

Наука и образование в вековой истории кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика»

© Д.Н. Попов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Кратко рассмотрены неразрывно связанные между собой задачи науки и образования, решаемые с момента создания кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» (Э-10). Отмечено, что успехи в этих решениях достигнуты благодаря квалифицированному применению фундаментальных положений точных наук в практике машиностроения. Определены основные направления совершенствования организации учебного процесса путем привлечения современных компьютерных технологий.

Ключевые слова: гидромеханика, гидромашины, гидропневмоавтоматика, задачи науки, образования, фундаментальные положения, учебный процесс, компьютерные технологии.

В преддверии 100-летнего юбилея кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» (Э-10) МГТУ им. Н.Э. Баумана в ее работе можно выделить два основных периода.

Первый период начинается с 1914 г., когда на должность заведующего кафедрой назначается И.И. Куколевский, зачисленный после успешной защиты дипломного проекта в штат гидравлической лаборатории, открытой в 1904 г. Проект этой лаборатории был разработан профессором А.И. Астровым, опубликовавшим курс лекций по водяным турбинам и учебник «Гидравлика». Через несколько лет он становится заведующим кафедрой в Московском сельскохозяйственном институте и руководство кафедрой по совместительству осуществляет профессор Н.Е. Жуковский, который одновременно заведует кафедрой теоретической механики.

Под руководством Куколевского ведется подготовка инженеров широкого профиля по гидравлическим машинам, кроме того, преподается общий курс гидравлики всем студентам других специальностей.

Научная деятельность сотрудников кафедры была в основном ориентирована на решение актуальных в те годы задач расчета и проектирования гидравлических турбин, центробежных и поршневых насосов. Многие из этих задач возникали в результате взаимодействия кафедры с Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидромашиностроения (ВИГМ), одним из организаторов которого, а впо-

следствии и научным руководителем был С.С. Руднев – ученик Куколевского. Научные интересы Руднева отражены в методах гидродинамических расчетов лопастных гидромашин. Эти методы основаны на фундаментальных исследованиях в области гидромеханики Н.Е. Жуковского и С.А. Чаплыгина. Рудневым был предложен кавитационный коэффициент быстроходности лопастных насосов и решен ряд задач, возникавших при определении гидродинамических сил, которые действуют на рабочие органы таких насосов, клапаны и золотниковые устройства. Научные труды Руднева пользуются заслуженным вниманием специалистов, занимающихся как созданием гидромашин, так и преподаванием в вузах дисциплин, связанных с гидромеханикой.

В те же годы в ВИГМ работала лаборатория физической гидравлики, руководил которой профессор В.В. Мишке, по совместительству читавший на кафедре курс лекций «Поршневые насосы». Мишке впервые сформулировал критерии подобия объемных гидромашин, участвовал в проектировании оборудования для атомной промышленности, по завершению этих работ был награжден Государственной премией.

Методикой преподавания общего курса гидравлики много лет занимался доцент Л.Г. Подвидз, читавший лекции по этому курсу, он также был редактором четырех изданий учебного пособия «Сборник задач по машиностроительной гидравлике». Кроме того, он исследовал характеристики струйных насосов, получивших практическое применение. За участие в разработке насосов для топливных авиационных систем вместе с Рудневым и инженером В.В. Калачевым был награжден премией Совета министров СССР.

Одно из требований Куколевского к квалификации преподавателя состояло в том, чтобы читающий лекции по дисциплине, относящейся к специальности кафедры, имел опыт научной или конструкторской работы в этой области. Это требование, по-видимому, стало причиной приглашения в 1958 г. на кафедру по совместительству автора настоящей статьи, защитившего в 1956 г. кандидатскую диссертацию и в течение восьми лет работавшего в лаборатории ВИГМ, созданной для исследования и внедрения в эксплуатацию автоматических регуляторов гидротурбин малой и средней мощности. Такие гидротурбины были необходимы для восстановления после Великой Отечественной войны энергетической базы страны.

В 1960 г. автор получил предложение от профессора С.С. Руднева перейти в штат кафедры, заведование которой ему в связи с возрастом передал Куколевский. К этому времени на ряде предприятий, занимающихся созданием машин, механизмов, аппаратов и устройств автоматики в области новой техники, увеличилась потребность в специали-

стах, выпускаемых кафедрой. Учитывая необходимость согласования тем дипломных проектов у части студентов с профилем их дальнейшей работы, доцент С.Н. Рождественский организовал на кафедре специализацию по авиационной гидравлике [1].

