П 82

ТРУДЫ
ХАРЬКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. В. И. ЛЕНИНА

Том XVII 1958

*Академик АН УССР профессор*
*Г. Ф. ПРОСКУРА*

# ПРИОРИТЕТ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ В РАЗВИТИИ ТЕОРИИ ТУРБОМАШИН

Водяными двигателями пользовались еще в глубокой древности. История не может указать, кто первый применил водяное колесо, как это известно относительно паровой машины и других изобретений человека. Возможность использования силы реки и осуществление этой возможности легко достигались простыми средствами.

Большое значение имело применение водяных колес на металлургических заводах, где благодаря им оказалось возможным применение больших воздуходувных машин.

Сначала строились колеса подливные, в которых вода действовала в нижней части колеса; выполнялись они из дерева. С течением времени появились особые мастера этого дела, строившие не только колеса, но и все принадлежности к ним: валы, подшипники, зубчатые колеса.

5711/2.

Никаких научных оснований долгое время не было, и только с появлением тепловых машин, создавших переворот в промышленности, начинается теоретическое и практическое изучение двигателей.

В России в начале XVIII в. большое распространение получили более совершенные верхнебойные колеса. В. В. Данилевский в «Истории гидросиловых установок в России» отмечает, что использование в России зарубежного опыта в строительстве гидросиловых установок носило вспомогательный характер. Уральские, тульские и олонецкие русские специалисты обеспечили успех русской гидроэнергетики XVIII в. Иностранных специалистов, приглашенных в Россию для строительства гидросиловых установок и незнакомых с гидрологическими особенностями русских рек, постигли неудачи. Плотины, построенные этими специалистами, быстро разрушались. Ошибки иностранцев пришлось исправлять русским мастерам — «водным людям».

На горнозаводских предприятиях России в XVIII в. за незначительным исключением применялись верхнебойные колеса как наиболее эффективные. О преимуществах этих колес хорошо знали русские техники XVIII в., как об этом свидетельствует Генин (1735 г.): «Нижнебойные не употребляются для бережения воды». Таким образом, хотя документально и неизвестно, кто именно из русских техников был изобретателем верхнебойных колес, все же есть документальные сведения о введении в России более совершенных водяных двигателей — верхнебойных колес — раньше, чем на Западе.

В начале 80-х гг. XVIII в. Козьма Дмитриевич Фролов создал на Алтае, на речке Змеевка, Змеиногорскую гидросиловую установку.

Змеиногорская установка состояла из земляной плотины высотой 18 *м* (смелости технического решения этой плотины может позавидовать совре-

ПРОВЕРЕНО
196 г.

менный инженер), из подземных и открытых каналов общей длиной 2,2 *км*, на которых были расположены каскадом водяные колеса, приводившие в движение лесопилку, рудоподъемники, водоподъемники. Вода, отработавшая на последнем колесе, вновь выпускалась в р. Змеевку. Змеиногорская установка была оборудована более совершенными верхнебойными колесами с наибольшим диаметром 17 *м*, установленными в огромных подземных камерах, имевших высоту до 21 *м*.

Честь выполненных первых исследований по вопросам теории турбины принадлежит России. М. В. Ломоносов изучал условия работы гидротехнических сооружений и водяных двигателей, он является строителем отличной ряжевой плотины на Усть-Рудницком заводе. Академик Петербургской Академии наук Л. Эйлер впервые создал теорию водяных турбин.

В 1837 г. уральский изобретатель Игнатий Сафонов создал первую в России водяную турбину, установленную на Нейво-Алапаевском заводе. Предшественником этой турбины следует считать быстроходные горизонтальные колеса, получившие распространение на Урале и в других местах России еще в XVI в. и называемые мутовчатыми водяными мельницами. Созданная И. Сафоновым турбина была введена в практику на многих заводах.

М. В. Ломоносов (1711—1765) — гениальный мыслитель, основоположник русской науки — своими трудами по разрешению технических задач внес неоценимый вклад в дело развития русской науки и техники.

Философия, языкознание, живопись, физика, химия, горное дело, металлургия, астрономия, аэродинамика, геология — во всех этих областях знаний проявлялась многогранная деятельность нашего соотечественника, крестьянина М. В. Ломоносова.

