



НИКОЛАЙ ПАВЛОВИЧ ПЕТРОВ (1836—1920)



Истории развития учения о силах трения известны два крупнейших открытия: первое — это установление Амонтоном (1699 г.) и затем Кулоном (1781 г.) основных законов трения несмазанных («сухих») и плохо смазанных («загрязнённых») тел; второе — открытие русским учёным Н. П. Петровым (1883 г.) закона трения при смазке и создание им основ математической теории смазки.

Классические исследования Амонтона и Кулона являются почти исключительно экспериментальными. Результаты их в настоящее время должны рассматриваться, как очень приближенные. Эти ра-1 боты не повлекли за собой крупных прогрессивных исследований, несмотря на то, что способствовали утверждению в механике плодотворных, хотя и формальных представлений о трении. Работы Н. П. Петрова носят характер теоретического исследования, основанного на точном эксперименте. Строгая математическая трактовка проблемы и тщательная проверка результатов создали прочный фундамент гидродинамической теории смазки и тех многочисленных исследований, которые появились в результате развития идей Н. П. Петрова.

Николай Павлович Петров родился 13 мая 1836 г. в городе Трубчевске Орловской губернии. До 13 лет он жил в семье отца где и получил первоначальное образование. 19 лет, окончив Константиновский хозяйственный корпус, Н. П. Петров в чине прапорщика поступил в Николаевскую инженерную академию. Его занятиями по прикладной механике руководил проф. Вышнеградский, но особенно большое влияние на Н. П. Петрова оказал один из крупнейших русских математиков М. В. Остроградский, который оставил Н. П. Петрова при своей кафедре и дружески руководил его занятиями после окончания академии. Н. П. Петров ещё совсем молодым человеком принимал участие в постройке Охтенского порохового завода, спроектировал вспомогательное устройство для заводской турбины. Около двух лет Н. П. Петров провёл за границей, где совершенствовал своё образование. В 1876 г. побывал в Америке, куда был командирован на Всемирную выставку в Филадельфию. Много лет спустя Н. П. Петров был утверждён заслуженным профессо-

ром Инженерной академии, которую он сам когда-то окончил; позже Н. П. Петров был назначен членом Государственного совета.

Во второй половине прошлого столетия быстро растущее машиностроение и развитие сети железных дорог потребовали широкого и рационального применения смазок. Законы, трения Амонтона-Кулона оказались неприменимыми как раз в тех практически важных случаях, когда смазка подводится в избытке и поверхности трения разделены тонким слоем жидкости. Стал также на очереди вопрос об использовании в качестве смазок громадных отходов развивающейся нефтяной промышленности. Установление законов трения при смазке представляло серьёзные трудности. На величину трения оказывает влияние множество факторов: тепловой режим фрикционного узла (трущихся частей), распределение смазочного вещества между поверхностями трения, режим подачи и отвода смазки, деформация элементов фрикционного узла и, конечно, свойства смазки. Смазывающее действие жидкостей, представляющее собой обыденное и широко известное явление, следовало, таким образом, рассматривать как чрезвычайно сложную совокупность физических и физико-химических процессов. Многочисленные попытки найти законы трения при смазке не приводили к решению вопроса и по результатам даже противоречили друг другу.

Бесплодность этих попыток оставляла смазочное дело во власти эмпирии. Развитию машиностроения наносился серьёзный ущерб в силу малой жизнеспособности фрикционных узлов и невозможности без риска аварий расширить ассортимент смазок.

В 1883 г. в печати появилась первая работа Н. П. Петрова: «Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости», которая разрешала труднейшую проблему мировой техники — проблему смазки. Эта работа была удостоена Российской академией наук Ломоносовской премии.

Во введении к своему исследованию Н. П. Петров так определяет его задачи: «Расходы на топливо для машин, считающиеся у нас в России десятками миллионов, заслуживают самого серьёзного внимания. Увеличение расхода на топливо на 5%, на 10% может легко явиться вследствие неудовлетворительных условий смазывания, а это выразится в народном хозяйстве потерями миллионов рублей. Таковы теперь причины, заставляющие наших техников обратить всё своё внимание на правильный- выбор смазочных материалов... Те же самые причины побудили и меня написать эту статью, чтобы по мере сил моих содействовать развитию техники».

Идея Н. П. Петрова заключалась в том, что при смазке («жидкостном трении») силы трения прежде всего определяются вязким сопротивлением смазочного слоя и в соответствии с законом Ньютона пропорциональны первой степени скорости.

В то время, когда Н. П. Петров приступил к выполнению своей работы, этот закон Ньютона не находил общего признания. Поэтому Н. П. Петрову в первой и едва ли не наиболее значительной части своей работы пришлось дать доказательства справедливости закона Ньютона. Эта часть исследования

Н. П. Петрова, в которой он существенно содействовал установлению основ гидродинамики реальной жидкости, имеет в истории физики не меньшее значение, чем и вторая часть, в которой им был найден закон трения при смазке.

