

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра гидравлики

История развития гидравлики

Методические указания к лекционному курсу по дисциплине «гидравлика»
для студентов очной и заочной формы обучения направление подготовки
2701000 - Строительство

Нижний Новгород - 2011

УДК 532.03

История развития гидравлики. Методические указания по дисциплине «Гидравлика». – Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2011. – 33 с.

В настоящих методических указаниях приводятся материалы по истории развития гидравлики, как прикладной науки, занимающейся изучением законов покоя и движения жидких тел и рассматривающая способы приложения этих законов к решению конкретных технических задач.

Составители: доцент, к.т.н., А.К. Битюрин, старший преподаватель А.А. Низов

Рецензент: доцент, к.т.н., Н.Ю. Волкова

© - Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Этапы развития гидравлики, как науки	4
1.1 Древняя Греция	4
1.2 Древний Рим.....	5
1.3 Средние века	5
1.4 Эпоха возрождения.....	6
1.5 XVII век - начало XVIII века	6
1.6 Середина и конец XVIII века.....	7
1.7 XIX – XX века	15
2. Развитие гидравлики в России.....	19
Заключение	31
Литература	32

Введение

Гидравлика – одна из самых древних наук в мире. Еще в глубокой древности, задолго до нашей эры, с первых шагов своего исторического развития, человек был вынужден практически заниматься решением различных гидравлических задач. Об этом говорят результаты археологических исследований и наблюдений, которые показывают, что еще за 5000 лет до нашей эры в Китае, а затем и в некоторых других странах древнего мира уже существовали оросительные каналы и были известны некоторые простейшие гидравлические устройства.

Зарождение отдельных представлений из области гидравлики следует отнести еще к глубокой древности, ко времени гидротехнических работ, проводившихся древними народами, населявшими Египет, Вавилон, Месопотамию, Индию, Китай и другие страны. Однако прошло много веков и даже тысячелетий, прежде чем начали появляться отдельные, вначале не связанные друг с другом, попытки выполнить научные обобщения тех или других наблюдений, относящихся к гидравлическим явлениям. В далекой древности гидравлика являлась только ремеслом без каких-либо научных основ.

Реки, каналы, гидро- и атомные электростанции, трубопроводы, гидравлические машины, гидроприводы, различные летательные аппараты – такие различные объекты являются сферой приложения законов гидравлики. Это отрасль знаний, где теоретические исследования гидравлики тесно связаны с решением практических задач.

1. Этапы развития гидравлики, как науки

1.1. Древняя Греция

Первым дошедшим до нашего времени трудом по гидравлике был трактат великого математика и механика древности Архимеда (287-212 гг. до н.э.) «О плавающих телах». Однако сведения о некоторых законах

гидравлики были, видимо, известны и ранее, так как задолго до Архимеда строились оросительные каналы и водопроводы.

Архимед оставил после себя многочисленные труды по вопросам математики, механики, гидростатики. Наиболее известны закон рычага, способы вычисления длин кривых, законы гидростатики.

Представитель древнегреческой школы Ктезибий (II или I век до н.э.) изобрел пожарный насос, водяные часы и некоторые другие водяные устройства.

Герон Александрийский (вероятно I век до н.э.) описал сифон, водяной орган, автомат для отпуска жидкости и др.

1.2. Древний Рим

Римляне многое заимствовали у греков. В Древнем Риме строились сложные для того времени: акведуки, системы водоснабжения и т.п. В своих сочинениях римский инженер-строитель Фронтин (40-103 г. н.э.) указывает, что во времена Траяна в Риме было 9 водопроводов, причем общая длина водопроводных линий составляла 436 км. Можно предполагать, что римляне уже обращали внимание на наличие связи между площадью живого сечения и уклоном дна русла, на сопротивление движению воды в трубах, на неразрывность движения жидкости. Например, Фронтин писал, что количество воды, поступившей в трубу, должно равняться количеству воды, вытекающей из нее.

1.3. Средние века

Этот период длился после падения Римской империи около тысячи лет и характеризуется, как принято считать, регрессом, в частности, и в области гидравлики.

Однако именно в этот период были созданы универсальные энергетические машины – водяные мельничные колеса различных типов и размеров, послуживших основой промышленной энергетики.

1.4. Эпоха возрождения

На протяжении почти 17 веков после Архимеда вплоть до трактата великого итальянского художника и инженера Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.) « О движении и измерении воды» не появилось ни одного теоретического труда о равновесии и движении жидкости. Однако это сочинение было опубликовано лишь в XIX веке, в связи с чем его роль в развитии науки гидравлики оказалась незначительной.

Первым опубликованным сочинением из области гидравлики следует считать книгу голландского ученого Симона Стевина (1548-1620 гг.) «Начало гидростатики» (1585г.), где впервые дано определение силы давления жидкости на дно и стенки сосудов. Следует заметить, что изобретение европейцами книгопечатания способствовало распространению накапливающихся знаний по гидравлике Галилео Галилея (1564-1642 гг.). В 1612 году им была опубликована книга «Рассуждение о телах, пребывающих в воде, и о тех, которые в ней движутся», в которой Г.Галилей описал условие плавания тел. Он показал, что гидравлические сопротивления возрастают с увеличением скорости и с возрастанием плотности жидкости. Галилео Галилей впервые разъяснил также понятие вакуума.

1.5. XVII век - начало XVIII века

В этот период гидравлика все еще находилась в зачаточном состоянии. Вместе с тем здесь можно отметить имена следующих ученых, внесших вклад в ее развитие.

К числу первых научных сочинений о движении жидкости относятся труды итальянских ученых Г. Галилея – Б. Кастелли и Э. Торричелли.

Бенедикта Кастелли (1577 – 1644 гг.) – преподаватель математики в Риме и Пизе – в ясной форме изложил принцип неразрывности потока воды.