А. С. Пушкин в «Мыслях на дороге» писал: «Между Петром I и Екатериной II он один является самобытным подвижником просвещения. Он создал первый университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом»[1].

Более 200 лет назад в 1742 г. М. В. Ломоносов написал оригинальный труд «Первые основания металлургии или рудных дел». В этой работе он впервые изложил вопросы вентиляции и водоотлива шахт.

В своей диссертации («О вольном движении воздуха в рудниках примененном», 1754 г.) на звание профессора М. В. Ломоносов впервые создал теорию естественного проветривания горных выработок[2]. Им объяснено, почему воздух «... в вешние и летние дни входит в шахты, кои выше простирается штольнами и выливается шахтом, который ниже.

Зимой и осенью, напротив того, вливается в устье, кое ниже, выходит высшим».

М. В. Ломоносов предложил специальную оригинальную вентиляционную установку для проветривания шахт. Им предложены шахтные водоотливные установки, приводимые в движение водяным колесом. Особый интерес представляет водоотливная установка, названная им «Нория».

Высоко ценил М. В. Ломоносова великий революционный демократ В. Г. Белинский: «На берегах Ледовитого Океана подобно северному сиянию блеснул Ломоносов. Ослепительно и прекрасно было это явление. Оно доказало собой, что человек есть человек во всяком состоянии и во всяком климате, что гений умеет торжествовать над всеми препятствиями,

---

[1] Люди русской Науки. М., ОГИЗ, 1948, стр. 74.

[2] М. П. Татаринов. Русские ученые — создатели шахтных насосов и вентиляторов. М., Углетехиздат, 1951.

какие ни противопоставит ему враждебная судьба, что русский способен ко всему великому и прекрасному»[1].

Л. Эйлер (1707—1783) — академик Петербургской Академии наук — провел впервые исследования по изучению движения воды во вращающихся каналах для объяснения действия воды в каналах водяной турбины. До Л. Эйлера существовали простые конструкции водяных турбин в результате усовершенствования водяных колес с целью увеличения мощности их и уменьшения размеров, но теоретические основы расчета их отсутствовали. Л. Эйлер написал несколько работ в 1750, 1751 и 1754 гг. по теории турбин. В последней работе он изложил в законченном виде закон действия реакции протекающей воды в каналах турбины. Замечательно указание Эйлера о необходимости устройства направляющего аппарата для обеспечения безударного входа воды на лопасти рабочего колеса, указывая на необходимость этого для правильного и, следовательно, наиболее экономичного действия воды. Эйлер является, таким образом, изобретателем направляющего аппарата турбомашины.

Он практиковал этим условия наилучшего режима работы так, как это выполняется в настоящее время.

В своих работах по теории турбомашин Эйлер исходит из общего случая: он рассматривает движение воды в искривленном канале, неравномерно вращающемся вокруг оси, наклонно расположенной относительно горизонта.

Он выводит два уравнения: 1) уравнение момента и 2) уравнение закона движения воды во вращающемся канале и распределение давлений воды в нем. Исходя из этих общих уравнений, Эйлер исследует специальный случай равномерно вращающегося канала около вертикальной оси при условии безударной входа.

Данные Эйлером положения теории турбомашин служили основой теорий и расчетов турбомашин в течение столетия.

С развитием практики турбостроения и увеличения мощностей и размеров машин струйная теория Эйлера перестала удовлетворять требованиям, и возникла необходимость создания гидродинамических основ теории турбомашин. Инициатива в этом деле принадлежит Н. Е. Жуковскому — автору трудов по теории крыла и решетки профилей.

## *РОЛЬ Н. Е. ЖУКОВСКОГО В РАЗВИТИИ ГИДРОТУРБОСТРОЕНИЯ*

### НИКОЛАЙ ЕГОРОВИЧ ЖУКОВСКИЙ — ВЫДАЮЩИЙСЯ ДЕЯТЕЛЬ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Николай Егорович Жуковский родился в 1847 г. 17 января; умер в 1921 г. 17 марта в возрасте 74 лет.

Характерные данные его деятельности.

Н. Е. Жуковский окончил Московский университет в 1868 г. В 1870 г. состоял преподавателем физики женской гимназии в Москве и преподавателем математики Московского высшего технического училища.

Направление научной деятельности Н. Е. Жуковского: прикладная и техническая механика, гидродинамика, теория авиации, разрешение запросов практики.