Н. П. Петров доказал в своём труде, что наблюдаемое до него учёными несоответствие закона Ньютона произведённым опытам не опровергает закона, так как причиной этого несоответствия являлось нарушение при производстве опытов условия прямолинейности траектории частиц жидкости (условия «ламинарности») и возникновение вихревого движения. Эта мысль Н. П. Петрова в наше время является общепризнанной. Несколько лет позднее она была высказана в работах учёного-гидродинамика О. Рейнольдса.

Н. П. Петров тщательно проанализировал причины противоречий в результатах опытов ряда исследователей, изучавших законы трения вязкой жидкости. Он показал ошибочность опровержения Клейтцем уравнения Ньютона, найдя в этом опровержении математическую ошибку.

Заканчивая замечательный анализ гидродинамических работ в области изысканий закона вязкого сопротивления, занявший по объёму более 2/5 его работы, Н. П. Петров пишет: «Таким образом, можно сказать уже с уверенностью, что в настоящее время нет решительно никаких оснований считать гипотезу Ньютона недостаточно точной».

Переходя к выводу закона трения при смазке, Н. П. Петров рассматривает наиболее распространённый в машинах фрикционный узел в виде двух одноосных цилиндров, разделённых тонким слоем жидкой смазки. Применяя закон Ньютона к этому случаю, Н. П. Петров показывает, что при установленном движении смазку можно рассматривать состоящей из множества бесконечно тонких цилиндрических слоев, как бы вставленных один в другой. При этих условиях возможно вычислить «влияние внутреннего и внешнего трения жидкости на величину момента внешних сил, вращающих внутренний цилиндр». Решение именно этой задачи и привело Н. П. Петрова к установлению закона трения при смазке.

Опуская самый математический вывод, приведём его результат, выражающий закон трения, найденный Н. П. Петровым. При постоянной температуре смазочной жидкости сила трения пропорциональна коэффициенту внутреннего трения жидкости, величине поверхности сопротивления трущихся твёрдых тел и первой степени относительной скорости этих тел на их поверхности прикосновения; она обратно пропорциональна сумме, состоящей из толщины смазочного слоя и из суммы отношений коэффициента внутреннего трения к коэффициентам внешнего трения жидкости при данной температуре.

Н. П. Петров тщательно рассмотрел влияние на полученный им результат ряда факторов — влияние краёв поверхностей трения, наличия на них желобков, температуры. Он сумел учесть влияние деформаций узла, подачи смазки и давления. Н. П. Петров вполне правильно определил условия возникновения эксцентриситета (асимметрии положения) вкладыша и учёл его влияние на результат. Эту задачу вслед за Н. П. Петровым исследовал Рей-

нольде, а затем и Зоммерфельд, считавший Н. П. Петрова «отцом гидродинамической теории смазки».

Н. П. Петров всесторонне рассмотрел в связи со своей теорией смазки все известные ему работы в этой области. Он показал, что ни одна из них не противоречит полученным им результатам. Некоторые косвенно подтверждают их, а другие находятся в прямом соответствии с ними.

Петров не удовлетворился, однако, этим добросовестнейшим анализом литературы и перешёл к собственным экспериментам. Первые опыты им были сделаны на машине Ингама и Стамфора («машина Бели»), а затем им была построена машина трения собственной конструкции. Н. П. Петров на особом станке установил вагонную ось и, таким образом, получил возможность исследовать трение и смазку в обычных условиях движения на железных дорогах. Полученные им результаты принесли новые подтверждения его теории и способствовали улучшению смазочного дела на железных дорогах.

Здесь следует указать, что во времена Н. П. Петрова коэффициенты вязкости были известны лишь для двух веществ: для воды и сурепного масла. Н. П. Петров впервые произвёл измерение коэффициентов внутреннего трения для 15 масел и нескольких смесей. Во время последних измерений он обнаружил резкие отклонения от правила смешения. Им же была впервые изучена зависимость коэффициента вязкости от температуры. Таким образом, современная наука о вязкости жидкости — вискозиметрия — относит к числу классических измерений в своей области замечательные измерения Н. П. Петрова.

В 1900г. Н. П. Петров в «Записках Российской академии наук» опубликовал в более общем виде свою теорию смазки. Полученная им формула определяет зависимость смазывающего действия от относительных положений осей и разности диаметров подшипника и вала; первоначальная формула из неё получается как частный случай.

Имя Н. П. Петрова в истории науки связано не только с его исследованиями по гидродинамике, теории смазки и вискозиметрии. Н. П. Петров был одним из лучших инженеров своего времени. И в этой области ему принадлежат работы исключительной ценности.

