

## Инженерная мысль России: личности, идеи, разработки

УДК 532.54: 620.179.112

DOI: 10.12737/article\_59b11cb766a462.80157100

Л.А. Савин

### ЖИЗНЬ УЧЕНОГО КАК ПРИМЕР СЛУЖЕНИЯ НАУКЕ И ОТЕЧЕСТВУ



*Посвящается основоположнику  
гидродинамической теории смазки  
Николаю Павловичу Петрову*

Приведен краткий исторический материал о жизни, научной и организационной деятельности пионера гидродинамической теории смазки профессора Н.П. Петрова. Представлена оценка другими известными учеными вклада профессора Петрова в развитие науки о трении и смазке.

**Ключевые слова:** гидродинамическая теория смазки, закон трения, триботехника, свойства смазочных материалов, экспериментальные исследования.

L.A. Savin

### SCIENTIST'S LIFE AS EXAMPLE OF SERVING SCIENCE AND FATHERLAND

In the history of science and engineering one can emphasize the names of a few dozen scientists who made a certain contribution to the formation and development of separate scientific directions. Among them a worthy place by right is occupied by a pioneer of the hydrodynamic theory of lubrication, Nikolay Pavlovich Petrov, a native of the Bryansk region. In the paper on the basis of data from various sources there is shown a short historical material about the life, scientific and administrative activities of Prof. Petrov. It was N.P. Petrov, who formulated for the first time in his work in 1883 the law of liquid inner friction and obtained analytical expressions for the definition of friction forces applied to the surface of a rotating pin at a fixed external cylinder. As a matter of fact, these theoretical regulations serve as a basis of one of the directions of modern triboengineering.

As a motto of scientific and engineering activities of Prof. Petrov was an idea that without a theory luminary practice cannot move to a true perfection. An unbreakable bond of theoretical science and practical activities is traced in all his works.

International scientific symposiums on the hydrodynamic theory of lubrication devoted to the 170- and 180 anniversaries of Petrov's birthday were held in Orel State University in 2006 and 2016 at the active participation of the teaching staff of Bryansk State Technical University. At these scientific forums took part scientists and experts in the field of friction and lubrication, dynamics, techniques and diagnostics of triboengineering systems from many countries of the world, including Germany, India, Italy, Lithuania, Poland, France, China, Thailand, Czech Republic, from 64 universities, research institutes and departments.

The whole life of this outstanding scientist was devoted to the active scientific and research engineering and administrative activities for the welfare of the technosphere development in Russia and may serve as an example of honest and creative attitude to the professional occupation of his own and to noble purposes of science.

**Key words:** hydrodynamic theory of lubrication, law of friction, triboengineering, oil properties, experimental investigation.

## Введение

Среди множества физических явлений трение имеет особое значение. Все процессы в природе и технических системах происходят с потерей энергии при относительном перемещении элементов. В зависимости от характера взаимодействия различают внутреннее и внешнее трение. При относительном сдвиге частей одного тела (упругие и пластические деформации, течения вязких сред) происходит трение внутри объекта. При движении одного тела относительно других наблюдается поверхностное (контактное) взаимодействие, которое, в свою очередь, может реализовываться в результате скольжения и качения. Появление первых технических устройств на заре современной цивилизации уже было связано с применением узлов трения и необходимостью использования смазки. Многие века имел место интуитивно-эмпирический подход, заключавшийся в предварительном нанесении на поверхность трения смазочных материалов растительного или животного происхож-

## Истоки

Николай Павлович Петров родился 13 (25) мая 1836 г. в Орловской губернии в старинном городе Трубчевске (в настоящее время территория Брянской области) в семье военного. Первоначальное образование получил в домашних условиях. С 13 лет начал обучение в Константиновском кадетском корпусе в Петербурге, затем продолжил в Николаевской инженерной академии. После окончания академии в 1858 г. работал на кафедре математики под руководством известного ученого М.В. Остроградского, передавшего ученику высокую математическую культуру, глубину абстрактного мышления и превосходное владение аналитическим аппаратом при решении практических задач. Будучи вольнослушателем Технологического института, Н.П. Петров принимал участие в проектировании машин на Охтинском заводе в коллективе талантливого конструктора профессора И.А. Вышнеградского. В 1865 г. был направлен за границу для изу-

чения. Создание машинных агрегатов и двигательных установок, в которых значительно увеличились скорости и нагрузки, потребовало новых подходов в решении проблем трения.