Математик и физик Эванджеллист Торричелли (1608 – 1647 гг.) в 1641 году впервые провел опытные исследования истечения жидкости из отверстий и установил пропорциональность скорости истечения V корню квадратному корню из величины напора истечения H ($V = \sqrt{2g \cdot H}$, где g – ускорение свободного падения).

Формулы расхода и скорости истечения жидкости из отверстий, полученные Б. Кастелли и Э. Торричелли, принадлежат к основным формулам современной гидравлики и имеют весьма важное практическое решение.

Французский математик, физик и философ Блез Паскаль (1623 – 1662 гг.) в 1661 году сформулировал закон о передаче давления в жидкости, вследствие чего появилось большое число простых гидравлических машин - гидравлических прессов, домкратов и т.п.

Английский физик и математик Исаак Ньютон (1643 – 1727 гг.) в 1687 году сформулировал гипотезу о внутреннем трении жидкости, введя понятие о вязкости жидкости, а также открыл явление сжатия струи при истечении жидкости через отверстие, исследовал относительное равновесие жидкости, приливно-отливные явления в природе и др.

Работы этого периода не смогли стать основанием для выделения гидравлики в самостоятельную отрасль науки и поэтому достижения этого времени были лишь частью отдельных разделов физики и математики.

1.6. Середина и конец XVIII века

В этот период формируются теоретические основы современной механики жидкости, которые были заложены известными учеными XVIII века Даниилом Бернулли, Леонардо Эйлером, Жан Лерон Д'Аламбером и др.

Даниил Бернулли (1700 – 1782 гг.) – известный математик и механик, один из членов семейства знаменитых швейцарских ученых

Бернулли, родоначальник которой Якоб (дожил до 1583г.) был выходцем из Голландии.

Даниил Бернулли – сын Иоганна (1667 – 1748 гг.) – родился в Гронингене (Голландия), он занимался физиологией и медициной, но больше всего математикой и механикой. В 1725 -1733 гг. работал в Петербургской Академии наук сначала на кафедре физиологии, а затем механики. Впоследствии он стал почетным членом Петербургской Академии наук.

Д. Бернулли, работая над проблемами математики и механики, посвятил ряд работ вопросам движения и сопротивления жидкости.

После отъезда из России в 1733 году в Безель (Швейцария) Д.Бернулли работал профессором Базельского университета вначале по физиологии (1733г.), затем по механике (1750г.).

В 1738 году в Базеле Д. Бернулли опубликовал свой известный труд по механике жидкости, на титульном листе которого написал: «Даниила Бернулли... Гидродинамика, или записки о силах и движении жидкостей. Академический труд, выполненный автором во время работы в Петербурге». 10 марта 1783г. Даниил Бернулли написал предисловие, в котором точно указывал, что его «Гидродинамика» полностью принадлежит России и, прежде всего, Петербургской Академии наук.

Даниил Бернулли вывел важное уравнение взаимосвязи удельных энергий при движении жидкости, служащее основой теоретических построений и практических расчетов в области гидравлики (в последствии уравнение было названо его именем).

Уравнение Д. Бернулли – основное уравнение гидродинамики, связывающее (для установившегося течения) скорость текущей жидкости V , давление в ней P и высоту Z расположения малого объема жидкости над плоскостью отсчета. Уравнение Д.Бернулли имеет большое значение в гидравлике и технической гидродинамике: оно используется при расчетах

трубопроводов, насосов, при решении задач, связанных с фильтрацией жидкостей и т.д.

Даниил Бернулли также изобрел водоподъемник, установленный под Архангельском, поднимавшим воду на высоту до 30м.

Леонард Эйлер (1707 – 1783 гг.) – выдающийся математик, механик и физик родился и получил образование в Базеле (Швейцария) и длительное время жил и работал в Петербурге (1726-1741 гг.) и (1766-1783 гг.), являясь членом Петербургской Академии наук.

По выражению Пьер-Симона де Лапласа, Л. Эйлер явился учителем математиков второй половины XVIII века. Заслуги Леонардо Эйлера как крупнейшего ученого и организатора научных исследований получили высокую оценку еще при его жизни. Помимо Петербургской и Берлинской Академий наук, он состоял членом крупнейших научных учреждений: Парижской Академии наук, Лондонского Королевского общества и других.

Одна из отличительных сторон творчества Л. Эйлера – его исключительная продуктивность. Только при его жизни было опубликовано около 550 его книг и статей (список трудов Леонардо Эйлера содержит примерно 850 названий). В Швейцарии в 1975г. издано полное собрание сочинений Л. Эйлера в 72 томах.

Будучи в Петербурге, Л. Эйлер помимо выдающихся математических работ публикует ряд работ, связанных с исследованием движения жидкости.

Им вводится понятие некоторой воображаемой жидкости, так называемой идеальной жидкости, лишенной трения. В 1755 г. и 1756г. появляются две его работы под названием «Начала движения жидкости». В них впервые дается ясное определение понятия давления жидкости и на его основе дается полная система дифференциальных уравнений движения

идеальной жидкости, включая уравнение неразрывности. Эти уравнения впоследствии были названы уравнениями Эйлера.

Труды Л. Эйлера по исследованию равновесия и движения жидкости нашли свое завершение в работах «О состоянии равновесия жидкостей», «О началах движения жидкостей». «О линейном движении жидкостей», «О движении воздуха».

На основе учения Л. Эйлера возникла родственная гидравлике наука – гидромеханика, которая также изучает законы движения жидкостей, но только лишь методом математического анализа, тогда как гидравлика широко использует и экспериментальный метод.

После Леонарда Эйлера в России работали ученики его школы: Николай Иванович Фусс (1755 – 1825 гг.), Семен Емельянович Гурьев, Иван Никитич Гроздов и др. Н. И. Фуссу принадлежит первое серьезное исследование о полете птиц, имевшее значение для зарождения авиации. И. Н. Гроздов и Н. И. Фусс впервые подробно исследовали истечение жидкости из отверстий в различных условиях и опубликовали свой анализ.