В теории механизмов известен метод Петрова очертания зубцов круглых цилиндрических колёс дугами круга. Во времена Петрова его метод являлся наиболее точным решением этой задачи. Он в наилучшей степени удовлетворял требованию плавности движения частей механизмов и машин. Для характеристики уровня задачи укажем, что вслед за Н. П. Петровым решением её занялся крупнейший русский математик П. Л. Чебышев.

Наиболее замечательными в инженерной области являются работы Н. П. Петрова по исследованию давления колёс на рельсы, прочности рельсов и устойчивости железнодорожных путей. Народнохозяйственное значение износа рельсов и путей уже во времена Н. П. Петрова определялось ежегодной сменой около 7 миллионов пудов (приблизительно 100000 тонн) рельсов. Над решением этой труднейшей в теории упругости задачи до Н. П. Петрова ра-

ботали крупнейшие учёные мира — Стоке, Сен-Венан и др. Стоке дал дифференциальное уравнение деформации лежащего на упругих опорах рельса под давлением катящегося колеса. Однако решение (интегрирование) уравнения Стокса оказалось невозможным. Различными учёными для этой цели вводились крайне искусственные допущения, обесценивавшие самое решение.

Здесь и сказались выдающиеся качества Н. П. Петрова как механика и математика. Эту чисто динамическую задачу он сумел представить как статическую. Заменяя уравнение Стокса двумя (разностными) уравнениями, он впервые произвёл их численное интегрирование. Это своё решение Н. П. Петров послал Н. Е. Жуковскому. Великий учёный, отец русской авиации, прислал Н. П. Петрову своё полное одобрение и вместе с письмом, кроме того, объяснение в виде теоремы одного из найденных Н. П. Петровым свойств траекторий точки касания колеса и рельса. Насколько велико теоретическое и экспериментальное значение выводов, полученных Н. П. Петровым, можно усмотреть хотя бы из простого перечисления факторов, влияние которых предусмотрено Н. П. Петровым. Теория деформации рельса, предложенная Н. П. Петровым, учитывает: скорость поступательного движения колеса, коэффициент балласта, упругость, число (до 6) и взаимное расстояние опор, поддерживающих рельс, вибрации рессор, инерцию колеса, инерцию рельса вместе со шпалами, неоднородности в подбивке шпал, неправильности поверхности катания как рельса, так и колеса. Из теории Петрова могут быть найдены как вертикальные силы, действующие на колею, так и горизонтальные, иначе говоря, могут быть определены силы, расшатывающие и расширяющие колею.

Значение этих выводов не требует никаких комментариев. Добавим в заключение, что они нашли блестящее подтверждение в многочисленных работах учёных различных стран.

В прямой связи с этой замечательной работой Н. П. Петрова стоят его работы по вопросам тяги. Найдя на основе своей теории точный критерий устойчивости пути, Н. П. Петров получил возможность успешно разрешить ряд задач из области эксплуатации и безопасности движения паровозов и подвижного состава. Так, Н. П. Петров рассмотрел вопросы: наибольшей скорости, допустимой при сохранении устойчивости пути, опасные скорости движения паровоза, вопросы о наиболее целесообразных и выгодных скоростях товарных, а также воинских поездов, вопросы норм расхода топлива, сопротивления и силы тяги паровоза и тяги двумя паровозами. Им был написан первый для высших учебных заведений «Курс сопротивления поезда на железной дороге».

Во время русско-турецкой войны, в 1878 г., Петрову пришлось встретиться с весьма своеобразной задачей. Требовалось ряд небольших невыходных пароходов, необходимых для переправы нашей армии через Дунай, перевезти по железной дороге. Пароходы не укладывались, однако, в габариты железнодорожных мостов. Н. П. Петров успешно разрешил и эту задачу.

Особо следует выделить работу Н. П. Петрова по исследованию «непрерывных тормозных систем». Эта работа представляет собой в сущности изыскание теоретического предела быстроты действия тормоза. И эта задача представляла серьёзные трудности. Главнейший результат, к которому пришёл Н. П. Петров, заключается в том, что оптимум работы тормоза, т. е. наибольшая скорость остановки, получится при условии, если за всё время торможения удастся удерживать колёса на границе перехода их от качения к скольжению по рельсам. И этот вывод Н. П. Петрова нашёл подтверждение на опыте.

Приведём в заключение краткую характеристику деятельности Н. П. Петрова в экономической, административной и педагогической области.

