

Санкт–Петербургский государственный университет
Saint–Petersburg State University

Х Поляховские чтения

Материалы

международной научной конференции по механике,
23–27 сентября 2024 г., Санкт–Петербург, Россия

X Polyakhov's Reading

Proceedings

of the International Scientific Conference on Mechanics,
September 23–27, 2024, Saint–Petersburg, Russia

Санкт–Петербург
2024

УДК 531/534+537+539+51-7+52

ББК 22.2

Д 37

Д 37 X Поляховские чтения : Материалы международной научной конференции по механике, 23–27 сентября 2024 г., Санкт–Петербург, Россия. — СПб.: Издательство ВВМ, 2024. 755 с.

ISBN 978-5-9651-1587-7

В сборник включены материалы докладов, представленных на международную научную конференцию по механике «X Поляховские чтения», которая посвящена 300-летию Санкт-Петербургского университета и 300-летию Российской Академии наук. Материалы содержат информацию о проведенных исследованиях и представляют собой статьи небольшого размера, в которых даётся обобщённое изложение полученных результатов. Обсуждаются современные проблемы теоретической и прикладной механики, динамики естественных и искусственных небесных тел, гидроаэромеханики, физико-химической аэромеханики, механики деформируемого твёрдого тела, устойчивости и стабилизации механических и электромеханических систем, биомеханики, физической механики, применения методов искусственного интеллекта в задачах механики и истории механики.

Под редакцией:

Е.В. Кустовой, А.А. Тихонова, О.В. Куновой, Г.В. Павилайнен, А.В. Орехова.

ISBN 978-5-9651-1587-7

© Авторы, 2024

Людвиг Прандтль. 150 лет спустя

Богданов А.Н.^{1,3} *Кондратьев И.М.*^{2,3}

bogdanov@imec.msu.ru, kiimash@yandex.ru

¹НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова,

119192, Российская Федерация, Москва, Мичуринский проспект, 1,

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,

101000, Российская Федерация, Москва, Малый Харитоньевский переулок, 4,

³МГТУ им. Н.Э. Баумана,

105005, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5/1

Аннотация. Имя Людвиг Прандтля хорошо известно в нашей стране, в первую очередь благодаря его работам в области механики жидкости и газа. Пользуются признанием и достижения созданной им гёттингенской школы гидроаэромеханики. Хотя основные работы Прандтля относятся к этой области науки, его научные интересы были также связаны с теорией упругости, теорией пластичности, строительной механикой. Идеи Прандтля успешно развивали и продолжают это делать советские и российские учёные.

Ключевые слова: Людвиг Прандтль, гидромеханика, аэромеханика, механика жидкости и газа, пограничный слой, Гёттинген.

В следующем году научная общественность отметит 150-летний юбилей немецкого учёного Людвиг Прандтля (1875–1953). В мире и России он известен и пользуется уважением прежде всего у специалистов в области механики жидкости и газа за свой фундаментальный вклад в эти разделы науки, при том что его научные интересы не ограничивались только этими направлениями, а включали также теорию упругости, теорию пластичности и строительную механику [1].

О весомом вкладе Прандтля в становление и развитие гидро- и аэромеханики и его влиянии на отечественную науку свидетельствует, в частности, тот факт, что в посвященном механике жидкости и газа втором томе четырёхтомного фундаментального труда «Механика в СССР за 50 лет» его имя — среди наиболее упоминаемых: оно держит безусловное первенство среди зарубежных учёных (в именном указателе содержится более 40 ссылок на Прандтля) и уступает лишь немногим русским и советским (Чаплыгину С.А., Жуковскому Н.Е., Ландау Л.Д. и некоторым другим). Интересно, что второе место по упоминанию среди зарубежных учёных занимает ученик Прандтля — Теодор фон Карман, имя которого встречается там же около 30 раз [2].

Применительно к Прандтлю нередко употребляют эпитет «отец гидродинамики». Пожалуй, наиболее примечательным достижением Прандтля является разработка теории пограничного слоя. Немецкий учёный кратко изложил её в своём выступлении на III международном конгрессе по математике, проходив-

шем в 1904 году в Гейдельберге. Его работа открыла целое научное направление, которое успешно развивается до сих пор. Фундаментальные достижения в этой области достигнуты в том числе советскими и российскими учёными: А.Н. Колмогоровым, Л.Г. Лойцяным, М.Д. Миллионщиковым и др.

