размаха. Предложил новый способ освобождения системы от связей. Показал возможность образования вихрей в сжимаемой жидкости под действием консервативных сил. Дал решение уравнений движения сжимаемой жидкости на вращающейся Земле. Определил условия образования на поверхности раздела воздушных масс волны, переходящей в циклон. Предложил метод определения поля скоростей и давлений воздушных масс с учетом вязкости и неравномерного нагревания и построил модель зональной циркуляции атмосферы, что послужило основой для создания теории климата земного шара. Решил задачу о распаде произвольного разрыва в сжимаемой жидкости.

В Московском университете читал курсы лекций: «Гидромеханика», «Теория устойчивости», «Теория решетчатого крыла», «Теория струй».

Опубликовал более 90 научных работ. Основные монографии: «Введение в теоретическую гидромеханику» (совм. с Н. В. Розе, 1932), «Векторное исчисление и начала тензорного исчисления» (1934), «Гидродинамическая теория решеток» (1949), «Теоретическая гидромеханика» (совм. с И. А. Кибелем и Н. В. Розе. Ч. 1–2, 1937).

**Куликовский Андрей Геннадьевич** родился 18 марта 1933 г. в Москве. Окончил механико-математический факультет МГУ в 1955 г. Доктор физико-математических наук (1970), профессор (1975). Заведующий отделом механики Математического института РАН им. В. А. Стеклова (1986–2003). Член-корреспондент РАН (1991). Действительный член РАЕН (1998). Заслуженный профессор Московского университета (2004). Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике (1975). Член Экспертного совета Российского фонда фундаментальных исследований. Член редколлегий журналов «Известия РАН. Механика жидкости и газа», «Прикладная математика и механика», «Вычислительная математика и математическая физика», «Успехи механики». Удостоен премии С. А. Чаплыгина (АН СССР, 1967) и медали П. Л. Капицы (РАЕН, 1997). Первый лауреат премии им. Л. И. Седова (Российский национальный комитет по теоретической и прикладной механике, 2002). Лауреат Государственной премии РФ по науке за 2004 г. Лауреат премии МАИК «Наука» за лучшую публикацию в издаваемых ею журналах (1997). Награжден тремя медалями.

Область научных интересов: магнитная гидродинамика, ударные волны в сплошных средах, устойчивость течений сплошных сред.

Провел обширные исследования фронтов ионизации и рекомбинации в магнитной гидродинамике. Изучил новый тип разрывов. С помощью исследования их структуры доказал необходимость использования дополнительных соотношений, число которых различно для различных типов разрывов и

определяется условиями эволюционности. При наличии фронтов ионизации провел исследование «задачи о поршне», которое показало необходимость для построения решения использования всех типов разрывов, имеющих структуру. Исследовал задачу о поршне при наличии фронтов рекомбинации и обнаружил случаи несуществования автомодельного решения. Доказал, что если граничных условий на поверхности разрыва, следующих из законов сохранения, не хватает для эволюционности разрыва, то недостающие условия можно получить из требования существования структуры. Нашел асимптотическую форму условий устойчивости однородных течений в протяженных областях. Дал обобщение этого результата на случай неоднородных течений при наличии внутренних точек, где выставляются граничные условия. Исследовал развитие возмущений на поверхности тангенциального разрыва при наличии поверхностного натяжения и на фоне размазанного тангенциального разрыва. В обоих случаях указал условия абсолютной неустойчивости. Исследовал нелинейные волны в упругих средах. Изучил одномерные нелинейные задачи, в которых возникают подобные волны. Доказал, что решения подобных задач могут быть неединственными. Теоретически обнаружил, что если в структуре разрывов большую роль играет дисперсия, то это приводит к сложному строению множества допустимых разрывов. Показал, что при этом на ударной адиабате имеется большое количество маленьких отрезков и отдельных точек, соответствующих допустимым разрывам, и решения задач становятся неединственными. Поведение разрывов такого типа существует при распространении волн в стержнях, нелинейных электромагнитных волн в магнетиках и волн в композитах. Ввел понятие глобальной неустойчивости как неустойчивости, не зависящей от конкретного вида граничных условий, и указал критерий такой неустойчивости.

Читает обязательные курсы: «Механика сплошной среды», «Гидромеханика» и специальные: «Математические методы изучения одномерных движений», «Устойчивость течений и поверхностей разрыва», «Течения сплошных сред при наличии поверхностей разрыва». Руководит (совместно с А. А. Барминым и В. П. Карликовым) семинаром кафедры гидромеханики и отдела механики МИАН по механике сплошных сред. Под руководством А. Г. Куликовского и А. А. Бармина длительный период работал научно-исследовательский семинар «Методы гидромеханики».

Подготовлено 16 кандидатов физико-математических наук, из них 4 защитили докторские диссертации.

Опубликовано более 130 научных работ. Монографии (*Куликовский А. Г., Любимов Г. А.* Магнитная гидродинамика, 1962; *Куликовский А. Г., Свешникова Е. И.* Нелинейные волны в упругих средах, 1998; *Kulikovskyi A. G. and Sveshnikova E. I.* Nonlinear elastic waves, 1996; *Куликовский А. Г., Погорелов Н. В., Семенов А. Ю.* Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений, 2001). Один из авторов учебного пособия «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992) и учебников: «Механика

сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996) и “Continuum mechanics via problems and exercises”, parts 1, 2 (1996).

**Левин Владимир Алексеевич** родился 28 сентября 1939 г. в Алма-Ате. Окончил механико-математический факультет МГУ (1961). Квалификация: механик. Доктор физико-математических наук (1975), профессор кафедры гидромеханики (1984). Заведующий лабораторией газодинамики взрыва и реагирующих систем Института механики МГУ (1979). Заместитель директора ИАПУ ДВО РАН (1994).

Член-корреспондент РАН (1994). Действительный член РАЕН (1998). Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике (1985), член Научного совета РАН по горению (1987). Профессор Варшавского университета (1979). Лауреат премии им. С. А. Чаплыгина (АН СССР, 1975), премии им. Н. Е. Жуковского (с серебряной медалью, 1981), премии им. М. В. Ломоносова МГУ I степени (1991) и Государственной премии РФ (2002).

Область научных исследований: газодинамика взрыва и реагирующих систем; движение тел с большими скоростями в атмосфере с учетом физико-химических превращений; теория газодинамических лазеров; оптимальные аэродинамические формы.

Им лично, совместно с другими и под его руководством получены следующие результаты. Впервые определены асимптотические законы распространения пересжатых волн детонации при их удалении от места инициирования. В отличие от плоской волны детонации, которая асимптотически стремится к режиму Чепмена—Жугне (Ч—Ж), цилиндрическая и сферическая волны переходят к режиму Чепмена—Жугне на конечном расстоянии от места их возникновения. Теоретически обосновал существование критической величины энергии взрыва, начиная с которой происходит инициирование детонации. Исследовал различные способы инициирования детонации (точечным взрывом, движущимся поршнем, взрывающейся проволокой, электрическим разрядом, взрывом конденсированного взрывного вещества, быстро летящим телом). Предсказал и обосновал существование многофронтных режимов детонационного горения в средах, представляющих собой газозвеси горючих частиц в газообразном окислителе с добавками газообразного топлива. Результаты этих исследований используются в ряде отраслевых прикладных организаций при проектировании и разработке образцов новой техники. Проанализировал влияние двумерности течения колебательно возбужденной смеси газов в сверхзвуковых соплах газодинамических лазеров (ГДЛ). Определил профили сопел ГДЛ и начальные параметры рабочего состава, которые обеспечивают максимальный энергосъем. Предложил новый тип импульсного ГДЛ и провел теоретический анализ режимов его работы, показывающий перспективность его использования. Провел полный расчет работы импульсно-периодического электроионизационного лазера с самостоятельным разрядом и определил оптимальные условия его работы. Обнаружил новый класс пространственных аэродинамических поверхностей



головных частей летательных аппаратов с существенно меньшим волновым сопротивлением по сравнению с осесимметричными и обладающих большим объемом и аэродинамическим качеством. Вывел теоретически и экспериментально подтвердил новый закон подобия при сверхзвуковом обтекании плоских поверхностей с сильным распределенным вдувом. Исследовал цикл задач о форме зондов, движущихся в атмосфере Юпитера, с полным минимальным лучистым притоком тепла. Обнаружил качественно новый эффект стабилизации тонких затупленных конусов, летящих под небольшим углом атаки, при помощи вдува газа с их носовой части. Предложил новый способ снижения сопротивления тел, летящих со сверхзвуковой скоростью, при помощи подвода тепла перед ними. При исследовании взаимодействия быстро летящего затупленного тела с тепловой неоднородностью обнаружил и объяснил эффект кумуляции энергии на его поверхности, приводящий к резкому изменению аэродинамических нагрузок, что может привести к разрушению летательного аппарата. Имеет 12 изобретений и 2 патента.

Читает спецкурс «Распространение взрывных и детонационных волн в газах». Подготовил 31 кандидата наук, 5 из них защитили докторские диссертации.

Опубликовано более 200 научных работ, в их числе монография «Сверхзвуковое обтекание тел с интенсивным вдувом» (совместно с И. И. Вигдорovichem, 1983).

**Лейбензон Леонид Самуилович** (26 июня 1879 г. — 15 марта 1951 г.) родился в Харькове. Окончил физико-математический факультет МГУ (1901) и Московское высшее техническое училище (1906). Магистр (1915). Профессор, зав. кафедрой прикладной механики МГУ (1922–1924), зав. гидравлической лабораторией МГУ (1924–1932), зав. кафедрой гидромеханики (1932–1938, 1945–1951), заведующий кафедрой теории упругости (1939–1945) механико-математического факультета МГУ.

Организатор и директор НИИ механики МГУ (1934–1936).

Академик (1943) (член-корреспондент, 1933) АН СССР. Вице-президент Московского механического общества (1933). Работал в Центральном аэрогидродинамическом институте (1934). Зав. отделом фильтрации Института механики АН СССР (1944).

Награжден орденом Трудового Красного Знамени (1944) и двумя орденами Ленина (1945, 1949). Лауреат Государственной премии СССР первой степени (1943).

Область научных интересов: механика жидкостей и газов, прикладная механика, подземная гидравлика, теория упругости, сопротивление материалов, геофизика, история механики. Основатель подземной гидравлики, создатель научных основ разработки нефтяных месторождений. Разработал теорию глубинного насоса, решил задачу о движении нефти и газа по каналу с проницаемыми стенками, создал теорию движения газов в пористых средах. Основоположник теории фильтрации газированных жидкостей. Разработал теорию

безбалочных перекрытий и приближенные методы решения задач теории упругости. С помощью вариационных методов теории упругости оценил толщину твердой оболочки Земли, нашел критерий гравитационной неустойчивости упругой неоднородной сферы и дал теорию образования складчатости поверхности земного шара при охлаждении.

В Московском университете читал курсы лекций: «Гидромеханика», «Теория турбин», «Теория удара», «Небесная механика», «Подземная гидрогазодинамика».

Опубликовал более 100 научных работ. Основные монографии: «Нефтепромысловая механика», ч. 1 (1931), ч. 2 (1934), «Вариационные методы решения задач теории упругости» (1943), «Элементы математической теории пластичности» (1943), «Курс теории упругости» (1947), «Движение природных жидкостей и газов в пористой среде» (1947).

**Леонтьев Николай Евгеньевич** родился 20 ноября 1975 г. в Калининграде Московской области. Окончил механико-математический факультет МГУ (1998.). Доцент кафедры гидромеханики (2005), кандидат физико-математических наук (2001), старший научный сотрудник Института механики МГУ (2002).

Научные интересы в области оптимальных задач газовой динамики и теории фильтрации.

Решил ряд новых оптимальных задач, связанных с ускорением тел в одно- и многоступенчатых газодинамических метательных установках. При различных ограничениях провел оптимизацию метания тел в установках с деформируемой боковой границей. Предложил способ увеличения скорости метания с использованием первоначально вакуумированной области за телом.

Читает спецкурс «Основы теории фильтрации».

Опубликовано 25 научных работ.

**Налетова Вера Арсеньевна** родилась 28 апреля 1950 г. в Москве. Доктор физико-математических наук (2004), профессор (2005).

Область научных интересов: электродинамика неоднородных жидких и твердых сред.

Построила модели многофазных намагничивающихся жидкостей с учетом неравновесности намагниченности и броуновского движения и исследовала движение магнитных жидкостей во вращающихся полях. Изучила процессы гравитационной седиментации ферромагнитных частиц в магнитных жидкостях в присутствии магнитных полей. Исследовала влияние полидисперсности магнитной жидкости на ее физические и магнитные свойства. Предложила новый способ вычисления функции распределения частиц по размеру с использованием магнитных измерений. На основе модели полидисперсной магнитной жидкости дала объяснение аномальному увеличению вязкости магнитной жидкости, текущей в трубе, в присутствии магнитного поля различного направления. Решила ряд задач о вычислении сил, действующих на тела (в том числе и на магниты) в магнитной жидкости для различных зависимостей магнитной проницаемости от параметров жидкости и поля. Полученные

формулы для сил используются для расчетов магнитоожидкостных сепараторов и вибродатчиков. Исследовала влияние магнитного поля на растекание намагничивающейся жидкости по горизонтальному вращающемуся диску. Указала возможность возникновения разрывов толщины слоя при включении магнитного поля. Получила уравнение, описывающее движение этих разрывов в присутствии магнитного поля.

Читает спецкурс «Феррогидродинамика». Подготовила 3 кандидатов наук. Опубликовано более 120 научных работ.

**Некрасов Александр Иванович** (9 декабря 1883 г. — 21 мая 1957 г.) окончил Московский университет (1906).

С 1917 г. А. И. Некрасов — доцент физико-математического факультета МГУ, с 1922 г. — профессор. В 1932 г. избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1946 г. — академиком. Зам. зав. Главпрофобром Наркомпроса СССР (1922—1929), член Механической комиссии по составлению новой программы для университетов (1933). Зам. начальника Центрального аэрогидродинамического института (1930—1938) и зам. председателя Ученого совета (1937). Зав. отделом аэрогидромеханики Института механики АН СССР (1945—1957). Член Высшей аттестационной комиссии при ВКВШ (1934—1938).

Награжден орденом Ленина (1953), орденом Трудового Красного Знамени (1945) и медалью «В память 800-летия Москвы».

Первый лауреат премии Н. Е. Жуковского (1922). Лауреат премии Наркомпроса (1931). «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР» (1947). За развитие теории волн удостоен Государственной премии СССР II степени (1952).

Основные работы А. И. Некрасова относятся к области гидроаэромеханики, прикладной механики, теории интегральных уравнений.

Предложил и развил новые методы исследования установившихся волн конечной амплитуды на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Поставил и решил ряд задач, относящихся к струйному обтеканию криволинейного профиля сжимаемой и несжимаемой жидкостью. Построил теорию крыла в нестационарном потоке. А. И. Некрасову принадлежат работы по теории диффузии вихря в вязкой жидкости и теории неустановившихся колебаний (флаттера) крыла самолета, а также математические работы по методам решения нелинейных интегральных и интегродифференциальных уравнений и функциональному анализу.

В 1917 г. он начал читать на физико-математическом факультете МГУ курс гидромеханики.

Опубликовал более 100 работ. Основные монографии: «Теория крыла в нестационарном потоке» (1947), «Точная теория волн установившегося вида на поверхности тяжелой жидкости» (1951); учебники: «Гидродинамика» (1930), «Курс теоретической механики в векторном изложении» (1932—1933).

**Розанцева Виктория Васильевна** (3 января 1923 г. — 2 ноября 1992 г.) родилась в Кимрах Тверской обл. Старший преподаватель, ученый секретарь кафедры.

Один из авторов учебного пособия «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992). Имеет работы по истории механики.

**Свешникова Елена Ивановна** родилась 26 февраля 1936 г. в Москве. Кандидат физико-математических наук (1984), доцент (1989), ученый секретарь кафедры гидромеханики (1992).

Лауреат Государственной премии РФ по науке за 2004 г.

Область научных интересов: изучение нелинейных упругих волн, и в первую очередь ударных волн, а также построение решений одномерных динамических задач теории упругости, содержащих такие волны. Главное внимание уделяется исследованию влияния на рассматриваемые процессы малой анизотропии, которая всегда присуща реальным средам. Нашла и исследовала ударную адиабату, выделила на ней участки, удовлетворяющие условиям эволюционности и неубывания энтропии, рассмотрела структуру ударных волн. Построила решение автомодельных задач о поршне и о распаде произвольного начального разрыва.

Читает созданный вместе с В. В. Розанцевой и И. С. Шикиной основной курс «Теоретическая механика и гидромеханика» для студентов гидрометеопотока географического факультета, а для студентов 4–5 курсов механико-математического факультета спецкурсы: «Нелинейные упругие волны» и «Волны на воде». Е. И. Свешниковой вместе с сотрудниками кафедры гидромеханики создана программа упражнений для проведения практических занятий по механике сплошной среды.

Опубликовано 30 научных работ. Среди них монографии: А. Г. Куликовский, Е. И. Свешникова «Нелинейные волны в упругих средах» (1998) и A. G. Kulikovskii and E. I. Sveshnikova “Nonlinear elastic waves” (1996). Е. И. Свешникова — один из авторов учебного пособия «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992) и учебников «Механика сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996) и “Continuum mechanics via problems and exercises” (1996).

**Седов Леонид Иванович** (14 ноября 1907 г. — 5 сентября 1999 г.) родился в Ростове-на-Дону. Окончил физико-математический факультет МГУ (1931).

Степень кандидата технических наук была присуждена без защиты (1936). Доктор физико-математических наук (1937). С 1937 г. работал профессором, заведующим кафедрой гидромеханики (с 1953) и заведующим отделением механики механико-математического факультета МГУ (с 1959). В 1946 г. Л. И. Седов избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1953 г. — академиком.

Л. И. Седов работал также старшим инженером и начальником отдела Центрального аэрогидродинамического института (1931–1947), ассистентом, доцентом, профессором и заведующим кафедрой Московского авиационного института (1931–1935), начальником кафедры теоретической механики Военно-инженерной академии (1938–1941), с 1945 г. — старшим научным сотрудником и заведующим отделом механики Математического института АН СССР, заместителем начальника по научной работе НИИ-1 (1947–1949) и

Центрального института авиационного моторостроения (1949–1955), заведующим кафедрой математики Московского полиграфического института (1947–1950), заведующим кафедрой теоретической механики Московского физико-технического института (1950–1953).

Действительный член Российской творческой академии, почетный член РАЕН. Действительный член Международной астронавтической академии (1960). Член-корреспондент Академии наук Франции (1967), иностранный член Академии наук Франции (1978). Почетный член Американской академии искусств и наук (1960), Сербской академии наук (Югославия, 1965), Финской академии технических наук (1966), Института аэронавтики и аэронавтики США (AIAA, 1966), Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина» (ГДР, 1968), Общества теоретической и прикладной механики Польши (1969), Македонской академии наук и искусств (1988). Член ракетного общества США (1961), Национального географического общества США (1967), Общества ракетной техники и космических полетов им. Г. Оберта (ФРГ, 1967), Немецкого общества воздушных и космических полетов (ФРГ, 1977), Академии воздушных и космических полетов Франции (1984). Член президиума Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике (1956). Первый зам. председателя (1956–1981), председатель (1976) Научного совета РАН по проблемам гидродинамики, председатель Научного совета РАН по механике жидкостей и газа (1964), председатель совета АН СССР по математическим методам в механике (1970–1973), член бюро Научного совета РАН по проблемам биомеханики. Почетный доктор наук Варшавского политехнического института (Польша, 1963), Пражского высшего технического училища (Чехословакия, 1964), Университета в г. Пуатье (Франция, 1966), Брюссельского свободного университета (Бельгия, 1969), Рейнско-Вестфальской Высшей технической школы в г. Аахене (ФРГ, 1971), почетный профессор Шанхайского технологического университета (Китай, 1985). Член экспертной комиссии по золотым медалям им. А. М. Ляпунова (1981), член правления общества «Знание» (1982), член правления общества «СССР — Франция». Президент Международной астронавтической федерации (МАФ, 1959–1961), вице-президент МАФ (1957–1959, 1961–1980), член бюро Международного союза по теоретической и прикладной механике (1964–1984). Председатель секции изданий главной редакции физико-математической литературы издательства «Наука» (1964). Главный редактор журнала «Космические исследования» (1962), зам. главного редактора «ДАН СССР» (1955), «Прикладная математика и механика» (1959), член редколлегий зарубежных журналов “Acta Astronautica”, “Progress in the Astronautics and Aeronautics”, “Journal de Mecanique Theoretiquee et Appliquee”, “Space Science Reviews”, “Journal of Mathematical and Physical Sciences”, “Meccanica”.

Герой Социалистического Труда. Награжден орденами Ленина (1943, 1963, 1967, 1975, 1980, 1987), «Знак Почета» (1943), Трудового Красного Знамени (1943, 1961), «За заслуги перед Отечеством» IV степени (1998), орденом

Почетного легиона степени «Командор» (Франция, 1971). Лауреат Государственной премии СССР (1952), премии им. С. А. Чаплыгина (АН СССР, 1947), премии им. М. В. Ломоносова МГУ I степени (1954), премии им. А. Н. Крылова (РАН, 1998), премии Международной академии астронавтики им. Д. и Ф. Гуггенгейм (1977), премии им. Ван-Аллена (МАФ, 1981). Удостоен медали им. Ю. А. Гагарина (Федерация космонавтики СССР, 1984), золотой медали ВДНХ (1973, 1984) и Диплома почета ВДНХ (1981). Награжден Обществом ракетной техники и космических полетов ФРГ медалью им. Г. Оберта (1960) и «Золотым кольцом» (1976), обществом «Космос» (ФРГ) — премией и золотой медалью им. В. Бельше (1968), Астронавтическим обществом Болгарии — Почетной грамотой (1965) и золотым значком (1970); медалью Н. Коперника (ПНР, 1974); персональной медалью Л. Эйлера (1983); золотой медалью Шанхайского технологического университета (1985).

Область научных интересов: механика сплошной среды, гидромеханика, газовая динамика, теория относительности.

Сформулировал общую постановку задач об ударе абсолютно твердых и деформируемых тел о воду, указал на возможность отрыва несжимаемой жидкости от первоначально смоченной поверхности тела при ударе, выполнил расчеты непрерывных погружений твердых тел в воду, обнаружил возможность образований струй у краев смоченной поверхности тела при его быстром погружении в жидкость, построил теорию входа в воду метаемых твердых тел, в частности самолетов, развил подходы и дал постановки задач в теории рикошетирования метаемых тел на поверхности воды, построил теорию глассирования с учетом весомости жидкости. Теоретически установил динамический эффект — поднятие глассера выше невозмущенного уровня воды, который подтвержден экспериментально.

Внес существенный вклад в общую теорию волнового сопротивления при движении судов. Для различных возможных схем обтекания построил общую теорию моделирования сопротивлений при движении твердых тел, контактирующих с жидкостью. Разработал теорию снижения сопротивления при наличии турбулентности в жидкости при малых полимерных добавках с качественным разъяснением сути механизма трансформации свойств пограничного слоя. В рамках общей теории движений тел в идеальной жидкости исследовал различные схемы обтеканий, струйные обтекания с образованием в жидкости кавитационных полостей и присутствием поверхностей с касательными разрывами, несущими и свободными, при обтекании тел несжимаемой и сжимаемой жидкостью и, в частности, с сильными разрывами. Дал классификацию гидроаэродинамических сил при неустановившихся движениях тел в жидкости, решил ряд конкретных задач применительно к явлению флаттера тонких крыльев.

Построил рациональную теорию полета ракет с учетом внешнего сопротивления и характерных особенностей сверхзвуковых струй истекающих газов. Предложил схему обтекания тела, содержащую истекающую вперед струю,

обеспечивающую направленную вперед силу тяги, которая уменьшает, как показывает эксперимент, полную силу сопротивления. В ряде задач произвел учет релятивистских эффектов при движении ракет с большими скоростями. На рациональных основах развил теорию и дал рекомендации по введению практически важных коэффициентов полезного действия при обработке экспериментальных исследований и испытаний элементов воздушнореактивных машин и двигателей в целом. Исследовал общие вопросы теории турбулентных движений жидкости и газа. Получил конкретные точные серии решений в теории изотропных турбулентных течений несжимаемой жидкости.

Предложил модели автомодельных пространственных движений жидкости и газов, используемые в последнее время для объяснения некоторых особых механизмов движения воздуха в атмосфере Земли и воды в океанах. Построил общую теорию автомодельных движений сплошных сред. В 1944 г. получил точное решение автомодельной задачи о сильном взрыве со сферическими, цилиндрическими и плоскими волнами с применением к взрыву атомной бомбы в атмосфере воздуха. Решение нашло широкое применение в расчетах эволюции и действия ядерных взрывов. Получил оригинальные результаты в общей теории строения стационарных и переменных звезд, цефеид, взрывов новых и сверхновых звезд. Предложил возможные объяснения сверхмощной светимости квазаров, основанные на механике непосредственной трансформации энергии звездных масс в энергию света. Построил пример взрывного характера потери устойчивости стационарного состояния равновесия газового шара. Решил различные автомодельные задачи о горении и детонации в жидкостях, газах и твердых телах. Большой цикл его работ связан с разработкой общей теории построения моделей в механике и физике.

Среди его учеников 4 академика, более 50 докторов и около 130 кандидатов наук. Автор более 200 научных трудов, в т.ч. монографий «Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики» (1939; изд. на англ. яз.), «Методы подобия и размерности в механике» (1944; изд. на англ., франц., итал., польск., чешск. и китайск. яз.), «Введение в механику сплошной среды» (1962; изд. на англ. и японск. яз.), учебник для вузов «Механика сплошной среды» (в 2 т., 1967 изд. на англ. и др. языках). Значительной частью его работ являются исторические, критические и научно-популярные статьи.

**Сибгатуллин Наиль Рахимович** (27 мая 1943 г. — 13 марта 2004 г.) родился в Казани. Окончил Казанский государственный университет (1965). Квалификация: механик. Доктор физико-математических наук (1979). Профессор кафедры гидромеханики механико-математического факультета МГУ (1985). Член редакций журнала «Вестник МГУ». Сер. 1. Матем. Механ. и международного журнала “Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulations”.

Область научных интересов: нелинейная теория волн, теория аппаратов на воздушной подушке, релятивистская астрофизика, общая и специальная теория относительности.

Показал эквивалентность систем нелинейной теории упругости и магнитной гидродинамики в одномерном нестационарном случае. Рассмотрел резонансные нелинейные вынужденные колебания упругого слоя и МГД-слоя с ударными волнами и слабыми разрывами в слабосжимаемом случае, когда возникают уравнения с кубической нелинейностью. Рассмотрел резонансные колебания МГД-слоя в случае близости скорости звука и альфвеновской скорости. Поставил и решил задачу о стационарных и автоколебательных режимах работы малорасходных устройств на воздушной подушке, а также задачу об устойчивости стационарного режима. Получил нелинейное эволюционное уравнение для поверхностных волн с околочритическим волновым числом. Изучил двумерную устойчивость тангенциального разрыва с учетом сжимаемости и диспергируемости среды. Построил модель жидких пленок с двумя свободными границами, когда величина прогиба много больше толщины пленки. Вывел интегральное уравнение для стационарных осесимметричных электровакуумных полей и разработал метод получения его точных и приближенных решений. Доказал интегрируемость системы уравнений Эйнштейна—Максвелла—Вейля для нейтринного электровакуума и исследовал автомодельные космологические модели с ударными волнами и слабыми разрывами. Обнаружил одинаковое строение алгебр Ли—Беклунда для классов интегрируемых уравнений математической физики. Построил точные решения, описывающие внешние поля быстровращающихся нейтронных звезд. Обнаружил и описал конвективную неустойчивость пульсирующих газовых шаров в собственном гравитационном поле. Изучил эволюцию равновесных форм нейтронных звезд под действием дисковой аккреции. Для волн на поверхности воды с упругой крышкой (модель льда на поверхности океана) обнаружил явление трехволнового резонансного взаимодействия.

Читал основные курсы лекций «Механика сплошной среды» (для студентов-математиков 5 курса), «Гидромеханика» (ч. 1–2, по выбору кафедры) и специальные курсы «Методы гамильтоновой механики в теории нелинейных волн», «Введение в электродинамику и специальную теорию относительности», «Введение в общую теорию относительности», «Введение в теорию солитонов», «Введение в теорию газовых лазеров».

Подготовил 7 кандидатов наук. В числе его учеников 4 доктора наук. Автор свыше 150 научных трудов, в т. ч. монографий «Колебания и волны в сильных гравитационных и электромагнитных полях» (1984), «Платформы на воздушной подушке» (в соавт. с Н. А. Слезкиным и Э. А. Сорокиным, 1988), “Oscillations and waves in strong gravitational and electromagnetic fields” (1991).

**Слезкин Николай Алексеевич** (22 ноября 1905 г. — 16 декабря 1991 г.) родился в с. Ново-Никольское Тульской губ., в 1930 г. закончил МГУ. В 1933 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1937 г. стал доктором физико-математических наук. С 1934 г. работал доцентом, а с 1938 г. профессором кафедры гидромеханики МГУ. Исполнял обязанности зав. кафедрой гидромеханики



(1951–1953). С 1938 по 1957 г. Н. А. Слезкин одновременно был начальником кафедры теоретической механики Военно-артиллерийской академии, с 1958 по 1962 г. — деканом механико-математического факультета МГУ.

Член и председатель Экспертной комиссии ВАК СССР, член Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике, член Ученого совета МГУ, Ученого совета Института истории естествознания и техники, член бюро секции истории механики Национального объединения историков естествознания и техники.

Н. А. Слезкин — заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Награжден орденом Трудового Красного Знамени (1944).

Выполнил ряд фундаментальных исследований по динамике вязких жидкостей и газов, газовой динамике, теории фильтрации, прикладным вопросам артиллерийской техники, по теории воздушной подушки, теории газовой смазки, технологии обработки пластмасс, по кинетической теории газов, основанной на усложненной математической модели молекул, по проблеме океанического тайфуна и истории механики. Впервые поставил и решил автомобильную задачу о затопленной струе в вязкой жидкости.

В Московском университете читал курсы лекций: «Гидромеханика», «Динамика вязкой жидкости», «Введение в механику дискретных сред». Руководил семинаром по гидромеханике.

Подготовил около 40 кандидатов наук. Среди его учеников 10 докторов наук.

Опубликовал более 100 научных работ, в том числе монографии: «Динамика вязкой несжимаемой жидкости» (1955), «Лекции по гидромеханике» (1984), «Платформы на воздушной подушке» (1988, совм. с Н. Р. Сибгатуллинским и Э. А. Сорокиным).

**Сретенский Леонид Николаевич** (27 февраля 1902 г. — 8 августа 1973 г.) родился в Москве. В 1923 г. окончил физико-математический факультет МГУ. В 1929 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 1936 г. ему присвоено звание доктора физико-математических наук (без защиты). С 1934 г. профессор кафедры гидромеханики МГУ. В 1939 г. избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Л. Н. Сретенский работал одновременно в ряде ведущих научных учреждений страны: с 1931 по 1941 г. — старшим инженером теоретического отдела ЦАГИ, с 1941 по 1945 г. — старшим научным сотрудником Института теоретической геофизики АН СССР, а с 1951 по 1963 г. — заведующим лабораторией волн и течений Морского гидрофизического института АН СССР. С 1960 г. председатель редколлегии журнала «Вестник МГУ». Сер. 1. Матем. Механ.

Награжден орденами Ленина (1953, 1972) и Трудового Красного Знамени (1945).

Л. Н. Сретенский является крупнейшим специалистом в области теории волновых движений. Им выполнен большой цикл работ по общей линейной теории поверхностных волн, по распространению волн на поверхности раздела двух жидкостей, дано объяснение явления «мертвой воды» и связанного

с ним сопротивления судов, по теории приливов и корабельным волнам, волнам конечной амплитуды, по теории распространения упругих волн в твердой оболочке Земли, вызванных приливообразующими силами и подводными землетрясениями. Его исследования послужили началом разработки теории возникновения и предсказания волн цунами по записям сейсмических станций. Им решена задача о расчете высоты волн цунами в прибрежной зоне.

Л. Н. Сретенскому принадлежат также работы по дифференциальной геометрии и теории интегральных уравнений, по теории дозвуковых газовых струй, цикл работ по теории потенциала, работы по акустике, теории гироскопов и фигурам равновесия вращающихся масс жидкости, а также ряд работ по истории математики и механики.

Читал курсы лекций: «Теоретическая механика», «Теория волновых движений», «Теория приливов», «Теория фигур равновесия», «Теория потенциала», «Теория газовых струй». Л. Н. Сретенским воспитано не одно поколение учеников, успешно работающих в научных организациях, институтах и университетах страны. Им подготовлено 50 кандидатов наук, многие из которых стали впоследствии докторами.

Опубликовано 146 научных работ, в том числе монографии: «Теория волновых движений жидкости» (1936), «Теория фигур равновесия жидкой вращающейся массы» (1938), «Теория ньютоновского потенциала» (1946).

**Толоконников Сергей Львович** родился 21 октября 1973 г. в Туле. Кандидат физико-математических наук (1999), доцент (2004), старший научный сотрудник Института механики МГУ (2002).

Научные интересы в области течений жидкости со свободными поверхностями.

Получил решение ряда новых задач о слабозмущенных струйных течениях несжимаемой жидкости. Выявил неизвестный ранее эффект нестационарного взаимодействия струй с жидкостью и твердыми телами. Обнаружил неединственность решения стационарной задачи о вихре в струе, текущей около стенки с изломом. Исследовал новые схемы замыкания развитых кавитационных полостей. Получил решение задачи о кавитационном обтекании «жидких» цилиндров.

Читает специальный курс «Теория движения вязкой жидкости».

Опубликовано 22 научные работы.

**Шикин Игорь Сергеевич** (29 ноября 1934 г. — 7 ноября 2004 г.) родился в Ташкенте. Окончил механико-математический факультет МГУ (1957). Доктор физико-математических наук (1985). Ведущий научный сотрудник Института механики МГУ (1987), профессор кафедры гидромеханики (1993). Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике (1985).

Область научных интересов: механика жидкости, газа и плазмы, космическая газодинамика и магнитная гидродинамика, релятивистская гидродинамика, космология.

Основные научные результаты получил в классической газовой динамике, в теории автомодельных одномерных неустановившихся движений, движений с однородной деформацией, с ударными и детонационными волнами. Выполнил цикл работ по релятивистской гидродинамике и релятивистской магнитной гидродинамике (в специальной теории относительности). Ввел в релятивистской гидродинамике «переменные вспомогательного газа», применение которых позволяет широко использовать результаты ньютоновской газовой динамики. Для разреженной плазмы в сильном магнитном поле получил в магнитогидродинамическом описании общие выражения для тензора напряжений с учетом конечного ларморовского радиуса ионов (магнитной гирвязкости). Выполнил большой цикл работ по релятивистской космологии в рамках общей теории относительности. Впервые ввел для анализа однородных анизотропных космологических моделей Бианки метод качественного анализа дифференциальных уравнений, впоследствии получивший существенное развитие. Указал для космологических моделей с движущейся материей необходимость учета газодинамических эффектов, связанных с наличием горизонта, и дозвуковой и сверхзвуковой областей. Показал, что аналогами однородных анизотропных моделей общей теории относительности в ньютоновской космологии являются движения с однородной деформацией. В рамках ньютоновской и релятивистской газодинамики изучил истечение политропного газа от источника в поле центрального притягивающего тела как модель солнечного или звездного ветра.

Читал спецкурс «Основы специальной теории относительности». Подготовил 3 кандидатов наук.

Опубликовано более 100 научных работ.

**Шикина Ирина Сергеевна** родилась 23 января 1941 г. в Ташкенте. Кандидат физико-математических наук (1988), доцент (1993).

Область научных интересов — теория гидродинамической устойчивости.

Изучила развитие первоначально локализованных возмущений для однородных сдвиговых течений несжимаемой жидкости. Исследовала асимптотику при больших временах двумерных и трехмерных возмущений тангенциального разрыва и свободного слоя сдвига. Получила критерии абсолютной и конвективной неустойчивости этих течений. Исследовала влияние вязкости на устойчивость тангенциального разрыва. Рассмотрела поведение возмущений некоторых одномерных течений большой, но конечной протяженности. Изучила влияние на поведение возмущений слабой неоднородности течений, в том числе в задаче об устойчивости косоугольного фронта горения. Ряд результатов получен совместно с А. Г. Куликовским.