Н. Е. Жуковский — член многих научных обществ: деятельный участник политехнического общества, член-корреспондент Академии наук, президент математического общества, вице-президент общества любителей естествознания, член совета общества содействия успехам опытных наук им. Х. С. Леденцова.

[1] В. Г. Белинский. Собр. соч., т. I, ОГИЗ, 1949, стр. 28.

## *Н. Е. ЖУКОВСКИЙ — ПРОФЕССОР МОСКОВСКОГО ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛИЩА*

Н. Е. Жуковский так характеризовал задачи втуза:

1) подготовка кадров инженеров разных специальностей;

2) удовлетворение запросов практики при осуществлении связи между наукой и техникой.

«Инженеры-практики не имеют времени следить за современным течением науки. Инженер-практик кипит в котле жизни. Он должен решать поставленные задачи немедленно: он не имеет досуга, чтобы разобрать новый вопрос научно.

Представители теоретических знаний — университетские ученые — оторваны от запросов практики, часто самые условия работы инженера для них не ясны.

Только во ВТУЗах имеются все благоприятные условия, чтобы связь науки и техники осуществлялась»[1].

Н. Е. Жуковский создал курс механики, который все время дополнял новыми главами.

В аналитической механике введен метод Лагранжа в применении к задачам по упругим системам.

Н. Е. Жуковский ввел специальные курсы: «Регулирование хода машин», «Теоретические основы воздухоплавания».

Он создал лабораторию по аэродинамике, воспитал кадры молодых специалистов в авиационном деле.

Он был олицетворением отечественной науки, которая была согрета любовью к народу.

Деятельность Н. Е. Жуковского как инженера проявилась в его выступлениях на заседаниях Политехнического общества. В своих докладах он сообщал сначала о различных новинках из области теории механизмов, динамики твердого тела. Знакомя членов общества с новейшими достижениями научной мысли, он предвидел широкие горизонты их применения.

Далее он освещал другие темы, которые подсказывала ему сама жизнь и ее запросы.

Освещая тот или иной вопрос, Н. Е. Жуковский часто демонстрировал его решение на удобной научной понятной для всех модели или же проводил опыты, сопровождающиеся научно-техническими пособиями.

В последние годы жизни Н. Е. Жуковский углубился в специальные исследования в области авиации и проделал здесь большую творческую работу, благодаря чему изучение авиационного дела было поставлено на твердую научную почву.

Н. Е. Жуковский является инженером самого высшего ранга, по силе и глубине своего инженерного творчества он значительно превосходил любого выдающегося инженера. Ученый совет МВТУ единогласно постановил присудить ему почетное звание инженера-механика.

Н. Е. Жуковский с гордостью носил нагрудный инженерный знак — украшение, необычное для профессора механики.

«... Я с удовольствием вспоминаю беседы с моими дорогими товарищами по МВТУ... Они указывали мне на различные тонкие вопросы техники, требующие точного решения. От них я научился сближению научного исследования с наблюдаемой действительностью»[2].

---

[1] Памяти проф. Н. Е. Жуковского. М., 1922, стр. 117.

[2] Н. Е. Жуковский. Соч., т. IX, стр. 209.

## *РОЛЬ Н. Е. ЖУКОВСКОГО В РАЗВИТИИ ГИДРОТУРБОСТРОЕНИЯ*

### СОСТОЯНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ГИДРОТУРБОСТРОЕНИЯ ДО Н. Е. ЖУКОВСКОГО

Научным обоснованием теории турбомашин до 1890 г., когда Н. Е. Жуковский опубликовал свой труд в математическом сборнике, т. 15, выпуск I, «Видоизменение метода Киргофа для определения движения жидкости в двух измерениях при постоянной скорости, данной на неизвестной линии тока», была струйная теория Л. Эйлера.

На основе теории Эйлера шло развитие гидромашин до 1900 г. Делалось представление о движении воды в искривленных каналах небольшого сечения.

Струя воды отклоняется стенками канала от первоначального направления $U_1$ при входе в направление $U_2$ при выходе; струя оказывает давление, момент которого относительно оси вращения $M$ и развиваемая в 1 *сек* мощность $M\omega$ передается валу турбины.

Это представление дало возможность конструкторам разработать ряд типов турбин.

