

К истории распространения гидромеханических знаний в Ленинградском политехническом институте*

Л.Г. Лойцянский

Создание в Ленинградском политехническом институте кафедры гидроаэродинамики стало естественным итогом общего процесса распространения в нем гидромеханических знаний, начавшегося буквально с первых дней образования института.

По тогдашнему наименованию Санкт-Петербургский политехнический институт имени Петра Великого включал в число своих отделений (позже факультетов) новое по тому времени кораблестроительное отделение, выпускавшее инженеров-кораблестроителей, в которых тогда очень нуждалось широко развернутое строительство военного и торгового флотов. Первым деканом факультета был назначен крупнейший инженер, человек с передовыми взглядами в науке и технике, Константин Петрович Боклевский, имя которого среди судостроителей имело большой авторитет. Кораблестроительное отделение обязано ему тем, что с самого начала преподавание физико-математических дисциплин на отделении было поставлено на большую высоту, чем на других отделениях института, и это было необходимо ввиду высокого теоретического уровня изложения специальных предметов. В этих предметах вопросы гидромеханики и прочности корабля рассматривались столь углубленно, что обычные инженерные курсы гидравлики и сопротивления материалов оказались недостаточными. Обучение студентов кораблестроительного отделения основам гидродинамики явилось первым этапом процесса распространения в институте гидромеханических знаний.

В начале двадцатого века возник охвативший все круги общества интерес к воздухоплаванию. Санкт-Петербургский политехнический институт, всегда зорко следивший за всеми новыми веяниями в технике, не мог остаться безучастным к общему увлечению этой передовой областью транспорта будущего. В марте 1908 года энтузиасты летного дела образовали при институте кружок воздухоплавания, объединивший более ста участников, а в 1909 году К.П. Боклевским и профессором Института путей сообщения Н.А. Рыниным был поставлен перед Советом Министров вопрос об организации при кораблестроительном факультете Санкт-Петербургского политехнического института «Курсов воздухоплавания» для подготовки летчиков и авиационных инженеров.

**) Очерк написан Л.Г. Лойцянским в 1985 г. Опубликовано в сборнике научных трудов «Проблемы механики жидкости и газа». Под ред. Ю.В. Латина, Изд. СПбГТУ, 2000 – с.24-59*

Авторитет Петербургского политехнического института был настолько велик, что именно ему, несмотря на ходатайства и других городов России, была поручена организация курсов. Постановлением Совета Министров от 15 декабря 1909 года первая высшая авиационная школа в России была открыта. *(Нами использовано историческое исследование И.Л. Повха «Первая высшая авиационная школа в России», Труды ЛПИ им. М.И. Калинина, 1948, № 1.)*

Отметим два важных обстоятельства, характеризующие общий высокий уровень требований к преподаванию в нашем институте. Первое: при обсуждении вопроса о том, должно ли чтение лекций на курсах воздухоплавания иметь популярный или строго научный характер, оргкомитет курсов, состоявший в основном из профессоров политехнического института, принял второе решение, придавшее всему обучению на курсах глубину и систематичность. В подтверждение можно указать, что сохранившиеся литографированные лекции по аэромеханике известного специалиста в этой области профессора А.П. Фан-дер-Флита, предназначенные для курсов, были для своего времени передовыми. Они содержали подробное изложение только что (в 1910 году) опубликованных работ классиков гидромеханики Н.Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина по теории крыла самолета.

Второе: организаторы курсов большое внимание, уделили преподаванию экспериментальной аэродинамики. Аэродинамической лаборатории была выделена четырехэтажная часть одного из зданий института. На нем была воздвигнута сохранившаяся до сих пор вышка для метеорологических наблюдений. Под нею находилась глубокая шахта, предназначавшаяся для опытов по определению сопротивления падающих в воздухе тел. Для проведения учебных и научно-исследовательских работ в лаборатории была создана большая аэродинамическая труба; в ее проектировании принял участие Н.Е. Жуковский. Ее параметрами были: диаметр открытой рабочей части в камере Эйфеля 2 м, максимальная скорость в рабочей части – 20 м/с, мощность мотора, вращавшего вентилятор типа «Сирокко» – 60 л. с. Труба была замкнутого типа с обратным каналом, размещенным во втором этаже. Была построена также малая аэродинамическая труба, послужившая моделью для большой, с диаметром открытой рабочей части 0,3 м, максимальной скоростью – 50 м/с. Имелись также установка для измерения тяги винтов, аэродинамические весы для малой трубы и некоторое другое вспомогательное оборудование. Подробное упоминание здесь об этой лаборатории оправдывается тем, что она, после значительных переделок, была использована как экспериментальная база для будущей кафедры гидроаэродинамики института.

В начале двадцатых годов при кораблестроительном факультете института открылась авиационная специальность и были привлечены для преподавания на ней

многие видные специалисты: А.А. Саткевич, Н.Н. Молчанов, К.Н. Виганд, Г.Г. Ростовцев, Е.В. Красноперов и К.Ф. Косоуров. Развитию аэродинамической лаборатории, перешедшей в ведение этой специальности, много способствовал выпускник специальности М.А. Дементьев, впоследствии профессор кафедры гидроаэродинамики. Образование авиационной специальности с ее развитым учебным планом, в который входили многие предметы аэромеханического цикла, можно считать вторым этапом в деле распространения гидроаэродинамических знаний в институте.

Октябрьская революция поставила перед учеными и инженерами страны задачу обеспечения возрождающихся в новых условиях промышленности и транспорта самыми передовыми завоеваниями науки и техники. Группа ученых, возглавляемая А.Ф. Иоффе, поставила перед Правительством вопрос об открытии при Петроградском политехническом институте нового, как по характеру задач, так и по методам их решения физико-механического факультета, который должен был выпускать специалистов по приложению в различных областях новой техники последних достижений физики и механики. Сообразно этому все специальности факультета были разбиты на два отделения: физики и механики.

Возглавить механическую группу специальностей, включающую общую механику, теорию упругости и гидроаэродинамику, был приглашен выдающийся ученый Александр Александрович Фридман (1888-1925), обессмертивший свое имя замечательными научными достижениями в области математики, механики и физики. Ему, в частности, принадлежало создание новой области метеорологии – динамики атмосферы, открытие существования нестационарного решения уравнений общей теории относительности Эйнштейна – «расширяющегося мира», впоследствии экспериментально подтвержденного Хаблом, опубликование принципиально нового статистического подхода к турбулентности, основанного на введении понятия «моментов связи» – двухточечных корреляций пульсаций скорости, плотности и давления в сжимаемой жидкости. Первыми дипломными работами, выполненными под руководством А.А. Фридмана, были работы: Г.А. Гринберга по релятивистским теориям упругости и гидродинамике, А.А. Изаксона – по теории турбулентности, К. Васильева – по теории вертикальных потоков в атмосфере, Г.В. Щипанова – по теории авиационных уклономеров.

Группой теплотехнических специальностей руководил М.В. Кирпичев. Среди окончивших отделение механики отметим академиков и членов-корреспондентов АН СССР: акад. В.Н. Кузнецова, акад. В.В. Новожилова, чл.-корр. Г.А. Гринберга и чл.-корр. А.И. Лурье.

После безвременной кончины А.А. Фридмана к руководству специальностью гидроаэродинамики был привлечен ряд ученых, много сделавших для поддержания высокого уровня преподавания на специальности. Чтение общего курса гидроаэродинамики перешло к ученику А.А. Фридмана – Л.Г. Лойцянскому, который расширил курс, читавшийся А.А. Фридманом, главами динамики вязкой жидкости, теории пограничного слоя и турбулентных движений. Чтение курса газовой динамики принял на себя крупный ученый, впоследствии член-корр. АН СССР, И.А. Кибель (1904-1970). Усилению прикладной стороны образования помог выдающийся специалист в области гидротурбостроения и теории регулирования машин чл.-корр. АН СССР И.Н. Вознесенский (1887-1946) – создатель новых методов расчета рабочих колес гидравлических турбин, в дальнейшем усовершенствованных его учениками – выпускниками отделения механики В.Ф. Пекиным и Л.А. Симоновым. Руководство авиационным направлением обеспечивалось перешедшим в Ленинградский политехнический институт представителем Московской школы теории винтов, специалистом в области теории крыла и винта самолета Н.Н. Поляховым и преподавателем авиационной специальности кораблестроительного факультета Г.Г. Ростовцевым, взявшим на себя чтение курсов и руководство дипломантами по темам аэродинамического и прочностного расчета самолета. Расширение тематики специальности в сторону конкретных технических приложений создало ей авторитет в промышленных кругах. Особенно этому содействовала связь руководителей специальности с научно-исследовательскими институтами и промышленными предприятиями. И.Н. Вознесенский руководил конструкторским бюро гидравлических машин Ленинградского Металлического завода (ЛМЗ), Н.Н. Поляхов был тесно связан с Научно-исследовательским институтом военного кораблестроения, Л.Г. Лойцянский был консультантом и научным руководителем физико-аэродинамического сектора аэродинамической лаборатории ЦАГИ, а также научным консультантом Центрального котлотурбинного института (ЦКТИ), Г.Г. Ростовцев был известен в авиационной промышленности своими исследованиями в области аэродинамики и прочности самолетов. Все это возбудило интерес к выпускаемым специальностью инженерам и потребовало увеличения выпуска. В этих условиях естественно встал вопрос о создании специальной кафедры, которая смогла бы удовлетворить спрос на инженеров-аэродинамиков. Этот вопрос получил положительное решение. Приведем приказ об организации кафедры:

Приказ № 32

по Ленинградскому индустриальному институту от 16 января 1935 года

По научно-учебной части:

1. Организовать кафедру аэродинамики на инженерно-физическом факультете.