Читает подготовленный совместно с В. В. Розанцевой и Е. И. Свешниковой основной курс «Теоретическая механика и гидромеханика» для студентов гидрометеопотока географического факультета.

Опубликовано 35 научных работ. И. С. Шикина один из авторов учебного пособия «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992)

и учебников «Механика сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996) и “Continuum mechanics via problems and exercises” (1996).

**Эглит Маргарита Эрнестовна** родилась 14 января 1935 г. в Москве. Окончила механико-математический факультет МГУ (1957). Доктор физико-математических наук (2000), профессор (2001). Член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике (1983). Лауреат премии им. М. В. Ломоносова МГУ I степени (1998).

Область научных интересов — механика микронеоднородных сред и механика снежных лавин и мутьевых потоков.

На основе асимптотического подхода, использующего наличие малого параметра, представляющего собой отношение масштаба неоднородности среды к масштабу изучаемого процесса, построила ряд моделей механики микронеоднородных сред. Дала строгое обоснование и исследование эффективных уравнений, описывающих различные процессы в микронеоднородных средах, в частности процессы теплопроводности, распространения звука, деформирования и течения. Построила математические модели для расчета динамических параметров снежных лавин различных типов. Рассмотрела лавины из плотного снега, лавины из снежной пыли, а также лавины смешанного типа. Построены аналитические решения и получены аналитические формулы для динамических параметров лавин на длинных слабонеоднородных склонах. Провела расчеты конкретных лавин, а также расчеты для схематизированных лавинных очагов. Результаты использованы при выводе полуэмпирических формул для расчета динамических параметров лавин разных типов в различных геофизических регионах.

Читает обязательные курсы: «Механика сплошной среды» для слушателей ФПК, для студентов отделений математики и механики, общий курс «Основы механики сплошной среды». Специальные курсы: «Гидравлика открытых потоков» и «Гидравлика». Подготовила 2 кандидатов наук.

Опубликовано более 120 научных работ, в том числе монографии: «Неустановившиеся движения в руслах и на склонах» (1986). Редактор и один из авторов учебного пособия «Сборник задач по механике сплошной среды», ч. 1 (1991), ч. 2 (1992) и учебников «Механика сплошных сред в задачах», тт. 1–2 (1996) и “Continuum mechanics via problems and exercises” (1996).



*Сотрудники кафедры гидромеханики и лаборатории, 1959 г. В первом ряду: Г. Г. Черный, Д. С. Вилькер, Л. И. Седов, Л. Н. Сретенский, Н. А. Слезкин, В. В. Розанцева. Второй ряд: С. С. Григорян, Н. Б. Рюмин, Г. Я. Галин, В. Н. Гнедков, А. А. Соколов, С. И. Сидоркина, А. И. Пимкин, В. А. Васильев, В. П. Карликов, Г. А. Любимов, В. С. Ильшев, Ю. Л. Якимов, А. Г. Куликовский*



*На практикуме по гидромеханике, проф. А. Н. Голубятников*



*Академик Л. И. Седов (1907–1999)*



*Зав. Кафедрой гидромеханики  
профессор В. П. Карликов*

## **Кафедра теории пластичности**

Кафедра теории пластичности была создана в 1953 г. Юрием Николаевичем Работновым. Причиной, побудившей создание новой кафедры, явилась потребность в более детальном, углубленном изучении механических свойств металлов при нормальных и повышенных температурах и новых материалов — полимерных, композитных, начавших в то время играть всевозрастающую роль в технике. Название кафедры — теория пластичности — не полно отражает научные интересы коллектива кафедры. С первых дней своего существования коллектив кафедры занимался изучением не только законов пластического деформирования металлов, но и разработкой теории ползучести и наследственной упругости, контактными задачами теории упругости и вязкоупругости, теорией длительной прочности. Видное место в научной деятельности кафедры заняли вопросы механики разрушения и механики композитных материалов, вопросы устойчивости за пределом упругости и наследственной упругости при ползучести. Условно главные научные направления кафедры можно разбить на следующие разделы.

### **Теория определяющих соотношений**

Исследование по этому вопросу охватывает практически все наиболее важные типы деформирования материалов.

а) *Пластичность*. Анализируя экспериментальные данные, и в частности исследования по мгновенному модулю сдвига, Ю. Н. Работнов, В. Д. Ключников выдвинули проблему построения соотношений сингулярной пластичности — теории с особой точкой на поверхности нагружения. Кафедра была инициатором этого направления в Советском Союзе, подхваченного затем другими исследовательскими организациями.

За довольно короткое время усилиями сотрудников кафедры (Ю. Н. Работнов, В. Д. Ключников и др.) здесь были получены существенные результаты, позволившие выйти на передовые позиции в этой области знания. Был предложен новый перспективный путь построения теории (В. Д. Ключников),

основанный на замене данного пути нагружения некоторым как угодно близким ломаным, на участках которого свойства пластичности либо заранее известны, либо постулируются более естественно, чем на исходном пути. Обладающий некоторым принципиальным преимуществом, этот путь привел к соотношению того же типа, что и известные физические теории. Сравнительный анализ позволил выявить основные качества сингулярной пластичности: наличие областей полной и неполной догрузки с дифференциально-линейной и дифференциально-нелинейной зависимостью и возможность оправдания на новой основе простейшей деформационной теории пластичности. Существенную роль в становлении общей теории сыграло модельное представление (Ю. Н. Работнов), продемонстрировавшее, в частности, реальную природу сингулярности. Полезным при исследовании качественной стороны также оказалось привлечение гипотетического двумерного материала (В. Д. Ключников).

Пример построения модели пластичности, использованный выше, явился толчком к формулировке требования малой ошибки в результате макроэксперимента при малой ошибке в его проведении. Для сред со свойствами, инвариантными относительно масштаба времени, к которым относится пластичность, это означает, что если два процесса заключены в трубку малого радиуса  $r$ , то и их результаты должны попадать в трубку малого радиуса  $R$ , причем при стремлении радиуса  $r$  к нулю должен стремиться к нулю и радиус  $R$ . Показано, что выполнимость этого требования существенно зависит от отношения данной модели пластичности к концепции предельных поверхностей: регулярная (с гладкой поверхностью), сингулярная (с особенностью в точке нагружения) и аналитическая (предельная поверхность отсутствует). Для двух первых требуется выполнимость дифференциальной потенциальности (независимость от пути в «тонкой структуре»), что для известных теорий такого типа совпадает с требованием ассоциированности с предельной поверхностью. Для аналитической пластичности требования макродетерминизма не выполняются: два бесконечно близких пути нагружения — равномерно гладкий и спиралевидный приводят к разным результатам. Так что в макроэксперименте, который является основой континуальной механики и где экспериментатор может контролировать только радиус указанной выше трубки, но не «тонкую структуру» в ней, выявить механические свойства любой аналитической теории невозможно. Приведены прямые расчеты результатов таких дефектов для различных видов аналитических теорий, таких как гипопругость, аналитический вариант теории изотропного упрочнения, эндохронная теория и др.

Среди других исследований по пластичности нужно также отметить попытку (В. Д. Ключников, В. А. Ибрагимов) описания поведения тел с падающей диаграммой (разупрочняющиеся материалы). В последующем была предложена модель, оправдывающая возможность экспериментального наблюдения этого эффекта.



Для объяснения некоторых тонких эффектов поведения металлов построена модель деформирования материалов, обладающих свойством запаздывания текучести (Ю. Н. Работнов, Е. В. Ломакин). Показано, что для этих материалов диаграмма деформирования в определенной области неоднозначна и переход с одной ветви на другую осуществляется в соответствии с условиями проведения эксперимента. Проанализирован процесс распространения пластической деформации по образцу, в результате которого на диаграмме появляется так называемая площадка текучести. Модель учитывает влияние различных факторов на поведение материалов — скорости нагружения и температуры.

Исследование процесса пластичности структурно анизотропных композитных сред позволило установить существование в пространстве напряжений предельной поверхности не ассоциированной с законом пластичности (Л. П. Исупов). В процессе деформирования сингулярная точка поверхности нагружения перемещается по предельной поверхности.

б) *Термомеханика*. На основе анализа работы тепловой машины в рамках современной термодинамики, где место функций занимают функционалы, предлагается новый взгляд на конструкцию циклов работы тепловых машин и структуру материальной (полной по времени) производной термодинамических объектов. Предлагается дополнение, состоящее в утверждении о неотрицательности функционала свободной энергии в замкнутых циклах по деформациям и температуре для термодинамических систем и выявляются следствия такого дополнения. В частности, доказываемая справедливость обобщения известного постулата пластичности на неизотермические процессы, ограниченность порядка соотношений дифференциального типа, разрешенных относительно напряжений, а также анализируется специфика материалов с упругой мгновенной реакцией. Выявляются ограничения на форму определяющих соотношений, накладываемых принципом термодинамического согласования (удовлетворение неравенства диссипации). Для сред, определяющее соотношение для которых разрешено относительно напряжений (упругость, вязкость, наследственность), в силу указанного принципа, задание одного термодинамического объекта — свободной энергии — позволяет определить скорость некомпенсированного тепла (внутренний разогрев).

Современная механика деформируемых твердых тел при формулировке определяющих соотношений, кроме максимального соответствия эксперименту, требует удовлетворения всей гамме общих физико-математических положений, и в том числе принципам термодинамического согласования и макродетерминизма. Первый предполагает возможность дополнения механической модели термодинамикой, что, в свою очередь, приводит к необходимости расширять сами термодинамические постулаты.

В дополнение к ранее выставленному требованию к свойствам свободной энергии в замкнутых циклах по деформациям и температуре сделаем дополнение, состоящее в том, что этот термодинамический объект не обязательно

должен быть неотрицательным в первом же цикле работы тепловой машины. Это требование должно выполняться в среднем по циклам непрерывно работающей машины. Однако показано, что для известных моделей механики сплошной среды, где определяющими аргументами являются деформации и температура (термомеханика), эти требования совпадают.

Доказано, что для соотношений дифференциально-линейного типа, разрешенных относительно напряжений, допустимо включение производных от деформаций по времени не выше второго порядка. Для обычной вязкости доказано положение, известное под названием гипотезы Гиббса.

Приведены основы теории пластичности неизотермических процессов и на основании термодинамического анализа доказано положение, носящее в изотермической пластичности наименование постулата пластичности: работа внутренних сил в цикле, замкнутом по деформациям и температуре, неотрицательна. Следствием этого явилось неравенство, не включающее температуру и совпадающее с тем, что имеет место в изотермической пластичности, то есть невогнутость предельной поверхности в изотермическом подпространстве исходного пространства и ортогональность прироста пластической деформации к этой поверхности в регулярной точке.

в) *Ползучесть*. С момента возникновения кафедры на ней были развернуты систематические экспериментальные и теоретические исследования по ползучести металлов. Под руководством Ю. Н. Работнова в 1956 г. была создана лаборатория (теперешняя лаборатория ползучести металлов НИИ механики МГУ), в которой был выполнен широкий цикл исследований, включающий экспериментальное изучение свойств ползучести и длительной прочности как при одноосном, так и при сложном напряженном состоянии. На основе этих и некоторых других экспериментов были сформулированы конкретные виды определяющих соотношений для различных типов материалов и процессов. В частности, была сформулирована теперь широко известная теория упрочнения Ю. Н. Работнова, основанная на введении интегро-дифференциальных параметров состояния.

В последующие годы Ю. Н. Работнов и его ученики существенное внимание уделяли кратковременной ползучести. Впервые было обращено внимание на такие особенности, как отсутствие упрочнения и высокий уровень мгновенных пластических деформаций. Эти особенности позволили создать простую и надежную теорию кратковременной ползучести, успешно используемую в практике при высоких уровнях температуры и давления.

Одним из новых направлений является изучение виброползучести материалов (С. А. Шестериков, А. М. Локощенко). Проведена серия экспериментов, позволившая оценить возможности предложенной теории виброползучести.

Большое внимание в последние годы уделяется явлению электропластичности (В. Д. Ключников, И. В. Овчинников). На основе идеи о мозаично-температурном воздействии предложена математическая модель явления.

Рассмотрены механические эффекты при импульсном температурном воздействии в кончике трещины. Проведены исследования действия короткого импульса тока на дефекты типа трещин. Предложены определяющие соотношения электропластичности в случае раздельного и совместного действия тока и деформирования. Используя эти соотношения, исследована возможность оптимизации эффекта электропластичности по параметрам импульса тока. Проведены сравнения с имеющимися экспериментальными данными.

г) *Наследственность (наследственная вязкоупругость)*. На кафедре получила существенное развитие теория наследственности, предложенная Ю. Н. Работновым — теория, предназначенная для описания поведения материалов с «памятью» о прошедших деформациях. Идеи этой теории, идущие еще от работ Вольтерра, возрожденные и существенно обобщенные Ю. Н. Работновым, оказались весьма плодотворными при описании свойств таких новых материалов, как полимеры. Важным практическим этапом в новых разработках являлось введение так называемых Э-функций, обладающих теми важными свойствами, что резольвента определяющего интегрального соотношения с ядром в виде Э-функций будет снова Э-функцией. Позволяя достаточно хорошо описывать свойства реальных материалов, такое введение открывало возможности относительно простого решения краевых задач с использованием принципа Вольтерра—Работнова. Существенная работа было проведена по созданию методов обработки экспериментальных данных с привлечением ЭВМ и табулированию Э-функции.

Наряду с разработкой такой линейной теории велись исследования и по нелинейной теории наследственности, основанной на понятии кривой мгновенного деформирования. Соотношения такого типа, как оказалось, достаточно хорошо описывают поведение некоторых композитных материалов. Разработана методика экспериментального определения параметров теории, основанная на применении ЭВМ. Интересны результаты, полученные в рамках наследственной пластичности. Эта теория основана на введении в определяющие уравнения только пластической составляющей и на учете истории упругого деформирования (интеграл, учитывающий наследственность, берется от нуля). Это позволило, в частности, установить зависимость предела текучести от скорости нагружения. Установлено условие пластического деформирования металлов, которое, с одной стороны, устанавливает момент перехода от упругих деформаций к пластическим, а с другой стороны, определяет условие, при котором пластический процесс будет сохраняться. Нарушение этого условия, к чему приводит, например, резкое увеличение скорости нагружения, вызывает повторное упругое деформирование.

Использование представления о наследственном характере процесса деформирования металлов позволило объяснить и описать вязкие участки при разгрузке и установить их зависимость от режимов нагружения. Дан анализ процессов распространения догрузочных импульсов и установлена зависимость величины упругой деформации догрузочного импульса от скорости

догрузки и величин предельной деформации, остаточной к моменту догрузки. В настоящее время в наследственности была реализована идея о симметрии памяти материала в отношении напряжений и деформаций (В. Д. Ключников, И. В. Овчинников), открывающая ряд новых возможностей в адекватном описании реологических свойств.

д) *Разрушение*. На кафедре с участием лаборатории ползучести НИИ механики МГУ велись интенсивные разработки теории длительной прочности материалов при повышенной температуре. В основу исследования полагалась концепция (Ю. Н. Работнов), состоящая в том, что разрушение есть исход процесса деформирования и накопления повреждений как единого целого. В соответствии с этим момент разрушения зависит от вида процесса, а не определяется, как это было ранее принято, одним только состоянием. Систематическое экспериментальное изучение в этой области (С. А. Шестериков, А. М. Локощенко и др.) позволило создать основу для формулировки определяющих соотношений, описывающих процесс деформирования, вплоть до разрушения. Особенно эффективным этот метод оказался для предсказания длительной прочности в условиях кратковременной ползучести (Ю. Н. Работнов). Соответствующее «кинетическое» уравнение — уравнение, связывающее параметры поврежденности и напряженно-деформированного состояния, — здесь оказывается весьма простым и естественно аргументированным. В общем случае проблема такого «рассеянного разрушения» сложна как в принципиальном, так и в прикладном плане: определяющие соотношения уже при простейших предположениях (Е. Б. Любарт) создают большие трудности при решении конкретных задач.

Наряду с проблемой «рассеянного» разрушения на кафедре активно разрабатывается теория магистральных трещин — линейная механика разрушения. С одной стороны, известные положения этой теории, такие как определение коэффициентов интенсивности, вязкости разрушения, методы соответствующей тарировки и определения длины трещины, распространялись на анизотропные, неоднородные и пористые материалы (графит, композиты и т. п.). Здесь получены (Ю. Н. Работновым, Е. В. Ломакиным) и подтверждены экспериментом новые интересные результаты, такие как возможность использования изотропной тарировки коэффициента интенсивности при определении вязкости разрушения даже для сильно анизотропных материалов, что на практике значительно упрощает дело.

С другой стороны, проводилась работа по обоснованию основных положений линейной механики разрушения, распространяемой на тела с необратимыми деформациями (В. Д. Ключников, В. А. Ибрагимов).

Была обнаружена недейственность критерия разрушения Райса—Черепанова для неголономных определяющих соотношений и указаны возможные пути исправления этого положения. В частности, указано, что роль разгрузки в непосредственной близости к кончику трещины, которая и создает такой дефект, с позиций современной пластичности ничтожна.

Очевидно, что «рассеянное» и «магистральное» разрушение — две стороны одного и того же процесса. Объединение этих сторон было отражено в новой модели (Ю. Н. Работнов, А. И. Зобнин), которая описывает квазистатический рост магистральной трещины как результат слияния субмикротрещин, накапливающихся во всем объеме нагруженного тела. Суммарный эффект накопления микроповреждения учитывается введением необратимой объемной деформации разрыхления. Исследованы различные критерии разрушения.

Из конкретных проблем, связанных с прочностью материалов, надо отметить большую работу по определению зависимости предела прочности материала типа бетона от скорости деформирования (Ю. Н. Работнов, А. П. Бронский, В. Д. Ключников, Р. И. Мазинг, С. А. Шестериков). Специально для ее выполнения были сконструированы копер и измерительные устройства. Искомый эффект оказался существенным.

Разработана экспериментальная методика оценки термочности при быстром нагреве хрупких материалов и развиты соответствующие методы расчета, позволившие полностью описать наблюдаемые эффекты задержки разрушения (Л. И. Миркин, С. А. Шестериков, М. А. Юмашева).

е) *Механические свойства материалов.* Эта область деятельности кафедры, связанная с непосредственными запросами практики, охватывает широкий круг естественных и синтетических (композитных) материалов с нетрадиционными свойствами. Под руководством Ю. Н. Работнова проведены обширные исследования структур и свойств углеродных волокон, графитов и углеродных композитов, исследованы механические свойства стекло-, угле-, боро- и органопластиков (а также гибридных композитов) при статическом, динамическом и усталостном разрушении. Результаты исследований нашли широкое применение при конструировании композитных элементов новых летательных аппаратов.

Был предложен принципиально новый подход к описанию пластических свойств волокнистых композитов (Ю. Н. Работнов, Л. П. Исупов). Получены определяющие соотношения для структурно-анизотропной двухфазной среды, имеющие вид сингулярного закона пластичности с анизотропным трансляционным упрочнением. Исследованы качественные особенности процесса пластичности композитных сред.

Разработан класс критериев прочности композита с учетом конкретного характера разрушения, связанного с волокнистым строением композитов. Эти критерии охватывают широкий диапазон видов нагружения: растяжение, сжатие, изгиб, кручение и т. д. Ю. Н. Работновым и его учениками получены существенные результаты в области теории разрушения композитов сложного строения, в области механики развития и торможения трещин, в области оценки оптимальных свойств композита по условию разрушения. Внесен существенный вклад в статистическую теорию прочности армированных моделей композитов с анизотропными компонентами. Исследован (А. И. Зобнин) процесс расщепления в волокнистых материалах.

Предложен вариант анизотропной моментной теории упругости для волокнистого композита (Л. П. Исупов). Доказано, что в этом случае входящий в определяющие уравнения линейный параметр определяется размером структурной неоднородности и отношением модулей компонентов. Исследованы концентрации напряжения у концентраторов малых размеров с учетом моментных членов.

Замеченное в эксперименте свойство некоторых материалов вести себя не одинаково при растяжении и сжатии побудило к разработке разномодульной теории упругости. Показано (Е. В. Ломакин), что в рамках упругости достаточно хорошего совпадения с экспериментальными результатами можно добиться в предположении тензорной линейности. Это положение остается справедливым и для анизотропных материалов. Разработана методика экспериментального определения входящих в определяющие соотношения функций вида напряженного состояния и коэффициентов анизотропии.

Предложены (Е. В. Ломакин) соотношения для пластически разрыхляющих материалов. В рамках этой теории деформация разрыхления зависит одновременно от интенсивности напряжений и от вида напряженного состояния. Проведены исследования по определению зависимости сопротивления материалов от скорости деформирования (Г. С. Шапиро, Е. В. Ломакин). Исследования процессов деформирования материалов, выполняющиеся на кафедре, не ограничиваются только макроопытом и феноменологическим описанием наблюдаемых явлений. С момента организации кафедры и лаборатории Ю. Н. Работнов поставил задачу всемерного развития анализов процессов деформирования на микроструктурном уровне. Многочисленные экспериментальные и теоретические работы, выполненные Л. И. Миркиным, С. А. Шестериковым и др., позволили существенно раздвинуть рамки использования механизмов деформирования при формулировке общих соотношений механики реономных сред.

В последние годы на кафедре проводится разработка одного из фундаментальных направлений развития механики деформируемого твердого тела, сводящаяся к построению математических теорий деформирования и разрушения сложных сред. К таковым относятся неоднородные среды, содержащие трещины, поры, включения и другие особенности структуры (Е. В. Ломакин); горные породы, некоторые порошковые и композитные материалы, конструкционные графиты, чугун, бетон и многие другие, находящие широкое применение в различных областях техники.

При исследовании механических свойств данных материалов обнаружены некоторые эффекты, которые не могут быть описаны на основе существующих теорий деформирования и пластического течения. К таким эффектам относятся зависимость деформационных, пластических и прочностных свойств материалов от вида напряженного состояния, создаваемого при нагружении, взаимосвязь процессов объемного и сдвигового деформирования, а также возможность объемного расширения при действии сжимающих

напряжений. На основе анализа результатов экспериментальных исследований разработаны теории упругого и упругопластического деформирования данных материалов, позволяющие описать объемное расширение при сдвиге, а также при некоторых условиях нагружения, когда среднее нормальное напряжение сжимающее. При этом показано, что коэффициент взаимосвязи между объемной деформацией и эквивалентной сдвиговой деформацией зависит от условий нагружения и деформирования. В результате этой взаимосвязи оказалось, что традиционные постановки краевых задач в некоторых случаях не могут быть использованы, в частности, для задач продольного сдвига и кручения, поскольку сдвиг в одном направлении вызывает перемещения в других направлениях. Поэтому разработаны новые методы исследования данных проблем и получены решения ряда задач (Е. В. Ломакин).

Предложенная форма определяющих соотношений позволяет находить асимптотические решения вблизи вершин трещин. Исследовано напряженно-деформированное состояние в окрестности макротрещин в средах, содержащих микроповреждения, применительно к условиям плоского напряженного состояния и плоской деформации. Полученные асимптотические решения задач свидетельствуют о том, что в условиях действия касательных напряжений вдали от трещины происходит раскрытие трещины, что вносит определенный вклад в объемную деформацию материала. Эти результаты принципиально отличаются от известных решений (Е. В. Ломакин, Т. А. Белякова).

Для анализа предельного состояния поврежденных тел разработана жесткопластическая модель материала, позволяющая определять предельные нагрузки, а также значения предельной пластической объемной деформации. На основе решения задач о пластическом течении тел при различных условиях нагружения показано, что связанная с наличием повреждений зависимость пластических свойств материала от вида напряженного состояния существенным образом изменяет значения предельных нагрузок (Е. В. Ломакин).

Проведен систематический анализ основных закономерностей перехода от локальных определяющих уравнений к соотношениям на макроуровне для неоднородных упругопластических сред в рамках теории течения (Л. П. Исапов). Получена общая формула осреднения неупругих деформаций. Сформулированы определяющие уравнения для двухфазной композитной среды с кусочно-гладкой поверхностью нагружения, исследованы условия активного нагружения в пространстве макронапряжений. Установлено, что композит с идеально пластическими компонентами обладает ограниченным деформационным упрочнением, т. е. в пространстве макронапряжений существует предельная поверхность, которая определяет переход к идеально пластическому деформированию. Построены модели реальных композитных материалов с армирующими элементами различной формы. Исследованы свойства пластической анизотропии и особенности пластического деформирования композитных материалов.

Проведен сравнительный анализ существующих нелокальных критериев прочности для условий плоского напряженного состояния и плоской деформации (Л. П. Исупов). Предложен новый нелокальный критерий разрушения на основе линейной пластической зоны. Показано, что в рамках такого подхода может быть с единых позиций описана прочность тел с сингулярными и гладкими концентраторами напряжений.

## Решение задач. Общие методы

а) *Теория упругости.* С первых лет существования кафедры теории пластичности на ней возникло и успешно развивалось научное направление по контактными задачам теории упругости и вязкоупругости, руководимое членом-корреспондентом АН СССР Л. А. Галиным. В работах Л. А. Галина и его учеников продолжились совершенствоваться методы решения пространственных и плоских задач теории упругости. Ряд работ по плоским контактными задачам для неоднородных цилиндрических тел значительной протяженности, соприкасающихся по дуге (Р. И. Мазинг), позволил выяснить особенности распределения контактного давления под штампом и получить зависимости угла контакта от приложенного давления. Метод, использованный при решении таких контактных задач и основанный на представлении решения в виде интерполяционного полинома Лагранжа (Р. И. Мазинг), оказался эффективным для решения задач механики хрупкого разрушения.

На кафедре выполнен ряд работ по контакту шероховатых тел (В. М. Александров, И. Г. Горячева). В этих работах предполагается, что, наряду с перемещениями контактирующих тел, подчиняющихся линейному закону Гука, существуют локальные поверхностные перемещения, нелинейно зависящие от давления. Задача в этом случае сводится к решению нелинейного интегрального уравнения. Такая постановка контактных задач позволяет полнее учесть все эффекты, происходящие при контакте реальных тел.

Л. А. Галин поставил и решил ряд контактных задач с учетом абразивного износа контактирующих тел. Предположив, что сила трения пропорциональна давлению, а абразивный износ — скорости давления, он получил решение задачи о контакте прогнутой балки, контактирующей с упругой полуплоскостью. Эта идея получила дальнейшее развитие в задачах об осесимметричном контакте при наличии износа (Л. А. Галин, В. М. Александров, И. Г. Горячева). За цикл работ по контактными задачам Л. А. Галин удостоен Государственной премии СССР.

Были поставлены и решены контактные задачи для шероховатых тел в случае нелинейного износа и при нелинейном законе трения, с учетом тепловыделения от трения; контактные задачи с износом, вызванным оплавлением контактирующих поверхностей (В. М. Александров). Был предложен метод



решения перечисленных задач, дающий возможность строить явные асимптотические разложения при большом и малом времени износа для основных характеристик явления (В. М. Александров).

При изнашивании контактирующих тел могут проявляться эффекты последействия. Предложена новая модель наследственно-стареющего изнашивания (Р. И. Мазинг, М. В. Гавриков), позволяющая описать эти явления. Разработан численный метод решения контактных задач с учетом износа, позволяющий учесть монотонное возрастание зоны контакта.

Большой цикл работ по теории упругости для слоистых сред был выполнен под руководством Г. С. Шапиро. Было показано, что осесимметричная, плоская и широкий класс трехмерных задач сводятся к имеющим одну и ту же функциональную матрицу системам функциональных уравнений относительно неизвестных функций от параметра интегрирования. После выделения особенностей решения эти системы были численно проинтегрированы на ЭВМ методом Гаусса с последовательным исключением неизвестных. Разработанные методы были использованы при построении эффективных решений контактных задач теории упругости для многослойных сред. Наиболее интересными являются те из них, в которых не допускается появление растягивающих напряжений на площадке контакта между штампом и основанием. Такова, например, задача о контакте кругового или кольцевого штампа с упругой слоистой средой (Г. С. Шапиро), в ходе решения которой даны два варианта решения задачи о кольцевом штампе, позволяющие выделить особенности на обоих контурах площадки контакта. Получено также решение задачи о вдавливании круглого цилиндрического штампа с плоским основанием в пакет из произвольно числа плоскопараллельных слоев, лежащих на полупространстве.

б) *Теория вязкоупругости.* Значительное развитие на кафедре получили контактные задачи вязкоупругих сред. Л. А. Галин с учетом сил инерции получил решение задачи о движении жесткого штампа по границе вязкоупругой полуплоскости. Введение для быстро релаксирующей среды малого параметра позволило получить эффективное решение задачи. Решена задача о вдавливании штампа, жестко связанного с изотропной упругонаследственной полуплоскостью (Л. А. Галин, И. Г. Горячева). Показано, что особенность распределения контактного давления, характерная для упругого решения, имеет место и для наследственно упругого тела. Решена также задача о качении вязкоупругого цилиндра по основанию из такого же материала. Получены выражения для подсчета силы и момента сопротивления движению. В. П. Тен рассмотрел осесимметричную контактную задачу для вязкоупругого полупространства при наличии сцепления и показал существование при малых частотах осцилляции напряжений у края штампа.

Большое число принципиальных и важных в практическом отношении задач наследственной вязкоупругости решено с использованием принципа Вольтерра—Работнова. Некоторые важные задачи решены в рамках нелинейной наследственности, основанной на модели Ю. Н. Работнова. Эти решения

выявили широкие возможности модели и хорошее совпадение с данными наблюдения.

в) *Пластичность*. Получение точных решений упругопластических задач имеет принципиальное значение: оно дает возможность установить единственность жесткопластических решений, выявить смысл разрывных жесткопластических решений. Ряд подобных задач для клина был решен Г. С. Шапиро. Большое внимание на кафедре уделялось развитию методов расчета по предельному состоянию. Под руководством Г. С. Шапиро существенное развитие получил так называемый жесткопластический анализ. Этим методом решено большое количество практически важных задач, в том числе задач оптимального проектирования пластических конструкций.

Получено решение ряда задач для неоднородных жесткопластических тел (Б. А. Друянов), и в частности контактных задач.

В рамках упрочняющегося материала, удовлетворяющего дифференциальному соотношению, предложен (В. Д. Ключников) общий метод решения краевой задачи разложением по параметру нагружения, сводящий исходную задачу к последовательности упругих задач. Решение для конкретных случаев (Л. Л. Бойко) показало хорошую эффективность метода.

В последующее время предложен (В. Д. Ключников) эффективный метод решения для упрочняющихся жесткопластических тел при больших деформациях, позволяющий относительно просто исследовать технологические процессы обработки металлов давлением.

Проведен (А. Н. Сахаров, Е. А. Давыдова) анализ задач пластического течения упрочняющихся, неоднородных и анизотропных материалов, позволивший выделить ограничения, накладываемые условием стационарности процесса деформирования на геометрию течения и свойства материалов. Установлены необходимые условия существования действительных характеристик для трехмерного течения упрочняющихся тел. Подобный анализ существенен при проектировании процессов обработки давлением новых конструктивных и композитных материалов.

г) *Ползучесть*. Для решения краевых задач ползучести широко применялись специально развитые (Ю. Н. Работнов, С. А. Шестериков) вариационные методы. Этими методами было решено большое количество задач, и в частности задачи о релаксации дисков, изгибе пластин, сплющивании оболочек и др.

Для задач об установившейся ползучести предложен (Ю. Н. Работнов) общий метод решения, сводящий исходную задачу к задаче вполне аналогичной идеальной пластичности. Это позволяет использовать эффективный жесткопластический анализ. Таким способом решены важные задачи о ползучести и релаксации элементов турбин.

д) *Разрушение*. С привлечением теории  $R$ -аналитических функций (В. А. Ибрагимов) решен целый ряд новых задач о магистральных трещинах. Исследованы (В. Д. Ключников, В. А. Ибрагимов) особенности вблизи конца движущейся трещины для упругопластического материала при различных

определяющих соотношениях. Этими же авторами проведена большая работа по анализу влияния геометрической нелинейности на решение задачи о трещине. Получен настораживающий результат: такая задача в рамках классической механики может быть некорректной.

Под руководством Ю. Н. Работнова выполнен цикл работ, посвященный созданию эффективного метода решения задач длительной прочности, основанного на идеях предельного равновесия.

Существенное внимание уделялось исследованию распространения трещин в неоднородных анизотропных телах типа композитов, и в частности распространению трещин в расщепляющихся материалах и их торможению (А. И. Зобнин, Е. В. Ломакин), распространению трещин в разрыхляющихся материалах.

Большое количество задач решено в рамках теории рассеянного разрушения.

е) *Устойчивость*. Кафедра первой в России занялась разработкой проблемы упругопластической устойчивости с позиций, отличных от традиционного эйлера подхода. Собственно новые направления в этой области своим возникновением обязаны оригинальным работам Ф. Шенли за рубежом и Ю. Н. Работнова у нас в стране. Концепция продолжающегося нагружения Шенли — Работнова быстро получила широкое распространение в инженерной практике. Последующие же исследования в основном были связаны с доказательством адекватности такого подхода, его расширением и постановкой соответствующей задачи на том же уровне строгости, как и проблемы Эйлера.

Было показано (В. Д. Ключников), что выпучивание упругопластических конструкций является следствием не потери устойчивости состояния (как в упругости), а потери устойчивости движения — процесса деформирования. В соответствии с этим критерием устойчивости здесь служит не бифуркация состояния, а бифуркация процесса (неединственность приращений или скоростей). Установлена особая роль равноактивной бифуркации как самой ранней бифуркации в процессе внешнего нагружения. При этом проблема бифуркации процесса для пластического тела сводится к проблеме бифуркации состояния некоторого упругого тела — упругого эквивалента.

Наряду с выделяемыми таким образом особыми точками процесса деформирования — бифуркациями состояния (нулевого порядка) и процесса (первого порядка) — было указано на возможное практическое значение бифуркаций высшего порядка, в частности, в рамках дифференциально-нелинейных определяющих соотношений.

Так же, как и в области упругопластической устойчивости, в области устойчивости при ползучести основополагающие работы были выполнены сотрудниками кафедры. Исходной явилась работа Ю. Н. Работнова и С. А. Шестерикова (1957), в которой на основе динамического анализа был выдвинут критерий, служивший источником многочисленных последующих разработок в этой области. На основе этого критерия был решен ряд задач устойчивости

(С. А. Шестериков, А. М. Локощенко, В. В. Кошелкин). В последующем (В. Д. Ключников) удалось формализовать способ выделения особых точек процесса деформирования такого типа (точки псевдобифуркации), что позволило, с одной стороны, распространить подход на другие среды, например наследственные, а с другой стороны — упростить метод расчета введением соответствующего упругого эквивалента.

В рамках неклассических задач устойчивости деформируемых тел рассматривалась (В. Д. Ключников, К. А. Хвостунков) проблема устойчивости упругих тонкостенных систем под действием массовых нагрузок, возникающих вследствие гравитационного взаимодействия частиц тела (самогравитация). Устойчивость самогравитирующей системы в силу ее консервативности исследовалась на основе энергетического критерия устойчивости в его статическом варианте. Функционал устойчивости строился как вторая вариация функционала полной потенциальной энергии системы с учетом второй вариации перемещений. Задача об устойчивости конкретной тонкостенной конструкции решалась с учетом явного вида функций, определяющих первую и вторую вариацию перемещений в полученном функционале. Полученный функционал учитывает интегральную зависимость, как величины, так и направления данной нагрузки от деформации всей системы.

Параллельно с задачами устойчивости на кафедре разрабатывались методы расчета систем с малыми начальными несовершенствами (С. А. Шестериков), которые в настоящее время в рамках ползучести считаются более надежными, чем расчеты на устойчивость.

ж) *Динамические задачи.* Большой цикл работ по динамике жесткопластических конструкций был выполнен под руководством Г. С. Шапиро. Он включает задачу об ударе по кольцевой пластинке, позволившую провести экспериментальное изучение применимости жесткопластического анализа, ряд работ об использовании статических профилей напряжений в динамических задачах, исследования по движению жесткопластических конструкций в сопротивляющейся среде, задачи о вырубке отверстий в пластинках под действием высокой нагрузки (А. Р. Сковорода).