Эпохальность открытия Прандтля подтверждена и проведением в 2004 году симпозиума Международного союза теоретической и прикладной механики, посвящённого столетию исследований пограничного слоя. Около 40 экспертов, в том числе российских, выступили с докладами о своих наиболее значимых результатах в этой области. Местом проведения симпозиума был выбран Немецкий аэрокосмический центр (DLR), расположенный в Гёттингене — городе, в котором с 1904 года жил и работал Людвиг Прандтль.

Доклад Прандтля о теории пограничного слоя мгновенно сделал его известным. А вскоре по инициативе Феликса Клейна он получил приглашение занять кафедру прикладной механики и возглавить недавно созданный при философском факультете Гёттингенского университета Институт прикладной механики. С тех пор с Гёттингеном была связана вся дальнейшая научная и педагогическая деятельность Прандтля, который неоднократно подчёркивал тот факт, что связь между чистой и прикладной наукой была для него важной и незаменимой, и, что развитие этого духа было уникальной чертой жизни в Гёттингенском университете.

Там он создал научную школу, наиболее известным из учеников которой стал Т. фон Карман (он был аспирантом Прандтля с 1906 по 1908 год), оставивший воспоминания, местами довольно критические, о своём наставнике в науке, характеризующие и его творческую манеру, и объясняющие её [3].

По воспоминаниям Кармана, «Прандтль был одарен редким умением понимать физические явления и необычайной способностью излагать их в относительно простой математической форме». Возможно, опять же по мнению Кармана, этому способствовало то обстоятельство, что Прандтль не был особенно силен в высшей математике.

Педагогическая карьера Прандтля в Гёттингене продолжалась более 40 лет до его ухода с профессорской должности в 1947 году. Многих студентов, слушавших его лекции, Прандтль побудил продолжать обучение в аспирантуре и работать в одном из руководимых им институтов. По воспоминаниям С.П. Тимошенко, много лет спустя Прандтль «сказал, что я был хороший студент, так как не затруднял его вопросами и работал самостоятельно» [4].

На сайте Mathematics Genealogy Project [5] указаны 90 учёных, считающихся его учениками (по свидетельству Г. Шлихтинга, под руководством Прандтля диссертации защитили 83 его ученика [6]). О сотрудничестве Прандтля с некоторыми из них, кроме того, известно по опубликованным результатам совместных исследований. Так, например, вместе с А. Бетцем и М. Мунком были проведены исследования подъемной силы реального аэродинамического кры-

ла, в результате которых в 1918–1919 годах появилась теория, известная ныне как «теория крыла Ланчестера–Прандтля».

По словам Кармана, Прандтля не останавливали следования уже пройденными, но оставшимися неизвестными ему, путями в науке, он считал, например, что собственная упорная работа даст свои результаты: «Ланчестер начал работать раньше нас, но мы тоже работали независимо от него, и потому, когда его идеи дошли до нас, мы восприняли их с глубоким пониманием». В целом, библиография Прандтля превышает полторы сотни названий.

Среди наиболее известных учеников Прандтля — помимо Кармана — также прославившиеся своими работами в области механики жидкости и газа Герман Шлихтинг, Генрих Блаузиус, Иоганн (Георгий) Никурадзе, Вальтер Толмин.

Л. Прандтля часто называют и основателем экспериментальной аэродинамики. Он, в частности, разработал и построил в 1908 году в Гёттингене первую в мире аэродинамическую трубу с закрытым каналом, которая стала образцом для создания аэродинамических труб во многих странах. В 1917 году началась эксплуатация второй построенной им, более скоростной (в 5 раз) по сравнению с первой, аэродинамической трубы, конструкция которой стала известна как «гёттингенский тип». А с 1920 года Прандтль совместно с А. Буземанном работал над созданием сверхзвуковой аэродинамической трубы.