Требование практики к повышению мощности турбин сводилось к увеличению размеров каналов колес турбин; положенное в основу теории представление струйного движения не осуществлялось при практическом выполнении. Элементарная теория оказалась неспособной решить требование увеличения мощности. Теория Эйлера перестала способствовать прогрессу развития турбостроения и тормозила это развитие.

В последующем теория турбин строилась на гидродинамическом представлении течения сплошной жидкой среды, однако при этом вводилось ограничение, связанное с представлением бесконечно большого числа лопастей.

Допущение бесконечно большого числа лопастей противоречило требованию практики ограничения числа лопастей для уменьшения потерь увеличения к.п.д. турбомашины.

В период перехода к методам гидродинамического исследования рабочего процесса турбины появилась работа Н. Е. Жуковского (1890 г.) «Видоизменение метода Киргофа...», в которой между другими задачами Н. Е. Жуковский исследует течение жидкости через гидродинамическую решетку под названием «Теоретические данные для исследования действия турбин».

В этой работе Н. Е. Жуковский дает полное гидродинамическое решение задачи. Н. Е. Жуковский указывает в своем исследовании на влияние $b/t$, угла наклона $\beta$ на величину силы давления $P$ на лопасть.

Этим исследованием устранены ограничения прежних теорий и дан метод, послуживший дальнейшему прогрессу теории и практики турбостроения.

Н. Е. Жуковский определил значение силы давления $P$ на лопасть колеса турбины по величине и направлению $P=\frac{1}{2}C_y\varsigma bl v_m^2$, где $\Gamma=\frac{1}{2}C_y b v_m$ — циркуляция вокруг профиля лопасти; $l$ — длина лопасти; $b$ — хорда профиля; $v_m$ — средняя скорость втекания.

В этой теории турбин Н. Е. Жуковский дает обобщенное выражение давления на лопасть через циркуляцию

$$P=\varsigma\Gamma v_m l;\ P_u=\varsigma\Gamma v_z l;\ P_z=\varsigma\Gamma v_u l,$$

где $P$ — полное давление на лопасть;

$P_u$ — проекция $P$ на скорость $u$;

$P_z$ — проекция $P$ на ось $z$;

$\varsigma=\frac{\gamma}{g}$ — плотность воды или другой рабочей жидкости.

Теория Н. Е. Жуковского дает возможность выразить силу давления $P$ через силу давления $P_1 = \frac{1}{2} C_{y_1} \zeta v^2 bl$ на единичную лопасть, помещенную в безграничном потоке. Здесь $C_{y_1} = 2\pi \sin \alpha$.

Таким образом, по теории Н. Е. Жуковского можно получить отношение

$$\frac{P}{P_1} = \frac{C_y}{C_{y_1}} = \frac{2 \operatorname{tg} hx}{\pi b/t \sin \beta}.$$

Значение $x$ определяется уравнениями[1]:

$$\frac{1}{2} \pi b/t = x \sin \beta + P \cos \beta; \quad \sin p = \cos \beta \cdot \sin q;$$

$$\sin hx = \sin \beta \cdot \sin q = \sin p \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

II. Указанная выше работа Н. Е. Жуковского по гидродинамической теории турбин была использована для дальнейшего развития теории турбин и применения на практике[2].

Акад. С. А. Чаплыгин изложил теорию турбин (1911—1922), пользуясь методом конформного отображения движения жидкости в решетке на полуплоскость. Этот метод был использован Кенигом для опубликования гидродинамической теории турбин методом С. А. Чаплыгина в несколько измененном виде (без упоминания труда С. А. Чаплыгина).

Теория турбин Н. Е. Жуковского дает возможность определить коэффициент силы давления на лопасть в решетке через коэффициент единичной лопасти. Этим вполне определенно создан метод расчета водяных турбин и других турбомашин пропеллерного типа: вентиляторов, насосов, рабочие колеса которых расположены в трубах.

Основным положением при расчете турбомашин служило у Н. Е. Жуковского допущение постоянства циркуляции по всей длине лопасти.

Это положение не оправдывается при работе турбомашины в открытом потоке, но может служить основой теории турбомашин осевого типа, рабочие колеса которых заключены в трубах; эта схема гидродинамически отвечает схеме лопасти, заключенной между двумя стенками, и сводится к исследованию плоскопараллельного потока, обтекающего лопасть с постоянной циркуляцией.