Существенным вкладом в развитие этого класса задач явилось установление нового вариационного принципа (В. П. Тамуж). Рассмотрена также модель жесткопластического тела, в которой учитывается зависимость предела текучести от скорости деформирования (Г. С. Шапиро), и построено решение задачи об ударе с постоянной скоростью по полубесконечному стержню из такого материала.

Анализ распространения волн напряжения в материале с наследственными свойствами показал, как влияют свойства материала и характер нелинейности на форму профиля; построены динамические диаграммы деформирования с учетом наследственных эффектов и показано, что все они близки между собой и могут быть отождествлены с мгновенной диаграммой. Таким образом, указан путь экспериментального определения последней. Кроме того,

подтверждается справедливость использования модели Кармана—Тейлора—Рахматулина для широкого класса задач.

Рассмотрены задачи о распространении волн напряжения в стержнях постоянного и переменного поперечного сечения (Ю. Н. Работнов, Е. В. Ломакин). Учет эффекта запаздывания существенно меняет качественный характер решения, пластические волны начинают распространяться от конца стержня не сразу, а через некоторый промежуток времени. Область остаточных пластических деформаций также оказывается иной, чем это следует из обычного анализа.

Дано приложение модели к жесткопластическому анализу. Решен ряд задач об изгибе балок и пластин, выяснены особенности появления и движения пластических шарниров, вносимые запаздывающей текучестью.

з) *Другие задачи.* Интересные результаты были получены на кафедре в области моментной теории. Исследование решения задач концентрации в рамках изотропной моментной теории упругости показало (Р. И. Бергман), что эффект моментности исчезающе мал. Однако, как оказалось (Л. П. Исупов), этот эффект становится заметным, если материал существенно анизотропен, например волокнистый композит. Это обстоятельство должно вновь привлечь внимание к разработке моментной теории.

На кафедре работает научно-исследовательский семинар по механике деформируемого твердого тела, на котором с научными докладами выступают не только сотрудники кафедры, но и представители научных центров страны: С.-Петербурга, Таллина, Риги, Львова, Ростова-на-Дону, Харькова, Днепропетровска, Минска, Новосибирска, Перми, Свердловска, Челябинска, Горького, Еревана, Баку, ряда других городов. На семинаре с докладами выступают зарубежные ученые: Е. Наяр (ПНР, 1967), З. Ващишин (ПНР, 1969), Б. Кроссленд (Великобритания, 1969), Я. Рыхлевский (ПНР, 1971, 1984), Г. Захариев (НРБ, 1971), А. Медуховский (ПНР, 1974), Дж. Эриксен (США, 1975), С. Матсыяк (ПНР, 1978), А. Келли (Великобритания, 1979) и многие другие.

Кафедра имеет прямые связи с ведущими промышленными предприятиями народно-хозяйственного, оборонного и космического направлений.

Международные научные связи коллектива кафедры осуществляются не только за счет контактов с зарубежными учеными и подготовки иностранных специалистов. Ю. Н. Работнов неоднократно выезжал с чтением лекций за рубеж. Он прочитал цикл лекций в 1959 г. в КНР, в 1967 г. в Токийском университете, в 1971 г. в университете Монтевидео (Уругвай), в 1973 г. в Международном центре механических наук в Удино (Италия), в 1975 г. в Дрезденском техническом университете (ГДР), в 1978 г. в Краковском политехническом университете (ПНР), в 1979 г. в университете Пуатье (Франция).

Ученые кафедры неоднократно выступали с докладами на международных конгрессах по теоретической и прикладной механике, на симпозиумах по ползучести и механике разрушения. Академик Ю. Н. Работнов неоднократно избирался вице-президентом Международного конгресса по разрушению.

Кафедра теории пластичности проводит большую работу по подготовке специалистов высокой квалификации по механике деформируемого твердого тела. О широте научной и педагогической деятельности говорит перечень обязательных и специальных курсов. На кафедре читаются обязательные годовые курсы «Теория упругости» для студентов 3 курса и «Теория пластичности» для студентов 4 курса, обязательный спецкурс по физике «Физические основы прочности и пластичности» для студентов 4–5 курсов. В разные годы читались следующие спецкурсы по выбору студентов: «Наследственная механика твердого тела», «Механика композитных материалов», «Теория упругости анизотропного тела», «Устойчивость деформируемых систем», «Теория ползучести», «Механика разрушения», «Вариационные методы в механике деформируемого твердого тела», «Асимптотические методы», «Неклассические контактные задачи» и ряд других спецкурсов. Большинство из них предлагается и в настоящее время.

Сотрудники кафедры читают курс «Механика сплошной среды» для студентов 2 и 3 курсов отделения механики.

На кафедре работают учебные семинары по механике деформируемого твердого тела, программы которых охватывают дополнительные вопросы механики и систематически обновляются.

В среднем кафедра выпускает около пятнадцати специалистов в год, из них 3–5 человек сразу рекомендуются в аспирантуру. Многие выпускники кафедры защищают кандидатские и докторские диссертации. Всего более шестидесяти выпускников кафедры стали кандидатами, а около пятнадцати — докторами наук.

В настоящее время коллектив кафедры состоит из заведующего кафедрой профессора С. А. Шестерикова, профессора Е. В. Ломакина, профессора В. М. Александрова, доцента Р. И. Мазинга, доцента А. М. Сахарова, доцента К. А. Хвостункова, ассистента Т. А. Беляковой, научного сотрудника И. В. Овчинникова.

Ранее на кафедре работали академик АН СССР Ю. Н. Работнов, профессор В. Д. Ключников, член-корр. АН СССР Л. А. Галин, профессор Г. С. Шапиро, профессор Н. И. Малинин, доцент А. П. Бронский. К чтению отдельных спецкурсов неоднократно приглашались профессора: Л. И. Миркин, Д. Д. Ивлев, А. Л. Гольденвейзер, Г. П. Черепанов.

## **Биографическая справка о членах коллектива кафедры**

**Работнов Юрий Николаевич** (24 февраля 1914 г. — 13 мая 1985 г.) родился в Нижнем Новгороде в семье учителя гимназии. Поступил в МГУ в 1930 г. Окончил МГУ в 1935 г. В 1940 г. защитил кандидатскую диссертацию.

С 1935 по 1941 г. работал в должности ассистента в Московском энергетическом университете. С 1941 по 1943 г. работал в должности ст. научного

сотрудника во Всесоюзном электротехническом институте. С 1944 по 1947 г. работал на механико-математическом факультете в должности доцента. В 1946 г. защитил докторскую диссертацию.

С 1947 по 1952 г. работал в должности профессора МГУ и одновременно в должности старшего научного сотрудника, а затем и заведующего лабораторией прочности Института механики АН СССР.

С 1952 г. по 1954 г. Юрий Николаевич Работнов декан механико-математического факультета МГУ и заведующий Отделением механики МГУ. В 1953 г. создает и возглавляет кафедру теории пластичности на механико-математическом факультете МГУ. В 1953 г. избран членом-корреспондентом АН СССР. В 1958 г. избран действительным членом АН СССР.

С 1958 по 1965 г. — заместитель директора Института гидродинамики СО АН СССР и заведующий кафедрой теории упругости и пластичности в Новосибирском государственном университете. С 1965 по 1985 г. — заведующий кафедрой теории пластичности МГУ и возглавляет лабораторию прочности машиностроительных материалов Института машиноведения АН СССР.

Автор монографий: «Ползучесть элементов конструкций» (1966); «Кратковременная ползучесть» (совм. с С. Т. Милейко, 1970); «Элементы наследственной механики твердых тел» (1977); «Механика деформируемого твердого тела» (1979); учебника: «Сопrotивление материалов» (1962).

Основные научные исследования относятся к области теории упругости, вязкоупругости, пластичности, ползучести, механики композитных материалов, механики разрушения.

**Шестериков Сергей Александрович** родился 6 декабря 1930 г. в Москве. Поступил в МГУ в 1949 г. В 1954 г. поступил в аспирантуру. В 1957 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Устойчивость при ползучести».

В 1957 г. оставлен ассистентом на кафедре теории пластичности механико-математического факультета. С 1960 г. — заведующий лабораторией Института механики МГУ. С 1975 г. по 1999 г. — заведующий отделом в Институте механики МГУ. В 1966 г. защитил докторскую диссертацию по теме «Некоторые общие вопросы теории ползучести и задачи устойчивости». В 1968 г. присвоено звание профессора. С 1968 г. — член Национального комитета по теоретической и прикладной механике. В 1990 г. Сергей Александрович Шестериков становится лауреатом Государственной премии РСФСР в области науки и техники. В 1990 г. получена премия Минвуза СССР за монографию «Структура и прочность материалов при лазерных воздействиях». В 1998 г. избран действительным членом Российской академии естественных наук. В 1999 г. получено звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». В 2000 г. избран членом-корреспондентом Российской академии наук.

Автор трех монографий и более 150 статей. Тридцать учеников С. А. Шестерикова стали кандидатами физико-математических наук, а пятеро — докторами наук.

Основные научные исследования относятся к области теории ползучести, механики разрушения, устойчивости, пластичности.

**Клюшников Владимир Дмитриевич** (1 февраля 1928 г. — 11 мая 2001 г.) родился в с. Ново-Писцово Ивановской области. Поступил в МГУ в 1949 г. В 1954 г. окончил механико-математический факультет МГУ и поступил в аспирантуру. В 1957 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Некоторые вопросы теории общей формы связи между напряжениями и деформациями и упругопластическая устойчивость». В 1957 г. оставлен на кафедре теории пластичности механико-математического факультета в должности научного сотрудника. С 1961 г. присвоено звание доцента. В 1967 г. защитил докторскую диссертацию по теме «Некоторые общие вопросы пластичности и пластической устойчивости». В 1971 г. присвоено звание профессора.

С 1986 по 2001 г. Владимир Дмитриевич Клюшников являлся заведующим кафедрой теории пластичности механико-математического факультета.

В 1998 г. удостоен звания «Заслуженный деятель науки РФ». В 1998 г. присвоено звание «Заслуженный профессор МГУ».

Монографий: «Математическая теория пластичности» (1977); «Устойчивость упругопластических систем» (1980); «Лекции по устойчивости деформируемых систем» (1986); «Основы экспериментальной механики разрушения» (1989); «Физико-математические основы прочности и пластичности» (1994).

**Ломакин Евгений Викторович** родился 17 января 1945 г. в Баку в семье служащих. Поступил на механико-математический факультет МГУ в 1963 г. Окончил МГУ в 1968 г. Аспирантуру — в 1971 г. В 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Запаздывание текучести в углеродистых сталях». В 1971 г. оставлен на кафедре в должности ассистента.

С 1977 по 1993 г. работал в должности доцента. В 1978 г. получил звание доцента.

В 1988 г. защитил докторскую диссертацию по теме «Деформирование и разрушение сред, характеристики которых зависят от вида напряженного состояния». С 1993 г. работает на кафедре в должности профессора, заместителя заведующего кафедрой. С 1990 по 1992 г. работал по совместительству старшим научным сотрудником Геологического института АН СССР. В 1995 г. присвоено звание профессора.

С 1999 г. является членом Экспертных советов Российского фонда фундаментальных исследований, Минобразования РФ по программе «Университеты России».

С 2000 г. — член редакционного совета международного журнала “Archive of Applied Mechanics, Springer”.

Руководитель грантов Международного научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований, Минобразования РФ, Программы поддержки ведущих научных школ.

Автор монографии «Основы экспериментальной механики разрушения», (соавт. И. М. Керштейн, В. Д. Клюшников, С. А. Шестериков, 1989).



Научные исследования относятся к области теории упругости и пластичности сред с изменяющимися свойствами, механики композитных материалов, механики разрушения.

**Галин Лев Александрович** родился 18 сентября 1912 г. в Богородске Нижегородской губернии в семье инженера. В 1939 г. закончил Московский технологический институт легкой промышленности по специальности «механическое и энергетическое хозяйство предприятий легкой промышленности». В 1939 г. поступил в аспирантуру Института механики АН СССР. В 1942 г. защитил кандидатскую диссертацию, посвященную методам решения задач теории упругости и задачам упругопластического кручения стержней полигонального сечения. В 1945 г. защитил докторскую диссертацию. В 1951 г. присвоено звание профессора. В 1953 г. избран членом-корреспондентом АН СССР.

С 1956 г. — член Президиума Национального комитета СССР по механике.

Лев Александрович Галин был награжден орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, пятью медалями.

Автор более 100 научных публикаций. Автор монографий: «Контактные задачи теории упругости» (1953); «Развитие теории контактных задач в СССР» (1976); «Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости», «Упругопластические задачи» (1984).

Последние две монографии были удостоены Государственной премии СССР за 1986 г.

Научные труды Льва Александровича Галина посвящены разнообразным проблемам механики сплошной среды: теории упругости, пластичности, вязкоупругости, газовой динамики, подземной гидродинамики, теории кавитации, механики разрушения.

**Мазинг Роберт Иванович** родился 12 августа 1925 г. в Свердловске в семье преподавателя. В феврале 1943 г. был призван в Красную Армию. С ноября 1943 г. по май 1945 г. находился в составе Действующей Армии на Белорусском и 4-м Украинском фронтах.

Поступил в МГУ в 1949 г. на заочное отделение. Окончил МГУ в 1954 г. С 1953 по 1954 г. — преподаватель математики и технической механики в Калининградском ЦБТ МЛиБП. С 1954 по 1958 г. — старший инженер НИИ весов и приборов. С 1956 по 1959 г. преподавал по совместительству теоретическую механику в Московском вечернем машиностроительном институте. С 1958 по 1961 г. — аспирант кафедры теории пластичности механико-математического факультета МГУ.

В 1961 г. оставлен на кафедре в должности ассистента. В 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию. В 1977 г. присвоено звание доцента.

Награжден орденом Красной Звезды и шестью медалями.

Основные научные исследования относятся к области теории упругости, вязкоупругости, пластичности, механики разрушения.

**Хвостунков Кирилл Анатольевич** родился 30 июля 1970 г. в пос. Черногловка в семье ученых. В 1987 г. поступил на механико-математический

факультет МГУ. В 1992 г. поступил в аспирантуру кафедры теории пластичности механико-математического факультета МГУ. В 1995 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Устойчивость упругих тонкостенных систем при самогравитации». В 1995 г. оставлен на кафедре теории пластичности в должности ассистента. С 2000 г. является ученым секретарем кафедры. С 2001 г. работает в должности доцента.

Основные научные исследования относятся к области теории упругой устойчивости, пластичности, механики композитов.

**Белякова Татьяна Александровна** родилась в 1974 г. в Москве. Поступила в МГУ в 1991 г. Окончила МГУ в 1996 г. Аспирантуру — в 1999 г.

В 1999 г. защитила кандидатскую диссертацию по теме «Задачи механики разрушения для сред с зависящими от вида напряженного состояния свойствами».

В 1999 г. оставлена на кафедре в должности младшего научного сотрудника 1999 г.

С 2001 г. работает на кафедре в должности ассистента.

**Александров Виктор Михайлович** родился 1 января 1936 г. в Ростове-на-Дону.

В 1953 г. поступил на отделение механики физико-математического факультета Ростовского государственного университета. Окончил РГУ в 1958 г. по специальности «механика». Аспирантуру окончил в 1961 г. при кафедре «Теории упругости» РГУ. В 1963 г. защитил кандидатскую диссертацию. В 1961 г. оставлен на кафедре в должности ассистента. С 1965 по 1974 г. работал в должности доцента. В 1972 г. защитил докторскую диссертацию.

С 1973 г. работает на кафедре в должности профессора, заведующего кафедрой «Теоретическая гидроаэромеханика» РГУ. В 1972 г. являлся на общественных началах заместителем директора по научным вопросам НИИ механики и прикладной математики (НИИМиПМ) РГУ. С 1972 по 1977 г. на общественных началах заведовал отделом «Контактная прочность» в НИИМиПМ РГУ. В 1978 г. приглашен для работы в качестве заместителя заведующего в лабораторию «Механика вязкоупругих тел» Института проблем механики (ИПМ) АН СССР.

В настоящее время Виктор Михайлович Александров работает в должности заведующего лабораторией «Механика взаимодействия деформируемых тел со сплошными средами» ИПМ РАН. С 1981 г. работает по совместительству в должности профессора кафедры «Теория пластичности» МГУ.

Является членом Национального комитета по теоретической и прикладной механике, Национального комитета по трибологии, Научного совета РАН по механике деформируемого твердого тела, Бюро Межведомственного научного совета по трибологии. Член редколлегии журнала «Изв. РАН. Механика твердого тела», участвует в издании журналов «Прикладная математика и механика», «Трение и износ».

В 1995 г. удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». В 1996 г. избран членом-корреспондентом Российской

академии естественных наук, а в 2000 г. ее действительным членом. В 1997 г. награжден медалью «В память 850-летия Москвы». В 2001 г. стал лауреатом Государственной премии РФ. В 2002 г. награжден орденом «Знак Почета».

Автор более 300 печатных научных работ, из них 7 монографий и 3 изобретения.

Подготовил 29 кандидатов физико-математических наук, шестеро из которых впоследствии защитили докторские диссертации.

**Сахаров Александр Николаевич** родился 7 октября 1956 г. в Ярославле в семье служащих. Поступил на механико-математический факультет МГУ в 1974 г. Окончил МГУ в 1979 г. Аспирантуру — в 1982 г.

В 1985 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Устойчивость деформирования реологических сред». В 1985 г. был принят на должность ассистента кафедры. С 1993 г. работает в должности доцента.

Научные исследования относятся к области теории устойчивости деформирования тел и конструкций в условиях ползучести и пластичности, механики разрушения.

**Гамрат-Курэк Марина Александровна** родилась 15 апреля 1946 г. в Москве. С 1966 г. работает на кафедре в должности лаборанта, старшего лаборанта, старшего инженера, инженера II категории. В 1974 г. окончила Московский химико-технологический институт.

Принимает участие в хозяйственных работах кафедры, грантах Российского фонда фундаментальных исследований, программы «Университеты России» Минобразования РФ.



*Академик Ю. Н. Работнов,  
основатель кафедры теории  
пластичности и ее первый  
заведующий*

# Кафедра теории упругости

## Краткая историческая справка

Курс теории упругости и некоторые родственные ему курсы читались в Московском университете в дореволюционный период, но они не имели профилирующего характера и рассматривались лишь как интересные разделы прикладной математики и математической физики. В процессе перестройки системы обучения, которая проводилась в 20-е гг., на физико-математическом факультете стали формироваться новые специализации по различным разделам механики, в том числе и по механике твердого деформируемого тела. Огромная заслуга в становлении механики как профилирующего научно-педагогического цикла в университете, в утверждении взгляда на механику как на фундаментальную науку, органически связанную с инженерными и естественнонаучными проблемами, в совершенствовании методов обучения и в подборе квалифицированных кадров принадлежит профессору Н. Е. Жуковскому (1847–1921). Непосредственными проводниками идей и замыслов Н. Е. Жуковского в университете в 20-е гг. были профессор (позже — академик) Л. С. Лейбензон (1879–1951) и доцент (затем — профессор) Н. Н. Бухгольц (1880–1942).

В 20-х гг. курсы теории упругости, сопротивления материалов и некоторые специальные курсы по механике деформируемого твердого тела на физико-математическом факультете читали профессор Л. С. Лейбензон, доцент Н. Н. Бухгольц, преподаватели В. М. Коваленский, В. А. Зотов и др. Предметные комиссии, имея в виду усиление естественнонаучного и прикладного аспектов преподавания механики, неоднократно возбуждали ходатайства об организации и последующем развитии учебно-научных лабораторий прочностного цикла. Систематический учебный практикум в лаборатории сопротивления материалов введен в 1927 г. Эффективной была практика студентов в ЦАГИ, а также в ряде промышленных организаций.

К концу 20-х гг. определилось положение механики как профилирующего учебно-научного цикла и была создана структура подготовки специалистов по механике в форме специализаций, на основе которых в последующем сформировались соответствующие кафедры. В результате активных контактов с ведомствами промышленности и техники была установлена существенная реальная потребность народного хозяйства в специалистах-механиках университетского профиля. Образованный в 1922 г. Научно-исследовательский

институт математики и механики впервые осуществил организацию и координацию теоретических и практических исследований в этих отраслях знания на плановых началах.

Интенсивное развитие преподавания и научных исследований по механике в Московском университете, знаменующее качественный скачок, происходит в 30-е гг. Отделение механики пополнилось талантливыми молодыми людьми, в их числе по специальности механики деформируемого твердого тела были А. А. Ильющин, А. Ю. Ишлинский, Х. А. Рахматулин, Ю. Н. Работнов, которые впоследствии возглавили крупные школы, и ряд других сотрудников и аспирантов, занявших затем ведущее положение в промышленности, науке и технике, а внутри университета составивших костяк кафедр отделения механики и лабораторий Института механики. К преподаванию на отделении привлекаются ученые, работавшие в других вузах и научно-исследовательских центрах (В. В. Соколовский, С. А. Христианович, С. Г. Михлин, Б. Н. Жемочкин и др.). Их приглашение способствовало расширению тематики читаемых курсов и возможностей студентов специализироваться в различных узких областях механики деформируемого твердого тела. С другой стороны, ученые отделения механики принимали активное участие в работе научно-исследовательских организаций и конструкторских бюро. Особо можно отметить долговременные и взаимно полезные научные связи университетских механиков с ЦАГИ. Эти контакты с практикой инициировали новые идеи и направления научного поиска, воплотившиеся впоследствии в современные научно-технические направления и конструкции новой техники.

В 1930 г. при образовании физико-математического факультета была создана кафедра сопротивления материалов, руководителем которой назначается доцент Н. Н. Бухгольц. В этом же году на отделении механики работали профессор М. М. Филоненко-Бородич и профессор Г. Э. Проктор. М. М. Филоненко-Бородич в течение последующих 20 лет читал курсы сопротивления материалов и строительной механики. С учетом опыта одновременного преподавания в Московском университете и в Военно-инженерной академии им был создан многократно переиздававшийся курс сопротивления материалов. Профессор Г. Э. Проктор читал курсы деталей машин и сопротивления материалов, руководил научно-исследовательскими семинарами по сопротивлению материалов (совместно с М. М. Филоненко-Бородичем) и теории упругости (совместно с Л. С. Лейбензоном).

В 1931 г. было образовано Отделение механики, которое возглавил профессор В. В. Голубев (1884–1954); специальностью «сопротивление материалов» заведовал доцент П. В. Мясников. В этом же году была организована самостоятельная лаборатория сопротивления материалов (заведующий — С. И. Вольфсон, научный руководитель — Г. Э. Проктор).

В 1934 г. на механико-математическом факультете была создана кафедра теории упругости, первым заведующим кафедрой стал профессор Н. Н. Бухгольц. В 1938 г. исполняющим обязанности заведующего кафедрой назначается

профессор М. М. Филоненко-Бородич, а его заместителем — профессор А. А. Ильюшин. С 1939 по 1946 г. кафедрой теории упругости заведовал академик Лейбензон. В феврале 1942 г., после возобновления работы университета в Москве, заведующим московской частью кафедры назначается профессор А. А. Ильюшин, который в 1946 г. полностью принял заведование кафедрой и оставался в этой должности вплоть до своей кончины в мае 1998 г. С сентября месяца 1998 г. кафедрой заведует профессор И. А. Кийко.

В 1935 г. лаборатория сопротивления материалов была преобразована в лабораторию испытания материалов; возглавил ее молодой ученый А. А. Ильюшин. Началось интенсивное оснащение лаборатории современной испытательной техникой и измерительной аппаратурой, первостепенное внимание уделялось созданию оригинальных испытательных машин и устройств, наиболее полно обеспечивающих экспериментальный аспект новых научных направлений, которые зарождались на кафедре, а также исследований, проводившихся по договорам с промышленностью. По идее и под руководством А. А. Ильюшина был создан пневматический скоростной копер (ПСК-1) для динамических испытаний материалов и элементов конструкций и реализации скоростных процессов течения вещества. В то время это было единственное устройство, в котором метание тел осуществлялось с помощью пневматики с гибким регулированием параметров испытания в широком диапазоне. На этой идее основано устройство метательных установок и газовых пушек, получивших после войны широкое распространение в исследовательских центрах в нашей стране и за рубежом. Выполненные на ПСК исследования касались как фундаментальных вопросов механики деформируемого твердого тела, так и актуальных проблем оборонной техники. К концу 30-х гг., имея в виду значимость исследований на ПСК, в рамках лаборатории испытания материалов была выделена лаборатория динамических испытаний, курирование которой было поручено П. М. Огибалову. Заслуживает упоминания также установка для ускоренных усталостных испытаний в килогерцевом диапазоне, созданная сотрудниками кафедры и лаборатории совместно с ленинградским заводом «Светлана». Необходимость этой методики была связана с потребностью в сжатые сроки, обусловленные надвигающейся угрозой войны, установить прочностные ресурсы новых типов сталей специального назначения.

В 1936 г. была образована лаборатория оптических методов исследования напряжений. Организация и оснащение лаборатории современным оборудованием были проведены старшим научным сотрудником С. М. Евминовым. В 1937 г. заведование лабораторией принял доцент П. П. Крюков.

В 1940–1941 гг. состав кафедры выглядел следующим образом: заведующий кафедрой — академик Л. С. Лейбензон, профессора — А. А. Ильюшин, М. М. Филоненко-Бородич, Г. Э. Проктор, доценты — А. Ю. Ишлинский (по совместительству), П. П. Крюков, В. Я. Натанзон (по совместительству), С. Н. Никифоров (по совместительству), П. М. Огибалов, старший

преподаватель В. П. Зворыкин, ассистенты — С. М. Попов, Г. И. Фельдман, лаборанты — А. Д. Дмитриев, В. П. Куров, Николаева.

В начале октября 1941 г. большинство членов кафедры было эвакуировано, а оборудование лабораторий почти полностью демонтировано и отправлено на восток. Оставшиеся в Москве сотрудники, студенты и аспиранты были переведены на казарменное положение и несли службу МПВО. При этом срочные научные исследования, которые нельзя было прекратить, продолжались.

В феврале 1942 г. директивными органами было принято важное в практическом и моральном отношении решение о возобновлении деятельности университета в Москве. Директором Научно-исследовательского института механики МГУ был назначен профессор А. А. Ильюшин, который в 1943 г. был избран членом-корреспондентом АН СССР. Были назначены также заведующие кафедрами в московской части университета, наделенные полной мерой прав и ответственности. Заведование кафедрой теории упругости принял А. А. Ильюшин.

Вскоре кафедра получает ответственное правительственное задание по расчету прочности артиллерийского снаряда при выстреле и изысканию возможности заменить легированную сталь для снарядов, производство которой в связи с перебазированием металлургической промышленности на восток не поспевало за потребностями фронта, более доступными технологическими типами сталей. Научное руководство исследованиями было поручено А. А. Ильюшину, необходимые расчеты выполнялись группой студентов (М. Ф. Балукова, Н. И. Судакова, И. М. Тюнеева) под руководством доцента С. М. Попова, экспериментальная часть работы осуществлялась при участии инженера А. В. Розанова. Тема была успешно завершена, и после полигонных отстрелов предложения кафедры были внедрены в производство; использование этого предложения позволило резко повысить обеспеченность фронта снарядами.

После войны ряды студентов и аспирантов кафедры пополнились фронтовиками. В их числе были И. В. Кеппен, Б. П. Кишкин, Б. М. Малышев, В. П. Нетребко, В. В. Москвитин, Герои Советского Союза Г. И. Барыков, Е. Б. Пасько, Е. В. Рябова, которые защитили диссертации и стали самостоятельными учеными, работниками высшей школы.

В 50–60-е гг. тематика научной работы и специальных курсов заметно расширяется: интенсивно разрабатывается теория пластичности при сложном нагружении (А. А. Ильюшин, В. С. Ленский, Р. А. Васин); развертываются систематические исследования по теории распространения упругопластических волн и изучению динамических свойств материалов твердых тел (Х. А. Рахматулин, В. С. Ленский, И. Н. Зверев, Р. И. Надеева, А. Л. Павленко, Е. В. Рябова, Б. М. Малышев); в связи с запросами машиностроения и технологии проводятся исследования по теории термовязкоупругости (А. А. Ильюшин, П. М. Огибалов, В. В. Москвитин, М. А. Колтунов, Б. Е. Победря) и теории пластических течений (А. А. Ильюшин, П. М. Огибалов, И. А. Кийко,



Э. А. Леонова); в 1958 г. совместно с Институтом механики АН СССР кафедрой создается испытательная машина класса СН для исследования упругопластических процессов при произвольных сложных нагружениях; разрабатывается теория пластичности при переменных нагружениях (В. В. Москвитин), теория упругости неоднородных тел (В. А. Ломакин).

В 1954 г., после того как на Воробьевых горах был введен в строй лабораторный корпус механики, при кафедре функционировали лаборатории: статических испытаний (заведующий — профессор П. М. Огибалов), оптических методов исследования напряжений (заведующий — доцент И. А. Скорый), динамических испытаний (заведующий — доцент В. С. Ленский), ползучести (заведующий — профессор Ю. Н. Работнов), металлографии (заведующий — доцент И. М. Грязнов), зал испытания конструкций (заведующий — А. В. Беляев). Модернизируется лабораторный практикум для студентов, включающий современные вопросы теории упругости и пластичности и знакомство с новейшими (по тем временам) методами испытаний и измерений. Позже по инициативе кафедры теории упругости была организована проблемная лаборатория механики полимеров (заведующие — доцент В. А. Ломакин, затем доцент М. А. Колтунов), в которой были проведены важные экспериментальные исследования по физическим основам теории вязкоупругости.

К концу 50-х — середине 60-х гг. сложился коллектив кафедры, определивший научные достижения, о которых пойдет речь ниже. Профессора: А. А. Ильюшин (заведующий кафедрой), П. М. Огибалов, В. М. Панферов, М. М. Филоненко-Бородич, В. В. Москвитин, В. С. Ленский, В. А. Ломакин; доценты: И. В. Кеппен, И. А. Скорый, Б. П. Кишкин, А. А. Шестаков, ст. преподаватель И. М. Тюнеева.

К 90-м гг. на кафедре произошла естественная смена поколений; сейчас кафедра работает в составе: профессора И. А. Кийко (зав. кафедрой), Д. Л. Быков, Р. А. Васин, Г. Л. Бровко; доценты И. В. Кеппен, А. В. Муравлев, И. Н. Молодцов, А. П. Шмаков, Э. Б. Завойчинская; ст. препод. Е. Д. Мартынова, П. А. Моссаковский; ст.н.сотр., д.ф.-м.н. Э. А. Леонова, З. Г. Тунгускова; н. сотр. Д. А. Пучкова, ст. лаборант Л. С. Харьковова. Многие годы сотрудниками кафедры являлись профессор М. Ш. Исраилов и профессор М. Р. Короткина. Наряду с традиционными на кафедре интенсивно разрабатываются новые современные проблемы в механике деформируемого твердого тела (МДТТ): теория уравнений состояния (включающая теорию эксперимента) при произвольно больших деформациях и сложных нагружениях (И. А. Кийко, Р. А. Васин, Г. Л. Бровко, П. А. Моссаковский, А. В. Муравлев, Э. А. Леонова); неклассическая упругость (А. П. Шмаков, И. Н. Молодцов, З. Г. Тунгускова); динамика систем, взаимодействующих с различными средами (И. А. Кийко); прочность материалов и конструкций (Д. Л. Быков, И. А. Кийко, Э. Б. Завойчинская, И. В. Кеппен); компьютерные технологии в МСС с использованием современных программно-вычислительных комплексов (П. А. Моссаковский).

## Научная деятельность

### Теория упругости

**Общие вопросы теории упругости.** В 30–40-х гг. интенсивно разрабатывалось математическое описание конечных (больших) деформаций, выяснение возможных форм упругого потенциала и уравнений связи между напряжениями и большими деформациями (А. П. Бронский, Н. И. Глаголев, С. М. Попов, Ю. Н. Работнов под общим руководством профессора Г. Э. Проктора). Применительно к резине при равновесной деформации предложены неквадратичные формы упругого потенциала и получены уравнения механического состояния, согласующиеся с данными экспериментов, проведенных в лаборатории испытания материалов. Эти подходы были использованы в послевоенные годы в цикле работ, выполненных для промышленности, по расчету технологии изготовления и эксплуатационных характеристик резино-металлических шарниров, типичных для автотракторной и танковой промышленности (А. П. Бронский, В. С. Ленский, С. М. Попов, И. М. Тюнеева). При этом был введен оригинальный прием решения статических и динамических задач о малых деформациях тела, находящегося в предварительном напряженном состоянии при больших деформациях. Для динамических расчетов использованы экспериментальные данные о динамических характеристиках резины, полученные в лаборатории кафедры.

Ряд работ, выполненных, в частности, в связи с запросами строительной техники, был посвящен уточнению теории упругого основания, причем получено существенное приближение параметров математической модели основания к реальным характеристикам упругого полупространства с сохранением относительной простоты, важной для инженерных приложений (Г. Э. Проктор, М. М. Филоненко-Бородич). В частности, недостаток модели Винклера, состоящий в независимости действия вертикальных элементов основания, не связанных между собой в горизонтальном направлении, устраняется введением мембраны (или плиты), покрывающей основание типа Винклера и перераспределяющей нагрузку между упругими элементами основания.

Другое направление уточнения физических основ теории упругости связано с учетом влияния полей различной природы. Исследуются основные соотношения электромагнитоупругости, в частности уравнения механического состояния пьезоэлектрических материалов (А. А. Ильюшин, М. Р. Короткина). Особенно интенсивно, в связи с запросами современной техники, разрабатывается теория деформации пьезокерамики. К этому же направлению относится построение уравнений состояния радиационной упругости, выполненное В. С. Ленским на основании анализа многочисленных экспериментальных данных о влиянии радиоактивных облучений на механические свойства материалов твердых тел.

Наконец, ряд работ принципиальной значимости выполнен в направлении более детального учета структуры материалов. Исследована физическая природа соотношений моментной теории упругости. В частности, выяснено, что напряжения и деформации типа моментных возникают при статическом осреднении в кусочно-однородных упругих телах, тогда как абстрактная модель моментной теории не находит аналога в реальных телах (А. А. Ильюшин, В. А. Ломакин). Разработаны методы теоретического расчета распределения характеристик структуры, термомеханических свойств и остаточных напряжений в телах, прошедших термическую обработку (В. А. Ломакин).

Методами статистической физики исследуется природа макромеханических явлений и соотношения механики деформируемого твердого тела. В частности, на основе обобщенного метода Кубо построены соотношения термоупругости для макронеоднородного состояния. Дан метод описания термодинамически неравновесного состояния в простых и сложных структурах в широком диапазоне частот. Исследованы соотношения неравновесной термодинамики (М. Р. Короткина).

**Постановка краевых задач и общие методы их решения.** В довоенные годы Л. С. Лейбензон интенсивно разрабатывал вариационные методы решения задач теории упругости на основе прямого применения принципа возможных перемещений. В частности, оригинальные варианты метода применены им к задачам об изгибе и кручении бруса и к задаче об устойчивости упругого равновесия. Продолжателем этого направления был М. Г. Слободянский, который особое внимание уделил проблеме двухсторонних приближений и оценок.

М. М. Филоненко-Бородич предложил общий эффективный метод решения задач теории упругости в напряжениях на основе вариационного уравнения Кастильяно и применил его к решению задачи Ламе о равновесии упругого параллелепипеда и цилиндра. Это направление получило развитие в работах его учеников (В. И. Ионов, Е. С. Коваленко, В. М. Любимов, Е. Р. Мирошниченко, В. П. Нетребко и др.).

Принципиально новый метод решения краевых задач теории упругости, названный методом блоков, предложен А. А. Ильюшиным. Существо его состоит в построении матрицы связи между средними значениями напряжений и деформаций (перемещений) на граничных поверхностях блока и в установлении условий сопряжения с соседними блоками. Метод предусматривает решение задачи (в том числе с использованием ЭВМ) для сложных систем упругих тел, однородных или неоднородных, включая поликристаллические и слоистые агрегаты. Для ряда представительных блоков (квадрат, куб, параллелепипед, сектор трубы, шар) построение матрицы реализовано (А. И. Александров, Р. А. Васин, П. И. Перлин, Б. Е. Победря, Н. Н. Сулова, С. В. Шешенин). Дано применение метода блоков к расчету тела из композитного материала.