2. Заведующим кафедрой назначается проф. Лойцянский Л.Г. с 1.01.1935 г.

3. Включить в состав кафедры следующие предметы: 1. Общий курс гидродинамики, 2. Прикладная аэродинамика, 3. Экспериментальная гидродинамика, 4. Теория аэропланного крыла, 5. Теория винта и вентилятора, 6. Газовая динамика, 7. Теория сопротивлений и турбулентность, 8. Оптические методы гидродинамики, 9. Аэродинамический расчет, 10. Динамика полета, 11. Семинар по текущей литературе. Основание: приказ ГУУЗа от 14.12.34 за № 26/639 и представление декана факультета с резолюцией зам. директора по научно-учебной части.

Директор института /Шрейбер/.

Рядом с именем заведующего кафедрой, по справедливости, следует поставить имя Ивана Лукича Повха, который, будучи еще студентом, стал не только инициатором образования кафедры, но и проявил при ее создании большой организаторский талант и присущий ему энтузиазм. Пишущий эти строки с сердечной теплотой и благодарностью вспоминает длительную совместную работу с И.Л. Повхом, обеспечившую быстрое становление кафедры. Благодаря энергии И.Л. Повха в короткие сроки наладилась учебная и научно-исследовательская работа новой кафедры. Особо должна быть отмечена деятельность И.Л. Повха в тяжелых блокадных условиях осажденного Ленинграда, когда под его руководством продолжала осуществляться не только педагогическая, но и научно-исследовательская работа кафедры.

Образованная в те же годы кафедра конструирования и расчета летательных аппаратов была чужда физико-механическому факультету, который ставил на первое место изучение физических процессов в конструкциях. Через два года эта кафедра прекратила свое существование.

Внимание кафедры гидроаэродинамики было сосредоточено на следующих предметах учебного плана, в котором, наряду с общеинженерными дисциплинами: черчением, деталями приборов, сопротивлением материалов, проектированием и расчетом турбомашин, основное место уделялось предметам физико-математического цикла, математической и теоретической физике, специальным предметам, обеспечивающим дальнейшую теоретическую и экспериментальную деятельность выпускников кафедры. Участие в семинарах по текущей специальной литературе, преддипломная практика, а затем выполнение дипломной работы, всегда содержащей в себе элементы творчества, заключали своеобразное, по тем временам, воспитание инженера-физика по специальности гидроаэродинамика.

«Продукцию» кафедры лучше всего могут охарактеризовать темы защищенных выпускниками дипломных работ. Приведем примеры тем, относящихся к начальному периоду существования кафедры гидроаэродинамики и, частично, кафедры конструирования и расчета летательных аппаратов.

В первые годы на тематике дипломных работ, относящихся к авиационной проблематике, сказалось влияние кафедры конструирования летательных аппаратов. Это были работы И.Е. Баславского (вып. 1936 г.) о концевых и плавающих элеронах – органах поперечной управляемости самолета, И.Н. Бобаха (вып. 1937 г.) по продольной устойчивости бесхвостых самолетов, М.Л. Галлая (вып. 1937 г.) по измерению в полете по методу импульсов сопротивления самолета, М.А. Порхачевой (вып. 1937 г.) о влиянии гидродинамических параметров гидросамолета на взлет, З.И. Фиша (вып. 1937 г.) о роли удлинения крыльев в проблеме повышения скорости самолета. *(Сведения эти далеко не полны, так как архивные материалы, относящиеся к периоду 1935-37 гг., имеют разрозненный характер и не позволяют судить об истинном положении дела.)*

Далее появились более характерные для широкой специальности кафедры гидроаэродинамики дипломные работы: Г.Т. Смирнова (вып. 1936 г.) по моделированию глиссирующих свойств поверхностей в открытой рабочей части аэродинамической трубы, основанному на использовании края струи в рабочей части трубы, Р.Ш. Филановского (вып. 1939 г.) о влиянии ограниченности фарватера и погружения корабля на его волновое сопротивление, имевшие большое практическое значение, Р.З. Алиева (вып. 1949 г.) о результатах теоретического и экспериментального определения влияния гидродинамических характеристик поворотных насадков на работу гребного винта.

Большое число дипломных работ было посвящено энергомашиностроительной тематике. Отметим, опуская детали, что дипломанты Б. Гуткин, Э.И. Гольденберг, Е.И. Лидина, Э.Ш. Родина, А.А. Гайбович и др. в 1936-1948 гг. защитили дипломные работы по расчету и испытанию центробежных и осевых компрессоров, рабочих колес и всасывающих труб гидротурбин, подводных спиралей компрессоров и вентиляторов и др.

Во все время существования кафедры у студентов-дипломников не ослабевал интерес к вопросам теории пограничного слоя. Перечислим лишь некоторые работы выпускников. Пограничному слою и интегральным методам его расчета была посвящена дипломная работа А.П. Кроль (вып. 1941 г.); устойчивость ламинарного пограничного слоя на пластинке исследовал С.С. Келлин (вып. 1941 г.); Л.Л. Левашов (вып. 1941 г.) рассмотрел пограничный слой в потоке газа; Г.И. Таганов (вып. 1941 г.) исследовал влияние отсоса на профильное

сопротивление крыла; Е.К. Бачинская (вып. 1935 г.) и Л.Г. Степанянц (вып. 1941 г.) посвятили свои дипломные работы расчету пограничных слоев на телах вращения; изучению взаимодействия пограничных слоев на стыке поверхностей была посвящена дипломная работа К.И. Кондрата (вып. 1937 г.). К концу рассматриваемого периода появились работы по теории решеток. В.В. Богданова (вып. 1946 г.) изложила метод расчета профиля данной формы, работающего в решетке; М.Г. Шапиро (вып. 1947 г.) дала расчет КПД решетки в плоскопараллельном потоке; В.Н. Николаева (вып. 1948 г.) и В.Н. Павлова (вып. 1949 г.) рассмотрели задачи о сопротивлении и КПД решеток, а Е.П. Георгиевская (вып. 1950 г.) – приближенные методы расчета решеток.

Заметное место в тематике дипломных работ кафедры нашли вопросы нестационарных движений в идеальной и вязкой несжимаемых жидкостях, в частности, в пограничном слое. Первой была работа Е.Б. Юдина «Распределение давления по телесному профилю, движущемуся нестационарно» (1948 г.). В том же году А.В. Максимович выполнил дипломную работу по теории нестационарного движения газа. Были защищены дипломные работы о нестационарном распределении давления на поверхности колеблющегося крылового профиля (К.Г. Коротаев, вып. 1950 г., К.К. Чечет, вып. 1952 г.), на поверхности кругового цилиндра (З.П. Шульман, 1953 г.), в камере рабочего колеса гидротурбины (В.В. Старовойтенков, 1954 г.). Большое научное значение имела дипломная работа Л.А. Розина (1951 г.), посвященная нестационарному пограничному слою в несжимаемой жидкости, впоследствии получившая развитие в его кандидатской диссертации.

В 1940 г. кафедра начала выпускать инженеров, специализирующихся по газовой динамике. К числу первых дипломных работ этого направления можно отнести защищенную в 1940 г. работу Е.А. Непомнящего, содержащую расчет звука воздушного пропеллера. В 1941 г. была защищена дипломная работа А.М. Шраубе, посвященная «звуку вращения» винта. В 1946 г. М.Д. Румянцева представила дипломную работу, в которой изучалось влияние сжимаемости газа на распределение давления по профилю в решетке. Годом раньше Г.Н. Шитикова использовала для той же цели электро-гидродинамическую аналогию (ЭГДА). В 1949 г. Е.В. Эльяшкевич исследовал сверхзвуковое обтекание заостренного осесимметричного тела.

К газодинамической тематике относилась также дипломная работа Г.Н. Иванова, излагавшая приложение метода ЭГДА в задачах газовой динамики. Дипломная работа А.Н. Иванова была посвящена динамике разреженного газа. Н.Л. Гранат (вып. 1951 г.) провела теоретическое исследование ламинарного

пограничного слоя на пластинке в газовом потоке больших скоростей. К последним годам рассматриваемого периода относятся дипломные работы Г.П. Таушканова (вып. 1952 г.) по применению газогидравлической аналогии (ГАГА) и В.А. Тарасюка (вып. 1954 г.) по определению донного разрежения при сверхзвуковом обтекании тела. Исследования в области газовой динамики получили развитие в последующей серии работ в этом направлении. С середины пятидесятых годов дипломники кафедры получили возможность работать в лабораториях Ленинградского физико-технического института им. А.Ф. Иоффе (ЛФТИ), в том числе в лаборатории, организованной ведущим ученым этого института Ю.А. Дунаевым для изучения новыми физическими методами гиперзвуковых обтеканий тел. Упомянем здесь дипломные работы В.Г. Масленникова (1954 г.) и С.Н. Палкина (1955 г.).

Основательность физико-математического фундамента, характерная для обучения на физико-механическом факультете нашего института, широта специального образования на кафедре гидроаэродинамики создали неоднократно отмеченную организациями-потребителями наших выпускников способность последних легко переключаться на новую тематику, даже если она не вполне вписывается в заявленный профиль их образования. Вероятно, именно этим во многом объясняется их быстрое продвижение на руководящую работу на местах самостоятельной деятельности после окончания института. Мы обязаны старому выпускнику кафедры В.С. Нафталину некоторыми сведениями о занимаемых нашими выпускниками постах в институтах, КБ и заводских лабораториях. К сожалению, эти сведения не полны и во многих случаях устарели.^{*)} Расположим их по годам выпусков, оговорившись о возможных неточностях.

