





Изв. вузов «ПНД», т.3, № 2, 1995

СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ СТРЕЛКОВ

А.Ф. Минаев, В.И. Смыслов

В 1995 году исполнилось 90 лет со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора, доктора физико-математических наук Сергея Павловича Стрелкова, научная деятельность которого на протяжении многих лет была связана с физическим факультетом Московского университета и Центральным Аэрогидродинамическим Институтом - ЦАГИ.

Являясь, наряду с А.А. Андроновым, А.А. Виттом, С.Э. Хайкинъм, Г.С. Гореликом и др., одним из ярких представителей научной школы академика Л.И. Мандельштама, Сергей Павлович Стрелков был крупным специалистом в области физики колебаний. Многие задачи, которые ставились и решались в его работах, а также в работах его учеников, были вызваны проблемами, возникающими при создании новой авиационной техники.

С.П. Стрелков родился в 1905 году в селе Долгоруково Пензенской губернии в семье учителей сельской школы. После окончания в 1923 году средней школы три года работал также сельским учителем. Будучи комсомольцем, окончил совпартшколу первой ступени и получил направления на учебу: в Саратовский либо в Московский университеты. В 1927 году он поступил на физико-математический факультет МГУ и прошел путь от студента до профессора, заведующего одной из крупнейших кафедр физического факультета.

Окончив физическое отделение МГУ в 1931 году, он был оставлен в аспирантуре по кафедре колебаний у Л.И. Мандельштама. С 1932 года по 1935 год работал ассистентом физического факультета, затем - доцентом.

Первая научная работа С.П. Стрелкова, опубликованная в 1933 году, была посвящена решению нелинейной задачи, поставленной еще Рэлеем в его знаменитом трактате «Теория звука», а именно - исследованию автоколебаний маятника Фроуда. В этой работе дана подробная физическая картина возбуждения автоколебаний в системе с трением скольжения, зависящим от скорости, проведен математический анализ процесса установления стационарной амплитуды, а также приведены результаты экспериментального исследования.

В следующей работе С.П. Стрелковым дан подробный качественный и количественный анализ процессов в ламповом генераторе с двумя колебательными контурами (явление затягивания частоты). Впоследствии это явление вошло во все учебники по теории нелинейных колебаний.

Сергей Павлович Стрелков был одним из основоположников исследований автоколебаний в распределенных системах. Им были получены существенные результаты в задаче А.А. Витте об автоколебаниях в двухпроводной линии с электронной лампой на одном из концов. В своих работах Сергей Павлович успешно использовал строгие нелинейные методы, развиваемые школой Л.И. Мандельштама. Эти методы существенно отличались от применявшихся тогда в технике квазилинейных методов анализа автоколебательных систем. В то время казалось, что эти два подхода принципиально исключают друг друга, но дальнейшее развитие обоих направлений показало, что они дополняют друг друга.

Занимаясь в аспирантуре изучением различного вида механических автоколебаний, он в 1935 году начал вести в ЦАГИ исследовательскую работу по договору с МГУ. Аспирантские работы С.П. Стрелкова были посвящены как экспериментальному исследованию некоторых видов механических колебаний, так и теории автоколебаний.

Не прерывая связей с МГУ и ЦАГИ, С.П.Стрелков в 1938 году приехал в Горький, где работал старшим научным сотрудником в НИИ радиофизики у А.А. Андропова (до 1940 года). Прочные связи с горьковскими радиофизиками он сохранил и впоследствии, со времени основания журнала «Радиофизика» до 1973 года состоял членом его редколлегии.

В 1940 году он переехал в Жуковский (тогда - поселок Стаханово) на постоянную работу в ЦАГИ. В начале отечественной войны вместе с семьей был эвакуирован в Казань с ЦАГИ, в 1943 году - вернулся в Жуковский.

Начиная с довоенных лет и до конца своих дней С.П.Стрелков активно участвует в исследовательских теоретических и экспериментальных работах ЦАГИ по изучению сложных динамических явлений в условиях взаимодействия потока воздуха с конструкцией летательных аппаратов и наземных испытательных установок. Он занимал должности начальника, а затем научного руководителя одного из наиболее важных подразделений в комплексе прочности, был членом Ученого совета института, редколлегии журнала «Ученые записки ЦАГИ», руководил работой научных семинаров.