Для линейных и физически нелинейных сред определены непересекающиеся классы областей с соответствующими видами нагрузки, для которых задачи сводятся к двумерным и одномерным. Разрабатываются методы решения задач теории упругости и несвязанной термоупругости для тел с участками границы, где не известны ни вектор перемещения, ни вектор напряжения, и с другими участками, на которых измеряемы оба вектора. В результате анализа прилегающего к поверхности тонкого слоя дана постановка задачи и метод решения сведением к задаче Коши для уравнения Лапласа (Э. А. Леонова).

Предложено инвариантное представление общего решения уравнений пространственной и плоской задач теории упругости и несвязанной термоупругости через минимальное число скалярных гармонических функций. На этой основе даны постановки смешанных краевых задач двух типов с заданными на границе 1) нормальной составляющей вектора напряжения и касательной — вектора перемещения, 2) нормальной составляющей вектора перемещения и касательной — вектора напряжения. Дан метод решения сведением к классическим задачам теории потенциала.

Установлены законы отражения массовых сил в теории упругости через плоскую границу. Установлена конформная инвариантность в плоской задаче теории упругости. Указан алгоритм, позволяющий строить решения краевых задач для односвязных областей по известному конформному отображению области тела на круг. Предложен новый вариант линейной несимметричной теории упругости, основанный на использовании тензора дисторсий вместо тензора малых деформаций (А. А. Ильюшин, А. П. Шмаков).

Дана новая постановка краевой задачи теории упругости в напряжениях в виде системы шести дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка (уравнений совместности) при шести граничных условиях; доказана эллиптичность этой задачи и сформулирована соответствующая вариационная задача (Б. Е. Победря). Доказана теорема о существовании решения задачи теории упругости при граничных условиях контактного типа. Выяснена зависимость от констант упругости решения плоской задачи для многосвязных тел.

Дана и исследована постановка задачи теории упругости в компонентах тензора дисторсии (А. А. Ильюшин, Н. Н. Сулова).

Предложены постановки и разработаны методы решения статистических задач механики деформируемого твердого тела при случайных воздействиях, случайных отклонениях геометрии тела от регулярной и статистически заданных упругих свойствах (В. А. Ломакин).

Для решения задач теории упругости широкое развитие получил на кафедре метод фотоупругости. В лаборатории оптических методов исследования напряжений под руководством доцента И. А. Скорого в 50-е гг. интенсивно внедряются приемы, позволяющие решать пространственные статические и динамические задачи, а также плоские задачи при пластических деформациях: методы замораживания, оптически активных врезанных слоев, оптически

активных покрытий (И. А. Скорый, В. П. Нетребко, В. С. Ленский, В. Д. Копытов). С использованием высокочастотной киносъемки на оптически активных моделях исследован динамический краевой эффект и формирование плоской продольной волны в стержне при ударе (И. П. Добровольский).

**Механика неоднородных тел и композитов.** Теория упругости неоднородных тел интенсивно развивалась на кафедре В. А. Ломакиным. Разработаны общие методы решения краевых задач (методы возмущений, быстрой осцилляции, интегральных уравнений), получены точные и приближенные решения некоторых классов задач для тел с непрерывной, кусочно-постоянной и стохастической неоднородностью упругих свойств. Применительно к телам, в которых неоднородность упругих свойств вызвана проникающими облучениями, В. С. Ленским предложен метод однородных приближений, аналогичный методу упругих решений в теории пластичности.

Метод блоков впервые использован при исследовании динамики слоистых кусочно-однородных сред. Задача о распространении волн и определении частотных характеристик сведена к решению системы дифференциально-разностных уравнений со смещенным аргументом, которые отражают взаимодействие между блоками в виде слоев или представительной группы слоев. Обнаружено, в частности, свойство слоистого агрегата как частотного фильтра (Е. А. Ильюшина).

Широким фронтом ведутся исследования напряженно-деформированного состояния в телах из композиционных материалов, их механических характеристик, разрабатываются методы решения типичных краевых задач. Для определения эффективных модулей упругости интенсивно использовался метод усреднений. За разработку теоретических и прикладных вопросов механики композитов Б. Е. Победря с группой авторов удостоен Государственной премии 1985 г.

По инициативе кафедры теории упругости на факультете организована кафедра механики композитов (зав. кафедрой — профессор Б. Е. Победря).

**Задачи прикладной теории упругости.** Большой интерес представляют многолетние исследования Л. С. Лейбензона по геодинاميке, в которых методами теории упругости изучены вопросы затвердевания Земли, образования складок земной коры, деформации, вибрации и устойчивости твердой оболочки Земли, взаимодействия земной коры с океанами.

В связи с задачами нефтепромысловой механики им решен ряд задач о равновесии, движении и устойчивости штанг и канатов бурильных устройств и труб нефтепроводов. В частности, в начале 20-х гг. дано оригинальное решение задачи о неустойчивости направления ротационного бурения.

В 20–30-е гг. сотрудниками кафедры проведен ряд исследований, связанных с авиастроением. К ним относятся работы Л. С. Лейбензона и Г. Э. Проктора по определению центра изгиба открытых и закрытых односвязных и

многосвязных профилей, работы А. А. Ильюшина и Л. С. Лейбензона по расчету напряженного состояния в пропеллере и лопасти автожира. В послевоенные годы выполнен ряд теоретических и экспериментальных исследований по прочности, деформируемости и устойчивости различных элементов и узлов летательных аппаратов. Например, в лаборатории испытаний конструкций были созданы оригинальные устройства, на которых в течение нескольких лет проводились исследования прочностного ресурса лопасти вертолета в условиях, близких к эксплуатационным, для конструкторского бюро Миля.

Получили развитие постановки и методы решения задач о контактном взаимодействии упругих тел (А. Ю. Ишлинский, М. М. Филоненко-Бородич). Фундаментальные результаты принадлежат А. Б. Ефимову, который начал работу в этой области на кафедре теории упругости. Он установил интегральные соотношения между основными параметрами трехмерной контактной задачи, нашел аналитические решения нового класса задач о контактном взаимодействии пространственного штампа с упругим полупространством и слоем. В задаче о действии штампа на полупространство, покрытое упругой пластинкой, впервые обнаружено нарушение контакта между пластинкой и полупространством (А. Б. Ефимов, В. И. Малый, Н. М. Толкачева).

## Теория пластичности

Теория пластичности представляет собой одну из наиболее ярких страниц в истории научных исследований кафедры теории упругости. Особая значимость этой проблемы для технических приложений потребовала сосредоточения усилий коллектива кафедры на протяжении нескольких десятилетий. Основоположником и руководителем университетской школы теории пластичности, по праву занявшей ведущее положение в нашей стране и получившей мировое признание, является А. А. Ильюшин, которому принадлежат фундаментальные физические и математические постановки проблемы и результаты в этой области.

Первичная работа по сбору и анализу имеющейся теоретической и экспериментальной информации по пластичности проведена Л. С. Лейбензоном. Существенную роль сыграла Всесоюзная конференция по пластическим деформациям (1937) с участием иностранных ученых, которая отразила возросший интерес ученых-механиков и инженеров к теоретическим и прикладным аспектам пластичности.

**Физические основы теории. Экспериментальные исследования.** К концу 30-х гг. в мировой и отечественной литературе содержалась обширная информация об экспериментальных данных по пластичности материалов в сложном напряженном состоянии, которые представляли собой отдельные фрагменты, не связанные какой-либо общей теорией.

На первом этапе развития теории пластичности в Московском университете было важно установить физический принцип, формулируемый в терминах и понятиях механики сплошной среды, который позволил бы выявить то существенное в природе явление, что было общим для разных экспериментов.

Этот важный этап, сыгравший фундаментальную роль в развитии теории пластичности в целом, завершился в 1943–1945 гг. созданием А. А. Ильюшиным **теории малых упругопластических деформаций**. Принципиальным результатом явилось выделение процесса простой деформации, для которого установлены конечные соотношения между напряжениями и деформациями, согласующиеся с опытными данными, и в рамках которого различные тензорно-линейные соотношения в принципе взаимно приводимы. Существенно, что помимо констант упругости и предела текучести соотношения содержат лишь одну универсальную функцию материала, которую можно определить в простейшем опыте.

Тем самым впервые была подчеркнута необходимость при построении теории не только формулировать определяющие соотношения, но и указывать область их физической достоверности — определенный класс процессов, адекватно описываемых предложенными определяющими соотношениями.

Созданная в годы войны в процессе выполнения важных работ оборонного назначения теория малых упругопластических деформаций получила широкое распространение у нас и за рубежом для рационального расчета разнообразных конструкций и сооружений за пределом упругости с возможностью наиболее эффективного использования конструкционных материалов. Эта теория позволила, в частности, обосновать допустимость и техническую целесообразность пластической деформации в ряде объектов современной техники, которые при использовании только упругой стадии работы материала оказались бы нежизнеспособными. Монография А. А. Ильюшина «Пластичность» (1948) была вскоре переведена на иностранные языки.

Вторым этапом развития теории пластичности в МГУ явилось создание в начале 1950-х гг. нового фундаментального направления в механике деформируемых тел, которое получило название **общей теории упругопластических процессов**. основополагающие принципы этой теории — постулат изотропии и принцип запаздывания — вместе с следствиями, относящимися к термодинамике необратимых процессов деформируемых сред, были сформулированы и доложены А. А. Ильюшиным в 1949 г. на научном семинаре кафедры и на общем собрании Отделения технических наук АН СССР. Однако высокая требовательность к обоснованности научных гипотез позволила ему опубликовать эти результаты только в 1954 г., когда были получены первые экспериментальные данные в пользу этой теории. В ряде последующих работ дано истолкование этих принципов и их реализация применительно к некоторым типичным классам упругопластических процессов. Одновременно дана новая, более реалистическая, формулировка постулата пластичности и вытекающего из него

принципа градиентальности приращения пластических деформаций. Впервые указана существенная роль направления вектора приращения напряжений и неприемлемость часто используемой в теории течения линеаризации при существенно сложной деформации. Обращено внимание на явление деформационной анизотропии упругих свойств и предложено описание ее матрицей-функционалом активного упругопластического процесса.

В монографии А. А. Ильюшина «Пластичность» (1963) выдвинут общий постулат изотропии и гипотеза **макрофизической определенности**, послужившая основой для теоретико-экспериментального описания макромеханических свойств. Для начально-изотропных упругопластических тел при малых деформациях введено понятие образа процесса, сформулированы постулат изотропии и принцип запаздывания, обеспечившие классификацию процессов (траекторий) деформации по их сложности и создание частных теорий, физически достоверных по отношению к соответствующим классам процессов. Установлен общий вид связи между напряжениями и деформациями в бесконечно малом процессе после точки излома траектории деформации, конкретизированный применительно к явлению потери устойчивости, предложена и развита идея генезиса начального состояния тела, т. е. восстановления процесса деформации, породившего наблюдаемую деформационную анизотропию. Определены понятия и сформулированы основные соотношения термодинамики необратимых процессов.

Этим циклом работ была определена фундаментальная программа теоретических и экспериментальных исследований, направленных на установление законов связи между напряжениями, деформациями и температурой, включая частные, математически более простые варианты теории, соответствующие определенным классам процессов. Дана предпосылка формулированию краевых задач, адекватных реальным условиям функционирования конструкции или протекания технологического процесса, разработке эффективных методов решения этих задач и оценке их физической достоверности.

Следует отметить, что уже на начальном этапе развития теория упругопластических процессов была признана перспективным принципиально новым подходом в теории пластичности, а создание у нас испытательных машин класса СН рассматривалось как качественный скачок в развитии экспериментальной техники<sup>1</sup>. В настоящее время положения этой теории широко используются в качестве исходных позиций при исследовании пластичности; многие зарубежные фирмы стали изготавливать испытательные машины для реализации программных процессов деформации, являющиеся модификациями нашей машины СН.

Распространению и признанию идей университетской школы теории пластичности способствовали широкие международные научные связи кафедры.

<sup>1</sup> См. заключительные материалы второго симпозиума по механике военно-морских конструкций. США: Браунский университет, 1960.



Так, в научных дискуссиях на кафедре принимали участие известные современные ученые-механики: В. Прагер, Дж.Марин, Д. Драккер, Б. Будянский, К. Эринген, Э. Ли, М. Фрохт, Р. Д. Миндлин, Б. Сетх, С. П. Тимошенко, В. Новацкий, В. Ольшак, П. Нахди, Андраде, Н. Кристеску, Дж.Кэмпбел, И. Охашаши и другие ученые, которые имели возможность детально обсудить состояние и перспективы развития теории пластичности, ознакомиться с нашей экспериментальной техникой в действии.

Аналитические свойства функционалов пластичности были исследованы В. И. Малым. При весьма слабых априорных ограничениях на степень гладкости функционалов доказана теорема о четности и нечетности их по отношению к кривизнам траектории деформации, дано разложение функционалов пластичности в ряды по малому параметру, связанному со следом запаздывания. На этой основе для упругопластических процессов средней кривизны выведены соотношения «напряжение — деформация», содержащие одну материальную функцию и функционал, представленный истокообразно, с ядром, определяемым из простейших опытов. Даны способы конкретизации этого ядра.

Обширными испытательными исследованиями (В. С. Ленский, Р. А. Васин, И. М. Коровин, В. П. Дегтярев, И. Д. Машков) на испытательных машинах О4-1 и СН с использованием различных металлов и сплавов и многообразных программных траекторий деформации, включая трехмерные, убедительно доказана физическая достоверность постулата изотропии и принципа запаздывания (в рамках принятых исходных допущений), которые, ввиду их универсальности, можно рассматривать как основу для развития общей теории уравнений термомеханического состояния деформируемых твердых тел и средство сравнительной оценки достоверности макроскопических соотношений между напряжениями и деформациями с различными исходными посылками.

Попутно в этих экспериментах установлено существенное несогласие принципа градиентальности вектора приращения пластической деформации в его общепринятой в современной теории течения форме с данными опытов при существенно сложном нагружении. Позже этот факт как ставящий под сомнение корректность исходных посылок теории течения был отмечен также и в зарубежной научной литературе<sup>1</sup>.

Отдельного упоминания заслуживают эксперименты Б. М. Малышева, в которых обнаружено интересное явление продолжающегося закручивания трубчатого образца под действием очень малого постоянного крутящего момента при непрерывном растяжении образца за пределом упругости.

Получена также некоторая экспериментальная информация о свойствах матрицы-функционала деформационной анизотропии.

<sup>1</sup> См., например, *Lehmann Th. On large elastic plastic deformation. Symposium on Foundations of Plasticity. Warsaw, 1972. P. 571—586.*

Исследованы соотношения «напряжения-деформации» для ряда частных классов упругопластических процессов: малой кривизны, средней кривизны, двухзвенных.

Поскольку непосредственное экспериментальное построение функционалов пластичности недостижимо, оставался нерешенным вопрос о конкретизации для произвольного процесса нагружения соотношения, вытекающего из постулата изотропии А. А. Ильюшина. Существенным шагом в этом направлении явилась гипотеза локальной определенности В. С. Ленского, согласно которой функционалы пластичности представимы как решения обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка и тем самым построение функционалов заменяется экспериментальным построением функций, определяющих ориентацию и модуль вектора напряжений. В обширных экспериментальных исследованиях отечественных и зарубежных авторов (В. С. Ленский, Р. А. Васин, Дао Зуй Бик, Й. Охаши и др.) проверена гипотеза локальной определенности и для ряда металлов построены соответствующие материальные функции<sup>1</sup>. Существенно, что показана возможность построения функций, охватывающих активные и пассивные процессы.

Завершающим шагом в этом направлении можно считать формулирование и экспериментальное обоснование гипотезы компланарности (В. С. Ленский, Э. В. Ленский), представленной в виде трехчленного соотношения (экспериментальная проверка этой гипотезы проведена также А. С. Вавакиным, Р. А. Васиным, Р. И. Широным).

Эта гипотеза совместно с гипотезой локальной определенности приводит к замкнутой системе физических соотношений, являющейся основой **локальной теории упругопластических процессов**, математическое развитие которой дано в работах Дао Зуй Бика.

К середине 80-х гг. в значительной мере завершились работы по экспериментальной проверке, обоснованию и оценке области применимости главных постулатов теории упругопластических процессов — постулата изотропии, принципа запаздывания векторных свойств, гипотезы компланарности, гипотезы локальной определенности. На основании обширного экспериментального материала (опыты на сложное нагружение сталей различных марок, медных и алюминиевых сплавов), полученного как сотрудниками кафедры, так и другими исследователями, установлено, что постулат изотропии и принцип запаздывания хорошо подтверждаются экспериментально и степень (точность) их выполнения приблизительно такова же, как и у гипотез теории малых упругопластических деформаций в случае пропорционального деформирования. Характерно, что этот вывод сделан на основании не только опытов по специально разработанным программам, но и опытов, в которых такая цель вообще

---

<sup>1</sup> Опыт И. Охаши с соавторами проведены по программам, рекомендованным кафедрой теории упругости. Результаты представлялись в виде графиков и детальных таблиц.

не ставилась и которые можно было использовать лишь для косвенных проверок (т. е. оценок выводов из рассматриваемых гипотез). Гипотеза локальной определенности и гипотеза компланарности, хотя и получили определенное экспериментальное подтверждение, требуют дальнейшего экспериментального обследования для уточнения области их применимости. Новые интересные результаты по этому вопросу, а также систематические сведения о свойствах функционалов пластичности на некоторых классах траекторий деформации получены в последние годы в Твери группой исследователей под руководством В. Г. Зубчанинова, входящей в состав научной школы А. А. Ильюшина. Существенные результаты в экспериментальном изучении свойств функционалов пластичности, используемых в формулировке гипотезы компланарности, получены Р. А. Васиным и Р. И. Шировым в опытах с траекториями деформаций в виде винтовых линий, двухзвенных и многозвенных ломаных (в том числе с криволинейными звеньями), сопряженных дуг окружностей. Можно считать, что в теории двухзвенных упругопластических процессов получены основные результаты: детально экспериментально обследовано поведение функционалов пластичности, выявлены некоторые их универсальные свойства, предложены различные аппроксимации, предложены методы решения соответствующих краевых задач. В обзорных работах Р. А. Васина представлены результаты экспериментального изучения функционалов пластичности в рамках теории упругопластических процессов и общее состояние исследований по теории упругопластических процессов на конец 80-х гг.

Цикл работ А. А. Ильюшина, В. С. Ленского, Р. А. Васина по теории упругопластических процессов удостоен Ломоносовской премии I степени за 1995 г.

С середины 80-х гг. развитие теории упругопластических процессов проходило в следующих направлениях: обобщение теории на случай конечных деформаций, наличия анизотропии, развитие теории эксперимента при неоднородном напряженно-деформированном состоянии, анализ течения материала при развитых неупругих деформациях (вязкопластичность, сверхпластичность, течение материала в тонком слое).

А. В. Муравлевым с использованием пятимерных сферических координат получено полярное представление для двухчленной формы связи напряжений с деформациями в теории упругопластических процессов А. А. Ильюшина. На основе этого представления им же было проведено преобразование системы дифференциальных уравнений, описывающей векторные свойства некоторого класса упругопластических материалов, к одному нелинейному дифференциальному уравнению в кватернионах и найдено его общее решение. На основе этого решения проведен анализ явления запаздывания векторных свойств на траекториях деформаций постоянной кривизны, позволяющий в определенной степени обосновать понятие следа запаздывания векторных свойств в теории упругопластических процессов.

Оригинальное построение новой модели анизотропной пластичности с использованием свойств пятимерного пространства изображений А. А. Ильюшина представлено в работах А. А. Ильюшина и Н. Б. Алфутовой. Рассмотрены различные случаи анизотропии, проведено сравнение с экспериментальными данными. Исследованы случаи трансверсально изотропных тел, кубических кристаллов, слабой анизотропии и др.

Развитие фундаментальных исследований и ряд важных задач инженерной практики привели к необходимости существенного усиления внимания к теории пластичности при больших деформациях. Общие вопросы и подходы к этой проблеме, представленные в работах В. Прагера (W. Prager), Л. И. Седова, А. А. Ильюшина, Р. Хилла, А. Е. Грина (A. E. Green), П. М. Нахди (P. M. Naghdi), С. Немат-Нассера (S. Nemat-Nasser), Э. Ли (E. N. Lee), нашли в 80-х гг. широкое обсуждение и развитие в многочисленных работах отечественных и зарубежных исследователей, в том числе Т. Леманна (Th. Lehmann), Ж. Манделя (J. Mandel), И. Ф. Дафалиаса (Y. F. Dafalias), Дж. К. Динса (J. K. Dienes), С. Н. Этлури (S. N. Atluri), Л. А. Толоконникова, А. А. Поздеева, В. Н. Кукуджанова, Л. В. Никитина, В. И. Кондаурова, П. В. Трусова, В. И. Левитаса, А. А. Маркина, Г. Л. Бровко и др.

На кафедре эта работа проводилась в направлениях исследования математического описания конечных деформаций и построения соотношений «напряжения-деформации», включая распространение теории упругопластических процессов на конечные деформации. Первый вариант обобщения понятий образа процесса и свойств пятимерной изотропии на конечные деформации был предложен самим автором классической теории А. А. Ильюшиным (1978), другие отдельные варианты — впервые независимо в работах П. В. Трусова (1984), В. И. Левитаса (1985), Л. А. Толоконникова и А. А. Маркина (1986), Г. Л. Бровко (1984). Была установлена принципиальная неоднозначность такого обобщения в зависимости от выбора тензорных мер деформаций и напряжений и проведено упорядочение вариантов таких построений для конечных деформаций, сравнение этих вариантов друг с другом для различных процессов и диапазонов величин деформаций (А. А. Ильюшин, Г. Л. Бровко). Эти результаты составили важную теоретическую базу для последующего изучения пластичности при конечных деформациях. Более того, дальнейшие работы этого цикла на кафедре привели к развитию основ и математического аппарата общей теории определяющих соотношений механики сплошной среды (см. п. 2.6).

В пластичности при конечных деформациях П. А. Моссаковским предложен усиленный вариант постулата изотропии — постулат изотропии в классах физически эквивалентных процессов деформаций. Дано теоретико-экспериментальное обоснование и изучены основные следствия новой формулировки постулата в общей теории упругопластических процессов. Установлены достаточные условия непротиворечивости основных положений теории упругопластических процессов при конечных деформациях в широком классе

тензорных мер ротационного типа. Доказана инвариантность вихревого и физически ориентированных образов процесса нагружения в случае аналитических процессов деформаций общего вида, а также вихревого, физически ориентированных и полярного образов — в случаях плоского напряженного или деформированного состояний. Получены достаточные условия инвариантности образа процесса нагружения на траекториях деформации с угловыми точками в теории двухзвенных процессов.

В экспериментальных исследованиях пластичности при конечных деформациях создание однородного напряженно-деформированного состояния в образце затруднительно, а порою и практически невозможно. Поэтому в последние годы на кафедре основное внимание уделяется разработке теории и методики экспериментов с неоднородным напряженно-деформированным состоянием образца, в первую очередь, экспериментов со сплошными и толстостенными цилиндрическими образцами, позволяющими достичь значительных степеней деформаций.

А. В. Муравлевым разработаны экспериментальные методики построения функционалов пластичности для траекторий деформации типа двухзвенных ломаных в опытах на сплошных цилиндрических образцах, нагружаемых осевой силой и крутящим моментом по специально выбранным программам (при этом в образце возникает неоднородное по радиусу напряженно-деформированное состояние). Показано, что эти методики эквивалентны по сложности стандартным экспериментальным методикам с тонкостенными цилиндрическими образцами по программам типа «веера», но при этом позволяют достигать в эксперименте гораздо более высоких уровней деформации (вплоть до разрушения материала) без потери устойчивости формы образца.

П. А. Моссаковским, А. А. Ильюшиным и Р. А. Васиним предложен метод исследования определяющих соотношений и критериев разрушения на основании трехпараметрических испытаний сплошных или толстостенных трубчатых образцов. Дано обобщение метода на область больших деформаций.

С конца 80-х гг. на кафедре совместно с Институтом проблем сверхпластичности металлов РАН (Уфа) и Институтом механики МГУ начались исследования сверхпластичности сплавов. Актуальность изучения сверхпластических материалов связана с их необычным механическим поведением — способностью испытывать очень большие однородные деформации без разрушения, низким сопротивлением деформированию, незначительной деформационной анизотропией, — что делает эти материалы чрезвычайно привлекательными с технологической точки зрения. Характерной особенностью сверхпластических материалов является также высокая скоростная чувствительность; на диаграммах деформирования нередко наблюдается падающий участок, что явно противоречит постулату Драккера. По инициативе кафедры в ИПСМ была создана лаборатория механики, в которой основным направлением работ стало применение методов и результатов МДТТ при изучении

феноменологии сверхпластичности (механические свойства, определяющие соотношения).

Экспериментальные исследования сверхпластичности, как правило, проводятся при одноосном нагружении (растяжение, осадка, кручение) или в условиях, близких к технологическим, когда напряженно-деформированное состояние неоднородно и, вообще говоря, неизвестно.

Совместно с Институтом механики проведены специальные эксперименты на титановом сплаве в состоянии сверхпластичности, в которых изучено влияние сложного нагружения на реологические свойства материала.

Впервые систематически исследована корреляция между точно определяемым видом траектории деформации и эволюцией микроструктуры материала в экспериментах на простое и сложное нагружение. А. А. Ильюшиным была высказана, а позднее теоретически и практически реализована идея о возможности измельчения зерна (при подготовке ультрамелкозернистой структуры сверхпластического материала) не за счет большой интенсивности деформации, а за счет специального вида сложного нагружения (пятимерная траектория деформаций) при малой интенсивности деформации.

С точки зрения общей теории определяющих соотношений выполнен анализ математических моделей сверхпластичности; оценена область применимости некоторых моделей и предложены обобщения известных определяющих соотношений. Разработаны и реализованы новые методы идентификации (экспериментального определения материальных функций) определяющих соотношений и оценки скоростной чувствительности сверхпластических материалов.

Проблемы механики твердого деформируемого тела, связанные с изучением сверхпластичности, и некоторые конкретные задачи для совместных исследований механиков с физиками, материаловедами и технологами, рассмотрены Р. А. Васиным и Ф. У. Еникеевым.

**Краевые задачи теории пластичности.** Классическая и вариационная постановки краевых задач статической теории малых упругопластических деформаций с доказательствами основных теорем, обеспечивающих корректность постановки, были осуществлены к середине 40-х гг. Одновременно автором теории А. А. Ильюшиным был предложен быстро сходящийся метод упругих решений, который широко используется в практике инженерных расчетов у нас и за рубежом. Доказательство сходимости этого метода В. М. Панферовым использовано для установления существования решения в теории оболочек.

В последующем были разработаны приемы дальнейшего ускорения сходимости последовательных приближений и модификации метода упругих решений. Д. Л. Быков предложил распространение метода и дал доказательство его сходимости для более широкого класса упругопластических тел, характеризующегося перекрестными зависимостями шаровых и девиаторных частей

тензоров деформаций и напряжений. В работах Е. Д. Мартыновой доказательство сходимости метода проведено для материалов с возрастающим упрочнением.

Впервые была поставлена принципиально новая и практически важная проблема физической достоверности решений краевой задачи, соответствия решения физическим соотношениям, использованным в постановке задачи. Для краевой задачи теории малых упругопластических деформаций этот вопрос решается теоремой о простом нагружении А. А. Ильюшина, которая определяет практически реализуемый класс однопараметрических нагружений. Теорема о необходимых и достаточных условиях однородно-простой деформации (Г. Л. Бровко) показывает, что допустимый класс нагрузок может быть существенно расширен.

Даны постановки краевых задач теории малых упругопластических деформаций при наличии температурных и радиоактивных полей. При этом получено необходимое обобщение теоремы о простом нагружении и предложен метод линейных приближений, аналогичный методу упругих решений; доказана его сходимость (В. С. Ленский, Г. Л. Бровко).

В. В. Москвитиним разработана теория процессов знакопеременного и циклического нагружения. В теории циклических процессов даны постановки и анализ краевых задач; доказана теорема о переменном нагружении, обеспечивающая физическую достоверность решения, и теорема о предельном состоянии, дающая способ определения напряженного состояния после большого числа циклов; предложен метод последовательных приближений. Дано приложение к теории расчета приспособляемости упругопластических систем, решен ряд конкретных задач.

Для классов упругопластических процессов малой, средней кривизны и двухзвенных процессов даны строгие постановки краевых задач квазистатики с доказательством теорем о существовании и единственности решений; предложены методы последовательных приближений, доказана сходимость (В. С. Ленский, Г. Л. Бровко, С. Неджеску-Клежа, С. В. Ермаков и др.). Условия физической достоверности решений этих краевых задач не установлены.

Применительно к краевой задаче при произвольном нагружении А. А. Ильюшиным предложен метод СН–ЭВМ, основанный на принципиально новой идее сочетания в алгоритме решения операций, выполняемых на ЭВМ, и испытаний стандартных образцов на машине класса СН по программам, определяемым решением в каждом приближении. Метод позволяет решить краевую задачу и выяснить вопрос о существовании решения, т. е. установить математическую корректность постановки апостериорно. При этом физическая достоверность решения обеспечивается априорно, поскольку непосредственно используется адекватная экспериментальная информация. Эффективность метода выяснена на решении конкретных задач. В последние годы проведены широкие численные эксперименты по исследованию

сходимости метода СН–ЭВМ, предложены эффективный способ ускорения его сходимости и процедура использования его в качестве численного метода.

Дана постановка краевой задачи локальной теории упругопластических процессов для произвольного сложного нагружения тела; доказаны теоремы о существовании и единственности решения; предложены методы последовательных приближений, дан упрощенный вариант постановки (В. С. Ленский, Дао Зуй Бик).

Наряду с аналитическими методами решения задач пластичности, разрабатываются экспериментальные методы. В проведенных В. П. Нетребко систематических исследованиях фотопластичности установлены соотношения между упругопластической деформацией и оптическим эффектом, что является основой для использования поляризационно-оптического метода за пределом упругости. Найден особый оптический эффект, позволяющий определить границы области пластической деформации в теле до выяснения картины распределения напряжений.

**Теория пластических течений.** В 1935–1938 гг. А. А. Ильюшин дал математическое представление уравнений состояния вязкопластических сред в сложном напряженном состоянии, согласующееся с данными экспериментов, исследовал термодинамику вязкопластической деформации и создал теорию вязкопластичности, включающую постановки краевых задач, формулировку принципа минимума мощности и разработку методов решения задач. В этих работах впервые дано определение понятия устойчивости равновесных процессов деформации, предложен критерий устойчивости при ползучести<sup>1</sup>, разработан и реализован метод решения задач об устойчивости вязкопластического течения. В связи с технологическими процессами обработки металлов давлением и с задачей регулирования течений смесей типа пластических жидкостей в нефтепромысловой механике установлена возможность и дан критерий образования застойных зон, что подтверждено в натурных наблюдениях и лабораторных экспериментах. Обобщение теории вязкопластического течения А. А. Ильюшина на общий вид связи между максимальной скоростью скольжения и максимальным касательным напряжением дано Л. С. Лейбензоном. На основе полученных соотношений решена задача об устойчивости растяжения-сжатия полосы.

Большой цикл исследований проведен на кафедре по проблеме пластического формоизменения в связи с вопросами технологии обработки давлением. А. А. Ильюшиным дана общая постановка задачи о пластическом течении при обработке давлением с учетом теплообразования и теплообмена, разработана теория подобия и моделирования горячих и скоростных процессов,

---

<sup>1</sup> Эти определения и критерии были впоследствии использованы рядом авторов при исследовании устойчивости равновесных конфигураций в теории вязкоупругости и теории ползучести.



сформулирована вариационная постановка задачи и предложен метод гидродинамических приближений. Широкое распространение в инженерных расчетах и проектировании процессов прессования, тонколистовой штамповки, прокатки, калибровки получила теория пластического течения тонких слоев вещества по жестким поверхностям (А. А. Ильюшин, И. А. Кийко, В. Н. Безухов и др.). В последующем в связи с проблемой повышения точности изделий эта теория обобщена на случаи контакта слоя пластического вещества с упругодеформирующимся инструментом и поставлена задача о регулировании жесткости рабочего инструмента.

Теория пластического течения (физико-математические основы технологии обработки давлением) развивалась затем в следующих направлениях: исследование функциональных свойств векторных и скалярных законов связи напряжений с деформациями; условия подобия и правила моделирования; течение по деформируемым поверхностям инструмента; исчерпание запаса пластичности и разрушение; прогрессивные технологии и новые постановки задач пластичности.

Предложен и развивается подход к аналитическому представлению определяющих соотношений, основанный на свойствах инвариантности замкнутой системы относительно максимальной группы непрерывных преобразований. Для описания течений сред с вязкими и пластическими свойствами найден полный класс функций, связывающих инварианты тензоров и температуру; разработан способ обработки экспериментальных данных.

Теория, в которой векторные свойства задаются соотношениями Сен-Венана, дополненная представлениями о функционалах, описывающих скалярные свойства, в совокупности с использованием современных аналитических и численных методов исследования — это надежный фундамент для изучения и конструирования большинства технологических процессов обработки давлением. Принимается, что сложные изменения структуры материала (разрыхление, накопление повреждений, образование структуры и т. п.), сопутствующие развитию формоизменению, не могут описываться математическими объектами простой природы (например, скаляром, хотя бы и функционалом процесса). Поэтому вводятся тензоры структуры как функционалы процесса и их инварианты — как меры структурных состояний. Скалярные свойства материала при этом дополнительно характеризуются функциями предельных состояний, которые определяются из опытов на простое нагружение при постоянных значениях параметров. Отметим, что описанный вариант теории подробно разработан по отношению к тензору запаса пластичности, описывающему процессы разрушения.

Для описания существенно сложных процессов течения — с промежуточными отжигами и т. п., а также для материалов с фазовыми превращениями и чувствительных к деформационной анизотропии — векторное уравнение Сен-Венана предложено дополнить слагаемым (функционалом или функцией) с «короткой памятью», быстро затухающим после точки резкого перехода на траектории деформации.

Проведен анализ полной системы уравнений, описывающих процесс пластического течения в рамках принятой на сегодня теории, выявлены параметры подобия и установлены правила моделирования. Показано, что полное моделирование процессов течения оказывается возможным лишь в исключительных (достаточно простых) случаях. Такая ситуация неизбежно приводит к необходимости проводить модельный эксперимент в условиях, лишь приближенно соответствующих натурным. Таким образом, возникает математическая проблема приближенного моделирования, например: каким из критериев подобия можно пренебречь, чтобы погрешность в пересчете заданных параметров с модельного процесса на натуральный была минимальной. Эта задача ждет своего решения.

Теория пластического течения в тонких слоях металла (в технологии — это тонколистовая прокатка, штамповка и др.) предложена А. А. Ильюшиным в начале 50-х гг. В последующем теория получила существенное развитие. Она обобщена на случай, когда учитываются упругие деформации инструментов; это принципиально важно, поскольку опыт и расчеты показывают, что изменение толщины слоя вследствие этих деформаций могут достигать величин порядка самой толщины. Построена математическая модель процесса, разработаны общие методы решения, рассмотрено большое число примеров.

Предложена общая постановка задачи о растекании слоя переменной толщины: в начальный момент известна область, занятая слоем, и задан закон изменения его толщины в функции координат и времени; требуется определить форму области в любой последующий момент времени. Найдены классы точных решений этой задачи, сделано обобщение на случай сжимаемого материала. Если поверхности тел инструмента обладают ярко выраженной фактурой (они могут быть специально обработаны в целях управления процессом), то вместо обычного закона контактного трения принимается обобщенный: вектор касательных напряжений трения связан с вектором относительной скорости скольжения посредством матрицы анизотропного трения, элементы которой — определяемые из опыта функционалы процесса. Подробно исследован случай ортотропного трения; в задаче о растекании обнаружены новые механические эффекты.