Выпуск 1936 года. И.Е. Баславский – зам. Главного конструктора в авиационном ОКБ П.И. Сухого; Б.А. Коршунов – ведущий инженер по расчетам на прочность; Ф.Г. Лалетин – начальник лаборатории в ОКБ Генерального конструктора А.Н. Туполева; В.С. Нафталин – ведущий специалист в области авиационного приборостроения, заместитель Главного конструктора авиационного завода; В.Ф. Воробьева – ведущий инженер по расчетам конструкций авиационного завода; Э.С. Кауфман, доктор техн. наук, специалист по прикладной газодинамике. Первый выпуск кафедры того же года: И.Л. Повх, доктор техн. наук, чл.-корр. АН УССР, автор монографий «Аэродинамический эксперимент в машиностроении»,

^{*)} Статья Л.Г. Лойцянского и приводимые ниже сведения о выпускниках специальности и кафедры гидроаэродинамики датируются 1985 годом. – *Прим. редактора.*

«Моделирование гидравлических турбин в воздушных потоках» и учебника «Техническая гидродинамика»; С.Н. Кононов, П.И. Третьяков и Г.Т. Смирнов, в разные годы научные сотрудники кафедры гидроаэродинамики.

Выпуск 1937 года. В.С. Астров – ведущий инженер ЦАГИ; Э.М. Берзон – ст. н. сотрудник ЦНИИ им. А.Н. Крылова; И.Н. Бобак – инженер ОКБ Котлостроительного завода в г. Таганроге; О.М. Богословская – начальник лаборатории завода мореходных инструментов; М.Л. Галлай – доктор техн. наук, полковник, летчик-испытатель Летно-исследовательского института МАП, Герой Советского Союза; В.А. Дроздецкий – инж.-капитан II ранга; Н.А. Колокольцев – доктор техн. наук, старший научный сотрудник института энергетики АН СССР; К.И. Кондрат – доцент ЛИАП; И.Н. Никитин – доктор техн. наук, начальник отдела института гидродинамики АН УССР, автор монографии «Сложные турбулентные течения и процессы тепломассопереноса»; В.И. Петров – начальник отдела ЦНИИ им. А.Н. Крылова; Г.М. Рябинков – доктор техн. наук, старший научный сотрудник ЦАГИ.

Выпуск 1938 года. Е.А. Непомнящий, доктор техн. наук, заведующий кафедрой теоретической механики Ленинградского электротехнического института; М.Е. Мазор – доктор техн. наук, старший научный сотрудник ЦНИИ им. А.Н. Крылова; Э.Л. Блох, доктор техн. наук, крупный теоретик в области крыловых профилей и решеток, работал в ЦАГИ, а затем занял кафедру математики в одном из московских институтов, автор монографий «Основы линейной алгебры и некоторые ее приложения» и «Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации»; С.И. Гинзбург, доктор техн. наук, начальник отдела Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ); М.С. Филиппов – известный специалист в области турбулентных течений, старший научный сотрудник ЦАГИ; В.П. Большаков, инженер-капитан, преподаватель Военно-морской Академии.

Выпуск 1939 года. А.Д. Перник, доктор техн. наук, крупный специалист в области теории кавитации гребных винтов, старший научный сотрудник ЦНИИ им. А.Н. Крылова; И.Д. Миниович, доктор техн. наук, автор монографии «Теория и расчет гребных винтов» (в соавторстве с А.М. Басиным), старший научный сотрудник ЦНИИ им. А.Н. Крылова (А.Д. Перник и И.Д. Миниович, в соавторстве с В.С. Петровским (см. далее) опубликовали монографию «Гидродинамические источники звука»), К.П. Петров – начальник отдела ЦАГИ, лауреат Ленинской и Государственной премии, автор монографии «Аэродинамика ракет»; И.И. Пашковский – начальник отдела Летно-исследовательского института МАП,

автор монографий «Особенности устойчивости и управляемости скоростного самолета», «Летные испытания самолетов» (в соавт.).

Выпуск 1940-41 гг. С.А. Вильниц – доцент Московского института тонкой технологии им. М.В. Ломоносова; К.К. Баранок – ведущий инженер (ОКБ им. Климова); А.Р. Константинов – доктор техн. наук, НИИ Гидрологии, участник Великой Отечественной войны; Л.Г. Степанянц – доктор техн. наук, участник Великой Отечественной войны, профессор ЛПИ; Л.А. Левашов – участник Великой Отечественной войны, ЦИАМ; В.Д. Блюмкин – участник Великой Отечественной войны, ведущий конструктор института Гипрорыбфлот.

Выпуск 1942 года. М.И. Будыко – чл.-корр. АН СССР, лауреат Ленинской премии.

Выпуск 1948 года. Л.Д. Пыховский – заведующий лабораторией завода им. Климова; Г.А. Шитикова – ведущий инженер того же завода; Е.Б. Юдин, доктор техн. наук, профессор ЦНИИ им. А.Н. Крылова.

Выпуск 1950-51 гг. А.Я. Аронсон – лауреат Государственной премии, зав. сектором прочностных расчетов ЛМЗ; Ф.С. Бедчер – ведущий конструктор того же завода; Е.П. Георгиевская – научный сотрудник ЦНИИ им. А.Н. Крылова, автор монографии «Кавитационная эрозия гребных винтов»; Г.Н. Иванов – лауреат Государственной премии, доктор техн. наук, ЦНИИ им. А.Н. Крылова; К.Г. Коротаев – конструктор КБ МСП, г. Зеленодольск; Н.И. Константинов – окончил аспирантуру кафедры гидроаэродинамики ЛПИ, специалист в области аэродинамического эксперимента (см. далее).

Выпуск 1952 г. М.П. Аршавский – ведущий инженер Института торфа; Л.А. Аблавский – ведущий инженер Гидрогоршахтстроя (г. Тула); В.В. Бабушкин – зав. лабораторией Института метрологии им. Д.И. Менделеева; Л.И. Иванова – ведущий инженер ЦНИИ «Гидроприбор»; Ю.Ф. Иванюта – доктор техн. наук, зав. отделом ЦНИИ им. А.Н. Крылова; Ю.Я. Качуринер – ведущий инженер ЦКТИ; В.И. Кейлин – ведущий инженер института коммунального хозяйства; Г.П. Таушканов – ст. научный сотрудник Института транспортного машиностроения; О.К. Чечет – начальник отдела ЦНИИ «Гидроприбор»; В.Я. Шапиро – Заслуженный изобретатель РСФСР.

Выпуск 1953 г. З.П. Шульман – профессор, доктор техн. наук, заведующий лабораторией реофизики Института тепломассообмена АН БССР, признанный лидер отечественной школы реологии, автор шестнадцати монографий в этой области, заслуженный изобретатель, участник Великой Отечественной войны; Г.Н. Ден – начальник отдела Невского завода им. В.И. Ленина, автор монографии «Механика потока в центробежных компрессорах», в настоящее время заведующий

кафедрой деталей машин Ленинградского технологического института холодильной промышленности; Н.И. Акатнов – доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры гидроаэродинамики ЛПИ, крупный специалист в области теории турбулентности; В.К. Мигай – доктор техн. наук, начальник физико-технического отдела ЦКТИ, автор монографий «Повышение эффективности современных теплообменников» и «Проектирование и расчет диффузоров турбомашин» (в соавторстве Э.И. Гудковым).

Многие выпускники кафедры, как об этом можно судить по приведенным сведениям, успешно совмещают научно-исследовательскую работу с преподаванием. Кроме ранее уже упомянутых, отметим еще Л.А. Розина – заведующего кафедрой строительной механики и теории упругости ЛПИ, автора монографии «Вариационные постановки задач для упругих систем»; Я.Н. Гаухмана, ведущего педагогическую работу в Рижском авиационном институте, автора монографии «Основы разработки гиперзвуковых пассажирских самолетов» (в соавторстве с Б.Н. Казанцевым); В.В. Богданову, О.Н. Бушмарина, Г.В. Смирнова – доцентов кафедры гидроаэродинамики ЛПИ.

Кафедра гордится своим замечательным выпускником М.Л. Галлаем, летчиком-испытателем, доктором техн. наук, Героем Советского Союза, награжденным за боевые заслуги в Великой Отечественной войне многими орденами. М.Л. Галлай – член Союза писателей, автор целого ряда литературных очерков, описывающих трудовую жизнь летчиков-испытателей. Законную гордость вызывают выпускники кафедры – лауреаты Ленинской и Государственной премий: А.Н. Аронсон, А.П. Бедин, М.И. Будыко, Г.Н. Иванов, В.К. Кедринский, К.П. Петров, В.С. Петровский, Ю.Т. Резниченко, Л.А. Симонов.

Кафедра гидроаэродинамики всегда считала основой своей успешной деятельности научно-исследовательскую работу и вовлечение в нее студентов специальности. Для проведения исследовательских работ был выполнен следующий комплекс мероприятий.