В конце прошлого столетия лишь около $\frac{1}{6}$ всех железных дорог России принадлежало государству. Благодаря этому народное хозяйство страны во многом зависело от частных и в том числе иностранных интересов. Весьма вероятно, что именно здесь находились истоки той шумной кампании, которая была в то время предпринята в печати и которая велась под лозунгом убыточности железных дорог. Утверждалось, что не только нецелесообразно дальнейшее расширение сети, а, наоборот, требуется её сокращение, и, конечно, были высказаны/ рекомендации передачи государственных дорог частным компаниям. Н. П. Петров, пользовавшийся громадным авторитетом, в ряде выступлений и статей существенно способствовал ликвидации этой авантюры. С полной ясностью он показал, что утверждение нерентабельности железных дорог неверно, так как основывается на неправильном способе расчёта, не учитывающем целый ряд ценных услуг, оказываемых железными дорогами народному хозяйству. Н. П. Петров считал необходимым и требовал дальнейшего расширения железнодорожной сети.

Н. П. Петров занимал в течение своей жизни ряд крупных административных постов в Министерстве путей сообщения. Он был директором Департамента железных дорог, председателем Инженерного совета министерства, а с 1893 г. и товарищем министра путей сообщения. Как в науке, так и в этой области „Н. П. Петров оставил о себе память талантливейшего и прогрессивного для своего времени человека, до конца преданного делу и своей родине. Действительно, за те годы (1888—1892), когда Н. П. Петров состоял председателем Управления государственных железных дорог, общее их протяжение возросло вдвое, несколько железных дорог было закончено постройкой и началось строительство Уссурийской железной дороги. Н. П. Петров принимал также организационное участие в строительстве Транссибирской железной дороги. Среди его трудов мы находим «Отчёт председателя комиссии для исследования на месте сооружения Сибирской железной дороги».

Н. П. Петров в течение долгих лет состоял профессором Николаевской инженерной академии и Петербургского технологического института, где руководил дипломным проектированием и читал курсы прикладной механики, теории и эксплуатации паровых котлов и введённый им впервые курс сопротивления поезда, упомянутый выше. В конце 1897 г. Н. П. Петров как

председатель Русского технического общества председательствовал в Комиссии по разработке проекта расширения в России технического образования.

Н. П. Петров был сторонником такого построения высшего технического образования, которое обеспечивало бы всестороннее развитие будущих инженеров. Он, например, утверждал: «Развитие философского мышления нужно технику не менее, чем математику, естествоиспытателю или социологу».

16 апреля 1911 г. в Петербурге состоялось чествование члена Государственного совета, почётного члена Николаевской инженерной академии, заслуженного профессора, инженер-генерал-лейтенанта Н. П. Петрова в связи с 40-летием его учебно-литературной деятельности. Юбиляру в то время было уже 75 лет. Чествование протекало в торжественной обстановке. Присутствовало около 60 делегаций от всех учёных и культурных организаций тогдашней России. В числе делегатов были виднейшие профессора: Жуковский, Каблуков, Кирпичёв, академики Крылов, Голицын, и много других. Присутствовали делегаты от четырёх русских университетов: Петербургского, Московского, Казанского и Харьковского. В своей ответной речи Н. П. Петров кратко охарактеризовал значение точных наук в технике и закончил её словами:

«Пусть процветает наша промышленность под руководством просвещённых инженеров и техников, умеющих ценить связь между наукой и практическим делом».

Н. П. Петров умер 15 января 1920 года, 84 лет от роду, вблизи Туапсе, где он в то время находился, болея тяжёлой формой воспаления лёгких.

В Туапсе Н. П. Петров и был похоронен.



Главнейшие труды Н. Я. Петрова: *Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости (1883 и 1886), в кн. «Гидродинамическая теория смазки (Н. П. Петров, О. Рейнольде, А. Зоммерфельд, А. Мичель, Н. Е. Жуковский, С. А. Чаплыгин), М. — Л., 1934; Результаты опытов над трением вагонных осей при смазывании их различными маслами, «Труды съезда русских железных дорог», 1884, и «Киевский инженер», 1885; О трении хорошо смазанных твёрдых тел..., «Журнал физ.-хим. общества», 1884; Гидродинамическая теория до работы Зоммерфельда и сущность сделанного им шага вперёд, «Записки Русского технического общества», 1905; Об изнашиваемости рельсов..., 1882 (отдельное изд.); Давление колёс на рельсы, 1915 (отдельное изд.); О непрерывных тормозных системах, «Известия Петербургского технологического института», 1878; Сопротивление поезда на железной дороге, 1889 (отдельное изд.).*

О Н. П. Петрове: *Петров М. Н., Николай Павлович Петров (Очерк жизни и идей), Л., 1925 (приложен список научных трудов); Гофман Н. К., О способе Петрова исследования смазывающей способности жидкостей, «Записки Русского технического общества», 1888, № 6; Краткая биография, в кн. «Гидродинамическая теория смазки», М. — Л., 1934.*

Источник: Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. С.И. Вавилова. — М., Л.: Гос. изд-во техн.-теоретической лит-ры. — 1948.