**Прикладные задачи теории пластичности.** В связи с расчетами на прочность трубопроводов высокого давления, артиллерийских стволов и снарядов, обсадных труб глубоких скважин и других объектов в послевоенные годы был осуществлен цикл фундаментальных и прикладных исследований упругопластической деформации толстостенного цилиндра при различных режимах силового и температурного воздействий, включающих скоростные и высокопараметрические.

В монографии А. А. Ильюшина «Пластичность» (1948) впервые представлена строгая математическая теория упругопластического деформирования пластин и оболочек. Этому важному для технических приложений вопросу

посвящено большое число исследований сотрудников кафедры, основные результаты которых освещены в монографиях П. М. Огибалова с соавторами.

Особый интерес представляет проблема устойчивости равновесия за пределом упругости.

В рамках бифуркационного подхода поставлена и исследована задача об устойчивости упругопластического равновесия стержней, пластинок и оболочек, даны методы решения задач и соотношения для определения критических нагрузок, удобные для использования (А. А. Ильюшин, С. М. Попов, В. И. Королев и др.); имеется обширная журнальная и монографическая литература по этому вопросу.

Впервые А. А. Ильюшиным была поставлена задача о потере устойчивости за пределом упругости тонкостенного элемента с учетом деформируемости конструкции, в которую он включен. Обнаружены существенные эффекты, которые необходимо учитывать в инженерных расчетах. Эта идея породила научное направление, успешно развивающееся в нашей стране (В. Г. Зубчанинов и др.).

Принципиально новая постановка задачи об устойчивости упругопластического равновесия возникла в ходе развития теории упругопластических процессов. Она связана с тем, что, например, при простом нагружении тела потеря устойчивости сопровождается, как правило, изломом траектории деформации с последующим развитием сложного упругопластического процесса; при этом значение критической нагрузки зависит от параметров упругопластического процесса после точки излома. Проведены исследования ряда конкретных задач устойчивости (А. А. Ильюшин, В. С. Ленский, В. А. Ломакин, В. С. Давыдов, В. А. Головешкин и др.).

Функционирование ряда объектов современной техники в условиях жестких радиоактивных облучений, интенсивных тепловых потоков, высоких и сверхвысоких давлений привело к необходимости изучить упругопластические и прочностные характеристики материалов в этих экстремальных условиях, ввести соответствующие функции в уравнения состояния вещества, дать методы решения возникающих краевых задач, которые позволят в различном приближении оценить эксплуатационные режимы и назначить необходимые запасы прочности и деформируемости. На основании анализа многочисленных отечественных и зарубежных источников кафедрой издан ряд монографий, оригинальных и обзорных статей, в которых приведены фактические данные, предложены рекомендации общего характера и предложены методы решения задач, иллюстрированные конкретными примерами.

## Динамические задачи МДТТ

Проблема распространения возмущений в упругой среде была одной из первых, рассматривавшихся в теории упругости (Пуассон, Остроградский, Ляв). К настоящему времени эта область составляет обширную главу МДТТ.

Динамические характеристики материалов при упругопластических деформациях привлекли внимание ученых с начала XX в. (Б. Гопкинсон). Вследствие больших трудностей, обусловленных существом явления, к середине 30-х гг. были проведены лишь единичные экспериментальные исследования (Менджойн, Надаи) и предложены простейшие способы математического описания влияния скорости деформации. В то же время внедрение скоростных процессов обработки металлов давлением и резанием, технологическое использование взрывов, развитие скоростного наземного и воздушного транспорта, наконец, нужды военной техники требовали форсированного развития динамики деформируемого твердого тела.

Начало исследованиям этого направления на кафедре теории упругости было положено в середине 30-х гг. А. А. Ильюшиным.

**Исследование динамических свойств материалов и моделирование высокоскоростных процессов.** В предвоенный период под руководством А. А. Ильюшина с участием П. М. Огибалова, С. М. Попова и ряда других сотрудников, аспирантов и студентов кафедры был создан пневматический скоростной копер ПСК для испытания материалов при высоких скоростях деформирования. Эта работа была продолжена в послевоенные годы, когда усилиями кафедры был создан усовершенствованный образец ПСК-2 с повышенными параметрами. Помимо испытаний коротких цилиндрических образцов металла и жидкостей, заключенных в цилиндре с поршнем, испытывались отдельные блоки конструкций в различных динамических режимах. Были получены данные об упругопластических характеристиках металлов при скоростях деформации до  $10^2 \text{ с}^{-1}$  и данные о динамической сжимаемости жидкостей, которые использовались, в частности, в динамических расчетах толстостенных цилиндров.

А. А. Ильюшиным было введено понятие перегрузки, с помощью которого некоторые задачи динамики деформируемого твердого тела сведены к квазистатическим задачам. Даны методы модельного воспроизведения на пневматических копрах явлений внедрения твердых тел в деформируемые преграды и перемешивания слоев жидкостей разных плотностей при высоких перегрузках.

В середине 50-х гг. А. А. Ильюшин предложил теорию подобия и моделирования действия интенсивных динамических нагрузок и взрывов на объекты путем испытания моделей в поле высоких перегрузок. На созданном для реализации этой идеи линейном ускорителе (во дворе старого здания МГУ) с перегрузками до 100g проведены испытания, моделирующие действие мощных наземных и подземных взрывов с образованием воронок, откольных разрушений и других типичных эффектов, фиксируемых приборами и на киноплёнке.

Под руководством В. С. Ленского разрабатывались методы построения динамических диаграмм растяжения-сжатия и дана их экспериментальная реализация. По современным методам и результатам определения динамических упругопластических и прочностных характеристик материалов опубликован обстоятельный обзор Р. А. Васина, В. С. Ленского и Э. В. Ленского.

**Упругие волны и колебания.** В современной электронике, и особенно в микроэлектронике, широко используются детали с напылениями или тонкими покрытиями из упругого материала различного функционального назначения. В условиях эксплуатации такие детали (и аппаратура) подвержены, как правило, динамическим нагрузкам. В последние годы В. С. Ленским и под его руководством на кафедре развивался подход, когда влияние таких покрытий при изучении распространения волн в телах учитывалось через граничные условия (типа винклеровского основания или инерционного типа). Изучены волны Рэлея и Лява и получены существенные качественные и количественные эффекты, связанные со «стесненностью» движения границы. Исследования в этом направлении продолжены учениками В. С. Ленского.

Другое направление развития динамики связано с использованием аппарата и аналитических методов динамики деформируемого тела (как, например, теории дифракции) в смежных областях, в особенности прикладного характера. Это зачастую позволяет уточнить математические модели рассматриваемых явлений и решать задачи в постановках, значительно приближенных к реальным условиям. В работах, выполненных под руководством М. Ш. Израилова, методом лучевых разложений получены новые асимптотические решения задач о распространении упругих волн, вызванных взрывом в упругой среде, с учетом подвижности границы области разрушения или детонации.

Распространение волн и колебания кусочно-неоднородных упругих сред, в частности, слоистых периодических систем изучались в работах Е. А. Ильюшиной, М. Р. Короткиной и И. Н. Молодцова. Динамика таких систем имеет важные применения в геологии и акустике в связи с проблемой виброзащиты, а также при построении и теоретическом обосновании непрерывных моделей сложных дискретных структур. В работах Е. А. Ильюшиной предложен метод исследования колебаний кусочно-неоднородных слоистых сред, приводящий к точному дисперсионному уравнению и позволяющий изучить явление фильтра. Для многослойной периодической структуры методом макроячеек устанавливаются усредненные уравнения колебаний, которые в длинноволновом приближении тем точнее описывают частотный спектр неоднородной среды, чем больше полевых функций введено для смещений однотипных границ раздела.

В работах И. Н. Молодцова рассматриваются задачи о центрально-симметричных колебаниях многослойного неоднородного упругого шара под действием внешних нагрузок. Рассматривается случай, когда слои не склеены друг с другом и которые могут двигаться независимо друг от друга.

**Математическая теория дифракции.** Первые решения задач дифракции упругих волн были получены в конце 40-х — начале 50-х гг. (М. М. Фридман, А. Ф. Филиппов) на основании метода функциональных инвариантных (ФИ) решений, разработанного В. И. Смирновым и С. Л. Соболевым. На кафедре теории упругости исследования по теории дифракции были инициированы

А. А. Ильюшиным в начале 70-х гг. в связи с проблемой более точного расчета воздействия мощных взрывов и сейсмических колебаний на подземные объекты.

М. Ш. Исраиловым даны постановки задач дифракции, учитывающие неоднородность падающей упругой волны, наличие трения на границе, подвижность и деформируемость препятствия и исследована их корректность (теоремы единственности и вывод условий на ребре). Развита классическая (ФИ-решений, Винера—Хопфа) и разработаны новые аналитические методы, применительно к таким постановкам, получен ряд новых точных решений. Частично результаты этих исследований изложены в монографии М. Ш. Исраилова. Кафедрой подготовлены (через аспирантуру и докторантуру) специалисты в области дифракции волн для Института механики и сейсмостойкости АН Узбекистана.

**Аэроупругость.** Существенным вкладом в динамику сверхзвуковых течений сред (жидкости, газа, плазмы, деформируемого твердого тела) явилось открытие А. А. Ильюшиным закона плоских сечений, который сводит пространственную задачу о взаимодействии со средой тонкого твердого тела, движущегося со сверхзвуковой скоростью, к соответствующей плоской или осесимметричной задаче. На этой основе развита газовая динамика современных самолетов и ракет. Это позволило также разработать рациональную теорию флаттера пластин и оболочек и теорию высокоскоростного внедрения и проникания тел в преграды.

Вскоре после войны в разработках проблемы аэроупругости на кафедре (А. А. Мовчан, Ж. К. Махортых, П. М. Огибалов и др.) был реализован фундаментальный подход: с позиций теории устойчивости Ляпунова определено понятие устойчивости по двум метрикам, дана постановка задачи о панельном флаттере с использованием гипотезы плоских сечений А. А. Ильюшина в аэродинамике сверхзвуковых течений, разработаны методы построения областей устойчивости, рассчитаны критические скорости потока и формы панельного флаттера. Долгое время не находила рациональной постановки и решения задача динамической устойчивости при высокоскоростном взаимодействии тел, когда игнорирование эффекта распространения волн недопустимо. Оригинальный подход к этой проблеме был предложен и реализован В. И. Малым. В результате дана принципиально новая теория динамической устойчивости упругих тел и разработаны методы решения задач о динамическом выпучивании (с учетом волновых эффектов) стержня, пластинки, полуполосы, полубесконечной панели и цилиндрической оболочки с разными условиями закрепления. В частности, обнаружено двухстадийное развитие форм динамического выпучивания цилиндрической оболочки с переходом первичной осесимметричной к вторичной ромбовидной форме при больших прогибах, геометрия которой определяется условиями изометрии. В уникальном эксперименте, проведенном И. А. Кийко, это явление получило полное подтверждение.

В теории панельного флаттера даны (в рамках поршневой теории) новые постановки задач и разработан численно-аналитический метод без насыщения, что сделало возможным исследовать широкий класс новых, важных в приложениях, задач флаттера: а) пластина произвольной формы в плане; б) пологая круговая в плане сферическая оболочка; в) прямоугольная пластина при условии, что вектор скорости потока образует произвольный угол со стороной пластины. В последней задаче обнаружен новый механический эффект — стабилизация колебаний пластины по отношению к флуктуациям вектора скорости потока, направленного параллельно одной из сторон. Изучено поведение собственных значений несамосопряженного флаттерного оператора, показано, что все они имеют положительную действительную часть; оценена точность и достоверность результатов, которые получаются методом Бубнова—Галеркина, широко используемого в задачах рассмотренного типа.

Изучен флаттер вязкоупругой (с «малой» вязкостью) пластины; показано, что достаточное условие устойчивых колебаний доставляет расчет по предельномодульной скорости. Тем самым частично разрешен парадокс, просуществовавший почти 20 лет: в первых исследованиях было установлено (методами усреднения и Бубнова—Галеркина), что критическая скорость флаттера вязкоупругой пластины примерно вдвое меньше «мгновеномодульной» скорости и этот результат не зависит от вязких свойств материала пластины.

Принципиально новый метод к рассмотрению проблемы флаттера предложен в работе И. А. Кийко, где давление аэродинамического взаимодействия потока с колеблющейся оболочкой определено в рамках закона плоских сечений и теории пограничного слоя. Полученное выражение содержит три слагаемых: квазистатическое постоянное давление; слагаемое типа «поршневой теории», но существенно уточняющее ее; слагаемое, имеющее смысл сжимающих усилий в срединной поверхности пологой оболочки или пластины. На этой основе в общем виде сформулирована задача об аэроупругих колебаниях пологой оболочки. Подробно рассмотрена задача для пластины; оценками установлено, что расчет по поршневой теории дает завышенное значение критической скорости флаттера.

**Динамика неупругих сред.** В годы войны Х. А. Рахматулиным были заложены основы теории распространения продольных упругопластических волн, открыта волна разгрузки и дана теория поперечного удара по гибкой нити.

В послевоенные годы на кафедре образовалась большая группа сотрудников и аспирантов (Ф. А. Бахшиян, И. Н. Зверев, В. С. Ленский, Р. И. Надеева, А. Л. Павленко, Е. В. Рябова и др.), которые под руководством Х. А. Рахматулина разрабатывали различные аспекты теории распространения упругопластических волн и методы определения динамических характеристик материалов твердых тел. Теоретически и экспериментально исследованы свойства волны разгрузки и решен ряд конкретных задач о распространении неупругих волн. В последующем, после выделения кафедры газовой и волновой

динамики, исследования в этой области велись в творческом контакте на обеих кафедрах.

Продолжено исследование аналитических свойств волны разгрузки и решение задач о распространении термопластических волн. Новым шагом в теории волн явился способ описания явления запаздывания текучести, позволивший поставить и решить задачу о распространении упругопластических волн с учетом этого явления. В частности, описано явление тыльного откола.

В связи с быстрым внедрением в промышленности и технике в 60–70-х гг. изделий из полимерных материалов на кафедре в эти же годы велись интенсивные работы по теории вязкоупругости во всех основных направлениях — теоретическое исследование моделей в нелинейной вязкоупругости, экспериментальное определение и аналитические приближения ядер ползучести и релаксации, построение эффективных методов решения задач вязкоупругости, прикладные вопросы.

В статике А. А. Ильюшиным был разработан метод аппроксимаций, в качестве столь же общего метода решения динамических задач вязкоупругости предложен метод усреднения Боголюбова — Митропольского, распространенный в данном случае на системы интегро-дифференциальных уравнений. В работе А. А. Ильюшина, Г. С. Ларионова, А. Н. Филатова указан обоснованный с физической точки зрения способ введения малого параметра в задачи вязкоупругости, показано, что динамическая система уравнений линейной вязкоупругости приводится к стандартному виду и впервые дано обоснование метода усреднения применительно к системам интегро-дифференциальных уравнений. В дальнейшем этот метод успешно развивался применительно и к нелинейным уравнениям.

Другой эффективный метод решения задач динамики вязкоупругих сред связан с принципом соответствия решения вязкоупругой и упругой задач. Этот принцип, установленный для случая ядер экспоненциального типа Е. И. Шемякиным, распространен на общий случай в работах И. А. Кийко и М. Х. Ильясова; строгое обоснование дано в работах, выполненных под руководством И. А. Кийко. Метод применим, когда вязкоупругий оператор Пуассона является числом, тогда решение вязкоупругой начально-краевой задачи дается сверткой соответствующей упругой задачи и одномерной «эталонной» задачи вязкоупругости для полубесконечного стержня.

Применение преобразования Лапласа по времени является традиционным в динамических задачах вязкоупругости. Существенные результаты в этом направлении получены в работах и докторской диссертации С. Г. Пшеничного, выполненных под руководством И. А. Кийко. Установлено, что при достаточно общих предположениях решения задач в изображениях являются однозначными аналитическими функциями, не имеющими точек ветвления (все особые точки — полюсы). Это позволило эффективно применять аппарат теории вычетов и получить новые аналитические решения ряда нестационарных задач для кусочно-неоднородных вязкоупругих тел.



**Сейсמודинамика.** Значительный раздел сейсמודинамики подземных сооружений базируется на предложенной А. А. Ильюшиным в конце 60-х гг. модели взаимодействия сооружения и грунта в виде операторного соотношения (типа линейной вязкоупругости или оператора теории малых упругопластических деформаций) между касательными напряжениями на границе контакта и относительными смещениями. Это предложение А. А. Ильюшина имело принципиальное значение в инженерной практике расчетов на сейсмостойкость и привело к большому числу экспериментальных исследований по определению констант и функций, входящих в указанные типы взаимодействия, для грунтов с различными физико-механическими характеристиками. Таким образом в Ташкенте сформировалась школа (под руководством академика Т. Р. Рашидова), в которой на базе принятых моделей проводились сейсמודинамические расчеты конкретных деформируемых конструкций (туннели Ташкентского метрополитена, систем трубопроводов и т. д.) и в 70-е гг. была создана эффективная прикладная теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений.

Важное значение в сейсмологии имеет применение методов и решений задач дифракции, поскольку учет дифракционных явлений повышает уровень достоверности сейсמודинамических расчетов. Кроме того, существующий математический аппарат позволяет рассматривать задачи сейсמודинамики в более сложной связанной постановке и тем самым уточнять существующие приближенные прикладные теории. В работе М. Ш. Исраилова сформулирована и исследована простейшая задача о колебаниях трубопровода в связанной постановке с учетом взаимного влияния движений среды и стержня.

## Вязкоупругость

Отдельные вопросы теории вязкоупругости изучались на кафедре еще в 30–40-е гг. Одной из значимых в этой области явилась работа А. П. Бронско-го. Интенсивное развитие вопросов линейной и нелинейной вязкоупругости началось в 60-е гг. (А. А. Ильюшин, М. А. Колтунов, В. А. Ломакин, В. В. Москвитин, Б. Е. Победра и др.).

**Физические основы.** Чтобы направить математические исследования по продуктивному руслу, обеспечивающему физическую достоверность результатов и надежность рекомендаций, необходимо было в первую очередь оценить границы применимости линейных соотношений «напряжение–деформация–температура–время» и установить достаточно точные и приемлемые для практического использования соотношения нелинейной теории вязкоупругости.

Была создана проблемная лаборатория механики полимеров (заведующий — М. А. Колтунов), в которой был развернут цикл экспериментальных исследований по определению основных параметров уравнений состояния

вязкоупругих тел и получен ряд экспериментальных теоретических результатов принципиальной значимости. Попутно были установлены специфические требования к экспериментальным процедурам, невыполнение которых предшественниками приводило к неоднозначности трактовки результатов опытов.

При создании математической теории соотношений нелинейной вязкоупругости традиционное кратноинтегральное представление, приводившее к большим трудностям в трактовке экспериментальных данных и в разработке методов решения задач, было существенно скорректировано использованием постулата изотропии.

На этой основе построена квазилинейная (тензорно-линейная) теория вязкоупругости, достаточно точная и математически существенно более простая по сравнению с предложенными ранее нелинейными теориями. Даны прямые и обратные соотношения между напряжениями и деформациями. На основе выделения особенностей многопараметрических ядер построена главная квазилинейная теория вязкоупругости, содержащая только однократные интегралы времени, в которых ядра являются функциями (не функционалами) инвариантов процесса.

Путем обработки данных многочисленных экспериментов американских ученых с типичными полимерами, проведенных по сложным программным траекториям в пространстве «деформации–время», было установлено хорошее согласие главной кубической теории нелинейной вязкоупругости с опытными данными.

Исследована термодинамика вязкоупругих тел и выведены напряжения для энтропии и свободной энергии через параметры процесса изменения напряжений и деформаций.

В связи с проблемой вязкоупругости были рассмотрены вопросы теории длительной прочности. А. А. Ильюшиным введено понятие тензора повреждений, характеризующего накопление микроповреждений, и построена теория накопления повреждений, в которой выдвинуты критерии прочности при сложных силовых и температурных воздействиях. Завершен и используется в практике линейный вариант этой теории. Предложена методика моделирования разрушений в ускоренных испытаниях образцов и элементов натуральных конструкций.

Монография А. А. Ильюшина и Б. Е. Победри представляет завершённую теорию уравнений состояния нелинейной вязкоупругости. В монографии В. В. Москвитина предложены также другие модификации соотношений нелинейной вязкоупругости, отражающие, в частности, специфику твердых топ-лив, даны постановки и решения типичных задач.

**Постановки и методы решения задач.** В линейной теории вязкоупругости для решения краевых задач А. А. Ильюшин предложил и обосновал метод аппроксимаций, согласно которому решение аналогичной задачи линейной теории упругости применительно к вязкоупругости представляется в виде сумм

однократных интегралов с известными из опытов ядрами. Этот метод, вполне доступный для инженерной практики, получил широкое распространение.

Для решения краевых задач нелинейной вязкоупругости предложен и используется метод последовательных приближений.

## Теории прочности

Механические теории прочности были предметом исследований на кафедре теории упругости с момента ее основания. М. М. Филоненко-Бородич существенно развил теорию Мора о прочности хрупкопластических материалов введением в рассмотрение среднего главного напряжения. Некоторые работы М. М. Филоненко-Бородича посвящены вопросам прочности крупнейших сооружений: Камышенской и Куйбышевской плотин, гидроизоляционных оболочек тоннелей и др. Процесс разрушения при упругопластических деформациях в окрестности концентраторов напряжений изучался теоретически и экспериментально в работах В. М. Панферова, Б. П. Кишкина; было показано, что разрушение начинается не на поверхности образца, а во внутренних точках вблизи поверхности. Прочность при циклических нагружениях при упругопластических деформациях исследована В. В. Москвитиным; А. А. Ильюшин получил известные конечные соотношения при изучении несущей способности пластин и оболочек. В лаборатории динамических испытаний НИИ механики МГУ Р. А. Васин и И. А. Кийко провели по заказам промышленности экспериментальные исследования прочности и разрушения элементов конструкций новой техники при ударных и взрывных нагружениях.

В 1967 г. А. А. Ильюшин предложил новый подход к изучению длительной прочности материалов: в рассмотрение были введены тензоры и меры повреждений и соответствующие им критерии разрушений при сложных термосиловых нагружениях. Эти идеи были использованы при изучении исчерпания запаса пластичности в металлах при пластических течениях.

В развитие идей А. А. Ильюшина в работах Б. И. Завойчинского и др. сформулирована гипотеза предельных процессов нагружения, согласно которой повреждение рассматривается как максимум по времени некоторого материального функционала на процессе нагружения. Процессы сложного нагружения представлены в изображающем пространстве А. А. Ильюшина и построены их инварианты относительно ортогональных преобразований; постулируется взаимосвязь этих инвариантов при разрушении. Для многих конструкционных материалов при разных видах сложных циклических нагружений проведено сравнение предлагаемых соотношений с экспериментальными данными.

В работах Д. Л. Быкова и его учеников разрабатывается новая нелинейная теория термовязкоупругости, отличающаяся от ранее известных иерархической структурой уравнений состояния и кинетического уравнения, определяющего

параметр поврежденности материала. В качестве параметра поврежденности выбрана удельная рассеянная энергия; эксперименты показали, что параметр влияет на механические свойства реологических материалов, включая предельные напряжения и деформации.

Иерархическая структура законов, связывающих напряжения и деформации, определяется тремя уровнями. На первом использована тензорно линейная теория вязкоупругости, на втором уровне введены актуальные и текущие приведенные времена, разность которых является аргументом ядер релаксации. Приведенные времена функционально зависят от нескольких аргументов, включая температуру, инварианты напряжений или деформаций, параметр поврежденности, а также параметры, с помощью которых различаются процессы активного нагружения и разгрузки. На третьем уровне уточняются виды аргументов, влияющих на приведенные времена, в зависимости от особенностей решаемых с помощью данной теории задач; рациональным является использование минимально необходимого числа аргументов, влияющих на приведенные времена.

Предложенная теория позволяет учитывать многие результаты ранее приводившихся исследований; ее использование позволяет объяснять различные эффекты, наблюдаемые в опытах. В частности, была количественно правильно описана зависимость длительной прочности материалов при ползучести от последовательности приложения нагрузок разной интенсивности. Указаны случаи нагружения, приводящие к немонотонной зависимости напряжений от деформаций, а также S-образности кривой «напряжение—деформация» при повторных нагружениях.

## Исследования основ механики сплошных сред

Теоретические и экспериментальные исследования кафедры теории упругости в различных областях механики деформируемого твердого тела явились основанием не только для приложений, но и для изучения и развития основ механики сплошной среды.

Особая роль в этом принадлежит созданной А. А. Ильюшиным в 40–50-е гг. общей теории пластичности, составившей существенную основу для современной теории определяющих соотношений сплошных сред и способствовавшей тем самым консолидации механики сплошной среды в самостоятельную научную дисциплину со своей проблематикой и методами, равнозначно приложимыми к ее разделам — гидромеханике, теории упругости, теории пластичности и т. п. Это крупнейшее достижение механики нашего столетия, сопоставимое по значимости с созданием О. Коши и его последователями в прошлом веке основ континуальной механики — теории деформаций и напряжений.

Исследования кафедры по общим проблемам механики деформируемых сред сложились в 50–60-е гг. и охватывают как теоретико-экспериментальные основы моделирования сред, так и методы анализа поведения моделей сред в различных процессах, общие методы решения краевых задач.

Экспериментальные исследования кафедры затрагивают широкий круг квазистатических и динамических процессов в деформируемых телах и системах. Наиболее общий характер по их значимости для механики деформируемых сред носят экспериментальные исследования свойств пластичности, сложившиеся в стройную систему в 50–60-е гг. благодаря целенаправленной работе В. С. Ленского по подтверждению основных постулатов общей теории пластичности. Разработанная и реализованная им система экспериментально-теоретических исследований, созданная при его непосредственном участии экспериментальная техника принципиально нового типа — класса СН — положены в основу практически всех отечественных и зарубежных исследований по пластичности и другим разделам механики деформируемого твердого тела.

Кафедра в лице А. А. Ильюшина, В. С. Ленского и других сотрудников активно участвовала в формировании испытательной базы лабораторий НИИ механики МГУ, в постановке экспериментальных исследований в вузах, академических институтах, конструкторских и заводских лабораториях, направляя первоочередное внимание на выяснение принципиальных аспектов физико-механических свойств материалов. Были заложены основы экспериментальных исследований в ряде лабораторий НИИ механики МГУ, ныне объединенных в лабораторию упругости и пластичности, руководимую профессором В. П. Нетребко. Принципиально важные экспериментальные исследования проводились в лаборатории статических испытаний, которой в течение длительного времени руководил П. М. Огibalов и в которой сотрудничала ст. преп. кафедры И. М. Тюнеева, в лаборатории высокотемпературной прочности которой длительное время руководил В. М. Панферов, в лаборатории динамических испытаний, организованной В. С. Ленским и впоследствии в течение многих лет руководимой И. А. Кийко, в лаборатории оптических методов исследования, в которой длительное время проработал доцент кафедры В. Д. Копытов. Сейчас под руководством Р. А. Васина в значительной мере силами выпускников кафедры в НИИ механики МГУ, а также в Институте проблем сверхпластичности металлов РАН (Уфа) ведутся исследования влияния микроструктуры на макромеханические свойства материалов, разрабатывается новая методика проведения опытов с толстостенными и сплошными цилиндрическими образцами, весьма важная для изучения свойств материалов при конечных деформациях.

Существенным вкладом кафедры в изучение общих вопросов механики деформируемых сред явились исследования краевых задач упругости, пластичности, вязкоупругости, задач о сложных упругопластических системах, задач прочности, устойчивости и т. п. Новые постановки задач, возникшие в

связи с созданием новых теорий и подходов в пластичности, вязкоупругости, других разделах, созданные на кафедре методы решения задач не только стали основой для широких приложений, но и стимулировали применение и развитие современных математических методов.

К широкому кругу краевых задач механики деформируемых сред относится предложенный А. А. Ильюшиным метод СН–ЭВМ, по природе своей обеспечивающий физическую достоверность решений в случае его сходимости. Вопросы сходимости, примеры применения метода подробно изучены А. А. Ильюшиным, Б. Е. Победрей, Р. А. Васиным и другими исследователями. Столь же широкой общностью обладает принципиальная идея метода блоков А. А. Ильюшина. Некоторые методы, изначально предложенные без доказательства сходимости в конкретных областях, получили впоследствии математическое обоснование и были распространены на другие области и задачи. Д. Л. Быков развил модификации метода упругих решений А. А. Ильюшина и с использованием современного аппарата функционального анализа дал им строгое математическое обоснование для значительно более широкого класса задач. И. А. Кийко получил уточнение и существенное обобщение постановок задач о панельном флаттере. Мощное применение и развитие нашли методы современной теории дифференциальных уравнений, методы функционального анализа в работах А. А. Ильюшина, В. С. Ленского и их учеников по исследованию постановок и методов решения краевых задач пластичности.

Такие работы, помимо их самостоятельной ценности, демонстрируют продуктивность строгих математических оценок, служат выяснению сущности математических моделей механики, обрисовывают возможные рамки их применимости и способствуют расширению взгляда на основы механики деформируемых сред.

Исследования теоретических основ механики сплошных сред традиционно проводятся на кафедре по следующим направлениям: 1) принципы построения общей теории определяющих соотношений классической механики сплошной среды, в том числе при конечных деформациях; 2) построение и исследование новых неклассических моделей сред сложной структуры, включая неоднородные среды.

**Общая теория определяющих соотношений классической механики сплошной среды.** Теоретические основы для исследований по первому из указанных направлений разработаны А. А. Ильюшиным. Введенные им понятия процесса и реакции, предложенные им постулат макроскопической определимости (основной постулат механики сплошной среды) и постулат изотропии, обеспечивающие физически достоверное описание свойств материалов, вошли в современные курсы по механике сплошной среды и ее разделам.

Постулат пластичности А. А. Ильюшина, обобщивший известный постулат Д. Дракера, явился наиболее общим определением пластичности, определением необратимости механического процесса. Последующее развитие

автором этого постулата привело к введению мер необратимости термомеханических процессов и послужило методологической основой для создания принципиально нового подхода к построению и исследованию определяющих соотношений сред.

Этот подход, базирующийся на использовании фундаментального термомеханического тождества как функционального уравнения для реакции при заданном процессе, реализован в работах А. А. Ильюшина и Г. А. Ильюшиной. Изучены свойства этого уравнения и его решений в различных функциональных пространствах, получены соответствующие классы материалов. Для общей формы уравнения исследованы вопросы существования и непрерывности решений, обнаружена неединственность решений, выяснен ее характер, выраженный наличием неопределенной аддитивной составляющей, лежащей в ортогональном дополнении к определенной части реакции, задаваемой уравнением.

Работы этого цикла исследований проводились на кафедре в последние годы в рамках научных грантов под руководством А. А. Ильюшина при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 95–01–01551а и проект № 97–01–00146.

Существенное развитие общая теория определяющих соотношений сплошных сред получила в последние два десятилетия в проводившихся на кафедре под руководством А. А. Ильюшина исследованиях процессов конечной деформации, требующих по сравнению с малыми деформациями значительно более сложного понятийного аппарата, продвинутой аксиоматики, более широкого привлечения методов современной математики. Необходимость этих исследований была обусловлена самим ходом развития основ механики континуума в классических работах В. Прагера (W. Prager), А. А. Ильюшина, Л. И. Седова, Р. Хилла (R. Hill), У. Нолла (W. Noll), К. Трусделла (C. Truesdell), П. Жермена (P. Germain), актуальность этой тематики резко возросла в начале 80-х гг. в связи с мощным потоком работ в мировой журнальной литературе по пластичности при конечных деформациях. Исследования этого периода на кафедре были инициированы А. А. Ильюшиным и Г. Л. Бровко и были сосредоточены на следующих принципиальных направлениях: 1) способы описания механических характеристик, в первую очередь, напряжений и деформаций тензорными величинами разных типов и рангов; 2) структура отображений и уравнений, связывающих такие тензоры, в том числе дифференциальных и интегральных связей, допустимых в определяющих соотношениях сред; 3) сопоставление и развитие основных постулатов теории определяющих соотношений тел при конечных деформациях, общие приведенные формы соотношений, основы их классификации и теория эксперимента. Подходы к решению этих проблем широко обсуждались на общем и специальных научных семинарах кафедры теории упругости, в докладах сотрудников кафедры на всесоюзных и международных научных конференциях, в многочисленных дискуссиях, проводившихся на кафедре с участием

А. А. Ильюшина, В. С. Ленского, Г. Л. Бровко, М. Ш. Исраилова, И. А. Кийко, Р. А. Васина, а также научных коллег кафедры Л. А. Толоконникова, В. Г. Зубчанинова, К. Ф. Черных, А. Ф. Улитко, А. А. Поздеева, В. Л. Колмогорова, А. А. Маркина, П. В. Трусова, В. И. Левитаса, Ж. Можена (G. A. Maugin) и др.

Основные результаты этих исследований на кафедре получены А. А. Ильюшиным и Г. Л. Бровко. Оригинальное теоретическое продвижение сделано П. А. Моссаковским и нашло дальнейшее воплощение в его совместных работах с Р. А. Васиным. К исследованиям по конечным деформациям присоединяются и другие сотрудники, а также аспиранты и студенты кафедры.

В докторской диссертации Г. Л. Бровко (защищена в МГУ в ноябре 1996 г.) предложены постановки и решения принципиально новых общих задач теории определяющих соотношений механики сплошных сред в указанных направлениях. Введено понятие объективных тензоров, охватывающее известные понятия (типы) объективности, индифферентности, инвариантности, а также новое понятие диаграмм, дающее замкнутое описание естественных связей между тензорами-аналогами разных типов. Впервые с общих позиций изучены свойства не зависящих от системы отсчета отображений и уравнений, связывающих объективные тензоры разных типов, и введено понятие пакетов отображений (отображений диаграмм), представляющих всевозможные допустимые для диаграмм формы определяющих соотношений, в том числе понятие объективных производных, обобщающее все известные (классические и новые) виды таких производных, и понятие объективного интегрирования. Построена новая теория тензорных мер напряжений и конечных деформаций, согласующаяся с известными подходами Р. Хилла и других авторов, в ней впервые в полной и замкнутой форме (в виде замкнутых классов тензорных мер разных типов) реализована принципиальная неоднозначность (многовариантность) описания напряженно-деформированного состояния при конечных деформациях, открывающая новые возможности представления свойств материалов за счет выбора самих мер деформаций и напряжений. Предложен вариант общей теории определяющих соотношений, охватывающий возможное одновременное наличие в теле внутренних кинематических связей и нетривиальных полей массовых сил внутреннего взаимодействия. Установлена эквивалентность определяющих соотношений А. А. Ильюшина и У. Нолла, что показывает выполнение для всех теорий современной классической механики сплошной среды (механики простых тел) принципов детерминизма и причинности, локальности и материальной независимости от системы отсчета, а также гипотезы макрофизической определенности, замыкающей рамки классической механики континуума. Предложено обобщение теории упругопластических процессов А. А. Ильюшина на конечные деформации, включающее все известные варианты таких построений, показана полнота этого обобщения (в классах введенных мер напряжений и деформаций) и проведено сравнение (классов) вариантов образа процесса при конечных деформациях, что очерчивает рамки принципиально возможных приложений



понятий образа процесса и постулата изотропии в экспериментально-теоретических исследованиях свойств материалов при конечных деформациях. Целесообразность использования изображений по А. А. Ильюшину в описании процессов конечной деформации подтверждена примерами, в том числе наглядным разъяснением геометрических причин возникновения известной «аномалии» колебаний напряжений при простом сдвиге для моделей гипопругости и пластического течения, использующих объективную производную Яуманна<sup>1</sup>.

Полученные результаты согласуются с известными, в том числе классическими, и существенно обобщают их.

В работах П. А. Моссаковского и Р. А. Васина предложен принципиально новый взгляд на классификацию процессов деформации и нагружения, изначально учитывающий неизбежную в практике эксперимента и численных расчетов необходимость введения определенных фиксированных допусков точности и опирающийся на предположение о непрерывности определяющих соотношений (в некоторых нормах) по отношению к внутренней геометрии траектории деформации, подтверждаемое известной устойчивостью эксперимента по отношению к малым возмущениям («рысканию»), впервые экспериментально подмеченной В. С. Ленским. Предложенная ими на этой базе обобщенная формулировка постулата изотропии А. А. Ильюшина, а также внесенные ими уточнения в формулировку принципа запаздывания открывают более широкие возможности для трактовки опытных данных по пластичности и построения определяющих соотношений как при малых, так и при конечных деформациях.