После основания кафедры подверглась полной реконструкции большая аэродинамическая труба, которая пришла в ветхость и не удовлетворяла запросам кафедры: поле скоростей потока в открытой рабочей части трубы не отвечало требованиям необходимой степени однородности, а максимальная скорость потока была мала. Углы скоса потока в рабочей части превосходили допустимые значения. Пришлось произвести замену почти всех частей аэродинамической трубы, исключая обратный канал в верхнем этаже помещения трубы. Спроектированные и изготовленные в столярной мастерской лаборатории решетки поворотных лопаток значительно улучшили качество потока в открытой рабочей части трубы. Принятая

новая конструкция диффузора вполне себя оправдала, сделав поток в рабочей части более устойчивым во времени, исчезли пульсации потока, называемые «воздушными кирпичами». Были дополнительно построены малые трубы, как для учебных, так и научно-исследовательских целей. Реконструированная большая аэродинамическая труба получила новую винтомоторную группу с электрической схемой, позволяющей гибко менять скорость в рабочем участке, причем максимальная скорость потока в рабочей части повысилась с 20 м/с до 50 м/с.

Имевшиеся при трубе английские весы (NPL) оказались непригодными для больших нагрузок и в ряде случаев заменялись специальными «подвесками» модели, позволявшими мерить силы и моменты.

Для проведения начавшихся еще в довоенные годы исследовательских работ по моделированию процессов в гидромашинах при помощи воздушных потоков по проекту М.А. Дементьева и под его непосредственным руководством был построен специальный аэростенд.

Достигнутое таким образом расширение экспериментальных возможностей лаборатории сопровождалось разработкой новой, специально приспособленной для научно-исследовательских работ кафедры измерительной аппаратуры.

Сравнительно простой задачей явилось измерение малых давлений в дренажных отверстиях на поверхности обтекаемого тела. Для этой цели был спроектирован и изготовлен в мастерской лаборатории микроманометр с трубкой переменного наклона, дававший достаточно точные показания при малых наклонах трубки. Этот микроманометр под маркой «микроманометр ЛПИ» изготовлялся в мастерских института и долго использовался в заводских лабораториях и институтах. Массовые измерения давлений по поверхности были облегчены созданием «батареинового» микроманометра, позволявшего посредством фотографирования сразу большого числа трубок манометра видеть распространение давлений по поверхности обтекаемого тела. Для измерения скоростей в набегающем воздушном потоке в мастерских лаборатории были изготовлены скоростные трубки, представлявшие собой копии имевшихся на кафедре экземпляров заграничных образцовых трубок Прандтля. Лаборатория снабжала впоследствии этими трубками другие предприятия.

Особое внимание кафедра всегда уделяла теоретическим и экспериментальным работам в области пограничного слоя. Так в 1938 году А.Н. Александров выполнил исследование явления отрыва ламинарного пограничного слоя с поверхности эллиптического цилиндра большого размаха. Скоростное поле визуализировалось посредством коротких тонких ниточек, приклеенных одним концом к поверхности цилиндра. В этом исследовании были

обнаружены недостатки широко распространенного в то время приближенного метода расчета ламинарного пограничного слоя, принадлежащего К. Польгаузену. Было указано необходимое изменение использованных в нем граничных условий.

В связи с все расширяющимся фронтом работ по теории пограничного слоя встал вопрос о создании микродатчиков полного напора, позволяющих производить замеры в достаточной близости к поверхности испытываемой модели, но при этом мало нарушающих воздушный поток в пограничном слое.

Технология создания таких «микротрубок» была разработана сотрудником кафедры, ее выпускником Б.Ф. Вилюмом, который в 1935 г. внедрил в эксперимент приборы, собственноручно изготовленные им из цельнотянутых стальных трубок с внешними диаметрами 0,54 мм и 0,84 мм, предназначенных для производства игловок медицинских шприцов. Носик трубки был сплюснен так, что середина ее сечения могла находиться от стенки модели на расстоянии порядка 0,05 мм. Роль статического отверстия, измеряющего давление на стенке, играло дренажное отверстие в том же месте модели. Позднее были созданы специальные датчики-«микрозонды», цилиндрический и сферический, позволявшие регистрировать скорости как векторы. Применение такой микроаппаратуры потребовало изготовления прецизионных координатников, допускавших выполнение очень малых смещений приборов поперек пограничного слоя. При помощи этой аппаратуры еще в довоенное время было проведено много измерений распределений скорости в сечениях пограничных слоев на различных моделях крыльев. Определялись расположения точек перехода ламинарного течения в турбулентное, а также точек отрыва пограничного слоя. Следует упомянуть, вероятно, первое по времени большое исследование, опубликованное Б.Ф. Вилюмом и А.А. Желудевым в 1937 г., где изучался в широком диапазоне углов атаки плоский пограничный слой на поверхности цилиндрического крыла с профилем Жуковского. Были получены четкие поля скоростей, позволявшие однозначно судить о характере режимов в различных сечениях пограничного слоя и определять положение точек отрыва при больших углах атаки. Эта работа полностью подтвердила пригодность метода микротрубок для подробного изучения движения в пограничном слое. В том же году Б.Ф. Вилюмом и П.И. Третьяковым было проведено исследование пограничного слоя на модели скоростного самолета, причем особое внимание уделялось области стыка крыла с фюзеляжем и области вблизи боковой кромки крыла. Эти работы сопровождались визуальными наблюдениями над поведением тонких ниточек в потоке. Данные исследования подтвердили результаты теоретических работ Л.Г. Лойцянского по тому же поводу, опубликованных в 1937-38 гг.

Впоследствии сотрудница кафедры А.Е. Головина, используя тот же метод, провела более общее исследование пограничного слоя вблизи пересечения двух поверхностей и показала, что в зависимости от взаимного расположения начальных участков пограничных слоев на этих поверхностях может наблюдаться, как утолщение, так и утоньшение пограничного слоя вблизи стыка поверхностей. В этих опытах применялись микротрубки с двумя дополнительными боковыми отверстиями помимо центрального, что позволяло правильно располагать носик трубки по направлению потока в этом существенно пространственном течении.

В 1942 г. И.Л. Повх опубликовал большое систематическое исследование пограничного слоя на цилиндрическом крыле с двугольным профилем сечения. Были изучены распределения скоростей во всем пограничном слое, в том числе и в значительной переходной области. В работе 1946 г., выполненной им совместно с Л.Г. Степанянцем на том же крыле и на лопатках реактивных решеток, было обнаружено новое явление обратного перехода турбулентного течения в ламинарное.

Систематические эксперименты в турбулентных пограничных слоях были проведены Н.И. Константиновым в 1955-58 гг.

В то время представляло новизну профилирование верхней стенки рабочего участка канала для достижения на нижней стенке желательного распределения давления вдоль моделируемого на ней пограничного слоя. Новыми были и методы эксперимента, включающие, наряду с применением микротрубок, использование поперечной к стенке планки малой высоты для измерения поверхностного трения по перепаду давлений до планки и за ней. Для этой же цели Н.И. Константинов применил известный метод поверхностных трубок Престона и предложенный им новый метод определения поверхностного трения по испарению жидкости с элемента поверхности. Это исключительно широкое по охвату различных методов экспериментальное исследование было выполнено с целью проверки пригодности появившейся в 1945 году эмпирической теории турбулентного пограничного слоя, предложенной Л.Г. Лойцянским. Сравнение этой теории с опытами Н.И. Константинова позволили установить границы ее применимости и, в частности, показали полную ее пригодность к расчету толщины потери импульса и других характеристик пограничного слоя, исключая только область резкого отрыва пограничного слоя.

В лаборатории кафедры было проведено много экспериментальных исследований пограничных слоев на моделях крыльев различной формы. Была поставлена учебная работа для студентов по измерению распределения скоростей в сечениях пограничного слоя при помощи микротрубки. Вряд ли при наличии

богатого экспериментального материала могли возникнуть сомнения в существовании пограничного слоя на поверхностях обтекаемых тел. Между тем, незадолго до начала войны пишущий эти строки, в ту пору приглашенный в качестве консультанта в ЦАГИ, был обвинен в преднамеренной «дезинформации» молодых специалистов ЦАГИ в вопросе о существовании пограничного слоя и роли последнего в явлениях сопротивления трения и теплообмена на обтекаемых телах. В связи с этим ему даже было предложено прекратить консультационную деятельность, заключающуюся в пропаганде новых гидродинамических идей в серии лекций «командирской учебы» для сотрудников ЦАГИ и в помощи при организации физико-аэродинамического сектора в аэродинамическом отделе того же института. К счастью для развития новых научных направлений в ЦАГИ, чуть ли не на следующее утро почта принесла известие о том, что английский (это было существенно!) ученый Мельвиль Джонс наблюдал в полете на крыльях самолета пограничный слой, причем различал ламинарный и турбулентный режимы движения воздуха в этих слоях. Консультационная работа в ЦАГИ была продолжена, а в военное время автор настоящих записок даже занял должность научного руководителя.

Для оценки трудности внедрения новых представлений в инженерную практику характерен еще такой эпизод. По поручению ЦАГИ в 1944 г. автор делал в техническом отделении АН СССР доклад о новых, так называемых ламинаризованных профилях крыльев самолетов. Поразительным было выступление одного академика, специалиста в области теории пропеллеров и гребных винтов, который спросил докладчика, уверен ли он в существовании пограничного слоя – и это в то время, как на учебных занятиях в лаборатории нашей кафедры студенты уже давно детально измеряли профили скоростей в сечениях пограничного слоя.