В это же время в Петербургской Академии наук работал русский ученый мирового значения Михаил Васильевич Ломоносов (1711 – 1765 гг.), который в своей диссертационной работе «Рассуждения о твердости и жидкости тела» впервые сформулировал закон сохранения вещества и движения. Развернутое обоснование этого закона было дано М. В. Ломоносовым в открытом письме Л. Эйлеру от 5 июля 1748 года. Михаил Васильевич Ломоносов при этом не только дал неопровержимые научные доказательства открытого им закона, но и объяснил его с точки зрения всеобщего закона природы.

В настоящее время закон сохранения массы и энергии лежит в основе многих наук, включая современную гидравлику.

Михаил Васильевич Ломоносов занимался многими насущными по тому времени вопросами практической жизни. Являясь руководителем

строительства плотины на Усть - Рудицком заводе, он трудился и как теоретик, изучая условия работы гидротехнических сооружений. Он также исследовал движение воздуха в рудниках. Под влиянием М. В. Ломоносова появляется книга Леонарда Эйлера «О движении, происходящем от разности температур» - труд о тепловой циркуляции в замкнутой трубе, ось которой расположена в вертикальной плоскости.

М. В. Ломоносов изобрел универсальный барометр, вискозиметр (прибор для изучения вязкости жидкости), прибор для измерения скорости и направления ветра, прибор для определения скорости и направления течения в море, «аэродрольную» машину – прообраз современного вертолета.

Жан Лерон Д'Аламбер (1717 – 1783 гг.) – французский математик и философ, член Парижской, Петербургской и других Академий наук в своем «Трактате о динамике» (1743г.) впервые сформулировал общие правила составления дифференциальных уравнений движения любых материальных систем, сведя задачи динамики к статике (принцип Д'Аламбера). Этот принцип был применен им в трактате «Рассуждения об общей причине ветров» (1774г.) для обоснования гидродинамики (доказал существование наряду с океаническими также воздушных приливов).

Основные математические исследования Д'Аламбера относятся к теории дифференциальных уравнений, где он дал метод решения дифференциальных уравнений 2-го порядка с частными производными. Эти работы, а также последующие работы Л. Эйлера и Д. Бернулли составили основу математической физики.

Известен принцип Д'Аламбера, один из основных принципов динамики, согласно которому, если к заданным (активным) силам, действующим на точки механической системы, и реакциям наложенных связей присоединить силы инерции, то получится уравновешенная система сил.

В указанный период существенный вклад в дело развития механики жидкости внесли также два выдающихся математика того времени: Ж. Лангранж и П. Лаплас.

Жозеф Луи Лангранж (1736 – 1813 гг.) – французский математик и механик, член Парижской Академии наук, а затем президент Берлинской Академии наук. После возвращения (1787г.) в Париж – профессор Нормальной, а затем Политехнической школ.

Его наиболее важные труды относятся к вариационному исчислению. Опираясь на результаты, полученные Л.Эйлером, Лангранж разработал основные понятия вариационного исчисления и предложил общий аналитический метод (метод вариаций) для решения вариационных задач. В гидромеханике известны уравнения Ж. Лангранжа – уравнения движения жидкой среды, записанные в переменных Лангранжа, которыми являются координаты частиц среды. Из уравнений Ж. Лангранжа определяется закон движения частиц среды в виде зависимостей координат от времени, а по ним находятся траектории, скорости и ускорения частиц. Обычно этот путь исследования оказывается достаточно сложным, и при решении большинства гидромеханических задач идут другим путем, используя уравнение гидромеханики Эйлера.

Уравнение Ж. Лангранжа применяют главным образом при изучении колебательных движений жидкости.

Пьер Симон Лаплас (1749 – 1827гг.) – французский астроном, математик и физик, член Парижской Академии наук, профессор Военной школы и председатель Палаты мер и весов. Деятельно участвовал в реорганизации системы высшего образования во Франции, в создании Нормальной и Политехнической школ. Фундаментальными являются работы П. Лапласа по дифференциальным уравнениям, в частности по интегрированию методом «каскадов» уравнений с частными производными. Разработал созданную им математическую теорию

вероятностей. Классический труд «Аналитическая теория вероятностей» трижды издавалась при его жизни (1812, 1814 и 1820 гг.). Лаплас опубликовал ряд работ по теории капиллярности и установил закон, носящий его имя.

В этот же период (середина и конец XVIII века) зарождается техническое (прикладное) направление механики жидкости. Наряду с учеными теоретиками (Д. Бернулли, Л. Эйлер, Ж. Д'Аламбер и др.), сформировавшими теоретические (математические) основы современной механики жидкости, во Франции начала постепенно образовываться особая школа – школа ученых – инженеров, которые стали формировать механику как техническую (прикладную) науку.

В 1716 году во Франции было основано специальное учебное заведение «Эколь де пон э шоссе» (школа мостов и дорог), в котором большое внимание уделялось изложению и развитию курса инженерной гидравлики, что предопределило в дальнейшем приоритет мостостроителей и гидротехников в решении прикладных задач.

Рассматривая гидравлику как отрасль техники, а не математики, представители этой школы ввели преподавание механики жидкости в технические учебные заведения. Яркими представителями этой школы были: А. Пито (1695 – 1771 гг.) – инженер – гидротехник, член Парижской Академии наук, изобретатель скоростной трубки «прибора Пито»; А. Шези (1718 – 1798 гг.) – директор французской школы мостов и дорог, сформировавший параметры подобия потоков и обосновавший формулу скорости равномерного движения жидкости, носящую его имя; Жан Шарль Борда (1733 – 1799 гг.) – военный инженер – геодезист, который занимался вопросами истечения жидкости через отверстия, обобщенными в работе «Опыт по сопротивлению жидкости»; в 1766 г. он вывел формулу для определения потерь напора при внезапном расширении потока, названную его именем; П. Дюбуа (1734 – 1809 гг.) – инженер – гидротехник и

военный инженер, составивший обобщенный труд «Принципы гидравлики» и исследовавший движение наносов в реках.