В связи с этим профессор В.Н. Прокофьев предложил ректору разделить кафедру на две части, оставив преподавание общей гидравлики одной из них и поручив другой подготовку инженеров по гидроприводам. Тогда ликвидировалась бы научно-педагогическая школа по лопастным гидромашинам, хотя именно на ее основе создавалась кафедра и выпускаемые инженеры по-прежнему были востребованы в различных областях техники (в том числе имеющих оборонное значение). Кроме того, нарушался основной принцип школы Куколевского, ориентирующей подготовку специалистов на конструкторскую и исследовательскую деятельность, непосредственно связанную с созданием машин, аппаратов и составленных из них гидравлических систем. Большинство членов кафедры, включая автора статьи, а также руководители предприятий не поддерживали указанное преобразование кафедры.

Чтобы решить задачу модернизации инженерного образования без разрушительных последствий для кафедры, Руднев поручил автору статьи разработать новый учебный план. В 1962 г. сбалансированный учебный план был представлен и одобрен кафедрой. Согласно принятому плану, в рамках одного направления обеспечивалась подготовка специалистов широкого профиля, включающего лопастные гидромашины, гидроприводы, средства гидропневмоавтоматики и управляемые системы, в которые входят в том или ином сочетании перечисленные устройства. Содержание и объем преподаваемых дисциплин могли регулироваться с помощью учебных программ в зависимости от потребности в специалистах более узкого профиля. Этот план прошел многолетнюю апробацию и служил основой для всех последующих планов не только в МГТУ им. Н.Э. Баумана, но и в других вузах, начинавших подготовку специалистов по указанному направлению. Для координации деятельности вузов при методическом управлении Министерства высшего образования был создан Научно-методический совет, председателем которого назначили профессора С.С. Руднева. Совет состоял из секции по гидромашинам, секции по гидроприводам и гидропневмоавтоматике. Руководители секций были заместителями председателя совета. Все время работы совета при методическом управлении руководителями секций были профессор Г.В. Викторов и автор статьи. Председатель совета и его заместители составляли президиум, в который входил еще заведующий кафедрой

гидравлики Московского автомеханического института Б.Б. Некрасов, председатель методического совета по гидравлике. Благодаря работе этих двух советов были согласованы между собой учебные планы вузов, утверждены планы подготовки издания учебников и учебных пособий.

С введением нового учебного плана начинается второй период работы кафедры. За прошедшие десятки лет многое изменилось. В конце 1970-х годов после ухода Руднева с поста заведующего кафедрой была проведена реконструкция помещений кафедры, частично заменено лабораторное оборудование и приобретено новое оборудование. В гидравлической лаборатории кафедры демонтировали установки для испытаний поршневого насоса, ковшовой гидротурбины с автоматическим регулятором скорости и струйного насоса, а также уникальную гидродинамическую установку для исследования нестационарных течений жидкости и модель сопла-заслонки в увеличенном виде. При современных условиях ценность этой установки и физической модели неизмеримо увеличилась, они могли бы быть полезны не только студентам, но и аспирантам кафедры.

Для работы по новому учебному плану, прежде всего, требовалось расширить содержание дисциплин, посвященных теории автоматического управления и методам расчета динамических характеристик систем с гидроприводами и гидромашинами, а также более подробно рассмотреть устройства гидропневмоавтоматики, которые могут применяться в таких системах. Кроме того, необходимо было разработать методики курсового и дипломного проектирования управляемых систем с гидроприводами и гидромашинами. Выполнить большую часть перечисленных требований, не располагая соответствующей лабораторной базой и не имея связей с профильными предприятиями, было невозможно. Поэтому на кафедре была создана научно-учебная лаборатория по динамике и регулированию гидро- и пневмосистем. Согласно договорам с предприятиями, в лаборатории выполнялись научные исследования и одновременно проектировались учебные установки. Исследования и обработку полученных результатов проводили несколько штатных сотрудников, к которым на разных этапах присоединялись совместители из числа сотрудников кафедры, аспиранты и студенты старших курсов.