Исследования этого цикла дают существенное развитие основ и математического аппарата общей теории определяющих соотношений механики сплошной среды, закрепляя приоритет научной школы А. А. Ильюшина в этой области. Докторская диссертация Г. Л. Бровко выделена в Бюллетене ВАК (1998, № 6) в числе двух работ (вместе с работой Д. В. Георгиевского — кафедры механики композитов МГУ) как развивающих фундаментальные представления о механике деформируемого твердого тела.

**Неклассические модели сред.** Использование понятий и соотношений классической механики сплошной среды с симметричными тензорными характеристиками напряжений и деформаций оказывается зачастую не только при больших, но и при малых деформациях недостаточным и неадекватным для

---

<sup>1</sup> Такое поведение моделей («аномалия») отмечалось в работах Т. Леманна (Th. Lehmann, 1972), Дж. Динса (J. K. Dienes, 1979), Дж. Нагтегаала и Дж. де Джонга (J. C. Nagtegaal & J. E. de Jong, 1982), а замечания о порою неоправданном использовании яуманновой производной при моделировании свойств пластичности были высказаны еще в 1960 г. В. Прагером и Л. И. Седовым на I Всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике (см.: Седов Л. И. ПММ. 1960).

описания параметров процесса и реакции, построения определяющих соотношений тел и конгломератов с усложненной механической структурой представительного элементарного макрообъема, характеризуемой, как правило, сложной геометрией размещения частиц среды в макрообъеме, разнородностью их свойств, более широким, чем классический, набором степеней свободы и видов внутренних взаимодействий. Наличие хотя бы одного из указанных усложняющих факторов и попытки их адекватного учета приводят к необходимости создания новых моделей сред и структур, предусматривающих отличную от классической аксиоматику и новые методы (осредненного) описания механических процессов и систем.

Исследования кафедры, направленные на развитие теоретических основ моделирования и методики описания сложных сред и структур, включают: 1) феноменологическое построение новых моделей сред с использованием классических и неклассических подходов, сопоставление их с известными моделями, 2) разработку статистических методов анализа микронеоднородных сред, 3) развитие методов структурного моделирования сред, исследование их свойств.

Работы первого направления проводились в основном в рамках грантов РФФИ № 95–01–01551а и № 97–01–00146 под руководством А. А. Ильюшина. Основные проблемы феноменологического описания сложных сред, связанные с топологией микроструктуры представительного объема, возможными внутренними взаимодействиями частиц, включая моментные, обсуждаются в одной из последних научных публикаций А. А. Ильюшина. Предложенный подход к построению модели несимметричной упругости, основанный на использовании тензора дисторсий как характеристики деформаций, нашел применение и развитие в работах А. А. Ильюшина, А. П. Шмакова, И. Н. Молодцова.

В рамках того же гранта в работах Г. Л. Бровко предложено феноменологическое построение моделей гетерогенных сред с разнотипными фазами, в том числе с различными степенями свободы. Для процессов конечной деформации выведены основные уравнения баланса моделей сред, выяснена структура внутренних интерактивных взаимодействий фаз, определены параметры процесса и реакции, структура определяющих соотношений. Показано, что модель с фазами, обладающими различными (классическими и неклассическими) степенями свободы в частных и специальных случаях сводится к известным моделям Коссера, Грина — Нахди и Био, а уравнения модели пористого жидкогазонаполненного конгломерата с твердым деформируемым каркасом обобщают известные уравнения моделей пористых сред, включая закон Дарси. Феноменологическому подходу к определению термодинамических параметров и построению уравнений состояния нелокальных сред посвящены работы, проведенные под руководством П. М. Огibalова.

Важной вехой в исследовании и разработке неклассических подходов к моделированию сплошных сред усложненной структуры явились работы второго из указанных направлений — статистического анализа микроструктуры

сред. Основы такого подхода нашли оригинальное отражение в курсе механики сплошной среды А. А. Ильюшина. Систематические исследования в области неоднородной теории упругости, начало которым было положено в 60-х гг., развивались в работах профессора В. А. Ломакина и его учеников. В этих работах даны постановки основных классов статистических задач механики деформируемого твердого тела, основанные на методах теории случайных полей.

Разработаны основные методы решения краевых задач стохастически неоднородных упругих тел: асимптотический метод для задач с быстро осциллирующими упругими свойствами, метод возмущений. Даны постановки и разработаны общие методы (метод функций Грина, метод моментных функций, спектральный метод) решения краевых задач теории упругости и пластичности при случайных внешних воздействиях. Проведен теоретический анализ ряда основных механических эффектов, определяемых структурой неоднородности среды: зависимость макроскопических характеристик от параметров структурной неоднородности материалов, эффекты нелокальности макроскопических свойств структурированных сред, масштабный эффект, эффект погранслоя. Дано представление несимметричного тензора напряжений в рамках моментной теории упругости.

Основные результаты обобщены в монографиях В. А. Ломакина. В развитие этих работ в 90-е гг. на основе модели случайно-неоднородных упругих сред З. Г. Тунгусковой дана постановка задачи об определении «представительного объема» материала как задачи о выбросах случайной функции. Для поликристаллических материалов при естественных предположениях задача сводится к выбору суммы большого числа независимых случайных величин. Как известно, такая сумма достаточно хорошо описывается функцией распределения Гаусса. Для материалов, состоящих из анизотропной матрицы и редких включений, проблема решается с помощью функции распределения Пуассона. Получены выражения представительного объема через средние значения и дисперсии упругих модулей фаз (для многофазных материалов), зависящие от вероятности и допуска.

Исследования третьего из указанных направлений определены работами А. А. Ильюшина, М. Р. Короткиной, Е. А. Ильюшиной. Основы структурного подхода к моделированию механических свойств сред разработаны А. А. Ильюшиным. М. Р. Короткиной предложен метод построения термомеханических функций кристаллов. Е. А. Ильюшина впервые свела динамическую задачу для слоистой среды периодической структуры к разностным уравнениям движения границ между слоями. Для этих уравнений получено дисперсионное уравнение. С использованием аналогичных подходов проведено континуальное моделирование двухрядной конечной дискретной системы с учетом краевых эффектов, получены солитоновые решения в твердом теле на простейшей модели двухрядной системы частиц. Е. Д. Мартынова для плоского прямоугольного периодического каркаса, состоящего из тонких невесомых упругих стержней, сочлененных жесткими массивными узлами, получила систему разностных уравнений относительно перемещений и углов поворотов узлов сочленений. Для

этих уравнений построен полевой аналог, подробно рассмотрен случай длинноволнового приближения и получены статические и динамические модули конструкции. Аналогичным методом механического (структурного) моделирования А. А. Ильюшиным и Г. Л. Бровко в связи с исследованием механических свойств перфорированных плит, используемых в атомной энергетике, построена теория упругих и упругопластических рам при конечных плоских деформациях, получен ее континуальный аналог (уравнения движения, определяющие уравнения), даны оценки величин модулей упругости и скоростей звука для континуальной модели.

## **Учебная и научно-организационная работа**

Кафедра теории упругости предъявляет высокие требования к своим сотрудникам, считая, что учебная работа, ее интенсивность, качество и разносторонность являются одним из главных направлений деятельности кафедры. Поэтому содержание лекционных курсов постоянно обновляется в соответствии с научным прогрессом, вводятся новые курсы, дающие выпускнику кафедры возможность, кроме специализации, получить знания системные, позволяющие свободно ориентироваться в вопросах современной науки и ее приложений.

Коротко остановимся на истории учебной работы кафедры теории упругости. 30–40-е гг. — это период обновления научных интересов кафедры. Поэтому в эти годы появилось много новых специальных курсов (теория пластичности, общая теория оболочек, контактные задачи и др.), расширялась тематика дипломных работ. К этому времени четко определилось содержание и структура основного курса теории упругости, который читали Н. Н. Бухгольц, Л. С. Лейбензон, А. А. Ильюшин. Учебник Л. С. Лейбензона сохранил свою значимость вплоть до наших дней. Усилиями прекрасного педагога М. М. Филоненко-Бородича был усовершенствован классический курс сопротивления материалов в соответствии с уровнем подготовки студентов факультета.

Качественные изменения в учебной деятельности кафедры начались в 50-е гг. С переездом в новое здание на Воробьевых горах было полностью перестроено содержание механического практикума, в который введены новые задачи, современные подходы к изучению механических характеристик деформируемых тел, включая пластичность и динамику. Следующий шаг был сделан в направлении коренной перестройки в идейном и методическом аспектах структуры и содержания курса сопротивления материалов. Явившийся результатом такого шага учебник А. А. Ильюшина и В. С. Ленского — фундаментальное изложение физических основ механики деформируемого твердого тела в сочетании с постановками задач и методами их решения. Этот курс, с одной стороны, обеспечивал базу для чтения основных курсов кафедры, с

другой — полностью соответствовал содержанию практикума. В 1957 г. А. А. Ильюшиным и В. С. Ленским создается новый курс теории упругости и пластичности. В нем учтены общность постановок краевых задачи и доказательств общих теорем в теории упругости и пластичности. Этот курс с изменениями и усовершенствованиями в течение более чем 30 лет читали А. А. Ильюшин, В. С. Ленский, В. А. Ломакин, В. В. Москвитин, Б. Е. Победря.

Образцом методического мастерства и системного подхода, обеспечивающего компактное представление широкого круга современных идей в их взаимосвязи, является учебник по механике сплошной среды А. А. Ильюшина. Параллельно было издано учебное пособие «Задачи и упражнения по механике сплошных сред» (А. А. Ильюшин, В. А. Ломакин, А. П. Шмаков).

Кафедрой создано более 70 специальных курсов, состав и содержание которых постоянно обновляются. В последнее время обязательными для студентов кафедры являются курсы по теории упругости (А. П. Шмаков, Э. А. Леонова), пластичности (Г. Л. Бровко, Р. А. Васин, И. Н. Молодцов, Е. Д. Мартынова), физическим основам МДТТ (В. С. Ленский, И. А. Кийко), динамическим задачам теории упругости (Е. Г. Погорелов), основам теории конечных деформаций (Г. Л. Бровко). В списке специальных курсов, которые кафедра теории упругости предлагает студентам в настоящее время, находятся курсы «Пластины и оболочки» и «Пластичность при переменных нагружениях» (И. В. Кеппен), «Теория и расчет оболочек летательных аппаратов» и «Прочность конструкций из наполненных полимерных материалов» (Д. Л. Быков), «Экспериментальная пластичность» и «Математические модели теории пластичности» (Р. А. Васин), «Теория пластических течений» и «Аэроупругость» (И. А. Кийко), «Динамика пластин и оболочек» (И. А. Кийко, Е. Д. Мартынова), «Конечные деформации упругопластических тел» и «Определяющие соотношения сплошных сред при конечных деформациях» (Г. Л. Бровко), «Термовязкопластичность» (Э. А. Леонова), «Прочность и разрушение материалов и конструкций» (Э. Б. Завойчинская), «Численные методы в теории упругости и пластичности» (А. В. Муравлев), «Компьютерные технологии в МСС» (П. А. Моссаковский), «Нелинейные динамические системы и их приложения» и «Пластичность» (И. Н. Молодцов). Факультативный курс «Беседы о прочности» (И. А. Кийко, Р. А. Васин, П. А. Моссаковский) создан с целью оказания помощи студентам факультета при выборе кафедры специализации. В целом, в специальных курсах кафедры отражены направления, развивающиеся на кафедре с участием сотрудников кафедры.

## **Сотрудники кафедры**

На кафедре в разные годы работали известные ученые-механики, внесшие существенный вклад в развитие отечественной и мировой науки, руководители

учебных и научных учреждений, крупных государственных проектов, явившиеся основателями новых научных школ и направлений, — профессора Н. Н. Бухгольц, А. Ю. Ишлинский, Х. А. Рахматулин, Ю. Н. Работнов, А. В. Кармишин, С. Н. Никифоров, С. А. Христианович, М. А. Колтунов, Б. Е. Победря и др. С их деятельностью связаны славные страницы истории кафедры, университета, высшей школы и науки в нашей стране. Сотрудники и лучшие выпускники кафедры всегда занимали ведущие позиции в научных и прикладных исследованиях, в подготовке высококвалифицированных специалистов.

Области научных интересов и научные результаты сотрудников кафедры охватывают широкий диапазон проблем современной науки и практики. Представление об этом могут дать следующие краткие биографические сведения о некоторых профессорах кафедры.

**Филоненко-Бородич Михаил Митрофанович** (05.06.1885—30.05.1962) — зав. кафедрой в период 1937—1939 гг., профессор кафедры с момента ее организации, генерал-майор инженерно-технической службы.

Основные научные исследования Михаила Митрофановича посвящены пространственной теории упругости, построению моделей упругого основания, механическим теориям прочности.

Он ввел в рассмотрение систему периодических «почти ортогональных» функций (косинус-биномы) и доказал ее полноту; с использованием этих функций на основе вариационного принципа Кастильяно впервые в строгой постановке получил решение классической задачи Г. Ламе о равновесии упругого параллелепипеда. М. М. Филоненко-Бородич предложил мембранную аналогию упругого основания, которая существенно обобщала известные модели Винклера и Викарда.

В механической теории прочности он по-новому подошел к теории Мора в пространстве главных напряжений, введя в рассмотрение среднее главное напряжение, пренебрежение которым было неоправданным.

М. М. Филоненко-Бородич — автор широко известных учебников по теории упругости и сопротивлению материалов; ему было присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР; награжден орденами Ленина, Красного Знамени, Красной Звезды, «Знак Почета».

**Лейбензон Леонид Самуилович** (26.06.1879—15.03.1951) — зав. кафедрой в период с 1939 по 1946 г.; директор Института механики МГУ (1934—1936); член-корр. (1933), академик АН СССР (1943).

Научное наследие Л. С. Лейбензона составляют исследования в области геофизики, теории упругости и сопротивления материалов, механики жидкости и газов, подземной гидравлики, механики нефти. Он создал теорию деформации земного сфероида, дал расчет толщины твердой оболочки Земли, разработал теорию образования складок в земной коре, исследовал процесс затвердевания земного шара из расплавленного состояния.

Фундаментальные результаты получены Л. С. Лейбензоном в теории безбалочных покрытий и теории устойчивости оболочек; существенное развитие

и применение к решению большого числа новых задач получили вариационные методы теории упругости. Особо следует отметить метод смягчения граничных условий как новый приближенный способ решения практически важных задач.

Л. С. Лейбензон — основатель подземной гидравлики; он впервые разработал динамическую теорию глубинного насоса, дал решение задачи о движении нефти и газа по каналам с проницаемыми стенками; создал теорию движения газа в пористой среде; его труды положили начало разработке теории фильтрации газированных жидкостей.

Л. С. Лейбензон — лауреат Государственной премии СССР (1943); награжден двумя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени.

**Ильюшин Алексей Антонович** (20.01.1911–31.05.1998) — зав. кафедрой с 1946 г.; с 1938 г. — профессор кафедры; член-корр. АН СССР (1943), действительный член Академии артиллерийских наук МВС СССР (1947).

А. А. Ильюшин — выдающийся русский ученый, сделавший фундаментальные научные открытия в различных областях механики деформируемых тел: теория пластичности в наиболее общем понимании этого термина; теория термовязкоупругости; динамические взаимодействия различных тел и сред; теория длительной прочности.

Теория малых упругопластических деформаций (пластичность при простом нагружении) создана А. А. Ильюшиным в связи со «снарядным голодом», в котором оказалась армия к концу 1941 г.; дополненная методом упругих решений, она стала основным математическим аппаратом расчетов на прочность и устойчивость за пределом упругости.

Для построения теории пластичности при произвольных сложных нагружениях А. А. Ильюшин ввел понятия траекторий деформаций и нагружений в пятимерных изображающих пространствах и параметры внутренней геометрии траекторий как меры сложности процесса нагружения. Далее, он сформулировал основное положение теории — постулат изотропии (изображающих пространств); вместе с другими постулатами — макроскопической определенности и пластичности, а также принципом запаздывания — это составляет основу современной теории построения определяющих соотношений в механике сплошных сред.

В теории процессов развитого формоизменения А. А. Ильюшин разработал общую теорию соотношений «напряжения–деформации», учитывающую влияние степени и скорости деформации, переменные температурные поля, возможность образования зон застоя и твердения и т. п. Им изучены условия подобия и сформулированы правила моделирования процессов пластического течения; введен специальный вариационный принцип.

А. А. Ильюшин теоретически и экспериментально (на созданном им линейном ускорителе) исследовал взаимодействие волн, возбуждаемых мощным взрывом, с упругопластическими конструкциями и массивами; разработал методы моделирования этих явлений. В сверхзвуковой аэродинамике он установил закон

плоских сечений, который трехмерную задачу обтекания тонкого тела сводит к двухмерной; на этой основе была создана теория панельного флаттера.

В механике вязкоупругих материалов А. А. Ильющин на основе постулата изотропии построил квазилинейную и главную квазилинейную теории вязкоупругости; развил термодинамику вязкоупругих сред; разработал метод аппроксимации как эффективный способ решения конкретных задач. Ввел тензор повреждений с соответствующими мерами и критериями разрушения для исследования длительной прочности.

А. А. Ильющин — лауреат Сталинской премии I степени (1948); он награжден орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Красной Звезды, двумя орденами «Знак Почета».

**Огибалов Петр Матвеевич** (10.07.1907–22.10.1991) — профессор кафедры теории упругости, декан механико-математического факультета МГУ (1969–1977), член Национального комитета по теоретической и прикладной механике, председатель Экспертной комиссии по механике ВАК СССР, член президиума секции математики, механики и астрономии Научно-технического совета Министерства высшего и среднего специального образования СССР, член нескольких ученых советов в МГУ, член редколлегии журнала «Механика композитных материалов», председатель Специализированного совета по механике при МГУ.

П. М. Огибалов — автор свыше 160 научных работ по механике твердых деформируемых тел, в том числе 17 монографий и 10 учебников и учебных пособий; некоторые из них изданы за рубежом. Многие из опубликованных монографий получили широкое признание как учебные пособия для университетов и высших технических учебных заведений.

Научные работы П. М. Огибалова посвящены решению важных проблем теории упругости и пластичности, вязкоупругости и вязкопластичности, поведению материалов и конструкций при действии на них высоких давлений, температур, проникающих облучений и т. п. С его участием разработано и введено в действие несколько испытательных установок и приборов. Область научных интересов П. М. Огибалова в последние годы жизни связана с нелокальной теорией структурированных сред.

П. М. Огибалов — заслуженный деятель науки РСФСР, награжден орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Отечественной войны II степени, Красной Звезды, орденом Югославии «За заслуги перед народом».

**Ленский Виктор Степанович** (23.02.1913–7.03.1998). Окончил механико-математический факультет МГУ (1938). Участник Великой Отечественной войны, имеет боевые награды.

Доктор физико-математических наук (1961). Профессор кафедры теории упругости (1963).

Удостоен звания «Заслуженный деятель науки РСФСР» (1974). Лауреат премии им. М. В. Ломоносова I степени (МГУ, 1995).



Область научных интересов: динамика упругопластических сред (аналитические свойства волны разгрузки, волны в среде с запаздывающей текучестью, динамические свойства материалов, гармонические упругие волны при неклассических граничных условиях); пластичность (экспериментально-теоретическое исследование определяющих уравнений при сложном нагружении, свойства облученных материалов); технические приложения.

Создатель современной системы экспериментально-теоретических исследований пластичности при сложном нагружении, автор гипотезы локальной определенности, гипотезы компланарности и основанной на них локальной теории упругопластических процессов. Организатор и первый руководитель лаборатории динамических испытаний МГУ. Дал математическое описание явления запаздывания текучести, явления тыльного динамического откола, изучил закономерности распространения упругопластических волн при импульсном нагружении, предложил метод экспериментального построения динамического функционала пластичности. Под его руководством были начаты и активно проводились исследования постановок и методов решения краевых задач пластичности при сложном нагружении. Автор новых постановок динамических задач упругости при неклассических граничных условиях.

Читал спецкурсы: «Теория упругости и пластичности», «Физические основы механики деформируемого твердого тела», «Упругие и пластические волны», «Тепловые и радиационные напряжения в твердых телах» и др.

Автор более 100 научных работ, 4 университетских учебников. Среди его учеников 5 докторов и 20 кандидатов наук.

Работал заместителем проректора — начальником учебно-методического управления МГУ, заведующим аспирантурой отделения механики механико-математического факультета МГУ. Работал в составе руководства научно-методического и научно-технического советов высшей школы. Член редколлегии центральных научных журналов, ученых советов, член бюро совета по проблемам прочности и пластичности РАН.

**Москвитин Виктор Васильевич** (24.09.1923–28.12.1983) — профессор кафедры теории упругости, автор 2 монографий, свыше 50 научных работ по механике деформируемых твердых тел.

Основные направления научных интересов: теория пластичности (пластичность при переменных нагружениях); вязкоупругость и др.

В. В. Москвитин исследовал вопросы поведения материалов при переменных нагружениях, динамическое нагружение упругопластических систем, релогические среды и др. Им были подготовлены и прочитаны общие и специальные курсы сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, колебания упругих систем и аэроупругость, пластичность при переменных нагружениях, сопротивление вязкоупругих материалов и др. Под его руководством защищено свыше 10 кандидатских и докторских диссертаций.

В. В. Москвитин являлся председателем Экспертного совета ВАК, участвовал в Великой Отечественной войне, награжден орденом Красной Звезды и пятью медалями.

**Ломакин Виктор Александрович** (13.01.1927—3.05.1983). Окончил механико-математический факультет МГУ в 1951 г., кандидатскую диссертацию защитил в 1955 г.; докторскую — в 1967 г. Профессор кафедры теории упругости, автор 5 монографий, свыше 100 публикаций.

Основные направления научных исследований: механика неоднородных сред, механика полимеров, нелинейная механика, технологические задачи, связанные с деформацией металлов при наличии температурных полей и структурных превращений; термомеханика.

Подготовил и прочитал лекционные курсы: «Основы МСС», «Теория упругости и пластичности», специальные курсы: «Статистические задачи теории упругости», «Механика структурно-неоднородных тел», «Теория упругости неоднородных тел», «Теория оболочек» и др.

Под руководством В. А. Ломакина защищено 15 кандидатских и 3 докторских диссертации.

Научно-организационная работа: член бюро Научного совета АН СССР по проблемам прочности и пластичности, член Экспертного совета ВАК, член Научно-технического совета Минвуза СССР, член ряда ученых и научных советов.

**Мовчан Александр Андреевич** (13.08.1922—26.04.1990). Окончил механико-математический факультет МГУ (1950). Участник Великой Отечественной войны (1941—1945), имеет боевые награды.

Доктор физико-математических наук (1963). 36 лет работал в системе АН СССР (1954—1990). В течение нескольких лет преподавал на кафедре теории упругости МГУ, руководил диссертационными работами аспирантов и соискателей.

Область научных интересов: колебания и устойчивость пластин и пологих оболочек при сверхзвуковом обтекании, проблемы устойчивости в механике сплошных сред, вопросы геодинамики и планетарных движений.

Автор приоритетного открытия явления флаттера обшивок сверхзвуковых летательных аппаратов (1949—1950). Сделал важные обобщения теории устойчивости по Ляпунову на процессы деформирования сплошных сред; эти работы получили международное признание. Дал новый общий вывод уравнений движения деформируемых гравитирующих тел планетарных размеров.

**Кийко Игорь Анатольевич** (род. 22.12.1931). Окончил механико-математический факультет МГУ в 1954 г. Кандидат физико-математических наук (1958), доктор физико-математических наук (1966), профессор (1969). Заведующий кафедрой теории упругости механико-математического факультета МГУ (1998). Заведующий лабораторией и начальник сектора НИИ механики МГУ (1962—1980), заведующий кафедрой высшей математики МГТУ «МАМИ» (с 1980 г.; в настоящее время — по совместительству).

Область научных интересов: теория пластичности, пластическое течение металлов (физико-математические основы технологии обработки давлением), волны в сплошных средах, динамика и устойчивость пластин и оболочек.

Даны новые постановки задач о течении тонких слоев металла по деформируемым поверхностям в условиях больших перепадов температуры с учетом анизотропии контактного трения и сжимаемости материала; построены замкнутые либо численно-аналитические решения конкретных задач. Разработана общая теория моделирования процессов течения. Предложена тензорная теория исчерпания запаса пластичности, впервые сформулированы правила моделирования этого явления. Поставлены и решены новые задачи об оптимальной форме стержней и пластин при изгибе и устойчивости в области малых упругопластических деформаций. Разработана теория нестационарных волновых процессов в вязкоупругих телах с учетом тепловыделения; дано общее решение одномерных нестационарных задач линейной вязкоупругости с произвольными ядрами ползучести, что составляет основу динамического метода соответствия. Экспериментально исследованы формы потери устойчивости и закритического движения цилиндрических и конических оболочек при ударе по торцу, в области упругопластических деформаций, с концентраторами напряжений, заполненных жидкостью. Даны новые постановки задач о флаттере пологих оболочек и пластин; разработан эффективный численно-аналитический метод без насыщения для определения собственных значений несамосопряженного оператора флаттерных задач.

Член диссертационных советов (МГУ, МГИЭМ, ТулГУ и др.). Награжден медалью им. П. Л. Капицы и медалью «За заслуги в деле возрождения науки и экономики России». Подготовил 7 докторов и более 30 кандидатов наук. Опубликовал более 130 научных работ, в том числе монографии и учебные пособия.

**Бровко Георгий Леонидович** (род. 25.08.1948). Окончил механико-математический факультет МГУ (1971). Специальность: механика.

Доктор физико-математических наук (1996). Профессор кафедры теории упругости.

Область научных интересов: основные постулаты (аксиомы) и общая теория определяющих соотношений механики сплошных сред, неклассические модели деформируемых сред и структур, исследование постановок и методов решения краевых задач механики деформируемого твердого тела, развитие тензорного аппарата механики сплошной среды, применение аппарата функционального анализа и современной теории дифференциальных уравнений в задачах механики.

Основные результаты включают разработку общего математического аппарата объективных тензоров и связывающих их независимых от системы отсчета отображений (уравнений), построение новых классов энергетически сопряженных тензорных мер конечных деформаций и напряжений, создание основ общей теории определяющих соотношений деформируемых тел при

наличии внутренних кинематических связей и нетривиальных полей внутренних массовых сил, упорядоченное обобщение понятия пятимерного образа процесса и постулата изотропии на область конечных деформаций, а также построение новых моделей гетерогенных сред и неоднородных структур, исследование постановок и методов решения класса задач общей теории пластичности.

Читает общие курсы по механике сплошной среды, механике деформируемого твердого тела и спецкурсы по основам теории конечных деформаций, по пластичности (общая теория), по постановкам и методам решения краевых задач общей теории пластичности, по конечным деформациям упругопластических тел и др.

Опубликовал 41 научную работу.

Работал в ректорате МГУ начальником группы учебно-методического управления; в составе Научно-методического совета высшей школы. Член Диссертационного совета ТулГУ.

**Исраилов Мухади Шахидович** (род. 17.08.1948). Окончил механико-математический факультет МГУ (1971). Доктор физико-математических наук (1983), профессор (1989). Профессор кафедры теории упругости механико-математического факультета (1987).

Член секции динамики Научного совета РАН «Прочность и пластичность».

Область научных интересов: динамика упругих и упругопластических сред с приложениями к моделированию взрывных и ударных процессов и к проблемам инженерной сейсмологии и геофизики. Основные результаты: развитие аналитических методов и получение ряда точных решений задач дифракции упругих и акустических волн.

Читает оригинальные обязательные и специальные курсы лекций: «Динамические задачи теории упругости и пластичности», «Колебания упругих систем», «Аэроупругость», «Методы математической теории дифракции».

Подготовил 4 кандидатов наук. Опубликовал 32 научные работы.

**Короткина Маргарита Романовна** (род. 29.04.1935). Профессор с 1992 г., профессор кафедры с 1995 г.

Ею дано обобщение метода Кубо в системной физике, с помощью которого предложен метод построения связанных термоупругих уравнений для сред простой и сложной структуры для всего диапазона частот, допускаемых данным материалом. В сложных структурах тепловые процессы описывает тензор температур. При высоких частотах уравнение теплопроводности становится гиперболическим и возникают тепловые волны. Предложен метод построения моментных теорий упругости различной степени сложности из нелокальных уравнений теории упругости. Получены аналитические формулы для вычисления упругих модулей линейных и нелинейных материалов с использованием потенциала взаимодействия между частицами и элементарного базиса кристаллической решетки. Построены нелокальные граничные операторы для нелокально упругих сред.

М. Р. Короткиной исследованы дисперсионные кривые в комплексной области для сред простой и сложной структуры (плоские и пространственные задачи). С использованием фракталов и компьютерных вычислений предложен метод компьютерного изучения хаотических систем. С помощью ЭВМ построено пространство, ориентированное во времени (пространство Пригожина) для простейшей системы — динамика численности популяции.

Созданы новые спецкурсы: «Современные концепции естествознания», «Синергетические подходы в естественных и гуманитарных науках», «Математические методы в экономике», «Математические методы в социологии». Издан курс «Физика твердого тела» в 4-х частях и курс электромагнитоупругости в книге «Электромагнитоупругость».

Является академиком МАИ при ООН с 1993 г. В рамках академии занимается вопросами социологии, политологии и философии в России на рубеже XXI в.

**Быков Дмитрий Леонидович** (род. 29.11.1932) — профессор кафедры с 1994 г. Разработал двухинвариантную деформационную теорию пластичности, доказал теоремы единственности, минимума работы внутренних сил и минимума дополнительной работы. Предложил итерационный метод решения краевых задач этой теории и доказал сходимостъ соответствующего процесса последовательных приближений.

Д. Л. Быков разработал новую эндохронную нелинейную теорию термовязкоупругости для расчета конструкций из наполненных полимерных материалов с учетом накопления повреждений; исследовал влияние удельной рассеянной энергии на механические характеристики нелинейно вязкоупругих материалов, разработал методы расчета прочности зарядов твердого топлива. Он предложил также новый метод моделирования трехмерных напряженных состояний при испытаниях образцов с учетом градиентов напряжений.

Действительный член Академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, член-корр. РАЕН, член редколлегии журнала «Известия АН МТТ». Лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Награжден орденом Трудового Красного Знамени.

**Васин Рудольф Алексеевич** (род. 11.08.1937) — профессор кафедры с 1993 г. Экспериментально проверил основные гипотезы теории упругопластических процессов и выявил характерные особенности поведения металлов на сложных траекториях деформирования; предложил приближенные варианты определяющих соотношений. Численно исследовал сходимостъ экспериментально-вычислительного метода СН–ЭВМ и предложил алгоритм использования процедуры СН–ЭВМ в качестве численного метода. Р. А. Васин экспериментально исследовал механизмы потери устойчивости оболочек при осевом и скручивающем ударе и влияние неоднородностей (отверстия, ребра жесткости) на процесс закритического движения. Провел эксперименты по определению механических свойств и изменению микроструктуры металлов в режиме сверхпластичности.

Научный руководитель лаборатории механики сверхпластичности Института проблем сверхпластичности металлов РАН (г. Уфа); член бюро Научного совета РАН по прочности и пластичности. Лауреат премии им. М. В. Ломоносова I степени (МГУ, 1995).

## Литература<sup>1</sup>

- 1940 *Ильюшин А. А.* Деформация вязкопластического тела // Уч. записки МГУ, Механика. 1940. Т. 24. С. 3–81.
- 1943 *Лейбензон Л. С.* Элементы математической теории пластичности. М.–Л.: 1943. С. 240.  
*Ишлинский А. Ю.* Об устойчивости вязкопластического течения полосы и круглого прута // ПММ. 1943. Т. 7, вып. 2. С. 109–130.
- 1947 *Лейбензон Л. С.* Курс теории упругости. 2-е изд. М.: 1947. С. 341.
- 1948 *Ильюшин А. А.* Пластичность. М.–Л.: 1948.
- 1951 *Лейбензон Л. С.* Собрание трудов. М.–Л.: АН СССР. Т. 1. 1951; Т. 2. 1953; Т. 3 и 4. 1955.  
*Филоненко-Бородич М. М.* Задача о равновесии упругого параллелепипеда при заданных нагрузках на его гранях // ПММ. 1951. Т. 15, вып. 2. С. 137–148.
- 1954 *Ильюшин А. А.* Вопросы течения пластического вещества по поверхностям // ПММ. 1954, Т. 18, вып. 3. С. 265–288.  
*Ильюшин А. А.* О связи между напряжениями и малыми деформациями в механике сплошных сред // ПММ. 1954. Т. 18, вып. 6. С. 641–666.
- 1956 *Мовчан А. А.* О колебаниях пластинки, движущейся в газе // ПММ. 1956. Т. 20, вып. 2. С. 211–222.  
*Ильюшин А. А.* Закон плоских сечений в аэродинамике больших сверхзвуковых скоростей // ПММ. 1956. Т. 20, вып. 4. С. 733–755.
- 1957 *Лейбензон Л. С.* М.: Изд-во АН СССР, 1957. (К библиографии ученых СССР).
- 1958 *Огибалов П. М.* Изгиб, устойчивость и колебания пластинок. М., 1958.
- 1959 *Ильюшин А. А., Ленский В. С.* Сопротивление материалов. М.: 1959. С. 305.
- 1960 *Ильюшин А. А., Огибалов П. М.* Уругопластические деформации полых цилиндров. М.: 1960. С. 250.  
*Ильюшин А. А.* Об уругопластической устойчивости конструкции, включающей стержневые элементы // Инж. сб. 1960. Т. 27. С. 87–91.
- 1961 *Филоненко-Бородич М. М.* Механические теории прочности. М.: Изд-во МГУ, 1961.  
*Грязнов И. М., Ленский В. С., Огибалов П. М., Скорый И. А.* Лабораторный практикум по сопротивлению материалов деформированию. М.: 1961.  
*Богатырев И. С., Ильюшин А. А., Ленский В. С., Панферов В. М.* Машина СН для исследования пластического деформирования металлов при сложном нагружении // Инж. журн. 1961. № 2. С. 182–193.  
*Ленский В. С.* Экспериментальная проверка основных постулатов общей теории уругопластических деформаций // Вопросы теории пластичности. М.: 1961. С. 58–82.
- 1963 *Ильюшин А. А.* Пластичность. Основы общей математической теории. М., 1963. С. 375.
- 1965 *Москвитин В. В.* Пластичность при переменных нагружениях. М.: 1965. С. 231.
- 1966 *Огибалов П. М., Кийко И. А.* Поведение вещества под давлением. М.: Изд-во МГУ, 1966.
- 1967 *Ильюшин А. А.* Об одной теории длительной прочности // МТТ. 1967. № 3. С. 21–35.

<sup>1</sup> Приведен краткий список работ (в хронологическом порядке). Подробные ссылки на работы кафедры содержатся в статье о кафедре теории упругости в кн. «Механика в Московском университете». М.: Изд-во МГУ, 1982.