К гидравлической школе Франции присоединились ученые и инженеры других стран, такие как – Д. Вентури (Италия), Р. Вольтман (Германия), О. Рейнольдс (Англия) и др.

Джованни Баттиста Вентури (1746 – 1822 гг.) – итальянский ученый. С 1773 года профессор в университете в Модене, затем в Павии. Наиболее известны работы Д. Вентури в области гидравлики. В 1797 году опубликовал на французском языке исследование об истечении воды через короткие цилиндрические и расходящиеся насадки (насадки Вентури). В 1887 году американским ученым К. Гершелем был предложен водомер, названный именем Вентури. Известна трубка Вентури для измерения скорости в воздушном и водных потоках и для создания вакуума в авиационных гироскопах.

Ральф Вольтман (1757 – 1837 гг.) – немецкий ученый – инженер изобрел вертушку для измерения скоростей течения воды в реках и каналах, что привело к накоплению знаний в изучении режима рек.

Осборн Рейнольдс (1842 – 1912 гг.) – английский физик инженер, член Лондонского Королевского общества, профессор Манчестерского университета. С 1888 года возглавил Витвортовскую инженерную лабораторию. Основные труды – по теории динамического подобия течений вязкой жидкости, по теории турбулентности и теории смазки.

О. Рейнольдс исследовал вопросы гидравлики с позиций инженера. В 1876 – 1883 гг. экспериментально установил критерий перехода ламинарного течения в цилиндрических трубах в турбулентное. Предложил дифференциальные уравнения для осредненного движения жидкости, учитывающие дополнительные напряжения (турбулентные напряжения). Внес большой вклад в развитие гидродинамической теории смазки.

О. Рейнольдс исследовал также явление кавитации на лопасти вращающегося винта, групповую скорость распространения волн на свободной поверхности воды, теплопередачу от твердых стенок и жидкости и др.

1.7. XIX – XX века

Развитие производительных сил в XIX веке поставило новые вопросы, которые теоретическая гидромеханика идеальной жидкости уже не могла решать. Надо было переходить к изучению движения реальных жидкостей. Эта задача была до некоторой степени решена Луи Мари Навье (1785 – 1836 гг.) – видным французским инженером и механиком, членом Парижской Академии наук, профессором Политехнической школы Парижа, который на основе гипотезы И. Ньютона о силе внутреннего трения впервые в 1824 г. вывел дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости.

Дифференциальные уравнения Л. Навье были упрощены Джорджем Габриелем Стоксом (1819 -1903 гг.), английским физиком и математиком, профессором Кембриджского университета. Однако эти уравнения из-за значительных математических трудностей оказалось возможным применить лишь для простейших случаев движения жидкостей. Таким образом, эти уравнения гидромеханики также нельзя было использовать для решения конкретных инженерных задач.

Вопросам исследования вязких жидкостей посвящены работы французских ученых А. Сен-Венана и Ж. Пуазейля.

Адемар Жан Клод Барре де Сен-Венана (1797 – 1886 гг.) – французский ученый в области механики, член Парижской Академии наук, преподаватель в Школе мостов и дорог в Париже. Основные труды – по теории упругости, сопротивлению материалов и гидромеханике. Работы А. Сен-Венана по гидромеханике посвящены сопротивлениям течению в трубах и каналах, гравитационным волнам, установившемуся и

неустановившемся движениям жидкости в открытых руслах, истечениям газов, общим уравнениям вязкой жидкости.

Жан Луи Мари Пуазейль (1799 – 1869 гг.) – французский врач, изучавший вопросы кровообращения и дыхания. Интерес к проблемам кровообращения привел Ж. Пуазейля к гидравлическим исследованиям. В 1840 – 1841 годах он экспериментально установил закон истечения жидкости через тонкую цилиндрическую трубку при ламинарном режиме. Именем Пуазейля названа единица динамической вязкости жидкости (*пуаз*).

Значительный вклад в техническую механику жидкости при изучении сопротивлений движению жидкостей внесли А. Дарси, Ю. Вейсбах, Л. Парндтль и др.

Анри Филибер Гаспар Дарси (1805 – 1858 гг.) – французский инженер и исследователь. Занимался вопросами движения воды в трубах, установил (1849г.) фундаментальный закон (закон Дарси) ламинарного движения грунтовых вод. Известен также работами в области сопротивлений движению жидкости при определении потерь напора по длине потока (формула Дарси - Вейсбаха).

Юлиус Вейсбах (1806 – 1871 гг.) – преподаватель прикладных математических наук в Фрейберге (Германия). Автор ряда работ по гидравлике и геодезии. Опубликовал в 1845 году трехтомный труд «Учебник по механике сооружений и машин», содержащий ряд важных результатов по прикладной гидродинамике. В основном известен работами в области сопротивления движению жидкости в трубах при определении потерь напора по длине (формула Дарси - Вейсбаха) и местных потерь напора (формула Вейсбаха) (1854г.).

Людвиг Парндталь (1875 – 1953 гг.) – один из крупнейших немецких гидроаэродинамиков XX века. Занимался теорией упругости и другими вопросами механики.

Наиболее значительные результаты получил в области течений вязких жидкостей и газов. Создал полуэмпирическую теорию турбулентности, нашедшую широкое применение. Получил фундаментальные результаты в теории пограничного слоя, проявив при этом уникальную физическую интуицию и глубокое понимание сущности явлений. В Геттингенском университете (Германия) создал школу гидроаэродинамики, которая известна крупными научными достижениями.