Классические исследования Амонтона (1699 г.) и Кулона (1781 г.) имели преимущественно экспериментальный характер и были посвящены изучению скольжения твердых тел без учета явлений в смазочных слоях. Новая эра в решении теоретических и прикладных проблем трения и смазки начинается вместе со становлением третьего технологического уклада, связанного с появлением нового класса энергетических и транспортных машин. Именно в это время, когда в России шло активное строительство железных дорог и создание новых отраслей промышленности, проявился талант русского профессора, исследователя и инженера Н.П. Петрова, которого известный немецкий ученый А. Зоммерфельд назвал «отцом гидродинамической теории смазки».

По возвращении читал лекции в Петербургском технологическом институте и Инженерной академии. После присвоения в 1867 г. звания адъюнкт-профессора практической механики Инженерной академии выполнял крупные научно-исследовательские работы по созданию оборудования военных заводов. Возглавлял кафедры паровой механики и железнодорожного дела в Петербургском технологическом институте. В 1873 г. стал членом инженерного совета Общества российских железных дорог, принимал участие в строительстве Транссибирской магистрали. В 1892 г. был назначен председателем инженерного совета Министерства путей сообщения, а в 1893 г. - заместителем министра путей сообщения. В 1894 г. избирается почетным членом Петербургской академии наук. С 1896 по 1905 г. был председателем Русского технического общества.

### Путь в инженерной науке

Научная деятельность Н.П. Петрова в области трения, износа и смазки начинается в середине 70-х годов. Основные положения гидродинамической теории смазки были изложены в четырех сочинениях Петрова [1]. Первая работа под названием «Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости» была опубликована в 1883 г. (эта дата в инженерном сообществе связывается с появлением нового научного направления) в «Инженерном журнале», а также отдельным изданием. Этот труд был удостоен Ломоносовской премии Российской академии наук. В 1886 г. была опубликована вторая работа - «Описание и результаты опытов над трением жидкостей и машин», за которую Петрову была присуждена большая Макарьевская премия академии. В этой работе изложены результаты экспериментального исследования, в значительной своей части проведенного лично Петровым. В 1887 г. в двух номерах «Инженерного журнала» была опубликована третья часть теории - «Практические результаты опытов», а в 1900 г. Н.П. Петров в «Записках Российской академии наук» опубликовал свою гидродинамическую теорию смазки в более общем виде: были учтены опубликованные за последние годы результаты российских и зарубежных ученых, в частности предполагающие учет влияния эксцентричного положения оси шипа в подшипнике и величины радиального зазора.

В этих работах Петров четко сформулировал физические законы изучаемых явлений, которые легли в основу расчета сил трения. Одно из отличий проведенных им исследований явлений в подшипниках скольжения от работ других авторов заключалось в том, что он связывал свои открытия с вязкостью смазки, при этом главное внимание в то время специалисты обращали на плотность. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили правильность полученного Петровым аналитического выражения для расчета момента трения в подшипнике жидкостного трения с концентрическим расположением шипа, что доказывало формирование смазывающим слоем несущей способности и

факт разделения трущихся поверхностей. Результаты исследований Н.П. Петрова вскоре были опубликованы в Германии, Италии, Франции, что послужило стимулом к дальнейшему развитию теоретических и экспериментальных исследований в области гидродинамической смазки. Буквально через полгода после появления первой работы Петрова был опубликован отчет Б. Тауэра, в котором излагались результаты экспериментальных исследований распределения давлений в подшипниках скольжения, что подтверждало идею Н.П. Петрова о гидродинамической природе трения в смазочном слое между вращающимися цилиндрами. Однако следует заметить, что Петров ошибочно принимал условие соосности шипа и подшипника, при котором не создается несущей способности. Профессор Н.Е. Жуковский в одной из своих работ в 1886 г. впервые отметил, что центр шипа под нагрузкой смещается относительно центра подшипника.

В своей первой работе Н.П. Петров уделил большое внимание доказательству справедливости закона Ньютона и устранению противоречия, связанного с возникновением в экспериментах неламинарных траекторий и вихревых движений [2]. Автор тщательно проанализировал причины противоречий в результатах опытов ряда исследователей, изучавших законы трения вязкой жидкости, и показал ошибочность опровержения уравнения Ньютона, найдя в этом опровержении математическую ошибку. Несколькими годами позднее эта мысль была также высказана в работах учёного-гидродинамика О. Рейнольдса. В настоящее время это положение считается общепризнанным. При выводе закона трения при жидкостной смазке Н.П. Петров рассматривает фрикционный узел в виде двух соосных цилиндров, разделённых тонким смазочным слоем. Для этого случая на основе уравнения Ньютона он показывает, что при установившемся движении смазку можно рассматривать состоящей из множества тонких цилиндрических слоев. При этих условиях возможно вычислить влияние внутреннего и внешнего трения жидкости на величину момента внешних