- Огибалов П. М., Панферов В. М.* Об исследованиях в Московском университете задач о прочности и устойчивости пластин и оболочек по механике полимеров за 50 лет Советской власти // Вестник МГУ. Сер. I. Матем. Механ. 1967. № 5. С. 104–123.
- Быков Д. Л., Шачнев В. А.* Об одном обобщении метода упругих решений // ПММ. 1967. Т. 33, вып. 2.
- 1968 *Ильюшин А. А.* Метод аппроксимации для расчета конструкций по линейной теории термовязкоупругости // Мех. полимеров. 1968. № 2. С. 210–221.
- Нетребко В. П.* Исследование метода фотопластичности // Дисс.... д-ра физ.-мат. наук. М.: МГУ. 1968. С. 212.
- 1970 *Ильюшин А. А., Победра Б. Е.* Основы математической теории термовязкоупругости. М.: Наука, 1970. С. 280.
- 1971 *Ильюшин А. А.* Основные направления развития проблемы прочности и пластичности // Прочность и пластичность. М.: Наука, 1971.
- Ильюшин А. А.* Метод СН–ЭВМ в теории пластичности // Проблемы прикладной математики и механики. М.: Наука, 1971. С. 166–178.
- Кийко И. А.* К теории пластического течения по деформируемым поверхностям // Прочность и пластичность. М.: Наука, 1971.
- Васин Р. А.* Некоторые вопросы связи напряжений и деформаций при сложном нагружении // Упругость и неупругость. М.: 1971. Вып. 1. С. 59–126.
- 1972 *Москвитин В. В.* Соппротивление вязкоупругих материалов. М.: 1972.
- Бровко Г. Л., Ленский В. С.* О сходимости метода однородных линейных приближений в задачах теории пластичности неоднородных тел // ПММ. 1972. Т. 36. № 3. С. 519–527.
- 1974 *Кишкин Б. П., Нетребко В. П.* Михаил Митрофанович Филоненко-Бородич. М.: 1974.
- 1975 *Ломакин В. А.* Теория упругости неоднородных тел. М.: Изд-во МГУ, 1975. С. 367.
- Кишкин Б. П.* О научной и педагогической деятельности профессора МГУ Г.Э. Проктора // Проблемы истории математики и механики. М., 1975. Вып. 2. С. 79–82.
- Короткина М. Р.* Метод расчета термодинамических функций кристалла // ДАН СССР. 1975. Т. 220. № 4. С. 795–798.
- 1976 *Алгазин С.Д., Ленский В.С.* Аналитическое исследование волны разгрузки // ПММ. 1976. Т. 40. № 2. С. 327–336.
- 1978 *Кийко И. А.* Теория пластического течения. М.: Изд-во МГУ. 1978.
- Бровко Г. Л.* Необходимые и достаточные условия однородно-простой деформации // ПММ. 1978. Т. 42. № 4. С. 701–710.
- 1979 *Ильюшин А.А., Ломакин В.А., Шмаков А.П.* Задачи и упражнения по механике сплошной среды. М.: Изд-во МГУ. 1979. С. 200.
- 1981 *Москвитин В. В.* Циклические нагружения элементов конструкций. М.: Наука, 1981. С. 344.
- 1982 *Кийко И. А.* Теория разрушения в процессах пластического течения // Обработка металлов давлением. Межвуз. сб. Свердловск: Изд-во Уральск. политехн. ин-та, 1982.
- 1984 *Ломакин В. А., Подстригач Я. С., Коляно Ю. М.* Термоупругость тел неоднородной структуры. М.: Наука, 1984. С. 368.
- Молодцов И. Н.* К динамике многослойного полого шара // Механика композитн. материалов. 1984. № 6. С. 1109–1112.
- 1985 *Авдеевский В. С., Ишлинский А. Ю., Кийко И. А. и др.* Научные основы прогрессивной техники и технологии. М.: Машиностроение, 1985.
- Васин Р. А., Ключников Д. В.* Исследование сходимости процедуры СН–ЭВМ в экспериментах на растяжение вязкоупругого материала // Задачи механики твердого деформируемого тела. М.: Изд-во МГУ, 1985.
- 1987 *Огибалов П. М., Кудряшова Л. В.* Из истории возникновения и деятельности кафедры теории упругости Московского университета // История и методология естественных наук. 1987. Вып. 29 (30).

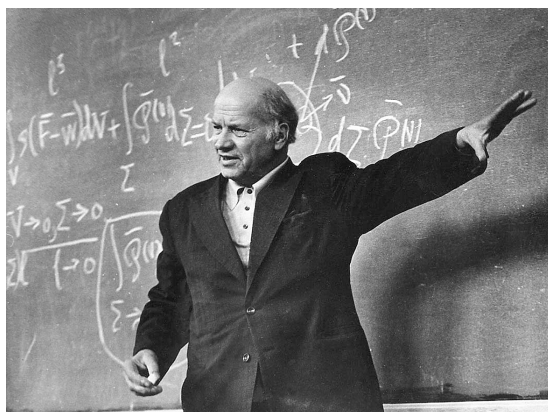
- Васин Р. А.* Свойства функционалов пластичности у металлов, определяемые в экспериментах на двузвенных траекториях деформаций // Упругость и неупругость. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 115–127.
- 1989 *Бровко Г. Л.* Понятия образа процесса и пятимерной изотропии свойств материалов при конечных деформациях // Докл. АН СССР. 1989. Т. 308. № 3. С. 565–570.
- 1990 *Ильюшин А. А.* Механика сплошной среды. М.: Изд-во МГУ, 1990.  
*Васин Р. А.* Определяющие соотношения теории пластичности // Итоги науки и техники. Сер. Мех. деформ. тверд. тела. М.: ВИНТИ, 1990. Вып. 21. С. 3–75.  
*Бровко Г. Л.* Материальные и пространственные представления определяющих соотношений деформируемых сред // ПММ. 1990. Т. 54, вып. 5. С. 814–824.
- 1992 *Исраилов М. Ш.* Динамическая теория упругости и дифракция волн. М.: Изд-во МГУ, 1992. С. 206.
- 1993 *Леонова Э. А.* Инвариантные свойства уравнений термовязкопластичности с неполной информацией о свойствах среды // Упругость и неупругость. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ, 1993. С. 55–87.  
*Тунгускова З. Г.* О представительном объеме упругих структурно-неоднородных материалов // Упругость и неупругость. М. 1993.
- 1994 *Ильюшин А. А.* Функционалы и меры необратимости на множествах процессов в механике сплошной среды (МСС) // ДАН. 1994. Т. 337. № 1. С. 48–50.  
*Моссаковский П. А., Ильюшин А. А., Васин Р. А.* Исследование определяющих соотношений и критериев разрушения на сплошных и толстостенных трубчатых образцах // Изв. РАН. Механ. тверд. тела. 1994. № 2.  
*Ильюшин А. А., Кийко И. А.* Новая постановка задачи о флаттере полой оболочки // ПММ. 1994. Т. 58, вып. 3.  
*Быков Д. Л., Васильев А. М., Дельцов В. С., Коновалов Д. Н.* О моделировании трехмерных напряженных состояний при испытаниях образцов // Изв. РАН, МТТ. 1994. № 6. С. 155–161.
- 1995 *Ильюшин А. А., Кийко И. А.* Закон плоских сечений в сверхзвуковой аэродинамике и проблема панельного флаттера // Изв. РАН, МТТ. 1995. № 6.  
*Ильюшина Г. А.* О неединственности решений основного термодинамического уравнения механики сплошных сред в классах непрерывных функционалов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1995. Т. 36. № 5. С. 784–787.
- 1996 *Ильюшин А. А.* Несимметрия тензоров деформаций и напряжений в механике сплошной среды // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1996. № 5. С. 6–14.  
*Бровко Г. Л.* Моделирование неоднородных сред сложной структуры и континуум Коссера // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1996. № 5. С. 55–63.  
*Моссаковский П. А.* О новой формулировке постулата изотропии // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1996. № 5. С. 68–74.  
*Муравлев А. В.* Экспериментальное построение функционалов пластичности для траекторий деформаций типа двузвенных ломаных в опытах на сплошных цилиндрических образцах // Вестник МГУ. Сер. 1. Матем. Механ. 1996. № 5. С. 74–80.
- 1997 *Завойчинская Э. Б., Саттаров А. Г.* Взаимосвязь параметров асимметричного сложного нагружения при разрушении // Изв. РАН, МТТ. 1997. № 1. С. 122–129.
- 1998 *Васин Р. А., Еникеев Ф. У.* Введение в механику сверхпластичности. Ч. 1. Уфа: Пилем, 1998. С. 280.  
*Завойчинская Э. Б., Завойчинский Б. И.* Теоретические основы и практические подходы анализа конструкций трубопроводов // Инженерный журнал. Ч. 1, № 5, 1998; Ч. 2, № 6, 1998; Ч. 3, № 1, 1999; Ч. 4, № 4, 1999.
- 1999 *Кийко И. А.* Постановка задачи о флаттере оболочки вращения и полой оболочки, обтекаемых потоком газа с большой сверхзвуковой скоростью // ПММ. 1999. Т. 63, вып. 1.  
*Агазин С. Д., Кийко И. А.* Исследование собственных значений оператора в задачах панельного флаттера // Изв. РАН, МТТ. 1999. № 1.



- 2001 Упругость и неупругость. Материалы международного научного симпозиума по проблемам механики деформируемых тел, посвященного девяностолетию со дня рождения А.А.Ильюшина. М., 22–23 января 2001 года / Под ред. проф. И. А. Кийко, проф. М. Ш. Исраилова, проф. Г.Л.Бровко. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 464.
- 2002 *Бровко Г. Л.* Об одной конструкционной модели среды Коссера // Изв. РАН, МТТ. 2002. № 1. С. 75–91.  
*Brovko G. L.* Invariance Types of Tensors, Tensor Processes and Their Transforms in Classical Continuum Mechanics. In: Proc. of the Fifth Int. Seminar on Geometry, Continuum and Microstructures. Sept. 26–28, 2001, Sinaia, Romania. Eds: S.Cleja-Tigoiu, V.Tigoiu. Editura Academiei Romane. Bucuresti, 2002. Pp. 13–24.  
*Быков Д. Л., Коновалов Д. Н.* Нелинейная эндохронная теория стареющих вязкоупругих материалов // Изв. РАН, МТТ. 2002. № 4. С. 63–76.  
*Апетьян В.Э., Быков Д.Л.* Определение нелинейных вязкоупругих характеристик наполненных полимерных материалов // Космонавтика и ракетостроение. 2002. № 3 (28). С. 202–214.  
*Vukov D. L., Kononov D. N.* Influence of Pre-Launch Operation on Damage and Fracture of Grains of Solid Propellant Motors. Propulsion for Space Transportation of the XXIst Century. 6<sup>th</sup> Symposium International. Actes Proceedings. Versailles. France. [http://propulsion2002.aaaf.asso.fr/papers/16\\_013\\_p.pdf](http://propulsion2002.aaaf.asso.fr/papers/16_013_p.pdf).  
*Быля О. И., Васин Р. А., Муравлев А. В., Чистяков П. В.* Структурно-механическое поведение двухфазных титановых сплавов при деформировании в режиме сверхпластичности // Тез. докл. XXVIII Междун. н.-т. совещания по проблемам прочности двигателей. М., 2002. С. 20–21.
- 2003 *Васин Р. А., Муравлев А. В., Чистяков П. В.* Об использовании истокообразного представления А. А. Ильюшина для построения определяющих соотношений в механике сверхпластичности // Тез. докл. Всеросс. научн. конф. «Современные проблемы математики, механики, информатики». Тула, 2002. С. 70–71.  
*Васин Р. А., Тринчер В. К.* Краевая задача для наращиваемых тел при нестационарной температуре // Тез. докл. Всеросс. научн. конф. «Современные проблемы математики, механики, информатики». Тула, 2002.  
*Леонова Э. А.* К представлению векторных полей в кинематике континуума // Тез. докл. Всеросс. научн. конф. «Современные проблемы математики, механики, информатики». Тула, 2002.  
*Leoнова E. A.* The reduction of certain problems of elastostatics to the problems of potential theory. V International Congress on Mathematical Modelling. Dubna. Book of Abstracts. 2002. V. 1. P. 228.  
*Быков Д. Л.* Использование структурных составляющих удельной работы внутренних сил для описания сопротивления вязкоупругих материалов // Изв. РАН. МТТ. 2003. № 3.  
*Vasin R. A., Enikeev F. U., Tokuda M., Safiullin R. V.* Mathematical modeling of the superplastic forming of a long rectangular sheet. Int. J. of Non-Linear Mechanics. 2003. N 38. P. 799–807.  
*Васин Р. А., Еникеев Ф. У., Круглов А. А., Сафиуллин Р. В.* Об идентификации определяющих соотношений по результатам технологических экспериментов // Изв. РАН. МТТ. 2003. № 2.  
*Васин Р. А.* О постановке краевой задачи механики сверхпластичности // Тез. докл. «Зимняя школа по механике сплошных сред» (тринадцатая). Пермь, 2003. С. 74.  
*Васин Р. А.* Об одном методе уточнения диаграмм деформирования, получаемых в эксперименте на растяжение с неоднородным напряженным состоянием (численный эксперимент) // Тез. докл. Ломон. чтения. М., 2003.  
*Васин Р. А.* Об идентификации определяющих соотношений сверхпластичности с внутренними переменными // Тез. докл. Ломон. чтения. М., 2003.  
*Леонова Э. А.* Скалярная постановка задач статики теории упругости // Изв. РАН. МТТ. 2003. № 1. С. 69–83.



*Заведующий кафедрой теории упругости проф. И. А. Кийко*



*Член-корр. РАН, проф. А. А. Ильюшин*



*На церемонии вручения диплома почетного профессора МГУ проф. Ж. Можену (Франция). Слева направо проф. И. А. Кийко, проф. Ж. Можен, академик РАН Е. И. Шемякин*

## **Кафедра механики композитов**

Кафедра механики композитов организована на механико-математическом факультете 25 декабря 1987 г. в связи с потребностью в развитии новых математических подходов и методов для исследования композитов — объектов, описываемых разрывными функциями и подготовки квалифицированных специалистов в этой области. Ее организатором и заведующим с момента основания является академик РАН, лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки РФ, профессор Б. Е. Победря. Преподавательский и научный потенциал кафедры составляют представители научной школы Б. Е. Победри, которая начала формироваться еще на кафедре теории упругости.

Композиты обладают рядом специфических свойств, например нестабильностью, что требует привлечения теории случайных функций и операторов. Часто композит существует уже только в виде конструкции, т. е. конструкция из композита не отличается от материала. Это приводит к необходимости разработки новых подходов к испытаниям композитов и развитию математического аппарата для оптимального проектирования конструкций из них. Композиты создаются специалистами в области химии и материаловедения, поэтому в механике композитов необходима непосредственная и постоянная связь с этими дисциплинами. Перечисленные и другие особенности механики композитов отражаются на научных направлениях, развиваемых на кафедре, и на организации учебного процесса.

### **Научная работа**

Научная работа ведется по следующим направлениям: теория определяющих соотношений и тензорные анизотропные функции и операторы, вычислительная механика композитов, параллельные вычисления, статистическая механика композитов, связанные задачи механики деформируемого твердого тела с взаимодействием тепловых и электромагнитных полей и с учетом химических реакций и диффузии, адгезионная прочность и эрозионная стойкость, асимптотические методы в механике композитов и теория осреднения,

биокомпозиты, геокомпозиты и резинокордные композиты, устойчивость процессов деформирования, механика тонкостенных конструкций, фрактальная механика. Результаты научных исследований докладывались на международных, всесоюзных и российских конференциях и симпозиумах, опубликованы в статьях, монографиях и учебных пособиях (*Ильюшин А. А., Победря Б. Е.* Основы математической теории термовязкоупругости. 1970; *Победря Б. Е.* Лекции по тензорному анализу. Изд-во МГУ, 1974, 1979, 1986; *Победря Б. Е.* Численные методы в теории упругости и пластичности. Изд-во МГУ, 1981, 1985; *Победря Б. Е.* Механика композитов. Изд-во МГУ, 1984; *Победря Б. Е., Шешенин С. В., Холматов Т.* Задача в напряжениях. Ташкент, 1988; *Кравчук А. С.* Вычислительная томография. Изд-во МГАПИ, 1996; *Георгиевский Д. В.* Устойчивость процессов деформирования вязкопластических тел. Изд-во УРСС, 1998).

В настоящее время часть исследований ведется при поддержке российских и международных фондов: РФФИ, ИНТАС, Международного Научного фонда и целевых программ: Интеграция, Университеты России.

## **Основные научные результаты, полученные в рамках научной школы**

Разработаны деформационная теория и теория течения пластичности анизотропных материалов; на случай анизотропии обобщена общая теория процессов деформирования.

Разработаны взаимобратные определяющие соотношения нелинейной термовязкоупругости, в которой учитывается эффект тепловыделения при деформировании, доказана ее корректность и решены практически важные задачи. Предложенный метод «численной реализации упругого решения» позволяет по решению задачи теории упругости с различными коэффициентами Пуассона, найденными численно или экспериментально, построить в квадратурах по времени решение соответствующей задачи теории вязкоупругости.

Разработаны эффективные численные методы решения трехмерных квазистатических задач линейной и нелинейной теории упругости, вязкоупругости и теории пластичности. Предложен и обоснован новый «быстросходящийся» метод последовательных приближений.

Созданы основы вычислительной механики композитов. На основе метода осреднения была разработана процедура определения микронапряжений (т. е. напряжений в компонентах композита), микротемпературы и других параметров упругих, вязкоупругих и упругопластических композитов.

Построены явные аналитические выражения для тензоров упругих податливостей слоистых композитов, для тензора модулей упругости однонаправленных композитов, для эффективных характеристик пьезокомпозитов, а

также функционалы концентрации напряжений, позволяющие определять напряжения вокруг концентраторов в слоистых и волокнистых упругих, вязкоупругих и упругопластических композитов.

Предложены методы определения микронапряжений в композиционных оболочках и критерии прочности анизотропных и композиционных материалов, в том числе и термодинамические. За большой вклад в создание и развитие вычислительной механики композитов Б. Е. Победря удостоен Государственной премии СССР.

Дана принципиально новая постановка задачи механики твердого тела в напряжениях, которая заключается в решении шести обобщенных уравнений совместности относительно шести независимых компонент тензора напряжений, и сформулирован соответствующий вариационный принцип. Применение новой постановки задачи МДТТ в напряжениях позволяет на порядок улучшить точность искомого решения по сравнению с традиционной постановкой в перемещениях.

Важным направлением работы коллектива является теория определяющих соотношений. Проведен анализ новых операторных определяющих соотношений анизотропных сред (вязкоупругих, упругопластических, вязкопластических, фильтрационно-консолидационных). Указаны требования к касательным операторным модулям, обеспечивающим корректность постановки задачи (в перемещениях, напряжениях) и наилучшую сходимость итерационных процессов. Учитывается связанность физических полей. Для каждой группы симметрии, связанной с механическими (векторными) свойствами среды, построены инвариантные подпространства, в которых используются скалярные свойства определяющих соотношений.

Разработаны теоретические основы расчета напряженно-деформированного состояния шин как резинокордных композитов на основе трехмерного моделирования. Исследован и реализован в виде программ пошаговый метод решения нелинейных и неоднородных задач теории упругости. Осуществлена программная реализация расчета НДС в трехмерном случае.

Проведены исследования по фракталам в механике композитов (структура дисперсных и конструкционных материалов, перколяционные кластеры при разрушении композитов, аттракторы итерационных систем и др.). Изучены связи структуры композитов с их прочностью.

Сформулированы новые критерии прочности (в том числе и термодинамические), удобные при использовании методов вычислительной механики композитов.

Исследована устойчивость процессов деформирования вязкопластических, идеально пластических сред, сред с достаточно сложными определяющими соотношениями.

Исследованы математические модели поведения биологических тканей в акустическом, электромагнитном и тепловом полях, взаимодействия биологических тканей с физическими полями в процессе медицинской диагностики

и терапии. Изучены особенности возникающих при этом обратных некорректных задач. Предложена математическая модель томографа.

Предложены адаптивные комбинированные итерационные методы для задач упругости и пластичности. Проведены исследования по эффективности ряда современных итерационных методов решения трехмерных задач и эффективности их распараллеливания на сети персональных компьютеров.

Решены важные прикладные задачи механики композитов. Дан численный анализ известной задачи «о закладных элементах». Построен тензор концентрации напряжений для упругого пространства со сферическими включениями.

Исследованы процессы фильтрации жидкости в деформируемом твердом скелете для задач инженерной геологии. Создана математическая модель геотехногенных композитов и на ее основе решен ряд прикладных задач. Проведено исследование задач термодиффузии в композитах.

## Учебная работа

Научная работа на кафедре непосредственно связана с учебным процессом и подготовкой специалистов, соответствующих современному уровню механики. Прежде всего, это отражается на содержании курсов и спецкурсов лекций, читаемых преподавателями в Исследовательском институте специального машиностроения в городе Хотьково Московской области. Часть педагогической нагрузки на кафедре выполняют сотрудники филиала, а также преподаватели из МГТУ им. Н. Э. Баумана и химического факультета МГУ. В разные годы курсы по математике специально для студентов кафедры читали профессора механико-математического факультета В. М. Тихомиров, С. А. Молчанов, В. Н. Тутубалин.

Представление о курсах и специальных курсах лекций, которые читались для студентов механико-математического факультета, можно получить из приводимого ниже списка: «Механика сплошных сред» (Б. Е. Победря, С. В. Шешенин, Д. В. Георгиевский), «Механика деформируемого твердого тела» (Б. Е. Победря, В. И. Горбачев, Д. В. Георгиевский), «Механика композитов» (Б. Е. Победря, В. И. Горбачев, С. В. Шешенин, Д. В. Георгиевский), «Методы вычислений» (Б. Е. Победря, С. В. Шешенин), «Тензорный анализ» (Б. Е. Победря), «Теория определяющих соотношений» (Б. Е. Победря), «Структурная механика» (Б. Е. Победря), «Механика фракталов» (Б. Е. Победря), «Динамика и колебания композитов» (Б. Е. Победря), «Механика анизотропных полей» (Б. Е. Победря), «Механика эластомеров» (С. В. Шешенин), «Итерационные методы в механике деформируемого твердого тела» (С. В. Шешенин), «Оптимальное управление и проектирование» (Л. В. Муравлева), «Устойчивость систем с бесконечным числом степеней свободы» (Д. В. Георгиевский), «Вариационные уравнения и неравенства» (С. В. Шешенин),

«Математическая теория оболочек» (Б. Е. Победря, В. И. Горбачев), «Теория концентрации напряжений» (В. И. Горбачев), «Плоская задача теории упругости» (Л. В. Муравлева), «Биомеханика» (И. Д. Протасов, А. С. Кравчук), «Введение в архитектуру современных ЭВМ» (А. Л. Михайлов), «Физико-химия композитов» (Л. С. Гузей, химический факультет), «Интернет-технологии» (И. Л. Гузей), «Статистическая механика деформируемого твердого тела» (С. С. Абрамчук, И. Д. Протасов), «Теория нитевых систем» (А. Б. Миткевич, ЦНИИСМ), «Экспериментальная механика композитов» (В. П. Булдаков, ЦНИИСМ), «Статистическая теория прочности композитов» (А. Ф. Ермоленко, ЦНИИСМ), «Устойчивость элементов конструкций» (Алфутов, МГТУ), «Технологические задачи механики композитов» (В. И. Смыслов, ЦНИИСМ).

Часть перечисленных курсов кафедра читает совместно для студентов механико-математического факультета и студентов Высшего колледжа наук о материалах при химическом факультете МГУ, в работе которого сотрудники кафедры принимают активное участие: Б. Е. Победря и Д. В. Георгиевский входят в совет колледжа. По курсу «Механики сплошных сред» кафедра ведет семинарские занятия для студентов 2, 3 и 5 курсов. В разное время кафедра организовывала специальные семинары: научно-исследовательский семинар кафедры, совместный семинар для аспирантов и студентов 5 курса, специальные семинары для студентов соответственно 3 и 4 курсов, семинар по вычислительной механике, по резинордным композитам, по приложению теории фракталов в механике. Обычно на таких семинарах заслушиваются оригинальные и реферативные доклады студентов и аспирантов. Однако основным способом привлечения студентов и аспирантов к научной работе служит руководство сотрудниками кафедры выполнением студентами дипломных и курсовых работ.

Значимую роль в учебном процессе сыграл филиал кафедры в ЦНИИСМ. Он был создан в 1989 г. в целях улучшения подготовки специалистов и развития совместных научных исследований. Основными направлениями деятельности филиала кафедры являются организация и проведение специализированного практикума для студентов 4 курса на основе современного экспериментального оборудования и оригинальных методик, научное руководство курсовыми и дипломными работами, чтение спецкурсов, а также проведение фундаментальных и прикладных исследований.

В последнее время математический аппарат и методы механики все больше применяются к биосредам, представляющим собой неоднородные среды. Поэтому при кафедре в 1997 г. была создана лаборатория «Механики биокompозитов и диагностики». Научные задачи лаборатории состоят в разработке новых моделей поведения биотканей, рассматриваемых как композиты со сложными физико-механическими свойствами при воздействиях ультразвука, электрического тока и электромагнитного поля, взаимодействия биологических тканей с физическими полями в процессе медицинской диагностики и терапии. Проблема диагностики и томографии имеет большое прикладное

значение и не ограничивается только биосредами, а распространяется на геологические среды, задачи неразрушающего контроля и дефектоскопию. Все эти проблемы сводятся к обратным задачам, математическая теория которых в настоящее время интенсивно развивается и приводит к серьезному использованию мощности современных компьютеров. Это направление называется «компьютерная томография». Работа лаборатории поддерживается федеральной целевой программой «Интеграция».

В воспитании будущих специалистов существенное значения имеют человеческие отношения между преподавателями и студентами. На кафедре уже установились определенные традиции, например ежегодно проводить вечера в общежитии или на кафедре или проводить встречу по футболу. Основная закономерность футбольных встреч состоит в том, что сборные студентов еще ни разу не выиграли. Студенты кафедры имеют практически равный с преподавателями доступ к Интернету и, кстати, Интернет позволяет кафедре поддерживать связь с выпускниками, некоторые из которых оказались теперь в ближнем и дальнем зарубежье. Кроме России, выпускники кафедры работают в Украине, в Казахстане, в Узбекистане, в Грузии, на Кубе, в Мексике, в Нигерии, в США, в Китае, во Вьетнаме и других странах. Адрес домашней страницы кафедры: <http://composite.msu.ru>. Здесь можно найти постоянно обновляющийся электронный вариант настоящего очерка, много дополнительной информации.

Кафедра имеет обширные межвузовские связи. Кафедра сотрудничает с кафедрами химического и геологического факультетов, проводит совместную научно-исследовательскую работу по грантам ИНТАС с МГТУ, Берлинским техническим университетом, Институтом проблем механики, Ганноверским техническим университетом, по программе «Интеграция» — с Институтом биологического приборостроения РАН. Ранее кафедра вела значительный объем хозяйственных работ, например, с ВНИИМетМаш, ЦНИИСМ, Институтом теплотехники, Инженерно-геоэкологическим центром РАН. Преподаватели кафедры приглашались для чтения лекций в университете г. Подгорица (Югославия), в Гаванском университете, Берлинском техническом университете.

## Сотрудники кафедры

Профессор **Б. Е. Победря**, на механико-математическом факультете работает с 1966 г.; защитил кандидатскую диссертацию в 1966 г. и докторскую — в 1971. Награжден медалями им. П. Л. Капицы и Петра I, лауреат Государственной премии, заслуженный деятель науки РФ. Является членом РАЕН, Академии нелинейных наук, членом российских и международных научных обществ, членом Национального комитета РФ по теоретической и прикладной механике, членом бюро Совета по проблемам прочности и пластичности РАН, председателем Специализированного совета при МГУ, членом Специализированных



советов при МГУ, МГТУ, ЦНИИСМ, членом редколлегий известных научных журналов.

Научные интересы: механика деформируемого твердого тела, вычислительная механика, механика композитов, термодинамика, физика связанных полей, численный анализ, дифференциальная геометрия, уравнения математической физики, нелинейный функциональный анализ. Email: 'pobedria@mech.math.msu.su'.

Профессор **С. В. Шешенин**, на механико-математическом факультете работает с 1981 г., кандидатскую диссертацию защитил в 1980 г., докторскую — в 1990. Ученый секретарь Специализированного совета при МГУ.

Научные интересы: теория определяющих соотношений, вычислительная механика, итерационные процессы, параллельные методы вычислений, численные методы в геомеханике, метод осреднения.

Email: 'shesheni@mech.math.msu.su'.

Профессор **В. И. Горбачев**, на кафедре работает со дня ее основания, кандидатскую диссертацию защитил в 1978 г., докторскую — в 1991.

Научные интересы: методы осреднения, теория оболочек, теория концентрации напряжений, технологические задачи в обработке металлов давлением, критерии предельного состояния материалов.

Доцент **Д. В. Георгиевский**, на механико-математическом факультете работает с 1989 г., на кафедре — с 1991 г., защитил кандидатскую диссертацию в 1989 г., докторскую — в 1996 г. Ученый секретарь кафедры. Лауреат премии молодых ученых МГУ и премии им. И. И. Шувалова.

Научные интересы: устойчивость процессов в МДТТ по отношению к заданным классам возмущений, устойчивость течений материалов со сложной реологией.

Доцент **Л. В. Муравлева**, в МГУ работает с 1986 г. Защитила кандидатскую диссертацию в 1987 г.

Научные интересы: вариационные методы в МДТТ, численные методы в геомеханике.

Ассистент **П. Н. Демидович**, работает на кафедре с 2000 г.

В последние годы на кафедре работают молодые сотрудники — выпускники кафедры: ассистенты А. Л. Михайлов, Ф. Б. Киселев, А. В. Горбачев.

С 1988 г. на кафедре работает старший инженер В. И. Шестакова.

Ранее на кафедре работали кандидаты физико-математических наук В. А. Мольков, П. В. Чистяков, Д. В. Куш.

Доцент **В. А. Мольков**, работал на кафедре в 1988–1994 гг.

Научные интересы: эффективные характеристики волокнистых композитов, вязкоупругость, пьезокомпозиты.

Ассистент **П. В. Чистяков**, работал на кафедре в 1989–1991 гг. Занимался применением метода Монте-Карло к решению задач теории упругости.

М.н.с. **Д. В. Куш**, работал на кафедре в 1989–1991 гг. Занимался математическим моделированием теплового неразрушающего контроля.



*Заведующий кафедрой механики композитов  
и ее основатель, академик РАН Б. Е. Победря*



*Коллектив кафедры механики композитов, 2004 г.*

## **Кафедра вычислительной механики**

Кафедра вычислительной механики образована в 1998 г. Основателем кафедры является безвременно скончавшийся академик Вениамин Петрович Мясников.

Вениамин Петрович Мясников родился 4 декабря 1936 г. в семье ученых. После окончания школы Вениамин Петрович поступил на механико-математический факультет МГУ, окончил его с отличием и был рекомендован в аспирантуру, которую закончил с защитой кандидатской диссертации в 1962 г. В 1969 г. защитил докторскую диссертацию, в 1987 г. был избран членом-корреспондентом Академии наук, в 1992 г. — академиком РАН. Более 30 лет Вениамин Петрович был связан с механико-математическим факультетом МГУ.

Понимая важность сохранения традиций в образовании и придавая большое значение обучению студентов путем вовлечения их в процесс современных научных исследований, Вениамин Петрович в 1997 г. добился положительного решения о создании кафедры вычислительной механики на механико-математическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова с привлечением в качестве преподавателей не только ученых МГУ, но и ведущих ученых из институтов РАН и отраслевых институтов.

В настоящее время исполняет обязанности заведующего кафедрой член-корреспондент РАН профессор А. В. Забродин.

На кафедре работают 13 сотрудников: из них 6 профессоров и 7 доцентов. Преподаватели кафедры руководят научной работой студентов, аспирантов и стажеров.

На кафедре изучаются:

- прикладные задачи аэрогазодинамики, физики плазмы, магнитной гидродинамики;
- нелинейная теория упругости и теория наложения конечных деформаций;
- механика многофазных сред и композитных материалов, построение эффективных моделей на основе диаграммной техники и алгоритмов усреднения, определение эффективных коэффициентов течения в пористых средах, фильтрация и пороупругость;
- теория характеристик и характеристических многообразий для многомерного случая;

- конечно-разностные методы численного интегрирования основных типов уравнений математической физики: эллиптических, параболических, гиперболических; метод конечных элементов, теория сходимости к обобщенным решениям;
- некоторые вычислительные задачи термодинамики и статистической физики.

Особое внимание при обучении студентов уделяется методам распараллеливания вычислительных алгоритмов и работе на многопроцессорных вычислительных системах. Для этого, на базе Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, используется многопроцессорная вычислительная система и средства удаленного доступа Московского региона.

Для аспирантов и студентов на кафедре читаются 14 специальных курсов.

Основные результаты научных исследований за последние годы:

1. Разработаны и программно реализованы на многопроцессорных вычислительных системах семейств МВС-100, МВС-1000 универсальные алгоритмы численного моделирования задач газовой динамики. Проведено исследование эффективности параллельной реализации используемых алгоритмов при решении конкретных задач на МВС-1000М.

2. Разработан метод и программа расчета на высокопроизводительной вычислительной системе МВС-1000 газодинамических процессов с учетом нестационарного движения твердых и деформируемых тел. Метод основан на зональном подходе и адаптирующемся к особенностям течения алгоритме. Это позволяет получать надежные качественные и количественные результаты при нестационарном движении тел сложной формы. В данном подходе используется разделение расчета уравнений газовой динамики в областях с различной пространственной размерностью и принцип обратимости движения. Для этого совместно решаются уравнения газовой динамики и уравнения движения центра масс тела.

3. На многопроцессорных вычислительных системах проведено исследование задач обтекания различных летательных аппаратов и элементов их конструкции. Путем расчетов на серии сеток с последовательным уменьшением шага и систематическими сравнениями с экспериментальными данными выявлены элементы течения, которые надежно воспроизводятся в рамках модели уравнений Эйлера.

4. Проведено численное исследование задач аэродинамической интерференции различных объектов. Выявлены закономерности перестройки структуры течения в зависимости от взаимного расположения объектов, их формы и угла атаки. Получены зависимости аэродинамических коэффициентов от указанных параметров.

5. Выполнено численное исследование влияния эргомассоподвода в набегающий поток на аэродинамические характеристики различных объектов. Выявлены основные закономерности перестройки структуры течения в

зависимости от изменения мощности, размеров и расположения области энергоподвода.

6. Проведен цикл численных исследований распространения ударных волн в средах с тепловыми неоднородностями. Выявлено влияние релаксационных процессов на параметры течения.

7. На многопроцессорной вычислительной системе реализован метод численного моделирования разгона твердого тела детонационной волной. Расчет ведется на подвижной сетке, связанной с телом и внешними границами. В процессе расчета вычисляются силы, действующие на тело, и определяется закон его движения. Результаты численных расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальными исследованиями.

8. Разработан и программно реализован алгоритм построения многоблочных 3D сеток для расчета обтекания крыльев летательных аппаратов.

9. Сформулирована постановка краевой задачи пороупругости для модели Био, включающая задачи фильтрации и задачи упругости. Построена разностная схема как на основе метода опорных операторов, так и на основе метода averaging'a. Исследования показывают, что активные фильтрационные процессы могут привести к появлению тангенциальных компонент напряжений и, как следствие, к сдвигам в области разломов.

10. Создан пакет прикладных программ ВО-RS для математического моделирования задач эволюции углеводородных месторождений в процессе газонефтедобычи. Пакет основан на представлении системы уравнений фильтрации в виде  $(N - 1)$  уравнения адвекции для концентрации компонент и одного уравнения параболического типа для порового давления. Затем был использован вариант метода предиктор–корректор по С. К. Годунову. В результате получены схемы high-resolution со скоростью вычислений, превосходящей показатели зарубежных аналогов.

11. Разработана общая концепция построения алгоритмов для решения эллиптических краевых задач с разрывными коэффициентами, основанная на аппроксимации интеграла энергии или диссипативной функции, точной на линейном многообразии, натянутом на базис, описывающий основные особенности решения в задачах с разрывными коэффициентами, при этом решение исходной задачи может быть аппроксимировано с некоторой точностью элементом линейной оболочки. Конечномерная аппроксимация задачи получается посредством варьирования соответствующего функционала, что обеспечивает консервативность. Алгоритм может быть реализован как для сеток, адаптированных к структурным особенностям задачи, так и для ортогональных сеток, содержащих структурные элементы внутри ячейки. В последнем случае, даже если изначально среда изотропна, то малый, но конечный фрагмент среды, содержащий структурные особенности, не будет обладать свойством изотропии. Доказана сходимость алгоритмов как в норме  $L_2$ , так и слабая, в смысле разностного аналога энергетического скалярного произведения.

Преподаватели кафедры сотрудничают с ведущими университетами и институтами как в России, так и за рубежом: Институтом прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Институтом космических исследований РАН, Кембриджским университетом, Институтом полярных исследований имени Скотта (Кембридж), Корнеллским университетом (США), университетом Нью-Хемпшера (США), Аэрокосмическим комплексом “QinetiQ” (Великобритания), МИФИ, Тульским ГУ, Тверским ГУ, Центральной геофизической экспедицией Минэнерго РФ, КБ им. Сухого.