Широко известны проведенные И.И. Никурадзе, сотрудником Л. Прандтля, экспериментальные исследования течения жидкости в латунных трубах с гладкой и искусственно созданной «зернистой» шероховатостью. Искусственная однородная шероховатость создавалась песчинками одинакового размера, наклеенными с помощью лака на внутреннюю поверхность трубы. При обработке экспериментальных данных И.И. Никурадзе (1933 г.) построил универсальный график зависимости коэффициента гидравлического трения λ от числа Рейнольдса Re – и относительной шероховатости Δ/d (где Δ – величина шероховатости трубы и d – внутренний диаметр трубы). Аналогичные исследования для натуральной шероховатости труб были проведены Г.А. Муриным в 1948 году во Всесоюзном теплотехническом институте (ВТИ).

Интересные исследования в области движения жидкостей были проведены немецкими учеными Г. Гельмгольцем и Г. Кирхгофом.

Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц (1821 – 1894 гг.) – немецкий физик, математик, физиолог и психолог, профессор физики Берлинского университета, директор физико-технического института в Берлине. Имея медицинское образование, выполнил ряд выдающихся исследований по физике, механике и физиологии. В 1847 году в работе «О сохранении силы» Г. Гельмгольц впервые дал математическое обоснование закона сохранения энергии в живых организмах. Заложил основы теории вихревого движения жидкости (1858 г.).

Густав Роберт Кирхгоф (1824 – 1887 гг.) – один из крупных ученых XX века, немецкий физик, член Берлинской Академии наук, профессор Парижского университета, автор ряда выдающихся работ по гидродинамике, оптике, термодинамике, теории упругости. Наиболее важен предложенный Ж. Буссинеском метод определения напряжений и деформаций в полубесконечной среде, находящейся под действием заданных сил, приложенных к ее граничной плоскости. Изучал турбулентные течения, волны в открытых руслах, гидравлический прыжок, гидравлические сопротивления, фильтрацию. Внес значительный вклад в развитие прикладной гидромеханики.

Г. Ламб (1849 – 1934 гг.) – английский механик, автор ряда работ по гидромеханике и теории упругости (теория приливов, звуковые волны, движение тел с полостями, заполненными жидкостью и др.).

Теодор фон Карман (1881 – 1963 гг.) – выдающийся гидромеханик нашего времени, американский ученый в области механики, член Лондонского Королевского общества и других научных обществ. В 1930 – 1949 гг. – директор Гуггейхеймовской аэролаборатории Калифорнийского технологического института (США). Наряду с трудами по самолетостроению, прикладной математике, сопротивлению материалов, строительной механике Т. Карману принадлежит ряд исследований по вопросам пограничного слоя, гидравлических сопротивлений, вихревых движений газогидравлической аналогии и др.

Джефри Ингрим Тейлор (1886 – 1975 гг.) – английский ученый в области механики, член Лондонского Королевского общества, иностранный член АН СССР и многих других академий мира. Д. Тейлор внес фундаментальный вклад в теорию турбулентности: развил теорию устойчивости течений вязкой жидкости, теорию турбулентности диффузии, создал полуэмпирическую теорию турбулентности, исследовал однородную и изотропную турбулентность.

2. Развитие гидравлики в России

Развитию гидравлики в России благоприятствовали социально – экономические причины, связанные с развитием промышленного производства.

В XVIII веке в России начался значительный рост гидротехнического строительства и развитие морского и речного транспорта.

По инициативе Петра I были проведены большие работы по строительству каналов и шлюзов для соединения бассейнов Каспийского и Азовского морей, была построена Вышневолоцкая система каналов, открывшая путь водному транспорту из Балтийского моря через Волхов, Ильмень, Мсту, Цну и Тверцу на Волгу и далее в Каспийское море. Это грандиозное строительство Вышневолоцкой системы с рядом шлюзов и плотин было успешно осуществлено в 1719 – 1722 гг. талантливым русским мастером – гидротехником – Михаилом Ивановичем Сердюковым (1677 – 1754 гг.).

После Петра I в России было организовано в 1767 году «Главное управление водяных коммуникаций», которое развернуло широкую деятельность по строительству ряда каналов. Был построен канал, соединивший реку Северную Двину с Камой (1786 – 1822 гг.), в 1797 году было начато строительство Березинской водной системы, соединившей реку Днепр с Западной Двиной.

В различных городах России были построены крупнейшие по тому времени плотины в целях устройства водяных колес для механизации трудоемких процессов на заводах.

Один из крупнейших строителей и механиков России Козьма Дмитриевич Фролов (1728 -1800 гг.) соорудил к концу 80 х – годов. XIX века на Змеиногорском руднике комплекс сооружений и гидросиловых установок, позволивший механизировать большую часть производственных процессов (откачку воды из рудников, подъем и

транспортировку руды и т.п.). Земляная плотина (высотой 18 м) и некоторые другие сооружения, построенные на р. Змеевке, сохранились до настоящего времени, что говорит о больших практических знаниях К.Д. Фролова в области гидравлики и гидрологии.

Одновременно с развитием в России строительства гидротехнических сооружений стало развиваться печатание оригинальных русских произведений.

В 1708 г. по указанию Петра I была напечатана одна из первых русских технических книг в виде руководства под названием «Книга о способах, творящих восхождение рек свободное».

В середине XVIII века наиболее результативны были исследования по гидравлике двух основных иностранных ученых, живших и работавших в России, - Д. Бернулли и Л. Эйлера, и русского ученого М.В. Ломоносова.

В 1791 году Алексей Васильевич Колмаков – переводчик адмиралтейской коллегии и писатель издал в Петербурге оригинальный справочник «Карманная книжка для вычисления количества воды, протекающей через трубы, отверстия или по желобам, а также силы, с какой они (воды) ударяют, стремясь с данной скоростью; с приложением правил для вычисления трений, производимых в машинах, в пользу находящихся при строении мельниц и проведении вод». Эта была первая русская книга по практической гидравлике в современном ее понимании.

Гидравлическая школа России сформировалась в Санкт-Петербургском институте корпуса инженеров путей сообщения (ныне Санкт-Петербургский государственный институт путей сообщения) благодаря профессору Павлу Петровичу Мельникову (1804 -1880 гг.).