Вернемся к развитию кафедры гидроаэродинамики и формированию на ней новых научных направлений. Еще до образования кафедр гидроаэродинамики и теплофизики нашего факультета между учеными этих двух направлений наладилась тесная научная связь. Учебные планы этих двух специальностей были на первых трех-четырех курсах очень близки. Одним из результатов этого содружества был выпуск в 1933 г. двумя теплофизиками С.Н. Сыркиным и В.А. Швабом литографированного учебного пособия по общему курсу гидроаэродинамики, читаемому Л.Г. Лойцянским для обеих специальностей. Курс этот вышел в двух томах и по тому времени был оригинальным. В частности, изложение велось векторным методом, уже ранее широко применявшимся в своих лекциях А.А. Фридманом и выдающимся физиком Я.И. Френкелем.

Теплофизики, используя содружество с кафедрой гидроаэродинамики, выполнили, начиная с 1935 г., целый ряд совместных научно-исследовательских работ в лаборатории кафедры.

Г.Н. Кружилин, в настоящее время член-корр. АН СССР, ведущий ученый Энергетического института АН и В.А. Шваб, теперь заведующий кафедрой прикладной аэродинамики в Томском госуниверситете^{*)}, провели исследования распределения температуры и потока тепла по поверхности нагретого круглого цилиндра, помещенного в рабочую часть аэродинамической трубы. Этими двумя авторами в том же году были опубликованы теории ламинарного (Г.Н. Кружилин) и турбулентного (В.А. Шваб) температурных пограничных слоев.

Занимались на кафедрах гидроаэродинамики и теплофизики и общей, связанной с физическим механизмом обтекания тел проблемой – уменьшением сопротивления и, одновременно, увеличением теплоотдачи поверхностей плохо обтекаемых тел, таких, например, как решетки круглых труб, представляющих водяной тракт парового котла и др. Это была борьба за улучшение обтекаемости тел путем смещения к корме точки отрыва. Начало этим исследованиям было положено в 1933 г. экспериментами Л.Г. Лойцянского и В.А. Шваба и вызвало появление многих последующих работ по той же тематике. Изучению подвергались самые разнообразные приемы влияния на обтекание тел: путем размещения вблизи них дополнительных, меньших по размеру тел (в полной аналогии с авиационными «предкрылками» или «закрылками»), турбулизацией потока проволоочными сетками («экранами»), перегораживающими поток и создающими в нем условия однородности и изотропности турбулентности. Для той же цели использовались колеблющиеся в потоке «флюгерки» и др.

Л.Г. Лойцянский в соавторстве с заведующим специальностью теплофизики А.А. Гухманом и профессором В.С. Жуковским опубликовали в 1934 г. обзор совместных работ по проблеме уменьшения сопротивления и увеличения теплоотдачи в издававшемся тогда на русском и иностранных языках журнале «Техническая физика». В этом обзоре были изложены, кроме того, новые тогда взгляды на связь между сопротивлением и теплопередачей в потоках жидкостей и газов.

Параллельно с исследованиями в этом направлении шла совместная работа над задачей о косвенных методах определения степени турбулентности воздушного

^{*)} Как уже отмечалось, указания на места работы, звания и занимаемые должности упоминаемых в статье лиц следует относить к 1985 г. – *Прим. редактора.*

потока. Прямой метод измерения степени турбулентности потока по средней квадратичной пульсации скоростей, регистрируемой тепловым анемометром, в то время еще не был внедрен в практику, что предполагало применение различных косвенных методов. Среди них особой известностью пользовались два «динамических» метода. Оба они основывались на явлении кризиса сопротивления плохо обтекаемых тел, связанного с кризисом их обтекания. Известные в то время опыты по измерению сопротивления эталонного шара с гладкой поверхностью в аэродинамических трубах разных стран (ЦАГИ, Геттингенская, английские и американские лаборатории) показали резкое падение коэффициента сопротивления шара в интервале реynольдсовых чисел, соответствующих области кризиса обтекания. По значению критического реynольдсова числа, при котором коэффициент сопротивления шара падал до значения 0,3, можно было судить о степени турбулентности потока в аэродинамической трубе.

Метод этот позволял качественно сравнивать турбулентные структуры потоков в разных аэродинамических трубах и оценивать динамические характеристики помещенных в эти трубы тел. Недостаток метода, требующего использования аэродинамических весов для прямого измерения сопротивления шара, был в дальнейшем устранен заменой коэффициента сопротивления шара как индикатора кризиса обтекания (сопротивления) перепадом давления между передней и задней критическими точками шара. В 1935 г. Л.Г. Лойцянский и В.А. Шваб предложили заменить эти «динамические» шкалы турбулентности «тепловой», основанной на также достаточно резкой зависимости теплоотдачи шара от степени турбулентности набегающего на него потока. В.А. Шваб и П.И. Третьяков показали в 1937 г., что шар может быть заменен хорошо обтекаемым сигарообразным телом вращения.

Наряду с аэродинамическими исследованиями стационарных обтеканий тел, в лаборатории кафедры изучались и нестационарные обтекания. Так, начиная с 1953 года, научным сотрудником В.В. Яковенко проводились исследования распределений давления по поверхности колеблющегося крыла. Была создана установка, осуществляющая заданный режим колебаний толстого (двадцатипроцентного) крыла, и выбрана схема осциллографической записи нестационарных распределений давления при различных значениях чисел Струхала. В результате были получены сравнительные графики стационарных и нестационарных распределений давления по поверхности профиля. М.М. Фетисов разработал специальные индуктивные преобразователи для измерения нестационарности давлений.

Широким фронтом уже в первые годы существования кафедры пошли экспериментальные исследования моделей гидротурбин на воздухе, для чего использовался ранее упомянутый аэростенд. Первые работы на стенде проводились под руководством автора проекта стенда М.А. Дементьева, а в дальнейшем руководство этими работами перешло к И.Л. Повху. В изданной И.Л. Повхом упоминавшейся выше монографии была дана сводка результатов экспериментальных исследований в этой области, полученных в аэродинамической лаборатории за первые двадцать лет ее существования.

Исследования работы спиральных камер на входе в модель гидротурбины при отсутствии и наличии рабочего колеса проводил в 1939-40 гг. под руководством М.А. Дементьева выпускник кафедры Ш.И. Мелиховицкий. Изучались спиральные камеры Щербаковской и Рыбинской ГЭС. Было показано малое обратное влияние рабочего колеса на поток в спиральной камере и сделан ряд других полезных для проектировщиков выводов, относящихся к различным конструкциям спиральных камер.

С целью уточнения вопроса о возможных методах расчета спиральных камер В.В. Богданова в 1955 г. провела сравнительные исследования различных спиральных камер, рекомендованных Ленинградским Металлическим заводом. Экспериментальное исследование показало пригодность допущения постоянства произведения окружной скорости на радиус вместо иногда принимаемого предположения о постоянстве окружной скорости. В том же году появились материалы по исследованию спиральной камеры и направляющего аппарата модели гидротурбины Днепровской ГЭС, которые подтвердили возможность исследования спиральной камеры без учета влияния рабочего колеса. Тогда же были опубликованы результаты экспериментов В.В. Богдановой и Л.А. Синочкиной по формированию потока перед рабочим колесом. Особое внимание в ряде работ было уделено главной с точки зрения увеличения КПД части турбины – всасывающей трубе, служащей для восстановления давления на выходе и уменьшения выходных потерь.

Большое практическое значение имело исследование всасывающей трубы модели Куйбышевской ГЭС, проведенное инженером ЛМЗ Д.Ю. Невским и выпускницей кафедры Л.А. Синочкиной. Рассматривалось влияние формы камеры (цилиндрической или полусферической) и размещения поворотной лопатки в колене всасывающей трубы. Было показано, что оба эти фактора влияют на КПД турбины.

Аэростенд кафедры использовался для испытаний моделей не только принятых в то время для эксплуатации гидротурбин, но и для исследований новых, перспективных их типов. На стенде в сотрудничестве с ЛМЗ были проведены

испытания воздушных моделей турбин для большинства гидроэлектростанций Союза: Днепропетровской, Куйбышевской, Волжской, Камской, Братской и других.

Идея изучения течений жидкости на аэродинамических установках не замкнулась на гидротурбинах, а с успехом была применена в исследованиях по заказам судостроителей. В аэродинамической трубе исследовались: распределения давлений по корпусам надводных и подводных судов, взаимодействие винта и корпуса, а также явление глиссирования.

Испытывались и различные промышленные модели, не имевшие авиационного или судостроительного назначения: рыболовные тралы, башенные градирни, радиолокационные антенны и даже воздушные течения в телескопе Пулковской обсерватории, обдувка которого ветром и солнечная радиация создавали тепловые оптические помехи. Среди экспериментальных исследований по прикладной аэродинамике упомянем также работу аспиранта кафедры О.С. Оболенского (1953 г.) по изучению возможности применения особого вида турбулизаторов пограничного слоя на крыле самолета – «интерцепторов».

Экспериментальные исследования в первый двадцатилетний период становления кафедры занимали большое место в ее научной деятельности.

Эти работы наиболее прямым путем способствовали поднятию авторитета кафедры во «внешнем мире» и особенно в промышленных кругах, а кроме того финансировали развитие лабораторного оборудования кафедры.