Получила распространение среди экспериментаторов трубка Прандтля — усовершенствованный вариант трубки Пито для одновременного измерения полного и статического давлений в потоке жидкости или газа. По воспоминаниям Л.Г. Лойцянского, в организованной при Главной палате мер и весов (ныне — Всероссийский НИИ метрологии имени Д.И. Менделеева) аэродинамической лаборатории для измерений использовалась «образцовая скоростная трубка Прандтля» с достаточно чувствительным микроманометром [7]. Интересно, что проводить измерения было поручено инженеру–исследователю К.Н. Васильеву, незадолго до этого прошедшему научную стажировку в Аэродинамическом институте Прандтля в Гёттингене.

Первой работой Прандтля, переведённой на русский язык, стала «Подъёмная сила и лобовое сопротивление несущих поверхностей в теории», опубликованная в 1922 году. А на учебниках Прандтля выросло не одно поколение отечественных научных работников, тем более что вначале необходимых учебных материалов по гидроаэромеханике просто ещё не существовало. Как вспоминал Лойцянский, приступая после смерти А.А. Фридмана к преподаванию расширенного курса гидродинамики (включающего теорию пограничного слоя и турбулентных движений), он не обнаружил пригодных учебников на русском языке, за исключением курса лекций Прандтля, составленного его учеником О. Титъенсом [8]. Как указывал Л.С. Лейбензон, написавший предисловие к этим лекциям, «в книге гёттингенского профессора инженеры найдут надёж-

ный фундамент в своей практической деятельности, а научные работники получают прекрасное руководство к дальнейшим научным изысканиям».

И хотя, как отмечал Лойцянский, выдающиеся русские учёные Н.Е. Жуковский и С.А. Чаплыгин, общепризнанные основоположники теории крыла и винта в идеальной несжимаемой жидкости, остались в стороне от новых научных направлений в гидродинамике, выдвинутых школой Прандтля, отечественные учёные позже услышали призыв Лейбениона, и идеи Прандтля получили развитие в их трудах. В качестве примера можно назвать исследования, посвящённые концепции нестационарного свободного вязко-невязкого взаимодействия [9]–[11].

В заключение стоит добавить, что Людвиг Прандтль в 1929 году побывал в СССР, посетил ЦАГИ и МГУ и прочитал несколько лекций, посвящённых вихревым течениям, турбулентности и сверхзвуковым течениям [12].

Литература

- [1] Боголюбов А. Н. Математики. Механики. Библиогр. справ. Киев: Наукова думка, 1983. 639 с.
- [2] Механика в СССР за 50 лет. В 4-х т. / Академия наук СССР. Национальный комитет СССР по теоретической и прикладной механике; ред. Л.И. Седов. М.: Наука, 1968 - . Т. 2: Механика жидкости и газа, 1970. 879 с.
- [3] Карман Т. Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии. Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. 208 с.
- [4] Тимошенко С. П. Воспоминания. Киев: Наукова думка, 1993. 424 с.
- [5] Ludwig Prandtl — The Mathematics Genealogy Project. <http://mathgenealogy.org/id.php?id=51374> (дата обращения: 31.03.2024).
- [6] Schlichting H. Tribute to Ludwig Prandtl // Int. J. Heat Mass Transfer. 1975. Vol. 18. P. 1333–1336.
- [7] Лойцянский Л. Г. Из моих воспоминаний. Записки профессора–политехника. СПб: Б. С. К., 1998. 139 с.
- [8] Титъенс О. Гидро- и аэромеханика: По лекциям проф. Л. Прандтля. / пер. с нем. Москва; Ленинград: ГТТИ, 1932–1935. Т. 1–2.
- [9] Нейланд В. Я. Сверхзвуковое течение вязкого газа вблизи точки отрыва / III Всесоюзный съезд по теоретической и прикладной механике: Сб. аннотаций докладов. М.: Наука, 1968. С. 224.
- [10] Рыжов О. С. О нестационарном пограничном слое с самоиндуцированным давлением при околосвуковых скоростях внешнего потока // Докл. АН СССР. 1977. Т. 236. № 5. С. 1091–1094.
- [11] Богданов А. Н., Диесперов В. Н., Жук В. И. Неклассические трансзвуковые пограничные слои. К преодолению некоторых тупиковых ситуаций в аэродинамике больших скоростей // ЖВММФ. 2018. Т. 58. № 2. С. 270–280.
- [12] ЦАГИ. 100 фактов. 100 лет. М.: Изд-во «Москва», 2018. 100 с.