Темы научных работ были ориентированы на решение уникальных задач гидромеханики, разработку новых устройств гидропневмоавтоматики, математическое моделирование и экспериментальные исследования динамических характеристик гидро- и пневмосистем. Первые из указанных выше тем были связаны с теоретическими и экспериментальными исследованиями нестационарных течений вязких жидкостей

в трубах и золотниковых распределителях. Результаты этих исследований использованы при математическом моделировании гидропривода с объемным регулированием, имеющего длинные трубопроводы, которые соединяли регулируемый аксиально-поршневой насос и гидродвигатель. Адекватность математической модели проверялась на специально созданной с этой целью экспериментальной установке, применяемой затем как учебная. Экспериментальные исследования структуры течений вязкой жидкости и воздуха в струйных элементах осуществлялись на увеличенных в размерах моделях, что обеспечивало визуализацию потоков. Большой цикл теоретических и экспериментальных исследований был посвящен электрогидравлическим следящим приводам. Две экспериментальные установки также стали учебными.

Конструктивные разработки выполняли по заказам предприятий в целях поиска возможных оптимальных вариантов планируемых для производства устройств. Часть разработок завершалась созданием опытных образцов, например клапан с пропускной способностью до 6 000 л/мин при перепаде давлений 300 бар. Для динамических испытаний столь мощного клапана потребовался специальный стенд, изготовленный заказчиком на своей базе по предложенной схеме. Испытания подтвердили рассчитанную при проектировании частотную характеристику клапана. Еще одним образцом для экспериментальных исследований был шаговый гидропривод с волновой механической передачей на выходном звене. Кроме указанных устройств испытывались электрогидравлические усилители с саморегулирующимися вихревыми сопротивлениями в первой ступени и другие типы электрогидравлических усилителей, снабженных дополнительными обратными связями.

Наряду с разработками отдельных устройств была создана управляемая гидравлическая система, которая собиралась из готовых изделий. Такая система была спроектирована в виде дистанционно управляемой гидравлической передачи агрегата для сбора полезных ископаемых со дна океана. Установленная на макете агрегата, находящегося на земле, система действовала в соответствии с требуемым алгоритмом. Подводные испытания макета не проводились вследствие прекращения заказчиком работ. Еще одна разработанная управляемая система, состоящая из двух электрогидравлических следящих приводов и автоматически регулируемого аксиально-поршневого насоса, предназначенная для исследования алгоритмов оптимального управления, используется в учебном процессе.

Для максимального приближения задач научных исследований к задачам практики часть работ проводилась непосредственно на предприятиях, располагающих современными испытательными стендами.

Программы работ составлялись с учетом интересующих предприятия задач при обязательном получении результатов в виде, пригодном для обобщения в диссертационной работе соискателя или заочного аспиранта. Эффективность параллельного проведения научных исследований подтверждена успешными защитами 42 кандидатских диссертаций, восемь из которых стали исходными для защиты докторских диссертаций. Результаты разработок, выполненных с участием автора статьи, защищены 16 свидетельствами, изданы две монографии и три учебника, часть материалов использована при написании энциклопедии «Машиностроение» [2].

За 47 лет деятельности лаборатории по динамике и регулированию гидро- и пневмосистем менялся состав штатных сотрудников и совместителей. Почти с первых дней образования лаборатории в ней работал инженер И.Г. Мохов, много сделавший для оснащения лаборатории оборудованием и проведения наиболее сложных экспериментальных исследований. Выпускник кафедры Ю.П. Секретта участвовал как в научных, так и в учебных работах со студентами. Г.Е. Лисовский сначала в качестве механика, а затем (после окончания вечернего отделения МВТУ) и инженера успешно проводил научные и учебные испытания в лаборатории, а также работал при сборке гидросистемы подводного агрегата на заводе. Оформление отчетов и материалов для методических пособий на высоком уровне выполняла С.А. Непало. Доцент В.В. Шульгин, ученик И.И. Куколевского, еще до войны работал с ним заведующим лабораторией гидравлики.