Следует отметить открытие и изучение им целого ряда механических автоколебаний: колебания шарового маятника, колебания струны в тонкой струе, срывные крутильные колебания крыла, колебания в аэродинамических трубах с открытой рабочей частью. Первые три явления просто не были известны в науке, в последнем был установлен его физический характер и доказана его автоколебательная природа.

Автоколебательные явления в распределенных системах были рассмотрены С.П. Стрелковым на примерах системы Лехера и аэродинамических труб с открытой рабочей частью. Первая задача аналогична задаче Ван-дер-Поля с той лишь разницей, что роль колебательного контура играет двухпроводная линия. Условия колебаний на одном конце «рождают» силу, которая с запаздыванием действует на другом конце распределенной системы. Вторая задача существенно более сложная. Здесь наблюдаются явления, которые в принципе были предсказаны Л.И. Мандельштамом, а именно, - возможность преобразования волн одного типа в волны другого типа при взаимодействии с препятствием. Сергей Павлович отметил, что на таких препятствиях, как кромки сопла и диффузора, гидродинамические волны превращаются в акустические и обратно. Благодаря этому возникает обратная связь через акустическую волну в обратном канале трубы (см. статью А.С. Гиневского и П.С. Лапды в настоящем выпуске журнала).

Работа по глушению пульсаций в трубах с открытой рабочей частью имела практическое значение. Такие трубы должны быть «заглушены» по разработанной методике, иначе, при больших размерах труб, колебания могут достигать угрожающей заданно интенсивности уже при скорости 50 м/с.

При изучении явления шсто крутильных колебаний крыла им впервые наблюдался срывной флаттер - автоколебания, возникающие вследствие срыва потока с крыла.

Таким образом, в 1935 - 1941 годах С.П. Стрелков провел фундаментальные исследования автоколебаний потока воздуха в аэродинамических трубах с открытой рабочей частью, проявляющихся в виде крайне нежелательных пульсаций давления (возникновение этих автоколебаний препятствовало вводу труб в эксплуатацию). В результате исследований Сергея Павловича удалось выяснить причины и физическую картину этих автоколебаний и разработать методы их устранения. Эти методы вошли в практику строительства аэродинамических труб в нашей стране.

Свою докторскую диссертацию «Автоколебания в аэродинамических трубах» С.П. Стрелков защитил в Москве в МГУ летом 1942 г. Сообщение о подробностях защиты было опубликовано наряду со сводками «От Советского Информбюро» в газете «Вечерняя Москва» (от 28 июля 1942 года): «... Член-корреспондент АН СССР профессор М. Леонтович, профессор С. Хайкин, профессор М. Абрамович и другие ученые дали блестящие отзывы о работе Стрелкова. Профессор Леонтович указал, что работа Стрелкова представляет большое, интересное и разностороннее исследование. В ней не только впервые установлены причины и выяснен механизм вибрации в аэродинамических трубах, но и разработаны мероприятия к устранению этих вибраций. Получен чрезвычайно важный для нашего самолетостроения результат. Академик Л.И. Мандельштам в своем отзыве пишет, что работа С. Стрелкова имеет громадное значение для прикладной аэродинамики...»

До 1941 года С.П. Стрелков занимался в ЦАГИ гидродинамическими колебаниями, далее - проблемами, связанными с механическими автоколебаниями самолета в полете. Тематика его работ в МГУ, на кафедре колебаний, включала проблемы как довольно близкие к тем задачам, которые ему приходилось рассматривать в ЦАГИ, так и существенно отличные от них (автоколебательные процессы в биофизических системах, лазерах и других объектах).