Не было недостатка и в теоретических поисках. На первых порах это были по большей части работы по обоснованию полуэмпирических теорий турбулентности, которые привлекали внимание своей простотой в практических применениях. Л.Г. Лойцянский еще в 1933 г. была опубликована статья о применении теории подобия к выводу уравнения турбулентного движения в условиях внутренней задачи. Дальнейшее развитие этой идеи позволило в 1936 г. предложить полуэмпирическую теорию турбулентного движения в трубах с шероховатыми стенками, характер покрытия которых отвечал понятию «зернистой» шероховатости. В 1939 г. Л.Г. Лойцянский было доказано существование инварианта – «момента возмущений» – в затухающем однородном и изотропном турбулентном движении за турбулизирующей поток сеткой. Эта работа послужила основой для широкой дискуссии в советской и зарубежной литературе, позволившей уточнить условия существования инварианта; инвариант этот лег в основу теории локальной турбулентности. В 1941 г. тем же автором были опубликованы новые интегральные соотношения, основанные на понятии последовательных моментов скорости, и был предложен простой приближенный метод расчета ламинарного пограничного слоя, использующий несколько первых из

этих соотношений. В 1942 г. вышли в свет две работы Л.Г. Лойцянского, содержащие развитие идей интегрального метода на основе более рационального выбора формы используемых в методе (так наз. «конкурирующих») профилей скорости. Первая из этих работ относилась к плоскому пограничному слою, вторая – к пограничному слою на поверхности тела вращения.

К довоенному периоду относится также работа Л.Г. Лойцянского в соавторстве с академиком Н.Е. Кочиным, вышедшая из печати уже во время войны в 1942 г., в которой была изложена приближенная теория расчета ламинарного пограничного слоя, по-новому использующая интегральный метод. Новизна идеи, получившей впоследствии широкое распространение, заключалась в замене произвольных профилей скорости в сечениях пограничного слоя на соответствующие некоторому точному решению. В работе указанных авторов такие профили выбирались из с автомодельных решений, соответствующих степенному заданию скорости на внешней границе. Этот метод был обобщен на случай газового потока больших скоростей и применен к расчету положения точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный в статьях Л.Г. Лойцянского в соавторстве с А.А. Дородницыным, опубликованных в 1944-1945 гг. За эти работы, а также упомянутую ранее работу Л.Г. Лойцянского по эмпирической теории турбулентного пограничного слоя, которые в своей совокупности легли в основу расчета крыловых профилей для новых скоростных истребителей, А.А. Дородницыну и Л.Г. Лойцянскому была в 1946 г. присуждена Государственная премия.

Большое внимание ученых кафедры и ее выпускников было обращено на теорию решеток профилей, обтекаемых несжимаемой идеальной и вязкой жидкостью, а также газом при больших скоростях.

Л.Г. Лойцянский в 1947 г. дал новый вывод теоремы Жуковского о подъемной силе профиля в решетке и обобщил ее на случай дозвукового газового потока. Предложенная им приближенная формула была заменена вскоре точной формулой выпускником кафедры Э.М. Берзоном. Заметим, что еще до войны доцент кафедры математики, выпускник специальности гидроаэродинамики Т.Н. Блинчиков опубликовал точное решение задачи о плоском протекании идеальной несжимаемой жидкости сквозь бесконечнорядную решетку кругов.

Профессор кафедры Н.Н. Поляхов опубликовал в 1953 г. основанную на теории решеток вихревую теорию гребного винта. Его ученик, выпускник кафедры Г.П. Таушканов в дальнейшем привел теоретическое обоснование применения теории решеток к расчету гребных винтов, рассмотрев теорию круговой решетки

произвольных профилей, вращающейся с постоянной угловой скоростью вокруг центра.

Особый практический интерес вызывает проблема обтекания решетки профилей вязкой жидкостью или вязким газом. При этом наряду с вопросом о подъемной силе возникает вопрос о сопротивлении решетки, которое связано с потерями на трение и, в конечном счете, влияет на КПД рабочего колеса турбины. В 1947 г. Л.Г. Лойцянский изложил простую приближенную теорию сопротивления решетки в потоке вязкой жидкости, основанную на применении теоремы импульсов. Предложенная им формула сопротивления представила обобщение известной формулы Сквайра и Юнга для сопротивления изолированного профиля. Опыты Л.М. Зысиной, проведенные в ЦКТИ в 1954 г., апробировали применение формулы Л.Г. Лойцянского к расчету сопротивления турбинных решеток профилей, для которых определение толщины потери импульса на задних кромках профилей не требует использования точной теории турбулентного пограничного слоя. Что же касается насосных (компрессорных) решеток, то здесь возникает трудность расчета с приемлемой для практики точностью толщины потери импульса в предотрывной области турбулентного пограничного слоя – задача до сих пор еще не разрешенная сколько-нибудь строго. При использовании опытного значения толщины потери импульса на задней кромке профиля при безотрывном его обтекании, формула сопротивления Л.Г. Лойцянского применима с достаточной точностью и для насосных (компрессорных) решеток; она вошла в инженерные справочники.

Следует заметить, что впоследствии доцент кафедры В.В. Богданова провела обширное теоретическое и экспериментальное исследование сопротивления решеток в газовых потоках.

Остановимся еще на работах сотрудников кафедры по теории ламинарных и турбулентных струй. Начало их относится к 1953 г., когда Л.Г. Лойцянский опубликовал исследования по свободным закрученным струям с прямолинейной осью и радиально-щелевым струям. О.Н. Бушмарин изложил теорию свободной незакрученной струи в спутном потоке той же жидкости. Н.И. Акатнов, опережая зарубежного автора на десять лет, дал теорию плоской пристенной ламинарной струи. Ю.Т. Резниченко обобщил теорию ламинарной струи в несжимаемой жидкости на газовую среду. В последующие годы появилось большее число работ по близкой тематике. Так, О.Н. Бушмарин рассмотрел задачу о закрученной струе в спутном потоке той же жидкости. В.С. Дубов построил следующие приближения в решении задачи Л.Г. Лойцянского о закрученной струе.

Среди других теоретических работ рассматриваемого периода отметим получившую широкое применение работу аспиранта кафедры В.Г. Санояна по

расчету осесимметричных движений идеальной несжимаемой жидкости в трубах переменного сечения. На основе изложенного там метода можно строить конфузоры с достаточно однородной эпюрой скоростей в выходном сечении. Л.Г. Степанянц разработал в 1953 г. точную теорию движения вязкого газа между вращающимися соосными цилиндрами. Им же в 1955 г. дан теоретический расчет ламинарного пограничного слоя на пластинке с отсосом или вдувом.

К концу рассматриваемого периода относятся исследования О.Н. Овчинникова по развитию начального профиля скоростей в потоке вязкой жидкости в канале переменного сечения (например, диффузоре) и в цилиндрической круглой трубе при наличии закрутки.

Чтобы не увеличивать объем настоящего очерка, воздержимся от помещения списка печатных работ членов кафедры и ее выпускников. Заметим лишь, что многие из этих работ помещены в «Трудах ЛПИ» за 1937-1955 гг.

Наряду с многочисленными научными статьями в области гидроаэродинамики, еще в довоенный период были выпущены две монографии. Одна из них, вышедшая в свет в 1929 г., то есть задолго до образования кафедры, но имевшая прямое отношение к специальности гидроаэродинамики, принадлежала А.И. Лурье и носила наименование «Некоторые случаи движения твердого тела в вязкой жидкости». Она была издана литографским путем и, к сожалению, не получила заслуженного широкого распространения. В этой монографии были изучены медленные (соответствующие малым значениям рейнольдсовых чисел) стационарные и нестационарные движения в вязкой жидкости простейших геометрических тел – сферы, цилиндра и эллипсоида. С математической стороны эта монография отличалась новыми приложениями к решению гидродинамических задач методов операционного исчисления.

В 1941 г. была опубликована монография Л.Г. Лойцянского «Аэродинамика пограничного слоя», явившаяся первой книгой в этой области аэродинамики в Союзе. В этом труде, наряду со сведениями, относящимися к состоянию теории пограничного слоя в зарубежной науке, большое внимание было уделено советским работам и, в частности, результатам кафедры гидроаэродинамики ЛПИ. За рубежом несколько ранее, в 1938 г., появилась двухтомная монография на ту же тему С. Голдстейна, в которой полностью игнорировались достижения у нас в стране в этой области.

Монографическим по своему характеру был и учебник Л.Г. Лойцянского «Механика жидкости и газа», выпущенный в свет первым изданием в 1950 г. Отличительной чертой этого учебника являлось присутствие в нем как классического материала, относящегося к механике идеальной несжимаемой и

сжимаемой среды, так и новых по тому времени сведений о динамике вязких жидкостей и газов, включая вопросы теории подобия, теории ламинарного и турбулентного движений в трубах и пограничных слоях. Переработанные и расширенные издания этого учебника регулярно выходили в последующие годы.^{*)}

Касаясь последующего развития кафедры гидроаэродинамики, необходимо, пусть вынужденно кратко, сказать о людях, пришедших на кафедру в довоенный период, их судьбе и профессиональной карьере, и о новых ее сотрудниках.

Тяжелый урон понесла кафедра в Великой Отечественной войне.

Многие выпускники кафедры отдали свою жизнь, защищая Родину. Фашисты замучили трех талантливых молодых ученых, выпускников специальности гидроаэродинамики ЛПИ: А.Н. Александрова, Ш.И. Мелиховицкого и Т.Н. Блинчикова; первые два из них были научными сотрудниками кафедры.

В послевоенный период изменился педагогический и научный состав кафедры. Покинул Политехнический институт получивший кафедру теоретической механики в ЛГУ Н.Н. Поляхов, перешел на исследовательскую работу во Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники М.А. Дементьев, перестал читать лекции по газовой динамике И.А. Кибель. Кафедра, по-прежнему руководимая Л.Г. Лойцяным и его заместителем И.Л. Повхом, пополнилась вернувшимся с войны Л.Г. Степанянцем, выпускницей 1946 г. В.В. Богдановой и перешедшей из ЛГУ А.Е. Головиной. В период 1947-1949 гг. судостроительную тематику на кафедре вел А.М. Басин. В начале пятидесятых годов кафедра пополнилась ассистентами, впоследствии доцентами: Н.И. Акатновым, О.Н. Бушмариным и Г.В. Смирновым. Возобновились работы для ЛМЗ, продолжились испытания моделей гидротурбин на аэростенде, углубилось и разрослось сотрудничество с институтами ЦНИИ им. А.Н. Крылова, ЦКТИ им. И.И. Ползунова в связи с запросами судостроения и энергомашиностроения.