сил, что позволяет установить силу трения. Суть закона гидродинамического трения заключается в том, что при постоянной температуре смазочной жидкости сила трения пропорциональна коэффициенту вязкости, величине опорной поверхности и первой степени относительной скорости. Кроме того, Н.П. Петров тщательно рассмотрел влияние на полученные результаты ряда факторов, в частности краевых условий на поверхностях трения, наличия геометрических отклонений, температурных эффектов, деформаций элементов узла, способа подачи смазки и величины давления. Определил условия возникновения эксцентриситета положения шипа в подшипнике, учёл его влияние на величину трения и несущую способность, провел измерение коэффициентов вязкости для большого количества масел и смесей, впервые изучил зависимость коэффициента вязкости от температуры. Таким образом, Петров внес значительный вклад в становление вискозиметрии.

В конце 19 века были опубликованы научные труды многих известных российских и зарубежных ученых, в частности «О гидродинамической теории смазки хорошо смазанных твердых тел» Н.Е. Жуковского

### История продолжается

Несмотря на более чем вековую историю гидродинамической теории трения и смазки, продолжается её дальнейшее развитие в направлении расширения спектра прикладных задач, а также становления общетеоретической базы. Это связано с наличием целой группы факторов, влияние которых не может быть игнорировано при проектировании трибосопряжений. В первую очередь следует отметить, что при кажущейся простоте системы, включающей опорные поверхности в условиях относительного движения и разделяющего их смазочного слоя, в ней происходят различные виды гидродинамических и теплофизических процессов. Формирование несущей способности может происходить в условиях сдвиговых и напорных течений смазочного материала, а также в результате сдавливания пленки. Упругие и термические деформации элементов, а также

и «Теория смазки и её приложения к экспериментам господина Бошана Тауэра» Осборна Рейнольдса. Можно утверждать, что практически одновременно в России и Англии независимо друг от друга произошло становление гидродинамической теории смазки. Но именно Н.П. Петров впервые в своей работе 1883 г. сформулировал закон внутреннего трения жидкости и получил аналитические выражения для определения сил трения, приложенных к поверхности вращающегося шипа при неподвижном внешнем цилиндре. По сути дела, эти теоретические положения служат основой одного из направлений современной триботехники.

Девизом научной и инженерной деятельности профессора Петрова была идея, что без светоча теории практика не может идти к истинному совершенствованию. Неразрывная связь теоретической науки и практической деятельности прослеживается во всех его работах. К созданию гидродинамической теории смазки ученый подошел, виртуозно владея математическим методом исследования, обладая большим талантом экспериментатора и сознанием значения своего труда для производства [3].

технологические параметры могут оказывать значительное влияние на геометрию смазочного слоя, а следовательно, и на работоспособность узлов трения. Отдельные виды задач связаны с учетом различных гидродинамических и теплофизических эффектов, оказывающих значительное влияние на несущую способность, динамические и энергетические характеристики триботехнических систем. Наибольшие сложности связаны с моделированием турбулентности, фазовых превращений, критических течений смазочного материала, теплообменных процессов. Перечисление возможных направлений исследований можно продолжить в сторону учета нестационарности процессов, применения маловязких, многофазных, аэрированных, микрополярных и других нетрадиционных смазочных материалов, а также принципиально новых конструктивных исполнений

узлов трения. Отдельную категорию исследований образует гидродинамическое трение, которое происходит при сдвиговом и/или напорном течении жидких, газовых или многофазных сред.

В настоящее время в Орловском государственном университете имени И.С. Тургенева идет работа по формированию нового направления науки и техники - *трибомехатроники*, которая представляет собой конвергенцию точной механики, силовой электроники, теории управления, информационных технологий и триботехники.

Становление современного информационного технологического уклада предъявляет новые требования к технико-экономическим характеристикам машин, методам и средствам проектирования. В настоящее время перспективным направлением считается разработка программного обеспечения, которое может быть практическим инструментарием проектирования различных видов узлов с жидкостным трением и позволяет решать связанные задачи синтеза, анализа и оптимизации. В основу этих программных комплексов положены математические модели, которые учитывают и адекватно описывают многообразии происходящих в зоне трения трибологических, гидродинамических и термических процессов, а для реализации использованы современные вычислительные методы. Эти насущные задачи современного этапа развития триботехники основываются на законах гидродинамической теории смазки, которую впервые сформулировал Н.П. Петров. На Международном научном конгрессе по трибологии (США, 1986 г.), посвященном 100-летию гидродинамической теории смазки, известный американский ученый О. Пинкус назвал Н.П. Петрова «первым апостолом теории смазки».