В 1941 - 1950 годах С.П. Стрелковым были выполнены исследования автоколебаний тел в аэродинамическом потоке и в это же время он принял участие в решении труднейшей аэромеханической задачи - определении аэродинамических сил на упругой конструкции в потоке. Под его непосредственным руководством был разработан весьма тонкий и эффективный способ измерения сил на колеблющемся крыле. Это имело большое значение при изучении физической природы вибраций упругих тел в потоке газа при создании методов расчета подобных колебаний в полете (флаттера, нагрузок при полете в неспокойном воздухе и т.д.).

В 1943 году Сергей Павлович стал профессором кафедры колебаний Московского университета и начал читать основной курс лекций по теории колебаний. Продолжая традиции Л.И.Мандельштама по созданию теории колебаний как самостоятельной науки, Сергей Павлович вместе с тем создал новый оригинальный курс лекций, более тесно связанный с возникшими в то время техническими задачами. На основе курса своих лекций С.П. Стрелков написал «Введение в теорию колебаний», одну из наиболее оригинальных и читаемых книг на эту тему. Она выдержала несколько изданий и была переведена на многие иностранные языки.

В 1950 году С.П. Стрелков вместе с сотрудниками провел широкий круг исследований устойчивости самолетов и вертолетов, впервые указал на роль упругости конструкции при автоколебаниях самолетов, снабженных бустерами и автопилотом, обосновал идеологически средства борьбы с автоколебаниями в этих случаях. Под его руководством были разработаны экспериментальные и теоретические методы, позволяющие решать задачи о взаимодействии упругой конструкции с системой автоматического управления в полете.

Прекрасно понимая, что колебательные явления играют весьма существенную роль в системах автоматического управления, Сергей Павлович Стрелков занялся изучением этих вопросов. Им была создана общая теория воспроизведения сигнала в линейных следящих системах и в усилителях с обратной связью. В этих работах была установлена связь между нулями и полюсами передаточной функции системы и характеристиками качества воспроизведения заданного воздействия. Сергеем Павловичем предложены способы исследования собственных частот сложных систем автоматического регулирования в зависимости от различных параметров. Эти идеи имели естественное продолжение в методе траекторий корней, наряду с У. Эвансом (США) С.П. Стрелков является автором геометрического метода траекторий корней.

В работах Сергея Павловича получил развитие классический метод исследования колебательных систем с сосредоточенными и распределенными параметрами - метод Галеркина. С.П. Стрелков применил этот метод к исследованию автоколебательных систем, близких к линейным, показал, что этим методом можно получить известные приближенные решения. Большой интерес представляет данное им физическое обоснование метода Галеркина и пути оценки точности приближенных решений по этому методу. Эти результаты отражены в его учебнике по теории колебаний.

С.П. Стрелков внес большой вклад в развитие теории колебаний в линейных системах со многими степенями свободы. Для дискретных неконсервативных систем им было введено понятие нормальных комплексных координат, для которых установлены условия биортогональности. Теория колебаний в линейных системах была изложена Сергеем Павловичем матричным методом, он ввел ее в практику инженеров расчетов на ЭВМ при исследованиях характеристик авиационных конструкций.

Идейно эта теория связана с циклом работ по флаттеру, проведенных С.П. Стрелковым и его учениками. Среди этих работ особое место занимает предложенный С.П. Стрелковым и осуществлявшийся под его руководством оригинальный метод электромеханического моделирования флаттера, позволяющий в лабораторных условиях исследовать упругие колебания самолета в полете. В этом методе самолет заменяется механической моделью, а возникающие при колебаниях в полете аэродинамические силы воспроизводятся (с помощью датчиков и вычислительного устройства) специальными электродинамическими возбудителями. За эти работы С.П. Стрелкову была присуждена золотая медаль и премия им. Н.Е. Жуковского.

С.П. Стрелков впитал в себя и постоянно проповедовал глубокое проникновение в физическую сущность изучаемого явления, приложимость общезначимых исследований к конкретным объектам техники. Сергей Павлович был не только и не просто физик - он был инженер, внесший весомый вклад в развитие нашей авиационной науки и в улучшение образцов авиационной и ракетной техники. Он обладал замечательной способностью увидеть и объяснить первопричины возникновения опасных «болезней» самолетов, вертолетов, ракет, аэродинамических труб, связанных с их вибрационными характеристиками. Он всегда находил эффективные пути устранения этих «недугов» техники и предотвращения их появления в дальнейшем.