Н. Е. Жуковский приобрел мировую известность своими аэродинамическими исследованиями по теории крыла. Им объяснено возникновение подъемной силы крыла и дан метод определения аэродинамически правильной формы профиля крыла, получившего название профиля Н.Е. Жуковского. Теория крыла Н. Е. Жуковского послужила основанием развития аэродинамики крыла в работах многих ученых у нас и за границей. Его идея присоединенной циркуляции оказала плодотворное влияние в этом направлении.

Возникновение присоединенной циркуляции подсказано С. А. Чаплыгиным и требует наличия острой выходной кромки.

Дальнейшее развитие теории крыла выразилось в применении ее к созданию вихревой теории винта и ветряка.

В открытом потоке на лопасти турбомашин циркуляция имеет переменное значение по длине лопасти[3].

Теория гребного винта, а также и объяснение сползания вихрей дало основание для понимания индуктивного сопротивления и определения его величины, сделанного немецким ученым Прандтлем.

---

[1] В этом виде дан результат исследования Н. Е. Жуковского в учебнике Глауэрта.

[2] С. А. Чаплыгин. Теория решетчатого крыла, 1911. Теория турбин, 1922.

[3] Эта задача изложена в статьях Н. Е. Жуковского «Вихревая теория гребного винта» в 1912—1918 гг.

После опубликования труда Н. Е. Жуковского по теории крыла появился ряд работ, использовавших его идею присоединенной циркуляции для объяснения природы возникновения силы давления на профиль, для изложения вихревой теории крыла и решетки профилей. В Англии в 1926 г. была опубликована работа Глауэрта[1], предложившего выражение закона изменения циркуляции вдоль профиля в виде тригонометрического ряда. В Германии в 1931 г. была напечатана работа Бетца[2], в которой излагалась вихревая теория решетки профилей.

Значительное развитие вихревая теория решетки получила в трудах И. Н. Вознесенского, А. Ф. Лесохина (Ленинград) и других советских ученых.

Вихревая теория решетки профилей получила широкое применение в турбостроении при профилировании лопастей водяных турбин (ЛМЗ).

Таким образом, развитие гидродинамики крыла, решетки профилей и профилирования лопастей турбомашин произошло в результате использования теоремы Н. Е. Жуковского о присоединенной циркуляции и метода конформных отображений потока, обтекающего круг.

Теория крыла Н. Е. Жуковского, основанная на методе конформного отображения потока, обтекающего круг при наличии циркуляции, послужила также основанием для создания двухразмерной теории решетки профилей, используемой в теории турбомашин.

Обобщая метод Н. Е. Жуковского, заграничный ученый Карман в 1935 г. показал, что конформным отображением потока, обтекающего круг, можно получить поток, протекающий через решетку профилей. Этим методом дается также гидродинамическое решение двухразмерной теории решетки из плоских пластин.

Для этой цели схему Н. Е. Жуковского вихревых источников и стоков необходимо расположить на оси $x$ симметрично относительно центра круга на расстояниях $ma$ внутри круга и $\frac{a}{m}$ вне круга радиуса $a$; число $1>m>0$.

В схеме Н. Е. Жуковского обтекания единичного профиля $m=0$. Таким образом, в данном случае дается обобщение метода Н. Е. Жуковского.

Идея присоединенной циркуляции Н. Е. Жуковского, как необходимого условия для образования силы давления потока на профиль, послужила основанием для создания вихревой теории крыла и вихревой теории решетки профилей. Вся циркуляция разбивается при этом на ряд элементарных циркуляций, образованных как бы вихрями, лежащими на скелете или на контуре профиля.

Значительны работы Н. Е. Жуковского по теории воздушных винтов и ветряков. Теорию этих турбомашин он строил на тех же гидродинамических представлениях роли присоединенной циркуляции в вопросе определения сил воздействия воздуха на лопасти винта и ветряка. Им допускалось постоянство циркуляции на всех профилях лопасти. Его ученик Б. П. Ветчинкин ввел уточнение расчета, учитывая неизбежность уменьшения циркуляции до нуля на конце лопасти и вызванного этим неизбежность постепенного изменения ее вдоль лопасти.