В середине пятидесятых – начале шестидесятых годов на кафедру пришли молодые сотрудники, впоследствии профессора. Это были: Ю.П. Лунькин, соединявший в своем лице специалиста в области теоретической физики и энтузиаста применения ее методов в газовой динамике, в частности, в теории разреженных и неоднородных газов (многокомпонентных смесей газов); Ю.В. Лапин, возглавивший на кафедре развитие нового направления – теории теплообмена в многокомпонентных химически реагирующих газовых смесях, непосредственно связанного с проблемами ракетной техники и космонавтики, и

^{*)} Последнее прижизненное издание «Механики жидкости и газа» Л.Г. Лойцянского увидело свет в 1987 г. – *Прим. редактора.*

принявший на себя в 1975 году заведование кафедрой после отошедшего от руководства в связи с семидесятипятилетием Л.Г. Лойцянского; Н.Д. Заблоцкий, успешно продолживший развитие теории газовых опор, подшипников и подвесов.

Начало работ на кафедре по теории газовой смазки имело следующую историю.

В середине пятидесятых годов будущий президент АН СССР, занимавший пост директора Института прикладной математики (ИМП) М.В. Келдыш, уже тогда являвшийся, как потом стало известно, главным теоретиком советской космической программы, обратился к Л.Г. Лойцянскому с предложением заняться приложением динамики вязкой жидкости и газа к специальным вопросам гидрогазодинамической смазки подшипников и подвесов в гироскопических приборах, предназначенных для решения задач навигации ракетных аппаратов. В виде ответа на этот запрос космической области Л.Г. Лойцянским в 1955-1956 гг. было проведено полное теоретическое исследование общего случая поступательного и вращательного движения сферического шипа (ротора) в заполненной вязкой жидкостью тонкой области между поверхностью шипа и эксцентрически по отношению к нему расположенной неподвижной поверхностью сферического подшипника. В результате этого исследования удалось в квазистационарной постановке получить простые конечные выражения для главного вектора приложенных к шипу сил поддержания и для главного момента сил сопротивления. Такая же квазистационарная постановка была применена и для сферического подвеса, совершающего малые вертикальные смещения около положения своего устойчивого равновесия в щелевом потоке, возникающем за счет поддува газа через нижнее отверстие в поверхности неподвижной опоры. Обе эти задачи послужили темой доклада в ИМП. Были они также использованы как примеры «медленных» движений (лишенных влияния инерционных членов в уравнениях Навье-Стокса) в учебнике «Механика жидкости и газа». Более общая постановка, содержащая не только вертикальные смещения подвеса, но и любые другие, была рассмотрена в 1958 г. в совместной работе Л.Г. Лойцянского и Л.Г. Степанянца. Решение этих сравнительно простых в отношении геометрии и способа подачи газа задач послужили толчком к последующему мощному развитию теории газовой смазки подшипников и подвесов. Работы кафедры в этом направлении под руководством и энергичном участии Н.Д. Заблоцкого приобрели широкую известность в технических кругах и сыграли свою роль в повышении авторитета кафедры гидроаэродинамики ЛПИ.

За последние тридцать лет (1955-1984 гг.) деятельности кафедры на ней не прекращались исследования по ее традиционному магистральному направлению, а

именно по теории ламинарных и турбулентных пограничных слоев и струй. В орбиту этих исследований, обогащенных рядом новых плодотворных идей, вошли и задачи течения газа при больших до- и сверхзвуковых скоростях.

Большое значение для распространения теории пограничного слоя, в том числе ее новейших разделов, имела вышедшая в 1962 г. монография Л.Г. Лойцянского «Ламинарный пограничный слой». В 1967 г. она была переведена на немецкий язык и выпущена в несколько расширенном виде издательством «Academie-Verlag».

В 60-е гг. Л.Г. Лойцянский вернулся на новом уровне к идеям, составившим содержание его работ начала 40-х гг. по теории ламинарного пограничного слоя. В результате в 1965 г. он предложил новый приближенный метод расчета ламинарного пограничного слоя, который явился завершением предыдущих методов Кочина-Лойцянского и Хоурта и содержал их как частные случаи. Этот метод «обобщенного подобия», или, как его иногда называют, «параметрический метод», в отличие от численных методов решения конкретных задач ламинарного пограничного слоя, требует лишь однократного численного интегрирования «универсального» уравнения и составления таблиц решения, пригодных для всех задач ламинарного пограничного слоя данного типа (изотермического или неизотермического, со вдувом или без вдува и т. п.). Двухпараметрическое решение универсального уравнения в случае плоского ламинарного пограничного слоя с произвольным распределением скорости на внешней границе пограничного слоя было впервые получено Е.Ф. Озеровой и Л.М. Симуни. На частном примере ламинарного пограничного в несжимаемой жидкости на круговом цилиндре была показана малость отличия такого решения от «точного» численного решения исходных уравнений пограничного слоя.

В работах аспирантов кафедры В. Любенова (Болгария) и С.М. Капустянского опубликованных в период 1965-1970 гг. этот метод был распространен на задачи ламинарного пограничного слоя в потоках газа больших скоростей, В 1966 г. Н.В. Кривцова использовала метод обобщенного подобия в теории ламинарного пограничного слоя в равновесно диссоциированном газе. В те же годы аспиранты М.В. Белубекян, В.С. Юферев и З. Боричич (Югославия) применили метод обобщенного подобия к пограничному слою в электропроводящей жидкости при наличии магнитного поля. Позже применение этого метода было расширено в 1972 и 1973 гг. аспирантами кафедры гидроаэродинамики ЛПИ А.Л. Лесниковым и Л.Г. Шишкиной на случай проницаемой поверхности.

Заслуживают особого упоминания исследования В.В. Богдановой (1968 г.), относящиеся к общему случаю пространственного пограничного слоя, и ее более

ранняя работа (1965 г.) по осесимметричному пограничному слою в закрученном потоке, а также статья Ю.Е. Карякина по пространственному пограничному слою в электропроводной жидкости при наличии магнитного поля. К 1976 г. относится интересная с методической стороны работа В.В. Богдановой, выясняющая роль выбора масштаба для поперечной координаты в универсальных уравнениях ламинарного пограничного слоя. Нельзя не упомянуть, что сама идея метода обобщенного подобия была успешно распространена на задачи ламинарного движения жидкостей и газов и процессов теплообмена в условиях, отличных от пограничного слоя. Под руководством Л.Г. Степанянца и при его непосредственном участии в период 1978-1983 гг. появился ряд работ по применению данного метода в таких разнообразных областях гидроаэродинамики, как гидродинамическая теория смазки подшипников при больших числах Рейнольдса (1978 г., совместно с Т.Н. Смагой и Б.И. Смирновым), движение вязкого газа в тонких слоях (1981 г., совместно с Б.И. Смирновым), неизотермическое течение вязкого газа в тонких трубах переменного сечения (1982 г., совместно с Б.И. Смирновым), теплообмен при пленочном течении жидкости (1983 г., совместно с О.П. Котельниковой).

В 50-60-е гг. получили свое развитие общие идеи о подобию в турбулентных движениях, высказанные Л.Г. Лойцянским еще в 1933 г. в докладе на конференции Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники (ВНИИГ). В работах этого периода был в определенной степени завершен вопрос о взаимодействии молекулярного (вязкого) и молярного (турбулентного) переносов количества движения, тепла и вещества в неизотермическом потоке. К этому вопросу Л.Г. Лойцянский вернулся вновь в 1983 г., предложив общую теорию демпфирующего множителя к величине прандтлевского пути смещения в переходной области пограничного слоя. При этом была получена новая приближенная формула демпфирующего множителя, более точная, чем известная формула Ван-Дрифта, не уступающая ей в простоте и более рационально обоснованная.