П.П. Мельников окончил в 1825 году полный курс института корпуса инженеров путей сообщения и был оставлен при институте репетитором для подготовки на должность профессора.

В 1833 году П.П. Мельников назначен профессор прикладной механики в институте и одновременно в артиллерийском училище. В 1836 году им был издан первый курс гидравлики на русском под названием «Основания практической гидравлики или о движении воды в различных случаях и действии ее ударом и сопротивлением». Ни в одной стране, кроме Франции, подобных курсов гидравлики еще не существовало.

В последующие годы XIX века в России были изданы учебники: «Курс гидравлики» проф. И.А. Евневича (1874г.), «Гидростатика и теория упругости» Д. Бобылева (1886г.), «Курс гидравлики» проф. Ф.Е. Максименко (1888г.), «Курс гидравлики» в двух томах проф. И.А. Тиме (1891 – 1894 гг.), «Гидравлика и теория турбин» проф. Д.С. Зернова (1897г.) и др.

В России возникали гидравлические и гидротехнические лаборатории, которые сыграли большую роль в накоплении экспериментального материала, на базе которого получил значительное развитие ряд разделов гидравлики.

Начало первой гидравлической лаборатории в России было положено в 1855 году профессором Н.М. Соколовым при Петербургском институте корпуса инженеров путей сообщения, где был создан отдел гидравлики при кабинете прикладной механики. В этом же институте в 1884 году была организована первая в России кафедра гидравлики, которую возглавил профессор Ф.Е. Максименко. Он же был одним из основателей Московского института инженеров железнодорожного транспорта (ныне Московский государственный университет путей сообщения), в котором им же в 1906 году была создана одна из лучших в России гидравлическая лаборатория.

В 1902 году профессор И.Г. Есьман и др. создали гидравлическую лабораторию при Петербургском политехническом институте, в 1907 году

– при Московском техническом училище (ныне Московский государственный технический институт им. Н.Э. Баумана).

В 1903 году профессором В.Е. Тимоновым было положено начало гидротехнической лаборатории при Петербургском институте корпуса инженеров путей сообщения, которая была открыта в 1907 г.

Работы Иосифа Гавриловича Есьмана (1868 – 1955 гг.) – профессора Петербургского политехнического института посвящены, главным образом, гидравлике и гидромашиностроению, в частности, исследованиям движения жидкостей повышенной вязкости через местные сопротивления, турбулентным потокам, а также теории и расчету поршневых и центробежных насосов. Им даны физические основы явления турбулентности потока и введено понятие липкости жидкости. С 1922 года он – заведующий кафедрой гидравлики Азербайджанского индустриального института (г. Баку).

Всеволод Евгеньевич Тимонов (1862 -1938 гг.) – известный гидротехник. Окончил школу мостов и дорог в Париже (1883 г.) и Петербургский институт путей сообщения (1886 г.). С 1895 года – профессор Петербургского института путей сообщения.

Труды В.Е. Тимонова посвящены вопросам строительства портов, улучшения судоходных условий рек, регулирования рек в их порожиистой части, построек крупных мостов и маяков, водоснабжения и канализации крупных городов.

Во второй половине XIX века в России появляются работы, оказавшие большое влияние на последующее развитие гидравлики, авторами которых являлись русские ученые И.С. Громека, Д.И. Менделеев, Н.П. Петров, Н.Е. Жуковский и др.

Ипполит Степанович Громека (1851 – 1889 гг.) – русский гидромеханик. В 1873 году окончил Московский университет, с 1881г. – профессор Казанского университета. В 1879 г. защитил магистерскую

диссертацию «Очерк по теории капиллярных явлений. Теория поверхностного сцепления жидкости», в которой предложил общую аналитическую теорию капиллярных явлений. Детально изложил законы смачивания. Дал общее доказательство теоремы о плавании твердых тел на границе двух жидкостей с учетом капиллярных сил, имеющей большое значение для флотационных процессов. В этом труде И.С. Громека заложил основы современной математической теории капиллярности.

Докторская диссертация И.С. Громеки «Некоторые случаи движения несжимаемой жидкости» (1882г.) посвящена исследованию ряда вихревых потоков жидкости. В этой работе им были заложены основы теории так называемых винтовых потоков с поперечной циркуляцией. Работы И.С. Громеки посвящены также неустановившемуся движению вязкой жидкости (1882г.), распространению ударных волн жидкости в упругих трубах (1883г.).

В 1880 году выдающийся русский ученый, профессор Московского университета Дмитрий Иванович Менделеев (1834 – 1907 гг.) в своей монографии «О сопротивлении жидкостей и воздухоплавании» дал систематическое и критическое изложение существовавших к тому времени работ по теории сопротивления и указал на важное значение вязкости жидкости при определении сопротивления трения хорошо обтекаемого тела; дал отчетливое разграничение трения жидкости о гладкие и шероховатые стенки; отметил основную роль «прилипшего» к твердому телу слоя жидкости; впервые указал на существование в природе двух режимов движения жидкости, при которых законы сопротивления различны. Это позволило в 1883 году английскому физiku О. Рейнольдсу дать весьма полное освещение существования в природе этих двух режимов движения жидкости – ламинарного (слоистого или параллельно – струйного) и турбулентного (беспорядочного), а также развить теорию подобия применительно к изучению движения жидкости.

Работа Д.И. Менделеева позволила русскому ученому, почетному члену Петербургской Академии наук (инженер – генерал – лейтенанту, товарищу Министра путей сообщения России) Николаю Павловичу Петрову (1836 – 1920 гг.) окончательно установить в 1883 – 1885 гг. закон внутреннего трения жидкости, ставший основой всей гидродинамической теории смазки, и на его основе разработать знаменитую теорию гидродинамического трения в машинах.

Н.П. Петров развил гипотезу И. Ньютона о внутреннем трении в движущейся вязкой жидкости, доказав, что гипотеза И. Ньютона является законом. В своей трилогии «Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости», опубликованной в 1883 – 1889 гг., Н.П. Петров блестяще сочетал свою теорию с тщательно проведенными опытами, с важнейшими нуждами производства и внедрил ее в практику русского железнодорожного дела.