С именем С.П. Стрелкова связано становление и развитие ряда научных направлений, его интересы в науке охватывали самые разнообразные области физики, теории колебаний, динамической прочности, аэроупругости, аэродинамики. С.П. Стрелков обладал исключительной эрудицией, энциклопедическими знаниями, тонкой инженерной интуицией. Его талант являл собой редкое сочетание большого практического опыта незаурядного экспериментатора с ясным и гибким умом аналитика. Практическая целенаправленность результатов, строгость теоретических выводов, простота и отточенность стиля - вот отличительные черты трудов С.П. Стрелкова.

Большую научную работу Сергей Павлович совмещал с активной преподавательской деятельностью. Он был прирожденным педагогом, его лекции, семинары по теории колебаний и общей физике всегда пользовались заслуженной популярностью. Он сыграл огромную роль в становлении современного курса общей физики, читаемого в Московском университете.

Сергей Павлович является автором прекрасных учебников по механике и теории колебаний, задача по курсу общей физики - по ним учились и учатся десятки тысяч студентов университетов. Известный учебник механики С.П. Стрелкова переиздавался дважды. Когда Сергея Павловича спрашивали о том новом, что он внес в книгу, он отвечал, что старался, прежде всего, изложить еще нагляднее, убедительнее и доступнее физические принципы механики. За последние десятилетия выдержал еще несколько изданий задачник по общему курсу физики, одним из основных авторов которого, определившим весь стиль этого важного учебного руководства, был С.П. Стрелков. Задачник был издан и за рубежом. Он на несколько десятилетий определил прогрессивный стиль семинарских занятий по общему курсу физики.

Работая в течение многих лет со своими учениками и сотрудниками и являясь с 1955 года заведующим кафедрой физического факультета МГУ, Сергей Павлович создал свою научную школу по теории колебаний. Многие научные сотрудники МГУ и ЦАГИ - его ученики, более 50 из них стали кандидатами и докторами наук. С.П. Стрелков был наделен самыми привлекательными человеческими качествами. Добрый, благожелательный, он охотно помогал своим ученикам, сотрудникам, всем, кто шел к нему за советом. Его авторитет ученого-физика, крупного авиационного специалиста был исключительно высок в научных центрах, учебных заведениях и на промышленных предприятиях.

С.П. Стрелков оставил большое наследие не только в своих трудах, он способствовал формированию «колебательной культуры» (по выражению Л.И. Мандельштама) - определенного строя научных взглядов специалистов, которые продолжают работать в направлениях, связанных с его деятельностью.

Центральный аэрогидродинамический институт

Поступила в редакцию 14.07.95



Минаев Аркадий Федорович - родился в 1923 году в Орле, окончил Казанский авиационный институт в 1957 году. После окончания КАИ работает в Центральном аэрогидродинамическом институте - в настоящее время в должности главного научного сотрудника отделения аэроупругости. Защищал диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук в ЦАГИ (1963) и доктора технических наук (1981) в области теории колебаний летательных аппаратов, аэроупругости, динамики деформируемых конструкций, теории управления процессами в колебательных системах. Является одним из авторов справочника «Вибрации в технике», энциклопедии «Авиация», имеет много научно-технических статей и изобретений по направлениям, указанным выше.



Смыслов Всеволод Игоревич - родился в 1931 году в Ленинграде, окончил физический факультет МГУ в 1954 году. После окончания МГУ работает в Центральном аэрогидродинамическом институте - в настоящее время в должности начальника сектора отделения аэроупругости. Защищал диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в МГУ (1961) и доктора технических наук в ЦАГИ (1989) в области теории колебаний, аэроупругости, теории автоматического управления, моделирования колебательных процессов, методов и средств воспроизведения вибраций, автоматизации экспериментальных исследований. Автор главы справочника «Вибрации в технике», статей в энциклопедии «Авиация», много научно-технических статей и изобретений по направлениям, указанным выше, лауреат премии им. Н.Е. Жуковского.