В шестидесятых годах на кафедре начали активно проводиться исследования турбулентных пограничных слоев в газовых потоках больших скоростей. Одной из первых работ в этом направлении явилось совместное исследование Ю.В. Лапина и Л.Г. Лойцянского по применению полуэмпирического метода Кармана к расчету турбулентного пограничного слоя на пластине в газовом потоке больших скоростей (1961 г.). В этой работе путем сравнения результатов расчетов с новыми опытными данными была подтверждена допустимость применения полуэмпирических теорий турбулентности к потокам газа больших скоростей. Заметим, что хотя указание на допустимость такого рода предположения можно было найти в статье Ф.И. Франкля

и В.В. Войшеля 1937 г., но принятый в этой работе метод расчета ограничил результаты числом Маха мало превосходящим единицу. Только что указанная работа Ю.В. Лапина и Л.Г. Лойцянского была лишена этого недостатка. Следует сказать, что в период появления работ Франкля и Войтеля конкурировали два разных подхода к постановке и решению рассматриваемой задачи. Первый подход состоял в применении полуэмпирической теории Кармана непосредственно в физических переменных, второй основывался на предположении о пригодности теории Кармана, выраженной в переменных Дородницына. Отсутствие в то время опытных данных при больших числах Маха не позволяло судить о справедливости того или другого подхода. (При числах Маха, лишь немного превосходящих единицу, оба подхода давали одинаковые результаты.) Только после появления результатов экспериментов, доведенных до чисел Маха, равных восьми, была выяснена справедливость первого подхода, выбранного Ф.И. Франклем и В.В. Войшелем, Ю.В. Лапиным и Л.Г. Лойцянским, Е. Ван-Дристом и др. Применение и развитие этого подхода легло в основу первой советской монографии по турбулентному пограничному слою, опубликованной в 1970 г. Ю.В. Лапиным и посвященной полуэмпирическим теориям турбулентного пограничного слоя в сверхзвуковых потоках однородного и диссоциированного газа, в том числе при наличии теплообмена между газом и твердой поверхностью. Второе издание этой замечательной монографии, относящееся уже к 1982 г., было значительно расширено автором включением задач о потоках многокомпонентных, химически реагирующих газов. Весьма примечательно, что полученные на кафедре результаты по теории турбулентного пограничного слоя, в том числе при больших числах Маха, дали новый стимул к развитию методов обобщенного подобия, теперь уже для турбулентных течений. Первое указание на возможность такого применения появилось в 1969 г. в статье Л.Г. Лойцянского, помещенной в юбилейном сборнике в честь шестидесятилетия академика Л.И. Седова. Изложение метода обобщенного подобия в применении к турбулентному пограничному слою было опубликовано в статье того же автора в 1976 г. В этой статье, базирующейся на эмпирическом описании турбулентности, использованы степенные формулы сопротивления. Это ограничение снято в исследованиях аспиранта кафедры В.В. Зябрикова, рассмотревшего применение метода обобщенного подобия к турбулентному пограничному слою, основанное на использовании двухслойной схемы и полуэмпирических формул Прандтля и Клаузера. К сожалению, отсутствие в то время модификации формулы Клаузера, предложенной позже Ю.В. Лапиным и М.Х. Стрельцом, не позволило получить удовлетворительные результаты в предотрывной области пограничного слоя. К началу 80-х гг. относится проведенное

Л.Г. Лойцянский исследование влияния «наследственности» на движение в турбулентном пограничном слое (доклад на V Всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике в Алма-Ате в 1981 г.). В этой работе, в частности, поставлена под сомнение возможность применения классической формулы турбулентного трения Буссинеска в областях потока с крупномасштабной турбулентностью. Эти соображения были затем подтверждены расчетом и сравнением с тщательными опытами японских исследователей Тзуджи и Морикавы аспирантом В.В. Зябриковым в 1983 г.

В заключение настоящих записок вернемся к уже частично раскрытой теме, а именно о роли кафедры гидроаэродинамики в распространении и пропаганде гидродинамических знаний в ЛПИ и за его пределами.

Во все годы существования кафедры на ней регулярно работал научный семинар, который всегда привлекал внимание большого числа научных работников и заводских инженеров. На этом семинаре выступали с докладами не только члены кафедры и ее выпускники, но и члены других кафедр института, а также ученые многих других городов страны. Сейчас на этом семинаре заслушивается много докладов ученых, представивших свои диссертации в Специализированный совет при кафедре. Той же цели распространения гидромеханических знаний служат монографии и учебники, авторами которых являются члены кафедры.

Гидромеханические знания, которые здесь понимаются как совокупность всех разнообразных вопросов механики жидкости и газа, получили широкое распространение на всех специальностях факультетов механического профиля. Имели при этом место как «самобытное» обращение к основам гидромеханики, вызываемое насущными требованиями новой техники и не связанное с общением с другими кафедрами, так и определенно выраженная преемственность этого процесса с обращением к тем кафедрам, где уровень гидромеханических представлений изначально был более высок. В задачу автора не входит анализ путей преемственности, потребовавший бы специальных исследований.

Если не говорить о теплофизической специальности физико-механического факультета, естественно связанной в своей работе с гидромеханическими представлениями, то на первое место по использованию гидромеханических знаний, пожалуй, следует поставить два факультета ЛПИ: энергомашиностроительный и гидротехнический.

На первом из них, прежде всего, следует отметить наличие в учебных планах курса теоретических основ теплотехники. Руководимая профессором, д.т.н. А.И. Кирилловым кафедра того же наименования вкладывает в этот курс большое

газодинамическое содержание, которое несомненно облегчает студентам факультета дальнейшее усвоение специальных предметов.

Кафедру гидромашиностроения, созданием которой факультет обязан выдающемуся ученому и инженеру, чл.-корр. АН СССР И.Н. Вознесенскому, крупному специалисту как в области гидродинамики гидромашин, так и в вопросах их регулирования, больше всего связывали со специальностью гидроаэродинамики ФМФ глубокие исследования самого И.Н. Вознесенского по гидродинамике проточной части турбины и, особенно, по проектированию лопаточного аппарата рабочего колеса. Большой заслугой И.Н. Вознесенского было то, что он поставил расчет рабочих колес гидротурбин на прочный гидродинамический фундамент теории решеток «тонких» профилей, в дальнейшем расширенный выпускниками кафедры гидроаэродинамики В.Ф. Пекиным и Л.А. Симоновым. В учебном плане специальности гидромашиностроения уже давно присутствует курс гидродинамики, обеспечивавшийся кафедрой гидроаэродинамики (А.Е. Головина, В.В. Богданова, Р.Л. Петров).*)

Значительны требования к газодинамике на кафедре и специальности турбиностроения, возглавляемой профессором И.И. Кирилловым. Читаемый им курс неразрывно связан с основами гидродинамики и газодинамики, без которых сейчас не может излагаться современная теория паровых и газовых турбин. В лабораторных испытаниях и научных исследованиях кафедры турбиностроения широко используется тонкий аэродинамический эксперимент.

На кафедре компрессоростроения, возглавляемой профессором К.П. Селезевым, ведутся исследования по повышению эффективности рабочих колес центробежных компрессоров. С этой целью выполняются расчеты потока в межлопаточном канале и пограничном слое на поверхностях рабочих лопаток и дисков, сравниваемые с результатами аэродинамических измерений при помощи микродатчиков давлений и микрозондов для скоростей.

Во главе кафедры реакторов и парогенераторостроения до недавней безвременной кончины стоял крупный ученый и инженер В.В. Померанцев, ученик старинной школы теплотехники на механическом факультете, потом специальности теплофизики на физико-механическом факультете, в прежние времена возглавляемой академиком М.В. Кирпичевым и его ближайшим сотрудником профессором А.А. Гухманом.

*) В последние годы кафедра гидромашин самостоятельно обеспечивает чтение этого курса. – *Прим. редактора.*

Имена этих двух ученых связаны с распространением теории подобия и размерностей в приложениях к гидродинамике и теплотехнике. В.В. Померанцев широко использовал эти теории в преподавании и научных исследованиях, относящихся к анализу процессов в реакторах и парогенераторах.

На кафедре двигателей внутреннего сгорания, ранее возглавлявшейся профессором Н.Х. Дьяченко, всегда обращалось большое внимание на тесно связанные с гидродинамикой вопросы охлаждения двигателей. Эти традиции продолжены нынешним заведующим кафедрой, профессором Р.М. Петриченко.

На гидротехническом факультете отдельного курса гидродинамики нет. Недостаток этот в какой-то мере исправляется кафедрой гидравлики, которую возглавляет профессор Н.Я. Яковлев. В преподавание гидравлики вводятся некоторые вопросы гидродинамики, как в курсе, читаемом А.Д. Гиргидовым. Можно с удовлетворением отметить, что в учебный план группы преподавателей гидравлики на факультете повышения квалификации (ФПК) введены курсы гидродинамики (читает Л.Г. Лойцянский, упражнения ведет Е.М. Смирнов) и теории турбулентности (читает А.Д. Гиргидов). Можно надеяться, что поднявшие свою квалификацию на ФПК нашего института преподаватели гидравлики повысят уровень гидромеханических представлений в широких кругах инженеров-гидротехников страны. Надо вспомнить ту передовую роль в гидротехнике, которую сыграл выдающийся гидротехник академик Н.Н. Павловский (1884-1937) своими работами по теории движения грунтовых вод, и поставить на ту же высоту новые, современные требования к гидротехнике.

На гидротехническом факультете существует возглавляемая профессором А.В. Тананаевым кафедра ядерно-энергетических сооружений, тесно связанная с гидродинамическими проблемами. В лаборатории этой кафедры ведутся важные для практики экспериментальные исследования движения проводящих жидкостей в магнитных полях, относящиеся к сравнительно новой области наук – магнитной гидродинамике.

Не остался в стороне от технических применений гидромеханики и физико-металлургический факультет нашего института. В программах специальных курсов этого факультета используются методы гидравлической теории движения пламени и газов в промышленных печах и металлургических агрегатах, разработанной замечательным русским металлургом Н.Е. Грум-Гржимайло (1864-1928). Более того, с помощью кафедры гидроаэродинамики на физико-металлургическом факультете был создан и читается курс «Теория потоков», в котором излагаются основы гидромеханики и тепломассопередачи. Первым лектором этого курса долгое время был профессор кафедры гидроаэродинамики И.Л. Повх.

Подводя итог этим воспоминаниям об организации и деятельности кафедры гидроаэродинамики и ее роли в распространении гидромеханических знаний в нашем институте, можно с удовлетворением констатировать, что процесс развития этих знаний в ЛПИ, начавшийся еще в начале века на физико-механическом факультете, вышел за первоначальные рубежи и распространился по многим кафедрам других факультетов.