Н.П. Петрову по праву принадлежит роль создателя современной физической теории ламинарного (или как его назвал сам автор, параллельного) движения жидкости; ему же первому принадлежит указание о том, что установленный им закон внутреннего трения справедлив только для этого движения, что характер гидравлических сопротивлений ламинарных и турбулентных потоков совершенно различен.

Николай Егорович Жуковский (1847 – 1921 гг.) – русский ученый – механик – внес большой вклад в гидравлику. Будучи с 1879 года профессором Московского высшего технического училища, а с 1881 года – профессором Московского университета, он выполнил ряд фундаментальных исследований по разнообразным разделам механики жидкости и газа. Им впервые в работе «О гидравлическом ударе» (1898г.) введены дифференциальные уравнения гидравлического удара в трубах с учетом упругости жидкости и стенок трубы, а также получены общие их

решения. Использование этих решений позволило разрешить ряд практических задач, связанных с гидроударом в водопроводных трубах.

Из других выдающихся работ Н.Е. Жуковского получили всемирное признание и распространение следующие труды: видоизменение метода Кирхгофа для решения задач струйного обтекания тел, гидродинамическая теория фильтрации (1889г.), решение задач гидродинамической теории смазки, теорема о подъемной силе крыла и теория гребного винта, теория решеток и ряд других исследований.

Работы Н.Е. Жуковского отличаются органическим сочетанием строгой теории, ясного физического толкования результатов и практических выводов.

Самые общие механические и физические идеи, вложенные в исследования Н.Е. Жуковского, их многочисленные приложения к решению разнообразных частных задач, как технической аэромеханики, так и гидравлики и гидротехники, были сначала выполнены самим Н.Е. Жуковским, а затем его последователями и учениками: академиком С.А. Чаплыгиным (1869 – 1942 гг.) одним из основоположников современной гидро – аэродинамики, заложившим основы теории обтекания решеток циркуляционным потоком, послужившей базой для расчета винтов, турбин и других гидравлических машин; профессор И.Г. Есьманом – в вопросах инженерной гидравлики, связанных с расчетами гидротехнических сооружений и устройств; академиком Н.Н. Павловским (1884 – 1937 гг.) развита теория фильтрации воды в грунтах, академиком Л.С. Лейбензоном (1879 – 1951 гг.) продолжено дальнейшее развитие гидродинамической теории смазки, теории гидравлического удара в трубах и гидравлики нефти; академиком С.А. Христиановичем (1908 – 2000гг.) получены результаты в области неустановившегося движения жидкости в каналах и метода интегрирования уравнений неустановившегося движения жидкости.

В начале XX в. в гидравлике наметилось много самых различных научных направлений, которые можно классифицировать по разным признакам, например:

а) по виду рассматриваемой текучей среды; здесь можно различать воду, воздух, нефть, разные двухфазные жидкости, так называемые, неньютоновские и аномальные жидкости, электропроводящую или магнитную среду, плазму; сюда можно отнести стратифицированные потоки и т. п.;

б) в зависимости от отрасли техники или отрасли знаний, где используется аппарат гидромеханики, можно различать: авиацию, судостроение, гидромашиностроение, инженерно-строительное дело (в частности, гидротехнику), баллистику, гидроавтоматику, химическую технологию, метеорологию, океанологию и т. п.;

в) можно различать отдельные гидромеханические теории, которые иногда полагаются в основу решения задач, относящихся к различным областям техники: теорию турбулентности; задачи неустановившегося, в частности, волнового движения; теорию смазки и ламинарного движения; теорию движения жидкости (в частности, нефти и газа) в пористых средах и т. п.

К концу XIX века и в начале XX века центрами научной мысли в деле развития гидравлики в России становятся Московское высшее техническое училище (профессор А.И. Астров, профессор И.И. Куколевский) и Петербургский политехнический институт (профессор И.Г. Есьман, профессор Б.А. Бахметов, академик Н.Н. Павловский).

В конце 20 х – годов XX века в СССР сформировались оснащенные гидравлические лаборатории в Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ), МВТУ, Московской сельскохозяйственной академии, Московском институте инженеров транспорта, Ленинградском политехническом институте, Ленинградском институте инженеров путей

сообщения, Новочеркасском политехническом институте и в других научно – исследовательских институтах и вузах страны.

После революции 1917 года в СССР развернулось строительство гидроэлектростанций, каналов, плотин и других гидротехнических сооружений, резко выросли темпы строительства дорог, гидромелиоративного строительства, быстро стали развиваться гидромашиностроение и оборонная техника. Это потребовало развития всех областей науки, в том числе и гидравлической. Ведущее место в развитии инженерной гидравлики принадлежит академику Н.Н. Павловскому и его школе, сформировавшейся в Ленинградском политехническом институте.

Николай Николаевич Павловский (1884 – 1937 гг.) – советский ученый в области гидравлики и гидротехники, академик АН СССР (1932г.), родился в Орле. В 1912 году окончил Петербургский институт инженеров путей сообщения, с 1919 года – профессор того же института и Лесного института, а с 1921 года – Петроградского политехнического института.

Наиболее важное значение имеет труд Н.Н. Павловского «Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные приложения» (1922г.), в котором предложены новые принципы проектирования гидротехнических сооружений, разработана теория напорного и безнапорного движения грунтовых вод.

Н.Н. Павловский разработал метод расчета движения воды в открытых потоках метод электрогидродинамических аналогий (для расчета фильтрации), способ построения кривых свободной поверхности потоков; предложена формула для определения коэффициента в выражении скорости равномерного движения жидкости в трубах и открытых руслах.

Н.Н. Павловский участвовал в создании Волховской, Днепроградской и Свирьской ГЭС, в строительстве Московского метрополитена, в решении проблем большой Волги.