При таком изменении циркуляции происходит сползание вихрей с лопасти. Это, в свою очередь, дало основание Н. Е. Жуковскому решить вопрос об устойчивости потока около винта. Им доказано, что сползающие с лопасти вихри направляются по траекториям относительного движения.

---

[1] Глауэрт. Теория крыла и винта, 1926.
[2] Ingenieur Archiv, Bd., II, 1931.

## РАЗВИТИЕ ДВУХРАЗМЕРНОЙ ТЕОРИИ

Метод Н. Е. Жуковского двухразмерной теории турбин в связи с методом конформных преобразований дал возможность создания трехразмерной теории турбомашин. На основании известного положения гидродинамики потенциальное движение в слое постоянной толщины может быть конформно отображено на цилиндр[1].

Этим положением гидродинамически решается задача профилирования лопастей радиально-осевой гидромашины, толщина слоя которой $a$ имеет постоянное значение. Практически не делается большой ошибки, если допустить, что величина $a$ переменная в небольшой степени.

Работа Н. Е. Жуковского «Движение тела, заключающего внутри себя жидкие массы» имеет непосредственное отношение к определению влияния осевого вихря в рабочих колесах турбомашин. Появление относительного движения внутри каналов рабочего колеса, вызывающего уменьшение напора насоса от действия осевого вихря, объяснено Н. Е. Жуковским в его работе «О движении твердого тела, имеющего полости, наполненные однородной капельной жидкостью»[2].

В этой работе решается задача определения скоростей относительного движения жидкости, заключенной в цилиндрах разных форм, совершающих вращательное движение относительно оси, параллельной образующей цилиндра. Задача эта имеет непосредственное отношение к практической задаче определения влияния конечного числа лопастей рабочего колеса центробежного насоса и компрессора на величину напора, получившей в литературе название метода Кухарского.

По справедливости обоснование этого метода, данное Н. Е. Жуковским еще в 1885 г., должно принадлежать Н. Е. Жуковскому.

Н. Е. Жуковский — основоположник русской авиационной науки — своими трудами по гидродинамике оказал громадное влияние на развитие гидродинамики турбомашин.

С. А. Чаплыгин (1869—1942) — ученик и ближайший сотрудник Н. Е. Жуковского, работая совместно с ним, дополнял и развивал исследования Н. Е. Жуковского по теории турбомашин. Таким образом, С. А. Чаплыгин разработал теорию решетки путем конформного отображения потока, обтекающего решетку, на полуплоскость. Этим способом представляется возможным изложить теорию решетки плоских и искривленных профилей, определить силу давления на профиль в виде отношения этой силы к силе давления на единичный профиль. Пользуясь знанием этого отношения, можно по результатам опытного изучения единичного профиля найти силу давления на профиль в решетке. С известным приближением возможно распространить этот прием на телесные профили и дать возможность пользоваться этим приемом для практических целей конструирования лопастей турбомашин.

Другой важной задачей турбостроения была разработанная С. А. Чаплыгиным теория всасывающей трубы типа Гидрокон. Этой конструкцией достигается как уменьшение потерь энергии воды, уходящей из турбины, так и возможность уменьшения ее высоты, чем значительно сокращаются затраченная работа и строительные материалы гидротехнических сооружений. Работа по внедрению всасывающих труб типа Гидрокон ведется и в настоящее время. Большие успехи достигнуты у нас в строительстве гидростанций; за прошедшие 200 лет прогресс в строительстве гидротурбин — от

---

[1] Ламб. Гидродинамика (русский перевод с 6-го английского издания), М.—Л., ОГИЗ, 1947, стр. 136.

[2] Н. Е. Жуковский. Избр. соч., т. I, 1885, стр. 65 и далее.

водяного колеса, мощностью в несколько лошадиных сил, до агрегата турбины, мощностью 125 000 *л. с.*,— определился высоким уровнем развития техники производства на наших заводах.

Громадное значение в этом деле имели труды наших ученых М. В. Ломоносова, Л. Эйлера, Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, предоставивших своими научными открытиями нашим инженерам-турбостроителям возможность решения трудных и сложных задач конструирования крупных гидротурбин. Советская наука, направляемая КПСС, следует замечательным традициям отечественной науки. Наша страна с ее борьбой против косности и застоя мысли представляет наиболее благоприятную обстановку для расцвета науки.