В 2000 г. академик В. П. Мясников был удостоен почетного звания «Заслуженный профессор Московского университета», профессор А. В. Забродин был избран членом-корреспондентом РАН.

В 2004 г. член-корр. А. В. Забродин был удостоен Государственной премии РФ. В 2004 г. на кафедре были защищены две кандидатские диссертации: 12.02.04 — Н. Н. Шилович «Асимптотические задачи фильтрации при наличии фазовых переходов» (рук. — акад. В. П. Мясников); 16.09.04 — М. Ю. Заславский «Математическое моделирование некоторых задач теории упругости и пороупругости в существенно неоднородных анизотропных средах» (рук. — А. Х. Пергамент).



*Член-корр. РАН А. В. Забродин, заведующий кафедрой  
вычислительной механики с 2004 г.*



*Академик В. П. Мясников, основатель  
кафедры вычислительной механики  
и ее первый заведующий*

## Кафедра химической механики

Кафедра химической механики механико-математического факультета создана 01.09.1964 г. приказом ректора МГУ академика АН СССР И. Г. Петровского по инициативе президента АН СССР академика М. В. Келдыша. Зав. кафедрой по совместительству был назначен член-корр. АН СССР профессор Вениамин Григорьевич Левич, заведовавший с 1955 по 1964 г. кафедрой теоретической ядерной физики в Московском инженерно-физическом институте и, кроме того, руководивший работой теоретического отдела Института электрохимии АН СССР с момента организации института в 1957 г.

Известный ученый В. Г. Левич был автором уникальных учебных пособий для студентов физико-технических факультетов вузов и университетов: «Введение в статистическую физику» (1954); «Курс теоретической физики» Т. 1 — «Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статистическая физика. Электромагнитные процессы в веществе» (1969); «Курс теоретической физики» Т. 2. — (совместно с Ю. А. Вдовиным и В. А. Мямлиным) «Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика» (1971).

Книги В. Г. Левича отличаются доступным изложением трудных вопросов теоретической физики и вполне посильны нормальному трудолюбивому студенту. Выдающиеся преподавательские способности В. Г. Левича проявлялись и при чтении лекционных курсов студентам механико-математического факультета. Он умел следить за степенью понимания излагаемого материала основной массой студентов и при необходимости своевременно менять способ изложения.

В. Г. Левич — автор широко известной монографии «Физико-химическая гидродинамика» (1959), в которой методы теоретической физики успешно применяются в разрешении вопросов, связанных с влиянием движения жидкостей на химические или физико-химические, в том числе электрохимические превращения, и с влиянием физико-химических факторов на движение жидкостей.

Сотрудниками кафедры химической механики к моменту ее создания были доцент Вениамин Петрович Мясников (впоследствии академик РАН, заслуженный профессор МГУ), доцент Владимир Вениаминович Толмачев (ныне чл.-корр. РАЕН, профессор Бауманского технического университета), ассистент, а с 1969 г. доцент Александр Мефодьевич Головин (ныне заслуженный



преподаватель МГУ, доцент кафедры аэромеханики и газовой динамики с 1972 г.) и совместитель профессор Анатолий Моисеевич Бродский. Через год на кафедру был зачислен ассистент Анатолий Иванович Наумов, доцент кафедры химической механики с 1970 г.

Основная педагогическая работа на кафедре была связана с чтением курса теоретической физики для студентов-математиков, вместо читавшегося их предшественникам курса общей физики преподавателями физического факультета МГУ, а также обучением студентов и аспирантов, специализирующихся по кафедре химической механики.

Для студентов механиков А. М. Бродский, В. В. Толмачев и позднее А. И. Наумов читали спецкурсы по квантовой механике и проблемам многочастичного рассеяния. По материалам этих лекций А. М. Бродским опубликованы следующие монографии: «Развитие теории многочастичного рассеяния» (совместно с В. В. Толмачевым, 1968); «Основные принципы нерелятивистской квантовой механики» (совместно с А. И. Наумовым, 1971).

Физик-теоретик В. В. Толмачев был известен своими работами еще до прихода на кафедру химической механики (например, в соавторстве с Н. Н. Боголюбовым и Д. В. Ширковым монографией: «Новый метод в теории сверхпроводимости»). За время работы на кафедре химической механики им были успешно решены задачи, являющиеся продолжением работ его учителя, академика АН СССР Н. Н. Боголюбова, и опубликованы книги: «Теория Бозе-газа» (1969); «Теория Ферми-газа» (1973).

По оценке Н. Н. Боголюбова, докторская диссертация В. В. Толмачева (1975), содержание которой отражено в этих монографиях, является вкладом в фундаментальную науку.

Для В. В. Толмачева как первоклассного лектора характерно сочетание строгого научного мышления и способности просто объяснять сложные научные явления. Его лекции по кинетической теории газов позволяли студентам и аспирантам кафедры химической механики изучать традиционный метод вывода кинетического уравнения Больцмана, а также познакомиться с проблемой вывода кинетического уравнения по методу Боголюбова. Кроме того, в своей книге «Основные уравнения кинетической теории газов» (1968), написанной по материалам лекций, В. В. Толмачев предлагает новое обобщенное кинетическое уравнение, применимое для описания эволюции плотных газов.

Кафедра химической механики создавалась для подготовки специалистов по механике сплошной среды с более глубоким изучением основ термодинамики и электродинамики, специалистов, ознакомленных с основными физическими принципами построения моделей сплошных сред, в том числе и сред с учетом возможных химических реакций и фазовых превращений. Начиная с 1970 г. студентам, специализирующимся по кафедре химической механики, В. В. Толмачев читал обязательный спецкурс по физике, содержащий новые, полученные им результаты, такие, как нестандартное изложение

феноменологической термодинамики, обобщающую принцип Гиббса формулировку термодинамического принципа виртуальных работ и формулировку приближенных уравнений Максвелла, а также материальных соотношений, инвариантных относительно преобразований Галилея. С 1972 г. в связи с закрытием кафедры химической механики В. В. Толмачев был зачислен доцентом на кафедру гидродинамики. В. В. Толмачев, а с 1976 г. А. М. Головин продолжали чтение спецкурса по физике студентам кафедр гидродинамики и аэромеханики и газовой динамики. По материалам этих лекций позднее в 1988 г. с участием Владимира Семеновича Потапова была издана монография: «Термодинамика и электродинамика сплошной среды».

О. В. Воинов, А. Г. Петров, В. С. Потапов — первые выпускники кафедры химической механики, в 1970–1971 гг. окончившие аспирантуру по этой кафедре и успешно защитившие диссертации. Далее О. В. Воинов работал младшим научным сотрудником в Институте физической химии АН СССР (в настоящее время О. В. Воинов — доктор физ.-мат. наук, зав. лабораторией филиала Института теоретической и прикладной механики СО РАН, г. Тюмень). А. Г. Петров работал младшим научным сотрудником на кафедре гидромеханики МГУ (в настоящее время А. Г. Петров — доктор физ.-мат. наук, профессор факультета наук о материалах МГУ). В. С. Потапов с 1972 г. работал сначала ассистентом, а затем доцентом кафедры аэромеханики и газовой динамики.

По инициативе В. Г. Левича на кафедре химической механики были развернуты работы по применению методов теории возмущений в задачах физико-химической гидродинамики. Для студентов кафедры В. В. Толмачев, а позднее А. М. Головин читали спецкурс «Методы теории возмущений в гидродинамике». Методы теории возмущений, и в частности метод сращиваемых асимптотических разложений, находят применение во многих областях теоретической физики и механике сплошной среды.

Методы теории возмущений широко используются В. В. Толмачевым в опубликованных позднее монографиях: «Квазиклассическое приближение в квантовой механике» (1980); «Квазиклассическая теория модельной химической реакции» (1981).

В. В. Толмачев в 1981 г. получил решение одной из важных и исключительно трудных задач современной квантовой механики, а именно задачи построения теории эффективных сечений атомно-молекулярных столкновений, происходящих с перераспределением частиц, — задачи, лежащей в основе теории абсолютных скоростей химических реакций.

С именем В. П. Мясникова за время его работы на кафедре химической механики связано развитие математической теории пластичности, построение гидродинамической теории эволюции Земли и планет Земной группы, получение важных результатов в теории многофазных сред и решение ряда проблем химической технологии. После защиты докторской диссертации на тему «Статистическая теория гидродинамических и тепломассообменных

процессов в псевдооживленном слое» (1969) им была создана теория движения газа при фильтрации через слой зернистого материала, которая показала возможные пути совершенствования работы химических реакторов.

Для студентов и аспирантов кафедры В. П. Мясников читал спецкурсы: «Статистическая физика», «Физическая кинетика», «Физико-химическая гидродинамика», «Введение в механику эволюции Земли». За это время им были опубликованы монографии: «Вариационные методы в теории течений жестковязкопластических сред» (совместно с П. П. Мосоловым, 1971); «Гидродинамическая модель эволюции Земли» (совместно с Е. Г. Маркарян, 1972).

Продолжая начатые на кафедре химической механике исследования, профессор кафедры аэромеханики и газовой динамики В. П. Мясников публикует следующие книги: «Модели эволюции Земли и планет Земной группы» (совместно с В. Е. Фадеевым, 1980); «Механика жесткопластических сред» (совместно с П. П. Мосоловым, 1981).

В монографиях (1972, 1980) В. П. Мясниковым разработаны строгие математические методы в теории конвективных течений внутри Земли и построена модель конвекции, вызываемая неоднородностью химического состава вещества мантии Земли, а также модели переходных слоев, возникающих в процессе эволюции Земли.

Применение развитых в работах (1971, 1981) прямых вариационных методов оказалось в ряде случаев единственно возможным способом описать движение жесткопластических сред. Кроме того, в рамках вариационной формулировки задачи обнаруживается тесная связь теории жесткопластических сред с функциональным анализом и другими разделами современной математики.

За создание математической теории жестковязкопластических сред В. П. Мясников стал лауреатом Государственной премии РСФСР за 1988 г.

После Чернобыльской катастрофы В. П. Мясников был одним из членов группы специалистов, разрабатывавших конкретные рекомендации по охлаждению аварийного блока ЧАЭС. В. П. Мясников совместно с В. П. Масловым и В. Г. Даниловым разработали математическую модель охлаждения активной зоны аварийного блока ЧАЭС и в течение месяца ими была написана монография: «Математическое моделирование аварийного блока Чернобыльской АЭС» (1987). Хотя уравнения используемой модели фильтрации газа через разогревающуюся пористую среду в поле силы тяжести и являются классическими, новый тип краевой задачи, возникшей при анализе конкретных условий охлаждения аварийного блока, привел к открытию новых физических эффектов, позволивших объяснить важные особенности поведения аварийного блока.

Для студентов и аспирантов кафедры химической механики А. М. Головин, помимо указанных выше спецкурсов, читал спецкурс «Физико-химическая гидродинамика». Тема научных исследований А. М. Головина связана с применением метода сращиваемых асимптотических разложений к задачам движения и тепломассообмена капель, твердых сферических частиц и пузырей

в вязкой жидкости, а также к движению и тепломассообмену одиночных пузырей и системы пузырей в жидкости малой вязкости.

А. М. Головин — один из авторов монографии «Проблемы дегазации металлов» (совместно с Л. Л. Куниным, Ю. Н. Суровым и В. М. Хохриным, 1972), в которой им рассматриваются вопросы возникновения естественной конвекции в расплаве, конвективной диффузии газа, растворенного в жидком металле, и дегазация жидкого металла при всплывании газовых пузырей.

Заслуживают внимания результаты, полученные А. М. Головиным, при исследовании движения и испарения капель с внутренним тепловыделением в высокотемпературной среде. Эти работы проводились в связи с исследованием возможности создания газозольного ядерного реактора, и после 1972 г. эти исследования были им продолжены на кафедре аэромеханики и газовой динамики.

В связи с заявлением В. Г. Левича об отъезде за рубеж на постоянное место жительства кафедра химической механики в 1972 г. была расформирована: В. П. Мясников, А. М. Головин, В. С. Потапов продолжили работу на кафедре аэромеханики и газовой динамики, где также продолжили обучение студенты и аспиранты кафедры химической механики, В. В. Толмачев и А. Г. Петров — на кафедре гидромеханики, младший научный сотрудник М. А. Воротынец (в настоящее время — доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Института электрохимии РАН) — на кафедре газовой и волновой динамики, С. Я. Ищенко (в настоящее время доцент кафедры вычислительной математики) — на кафедре общих проблем управления.

Последние годы на кафедре аэромеханики и газовой динамики работает семинар по химической механике, на котором под руководством А. М. Головина обсуждаются вопросы, связанные с расчетом естественной конвекции в окрестности твэлов, с высокотемпературным окислением металлов в атмосфере водяного пара, с обусловленной пластичностью и ползучестью металла деформацией оболочек твэлов при максимальной проектной или запроектной аварии водородного ядерного реактора. По материалам проведенных исследований опубликована статья С. И. Арафаилова и А. М. Головина «К расчету воспламенения твэла в условиях тяжелой аварии с потерей теплоносителя» (Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Физика ядерных реакторов. 2000. Вып. 3).

Проводимые исследования представляются актуальными и встречают поддержку со стороны Минатома и РФФИ.

## Литература

1. *Левич В. Г.* Курс теоретической физики. Т. 1. Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статистическая физика. Электромагнитные процессы в веществе. М.: Наука, 1969. С. 912.

2. *Левич В. Г., Вдовин Ю. А., Мямлин В. А.* Курс теоретической физики. Т. 2. Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика. М.: Наука, 1971. С. 936.
3. *Бродский А. М., Толмачев В. В.* Развитие теории многочастичного рассеяния. М.: МГУ мех.-мат. фак. (ротапринт), 1968. С. 80.
4. *Бродский А. М., Наумов А. И.* Основные принципы нерелятивистской квантовой механики. М.: МГУ, мех.-мат. фак. (ротапринт), 1971. С. 266.
5. *Толмачев В. В.* Теория Бозе-газа. М.: Изд-во МГУ, 1969. С. 411.
6. *Толмачев В. В.* Теория Ферми-газа. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 353.
7. *Толмачев В. В.* Основные уравнения кинетической теории газов. М.: МГУ мех.-мат. фак. (ротапринт), 1968. С. 84.
8. *Мосолов П. П., Мясников В. П.* Вариационные методы в теории течений жестковязкопластических сред. М.: Изд-во МГУ, 1971. С. 114.
9. *Мясников В. П., Маркарян Е. Г.* Гидродинамическая модель эволюции Земли. М.: ИКИ АН СССР (ротапринт), 1972. С. 30.
10. *Кунин Л. Л., Головин А. М., Суровой Ю. Н., Хохрин В. М.* Проблемы дегазации металлов. М.: Наука, 1972. С. 327.

## История и методология механики

На физико-математическом факультете Московского университета в 1930-е годы все более настойчиво высказывалось мнение о необходимости преподавания истории и философии математики и механики. Интерес к вопросам истории механики пропагандировал среди учащейся молодежи профессор А. И. Некрасов; он предлагал студентам еще в 1920-х гг. доклады и реферативные исследования по вопросам об основах учения о движении в трудах Галилея, об изобретении Х. Гюйгенсом маятниковых часов и др. Вопросы истории механики рассматривались на семинарах Н. Н. Бухгольца, В. П. Егоршина.

В начале 1930-х гг. профессор А. И. Варьяш стал систематически заниматься вопросами истории и методологии механики на физико-математическом (а затем на механико-математическом) факультете Московского университета. Будучи доктором философских наук и автором 40 работ по проблемам философии естествознания, А. И. Варьяш организовал семинар студентов, аспирантов и сотрудников по вопросам истории и философии механики. Он читал различные курсы, например «История механики» или «Классики механики»<sup>1</sup>. После 1933 г. кафедра теоретической механики объявила около 30 тем для дипломных работ, среди которых значительное место занимали темы по истории и методологии механики (объявленные профессором А. И. Варьяшем). В 1935 г. А. И. Варьяш предложил следующие темы дипломных работ: 1. Динамика Галилея. История ее возникновения и развития. 2. Механика Ньютона. Предшественники Ньютона и история борьбы между картезианской и ньютоновской динамическими концепциями динамики. Спор между Ньютоном, Лейбницем и Гюйгенсом о кинетическом или динамическом обосновании механики; использование их переписки. 3. Развитие гидромеханики в трудах Д. Бернулли и Л. Эйлера. 4. Теория тяготения. Разбор и критика трудов Гука, Лейбница, Ньютона, Лесажа, Бошковича. Современные дискуссии о близко- и дальнедействии (дискуссия в 1930 г. между академиком Иоффе и профессором Френкелем и пр.). 5. История развития принципов механики. Полемика между кинетистами, динамистами и энергетиками. История истолкования

<sup>1</sup> Архив МГУ, ф. 2, оп. 2, д. № 1, 1934–1936, л. 62.

вариационных принципов (Мах, Гельмгольц, Больцман). 6. История создания и обобщения принципа сохранения энергии (Лейбниц, Р. Майер, Гельмгольц, Джоуль и др.). 7. Механика Герца. Кинетизм и универсальное механическое понимание природы, их критика, обзор дискуссии<sup>1</sup>.

В 1944 г. решением Народного комиссариата просвещения было введено чтение обязательного годового курса истории науки (механики, математики, физики и др.) на последнем году обучения студентов университета. Предполагалось, что завершение общенаучного образования студента путем изучения такого предмета дает представление об основных этапах развития данной дисциплины, развивает навыки проведения исторического и диалектического анализа достижений науки прошлого и современности.

Н. Д. Моисеев (1902–1955) — выдающийся советский ученый, большая часть исследований которого относится к небесной механике, космогонии, теории устойчивости (его имя носит один из кратеров Луны) — сделал чрезвычайно много для создания основ нового курса истории механики, построенного с позиций исторического и диалектического материализма. С 1928 по 1955 г. профессор Н. Д. Моисеев заведовал кафедрой небесной механики физико-математического, а затем механико-математического факультетов Московского университета. За время чтения курса истории механики с 1945 по 1955 г. он опубликовал несколько работ по истории и методологии механики и обширную монографию «Очерки развития теории устойчивости» (1949). В многолетней работе над совершенствованием курса истории механики Н. Д. Моисеев подготовил рукопись (им было написано четыре последовательных варианта рукописи объемом более 30 авторских листов), в составлении которых большую роль сыграли результаты критического обсуждения программы и самого курса истории механики на заседаниях методологического семинара по механике в МГУ.

Книга «Очерки развития механики» была издана посмертно в 1961 г. и долгое время оставалась единственной книгой по общей истории механики, изданной в СССР.

За последние полвека на механико-математическом факультете проводилась работа по двум основным направлениям истории механики.

1. Изучение научного и педагогического наследия механиков прошлого по их трудам, учебным курсам, по рукописям и архивному материалу.

2. Совершенствование методологических основ исторического анализа материала о развитии механики и ее отраслей.

С 1972 г. курс истории механики называется курсом истории и методологии механики. К этому времени в соответствии с решением Секции истории и методологии естествознания при Совете Московского университета по естественным наукам были переработаны программы курсов истории естественных наук на каждом факультете, и началась работа по составлению нового учебного пособия к курсу. Прежнее учебное пособие «История механики»

<sup>1</sup> Архив МГУ, ф. 2, оп. 1, д. № 127, 1936, л. 18а.

И. А. Тюлиной и Е. Н. Ракчеева (учеников Н. Д. Моисеева), опубликованное, главным образом, для слушателей вечернего и заочного отделений механико-математического факультета МГУ в 1962 г., оказалось слишком кратким и малопригодным в условиях новых требований усиления мировоззренческого аспекта в курсе истории и методологии механики. В 1975 г. была подана для ред-подготовки в издательство МГУ, а в 1979 г. вышла в свет книга И. А. Тюлиной «История и методология механики».

На отделении механики, кроме обязательного курса истории и методологии механики, читаются спецкурсы по различным проблемам истории и методологии науки: до 1990 г. для слушателей факультета повышения квалификации (ФПК) читались курсы о развитии вариационных принципов механики, о становлении основ классической механики; для студентов 3–5 курсов, кроме названных, читаются спецкурсы о развитии механики в России. В период 1980–1990 гг. особенно активно работал студенческий семинар по истории механики. Тогда подавали не менее 20 дипломных работ и рефератов за учебный год по истории механики. Кроме И. А. Тюлиной, в руководстве студенческого семинара принимают участие Л. В. Кудряшова, С. Н. Колесников (до 1992 г.), В. Н. Чиненова. Многие рефераты слушателей ФПК были опубликованы в периодическом издании «История и методология естественных наук», организованном историками науки естественных факультетов МГУ в 1963 г. По истории механики в этом сборнике было опубликовано более семидесяти статей, в том числе десятков работ слушателей ФПК. К сожалению, в ходе перестройки XXXVI выпуск «Истории и методологии естественных наук» для математиков и механиков стал последним (1989).

Неоднократно в сборнике «История и методология естественных наук» публиковались наиболее интересные доклады ученых отделения механики на методологическом семинаре механиков, например работы профессоров А. А. Космодемьянского, Н. А. Слезкина, П. М. Огибалова, В. Г. Демина, В. В. Толмачева, В. П. Нетребко.

Ученые отделения механики механико-математического факультета МГУ выступали с докладами на съездах по теоретической и прикладной механике, публиковали работы по истории и методологии механики.

В первые годы пятилеток началось издание научных биографий выдающихся отечественных механиков — Н. Е. Жуковского, К. Э. Циолковского, П. Л. Чебышева, составленных учеными Московского университета<sup>1</sup>. Эта традиция была продолжена после Отечественной войны, когда анализу творчества выдающихся ученых прошлого было посвящено много работ и докладов.

К 100-летию со дня рождения Н. Е. Жуковского была опубликована обширная монография Л. С. Лейбензона «Николай Егорович Жуковский»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> См. например, очерк *Моисеева Н. Д.* К. Э. Циолковский // Избранные труды К. Э. Циолковского. Т. 1. М.—Л., 1934.

<sup>2</sup> *Лейбензон Л. С.* Николай Егорович Жуковский. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1947.



Творчеству «отца русской авиации» были посвящены интересные очерки других ученых механико-математического факультета: несколько работ В. В. Голубева, например «Н. Е. Жуковский и современная техническая аэродинамика»<sup>1</sup>, несколько работ А. А. Космодемьянского, например «Основоположники современной аэромеханики — Н. Е. Жуковский и С. А. Чаплыгин»<sup>2</sup>, статья И. И. Артоболевского «Работы Н. Е. Жуковского по прикладной механике»<sup>3</sup> и др.

Тогда же стали публиковаться работы профессора механико-математического факультета А. А. Космодемьянского по истории механики и ее основных разделов. В 1948 г. была опубликована его обширная монография «Очерки по истории теоретической механики в России»<sup>4</sup>, в следующем году — научная биография И. В. Мещерского в книге «Работы И. В. Мещерского по механике тел переменной массы». В изданиях Московского университета публиковались и другие крупные историко-научные исследования А. А. Космодемьянского, например «Теоретическая механика и развитие новых областей техники», «О преподавании механики в высшей школе (вопросы методики и методологии)» и др.

К двухсотлетию юбилею Московского университета была составлена краткая история механики, преподаваемая в Московском университете в течение двух столетий: в статьях В. В. Голубева и И. А. Тюлиной, посвященных раннему и современному этапу развития механических дисциплин в университете. Эти два очерка — «Развитие механики в Московском университете в XVIII и XIX вв.» (И. А. Тюлиной) и «Механика в Московском университете перед Великой Октябрьской социалистической революцией в советский период» (В. В. Голубева) — показали, как изменялись содержание, характер и облик изучаемой в университете «механики теоретической и практической» (название кафедры и совокупности предметов механики с 1863 по 1917 г.) к середине XX в.

Более подробные очерки о развитии специальных механических дисциплин и разделов механики сплошной среды, составленные учеными механико-математического факультета МГУ (В. В. Голубевым, А. А. Ильюшиным, Н. Д. Моисеевым, А. И. Некрасовым, П. М. Огибаловым, Д. Е. Охочимским, Ю. Н. Работновым, Х. А. Рахматулиным, Н. А. Слезкиным, Л. П. Смирновым, Л. И. Седовым и другими), вошли в юбилейные издания «Механика в СССР за тридцать лет», «Механика в СССР за 50 лет», в труды Всесоюзных съездов по теоретической и прикладной механике и т. п.

<sup>1</sup> В кн. «Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции». Ч. 2. Л.: Изд-во АН СССР. 1947. С. 503–523.

<sup>2</sup> Ученые записки Московского университета. Т. 1. Вып. 91.

<sup>3</sup> Изв. АН СССР. Отделен. техн. наук. 1951. № 5. С. 682–688.

<sup>4</sup> Ученые записки МГУ. Т. 2. Вып. 122. Механика. М., 1948. С. 193–296.

Историко-научные работы А. Ю. Ишлинского посвящены разнообразной тематике: анализу научных вкладов классиков механики<sup>1</sup>, итогам развития отечественной механики<sup>2</sup>, методологическим проблемам<sup>3</sup>.

И. А. Тюлиной опубликовано более 80 работ и два учебных пособия по истории механики. Кроме того, две книги<sup>4</sup>. В последнее десятилетие основное внимание историки механики заострили на освещении достижений отечественной механики в период 1920–1990 гг.

В 1982 г. защищена кандидатская диссертация Ю. В. Караваевым на тему «О преподавании механики в Московском университете с 1830 по 1930 г.», в 1985 г. — кандидатская диссертация Л. А. Протасовой на тему «Анализ научного наследия В. В. Голубева», в 1995 г. — кандидатская диссертация В. Н. Чиненовой на тему «Развитие концепции ускоряющей силы в конце XVII–XVIII вв.» под научным руководством И. А. Тюлиной.

Кандидат физико-математических наук Л. В. Кудряшова на протяжении двух десятилетий ведет исследования вопросов развития динамики твердого тела. Эта работа проводится в тесном контакте с учеными Института прикладной математики и механики АН Украины (г. Донецк). Многочисленные публикации Л. В. Кудряшовой (их более тридцати) посвящены изложению результатов Х. Гюйгенса в задаче о колебании физического маятника, в частности введенного им понятия центра качания; исследованию самобытной работы Ж. Л. Даламбера «О прецессии равноденствий и нутации оси Земли» (1779); анализу всех работ Л. Эйлера по кинематике и динамике твердого тела с одной неподвижной точкой с 1750 по 1765 г.; изучению теории Ж. Бине о распределении главных осей в пространстве, построению классификации решений дифференциальных уравнений движения твердого тела с неподвижной точкой. Итоговые результаты всех таких исследований Л. В. Кудряшовой вошли в коллективную монографию Г. В. Горра, Л. В. Кудряшовой и Л. А. Степановой «Классические задачи динамики твердого тела. Развитие и современное состояние» (Киев: Наукова думка, 1978).

В период с 1980 г. Л. В. Кудряшова опубликовала работы: «Донецкая школа динамики твердого тела» (1987, в соавторстве с Л. А. Степановой); ряд статей по архивным материалам о развитии механики в Московском университете; о создании и развитии кафедры прикладной механики (в соавторстве с И. З. Пироговым; о создании и развитии механико-математического факультета

<sup>1</sup> *Ишлинский А. Ю.* Галилео Галилей // Галилей и современность. М.: Знание. 1964. С. 5–15.

<sup>2</sup> *Ишлинский А. Ю.* Механика на пороге 60-летия Октября и ее практическое значение. Препринт ИПМ АН СССР. М., 1977. № 95.

<sup>3</sup> *Ишлинский А. Ю.* Механика относительного движения и силы инерции. М.: Наука. 1981.

<sup>4</sup> *Тюлина И. А.* Жозеф Луи Лагранж. М.: Наука, 1977; *Протасова Л. В., Тюлина И. А.* Владимир Васильевич Голубев. М.: Наука, 1995.

(в соавторстве с П. М. Огибаловым); о развитии теории упругости в Московском университете (в соавторстве с П. М. Огибаловым).

Более десяти печатных работ В. Н. Чиненовой посвящены зарождению и формированию кинематики и ее основных понятий, составленных по оригинальным сочинениям Галилея, Гюйгенса, Ньютона, Эйлера, Вариньона, Бура, Понселе, Ершова. После защиты кандидатской диссертации В. Н. Чиненова опубликовала еще несколько работы о вкладах Х. Гюйгенса, Л. Эйлера, П. Вариньона в развитие понятия ускорения и инфинитезимальных методов механики. Она проводит разработку научного наследия выдающихся механиков XX в., таких как Н. Е. Жуковский, С. А. Чаплыгин.

Историки механики механико-математического факультета МГУ наиболее активно исследуют и публикуют очерки о выдающихся достижениях отечественных ученых, таких как С. В. Ковалевская, И. И. Сомов, Д. Н. Горячев, И. В. Мещерский, Н. Д. Моисеев, Г. Н. Дубошина; в особенности о научно-педагогическом наследии механиков Московского университета: Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, В. В. Голубева, А. И. Некрасова, Б. В. Булгакова, Н. И. Мерцалова. В условиях переоценки исторических достижений XX в. чрезвычайно важно подчеркнуть передовую роль отечественной науки в середине и второй половине столетия.

Вместе с историками математики (в том числе и выпускниками МГУ) историки механики проводят активную работу по составлению «Базы данных о выдающихся ученых механико-математического факультета МГУ» — своеобразного биографического словаря, заложенного в дискеты. Здесь следовало бы отметить руководящее начало профессора Н. Х. Розова (кафедра дифференциальных уравнений), доцента И. А. Тюлиной, старшего преподавателя Г. С. Смирновой и четкую работу исполнителя — Е. И. Фалуниной.

На механико-математическом факультете обращено значительное внимание деканата, кафедр и всего профессорско-преподавательского коллектива на углубление методологического содержания лекционных курсов по фундаментальным дисциплинам, на мировоззренческий аспект лекций. Научные проблемы, будучи освещены в историческом плане, в динамике развития и противоборства научных концепций, становятся масштабнее и многограннее.

## **Сведения о сотрудниках кабинета истории и методологии математики и механики**

**Тюлина Ирина Александровна** родилась 3 февраля 1922 г. в Москве в семье служащих. В 1929 г. поступила на механико-математический факультет МГУ. По окончании второго курса добровольно вступила в действующую армию, окончила войну военфельдшером, лейтенантом медслужбы. Участник Московского контрнаступления в рядах 330 с.д. 10-й армии Западного фронта.

Имеет медали: «За боевые заслуги», «За отвагу», «За победу над Германией», «За оборону Москвы», два ордена Отечественной войны 2-й степени.

Окончила механико-математический факультет в 1948 г., в 1951 г. — аспирантуру по истории механики. Научный руководитель — проф. Н. Д. Моисеев, большой знаток математики, небесной и земной механики, истории, древних и новых языков. 3 апреля 1952 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Развитие механики реактивного движения тел переменного состава».

С 1954 г. по настоящее время читает курс истории механики (он был годовым до 1968 г.), с 1972 г. этот курс стал называться «История и методология механики». Опубликовано монографий: 1. Учебное пособие «История механики» (совместно с Е. Н. Ракчевым). Изд-во МГУ, 1962. 2. «История и методология механики». Изд-во МГУ, 1979. 3. «Жозеф Луи Лагранж». М.: Наука, 1977. 4. «Владимир Васильевич Голубев» (в соавторстве с Л. А. Протасовой). М.: Наука, 1995. 5. «Борис Владимирович Булгаков» (в соавторстве с А. А. Ким). М.: Наука, 2000. Всего около 100 публикаций.

Под научным руководством И. А. Тюлиной 5 человек защитили кандидатские диссертации.

**Кудряшова Лия Васильевна** родилась 19 июня 1932 г. в Иваново. Там же окончила среднюю школу и в 1950 г. поступила на механико-математический факультет МГУ, окончила его в 1956 г., а в 1959 г. — аспирантуру по кафедре теории пластичности. Два года (1959—1961) работала в Институте гидродинамики СО АН СССР (Академгородок Новосибирска) младшим научным сотрудником в отделе прочности под руководством академика Ю. Н. Работнова. С 1962 г. работает на механико-математическом факультете МГУ (мл. н.с., ассистентом, старшим преподавателем) в кабинете истории и методологии математики и механики. Преподавание ведет на гуманитарных факультетах (курсы высшей математики, теории вероятностей, математической статистики).

Научные интересы: в области истории механики (динамики твердого тела с неподвижной точкой). Кандидатскую диссертацию защитила в 1974 г., а в 1976 г. вышла книга, в которую вошла и эта диссертация (*Горр Г. В., Кудряшова Л. В., Степанова А. В.* Классические задачи динамики твердого тела. История и современное состояние. Киев: Наукова думка). Позднее печатаются статьи на эту же тему. Печатает пособия для студентов. Всего работ более 40.

**Чиненова Вера Николаевна** родилась 27 сентября 1948 г. в Москве. Окончила механико-математический факультет (1971). Квалификация: механик. Кандидат физико-математических наук (1995), старший научный сотрудник (1998).

Ученый секретарь секции механики Российского национального комитета по истории и философии науки и техники.

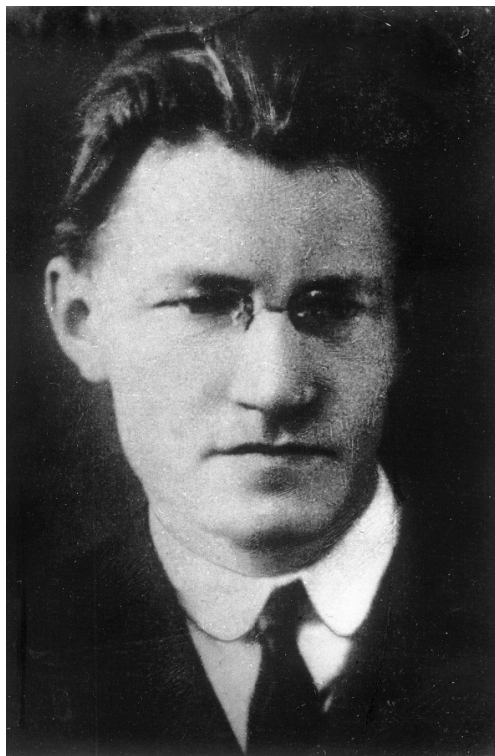
Область научных интересов: проблемы механики в Московском университете, становление классической механики, аксиоматика классической механики, научные биографии ученых-механиков, анализ архивных материалов

мировой и общественной науки в русле истории механики, исследование и историко-научный анализ достижений механики систем и механики сплошной среды.

Кандидатская диссертация «Развитие концепции ускоряющей силы в конце XVII–XVIII вв.» защищена в 1995 г. по специальности 07.00.10.

Читает вместе с доц. И. А. Тюлиной основной курс «История и методология механики» для студентов 5 курса механико-математического факультета, спецкурсы: «Становление классической механики», «Дополнительные главы истории механики». Ведет занятия по высшей математике на философском факультете.

Автор 30 научных работ.



*Профессор Н. Д. Моисеев, основатель  
курса истории механики в МГУ,  
заведующий кафедрой небесной механики  
с 1928 по 1955 г.*

## Содержание

Предисловие .....	3
Развитие механики в Московском университете с 1755 по 1932 г. ....	5
Кафедра теоретической механики и мехатроники .....	34
Кафедра газовой и волновой динамики .....	67
Кафедра аэромеханики и газовой динамики .....	125
Кафедра прикладной механики и управления .....	165
Кафедра гидромеханики .....	199
Кафедра теории пластичности .....	247
Кафедра теории упругости .....	269
Кафедра механики композитов .....	323
Кафедра вычислительной механики .....	331
Кафедра химической механики .....	336
История и методология механики .....	342

*Научное издание*

**МЕХАНИКА В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Ведущий редактор *В. В. Черноуцкий*

Оформление обложки *А. М. Драговой*

Технический редактор *С. С. Коломеец*

Компьютерная верстка *Е. Г. Иванов*

Корректор *З. А. Тихонова*

Подписано в печать 08.07.05. Формат 70×100/16.

Печать офсетная. Печ. л. 22. Усл.-печ. л. 28,6.

Тираж 1000 экз. Заказ № 0000.

ООО «Издательство «Айрис-пресс»»

113184, Москва, ул. Б. Полянка, д. 50, стр. 3.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов

в ОАО «Можайский полиграфический комбинат»

143200, г. Можайск, ул. Мира, 93