Переходя к более современному периоду, следует отметить имена следующих ведущих ученых в области гидравлики.

Глубокие исследования различных вопросов теории гидравлики были проведены И.И. Агроскиным, А.Д. Альтшулем, А.И. Богомоловым, М.А. Велкановым, Е.А. Замариным, И.И. Леви, Р.Р. Чугаевым и многими другими видными советскими учеными.

Михаил Андреевич Великанов (1879 - 1964) – советский ученый, член-корреспондент АН СССР – разрабатывал теорию турбулентности, исследовал движение наносов и русловые деформации, предложил так называемую гравитационную теорию движения взвешенных наносов.

Работы М.В. Келдыша, М.А. Лаврентьева, Л.И. Седова, Л.Г. Лойцянского явились основополагающими для многих разделов гидромеханики.

В развитии теории турбулентного движения жидкости ведущая роль принадлежала А.Н. Колмогорову, М.Д. Миллиончикову, А.С. Монину и др.

В области гидравлики трубопроводов широко известны работы А.Д. Альтшуля, Н.Ф. Федорова, Ф.А. Шевелева.

Вопросы неустановившегося движения воды в открытых руслах, которое в последние годы принимается за основной вид движения, отражены в работах С.А. Христиановича, В.А. Архангельского, Н.М. Вернадского, О.Ф. Васильева, Н.А. Картвелишвили и др.

Н. М. Вернадский (1882-1935) – советский ученый, инженер путей сообщения – впервые связал определение тепловых потерь с полем скоростей в прудах-охладителях; предложил важную модель "планового потока", нашедшую себе широкое применение.

Существенный вклад в достижения в области водного хозяйства внесла советская гидравлическая наука. Были организованы крупные гидравлические лаборатории в академических, научно – исследовательских и учебных институтах и при больших стройках. Полученный экспериментальный материал способствовал дальнейшему развитию гидравлики. Сложились к 1990 годам крупные научные центры: Всесоюзный научно – исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии (ВОДГЕО), Всесоюзный научно – исследовательский институт гидротехники (ВНИИГ) им. Б.Е. Веденеева, Гидропроект им. С.Я. Жука, Институт гидромеханики СО АН СССР и др.

Исследования в области гидравлики координируются Международной ассоциацией гидравлических исследований (МАГИ), под эгидой которых выходит *Journal of the International Association for Hydraulic Research* (Delft, с 1937г.).

В начале XX века ведущая роль в области технической механики жидкости (гидравлики) перешла от старой французской гидравлической школы к немецкой школе, которую возглавил ряд видных немецких ученых. Однако после 1917 года в связи с бурным развитием в нашей стране гидротехнического строительства в СССР был создан целый ряд научно-исследовательских институтов, разрабатывавших различные гидромеханические проблемы; было организовано также большое число вузов инженерно-строительного и в частности, гидротехнического профиля.

Наиболее важными из периодических изданий в области гидравлики являются журналы «Гидротехническое строительство» (с 1930г.) и «Гидротехника и мелиорация» (с 1979 г.), «Известия Всесоюзного научно – исследовательского института гидротехники им Б.Е. Веденеева» (с

1931г.), «Труды координационных совещаний по гидротехнике» (с 1961 г.), сборники «Гидравлика и гидротехника» (с 1961 г.).

Заключение

Как видно из выше приведенного обзора истории развития гидравлики, решение проблем гидравлики, в частности, инженерно-строительного направления, всегда, диктовалась необходимостью решения тех или других практических задач, выдвигаемых жизнью и связанных с развитием материальной базы нашего общества. Отдельные, казалось бы, элементарные представления механики жидкости осваивались человечеством иногда в течение весьма продолжительного времени (например, задачи о вакууме и уравнения неразрывности движения жидкости, которые решались в течение тысячелетий).

Теоретические основы гидравлики начали интенсивно развиваться в середине XVIII века, после того как рядом зарубежных и отечественных ученых были сформулированы основополагающие законы физики и общей механики, а также был разработан соответствующий математический аппарат, позволяющий достаточно точно и кратко выражать соответствующие зависимости механики.

Гидравлика, опираясь на такие науки как высшая математика, физика, теоретическая механика, сопротивление материала, в свою очередь, служит базой для проектирования насосов, турбин, гидродинамических машин, гидроприводов, гидравлических машин, гидропневмотранспорта, а также оборудования и машин для водоснабжения и водоотведения.

Литература

1. Кудинов, В. А. Гидравлика : учеб. пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. – 3-е изд., стер – М. : Высш. шк., 2008. – 199 с. : ил.
2. Калекин, А. А. Основы гидравлики и технической гидродинамики / А. А. Калекин. – М. : Мир, 2008. – 280 с. : ил. – (Учебное пособие для студентов вузов)
3. Сайриддинов, С. Ш. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения: учеб. пособие для студентов вузов по спец. "Водоснабжение и водоотведение" направления подгот. дипломированных специалистов "Стр-во" / С. Ш. Сайриддинов. - М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2004. - 338 с. : ил.
4. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики : учеб. для студентов сред. спец. учеб. заведений по спец. 2914 "Монтаж и эксплуатация внутр. сантехн. устройств и вентиляции" / О. Н. Брюханов, В. И. Коробко, А. Т. Мелик-Аракелян. - М. : ИНФРА-М, 2005. - 253 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование).
5. Башта, Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для машиностроит. вузов / Т. М. Башта [и др.]. – 2-е изд., перераб. - М. : Машиностроение, 1982. – 423 с. : ил.

Александр Константинович Битюрин
Андрей Александрович Низов

История развития гидравлики

Методические указания к лекционному курсу по дисциплине «гидравлика»
для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки
2701000 - Строительство

Подписано в печать 17.06.2011. Формат 60x90 1/16. Бумага газетная. Печать
офсетная. Усл. печ. л. 2,0. Усл. изд. л. 1,8. Тираж 200 экз. Заказ № _____

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 603950,
Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.