В настоящее время автор статьи вместе с доцентом Н.Г. Сосновским, старшим преподавателем М.В. Сиухиным, ассистентом А.А. Полянским и аспирантами развивают теорию и методы проектирования оптимальных управляемых систем с гидроприводами и гидромашинами. Это научное направление стало формироваться в 1980-е годы благодаря профессору Г.К. Боровину, работающему в Институте прикладной математики (ИПМ) им. М.В. Келдыша РАН, он читает студентам кафедры курс «Автоматизация научных исследований» [3].

Научно-исследовательская и педагогическая работа обеспечили создание на кафедре школы динамики регулируемых гидро- и пневмосистем. Подводя итоги своей научно-педагогической деятельности на кафедре и предшествующей работе в двух НИИ, можно заключить, что методология И.И. Куколевского и С.С. Руднева, несмотря на все трудности ее выполнения, дает положительные результаты. Эти результаты состоят в следующем: проведение научно-исследовательских работ в соответствии с развитием фундаментальных наук позволяет оказывать помощь предприятиям при создании технических систем с энергетическими агрегатами для летающих, плавающих по воде и под водой, а так-

же перемещающихся по поверхности земли объектов и испытательных установок. Помощь заключается не только в передаче предприятиям конкретных разработок и методик, но и в повышении научного уровня сотрудников, обучающихся в аспирантуре, и студентов, проводящих исследования при выполнении дипломных работ и проектов.

Важным фактором для развития и совершенствования научно-образовательного направления кафедры может стать применение вычислительной техники для проведения численных экспериментов в целях идентификации математических моделей. Современные компьютеры и программы применяются студентами при оформлении курсовых и дипломных проектов, а также для выполнения типовых расчетов энергетических и динамических характеристик проектируемых устройств. В дальнейшем целесообразно развивать компьютерные методы по трем направлениям:

- при дипломном проектировании — выбор проектного варианта с помощью результатов многокритериальной оптимизации рассматриваемых решений;
- при разработке конструкций — учитывается возможность корректирования динамических характеристик устройств и составленных из них систем путем применения электронных регуляторов;
- прогноз поведения спроектированного изделия (системы) — при отклонении параметров от расчетных значений.

Перечисленные вопросы могут быть рассмотрены на семинарах и в лабораторных работах. Теоретические основы указанных исследований излагаются на лекциях, что может потребовать изменения содержания таких дисциплин, как «Механика жидкости и газа».

Для успешного решения проблемы совершенствования образования важны также подготовленность студентов к восприятию преподаваемых кафедрой дисциплин и наличие у них навыков в использовании знаний, полученных на младших курсах. В связи с этим перед формированием состава студентов, зачисляемых на старшие курсы, необходимо проводить аттестацию по результатам защиты курсовой работы. Чтобы выделить студентам время на выполнение такой работы, можно несколько изменить существующую последовательность проведения курсового проектирования на следующем семестре после изучения теоретической части дисциплины. Вместо курсового проекта студент выполняет курсовую работу в том же семестре, на котором изучает теоретическую часть дисциплины. Конструкцию рассчитанного устройства студент разрабатывает на старших курсах, причем такая разработка может быть частью дипломного проекта, обязательно содержащего исследовательскую и технологическую части. Если исследовательская часть является достаточно содержательной, то дипломант может быть рекомендован в аспирантуру.

В заключение следует отметить, что изложенная выше методология может быть применена как при двухступенчатом обучении студентов, так и при моноподготовке специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Носов Ю.А., Попов Д.Н., Рождественский С.Н. *Некоторые вопросы расчета и конструирования авиационных гидравлических систем*. Москва, ОБОРОНГИЗ, 1962, 232 с.
- [2] *Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV–2. Кн. 2: Гидро- и виброприводы*. Попов Д.Н., Асташева В.К., ред. Москва, Машиностроение, 2012, 304 с.
- [3] Боровин Г.К., Попов Д.Н. *Многокритериальная оптимизация гидросистем*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, 94 с.

Статья поступила в редакцию 08.06.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Попов Д.Н. Наука и образование в вековой истории кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика». *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 4. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/681.html>

Попов Дмитрий Николаевич родился в 1927 г., окончил Московский строительный институт в 1949 г. Д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Заслуженный деятель науки России. Автор около 200 научных работ, в том числе трех монографий и четырех учебников в области гидромеханики и управления гидропневмосистемами. e-mail: popov@bmstu.ru