Международные научные симпозиумы по гидродинамической теории смазки, посвященные 170- и 180-летию со дня рождения Н.П. Петрова, были проведены в Орловском государственном университете в 2006 и 2016 годах при активном участии профессоров и преподавателей Брянского государственного технического универси-

тета. В этих научных форумах приняли участие ученые и специалисты в области трения и смазки, динамики, технологии и диагностики триботехнических систем из многих стран мира, в том числе Германии, Индии, Италии, Литвы, Польши, Франции, Китая, Таиланда, Чехии, Белоруссии, Украины, 64 университетов, научно-исследовательских институтов и организаций. В день рождения Н.П. Петрова на его родине, в старинном городе Трубчевске, делегациями Брянского и Орловского государственных технических университетов с участием руководителей и граждан г. Трубчевска была открыта мемориальная доска в память о талантливом ученом и инженере (рисунок).

В эти же дни в здании железнодорожного вокзала г. Туапсе Краснодарского края по инициативе Ростовского государственного университета путей сообщения был открыт памятник Н.П. Петрову, внесшему огромный вклад в развитие железных дорог России.

Н.П. Петров занимал в течение своей жизни ряд крупных административных должностей. В течение долгих лет состоял профессором Николаевской инженерной академии и Петербургского технологического института, где руководил дипломным проектированием и читал курсы по прикладной механике. В конце 1897 г. Н.П. Петров, как председатель Русского технического общества, председательствовал в Комиссии по разработке проекта расширения технического образования в России. Он был сторонником структуры высшего технического образования, обеспечивающей многостороннее развитие будущих инженеров. Считал, что формирование философского мышления нужно техническому специалисту не менее, чем математику или гуманитарии. В ответной речи на торжественном мероприятии, посвященном чествованию члена Государственного совета, заслуженного профессора, инженер-генерал-лейтенанта Н.П. Петрова в связи с 40-летием его творческой деятельности, на котором присутствовали ведущие ученые России, юбиляр кратко, но весьма ёмко охарактеризовал значение точных наук в технике, закончив её слова-

ми: «Пусть процветает наша промышленность под руководством просвещённых инженеров и техников, умеющих ценить

связь между наукой и практическим делом».



Рис. Мемориальная доска и участники симпозиума

### Заключение

Н.П. Петров умер 15 января 1920 года, заболев тяжёлой формой воспаления лёгких, и был похоронен в Туапсе. Вся его жизнь была посвящена активной научно-исследовательской, инженерной и органи-

зационной деятельности на благо развития техносферы России и может служить примером честного и творческого отношения к своему профессиональному делу и благородным целям науки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, Н.П. Гидродинамическая теория смазки. Избранные работы / Н.П. Петров. - М.: Изд-во АН СССР, 1948. - 550 с.
2. Усков, М.К. Гидродинамическая теория смазки: этапы развития, современное состояние,

перспективы / М.К. Усков, В.А. Максимов. - М.: Наука, 1985. - 143 с.

3. Кузнецов, И.В. Люди русской науки / сост. и ред. И.В. Кузнецов. - М. - Л.: Гос. изд-во техн.-теор. лит. - 1948. - Т. 2. - 554 с.

1. Petrov, N.P. *Hydrodynamic Theory of Lubrication. Selected Works* / N.P. Petrov. - M.: Publishing House of the AS of the USSR, 1948. - pp. 550.
2. Uskov, M.K. *Hydrodynamic Theory of Lubrication: Stages of Development, Current State, Outlooks /*

M.K. Uskov, V.A. Maksimov. - M.: Science, 1985. - pp. 143.

3. Kuznetsov, I.V. *People of Russian Science* / compiled and edited by I.V. Kuznetsov. - M. - L.: State Publishing House of Engineering Literature - 1948. - Vol. 2. - pp. 554.

Статья поступила в редколлегию 27.05.17.  
Рецензент: д.т.н., профессор Юго-Западного государственного университета  
Яцун С.Ф.

### Сведения об авторах:

**Савин Леонид Алексеевич**, д.т.н., зав. кафедрой «Мехатроника и международный инжиниринг» Орловского государственного университета им.

И.С. Тургенева, Тел.: +7-910-748-37-66, e-mail: [savin@ostu.ru](mailto:savin@ostu.ru).

**Savin Leonid Alexeyevich**, D. Eng., Head of the Dep. "Mechatronics and International Engineering",

Turgenev State University of Orel, e-mail: [savin@ostu.ru](mailto:savin@ostu.ru).