

УДК 378.1

*В.Н. Боронин, А.И. Кириллов,
Н.В. Коровкин, С.З. Сапожников*

СОДЕРЖАНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ СПбГПУ

*V.N. Boronin, A.I. Kirillov,
N.V. Korovkin, S.Z. Sapozhnikov*

THE CONTENT OF THE FUNDAMENTAL ENGINEERING EDUCATION AT THE INSTITUTE OF ENERGY AND TRANSPORT SYSTEMS SPbSPU

В статье рассмотрена особая роль и специфика образования на кафедрах теоретических основ электротехники и теоретических основ теплотехники института энергетики и транспортных систем СПбГПУ. Отмечается необходимость сохранения глубокого физико-математического фундамента в процессе подготовки инженеров и научных кадров.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ДИСЦИПЛИНА.

The article considers the special role and specificity of education in the departments of Theory of Electrical Engineering and Institute of Theoretical Foundations of Thermal Energy and transport systems STU. Notes the need to preserve the deep physical and mathematical foundations in the training of engineers and scientists.

THEORY OF ELECTRICAL ENGINEERING. THE THEORETICAL BASIS OF HEAT ENGINEERING. BASIC ENGINEERING DISCIPLINE.

Развитие России как научно-технической державы возможно только на основе использования достижений науки, опережающей развитие ключевых направлений нового технологического уклада, дальнейшей интеллектуализации производства, перехода к непрерывному инновационному процессу, сокращению до минимума фазы внедрения и освоения новой техники. Только при этих условиях страна сможет занять в ближайшее десятилетие достойное место среди развитых стран.

Успешное решение этих задач будет определяться развитием фундаментальной науки и подготовкой востребованных инженерных и научных кадров. Таким образом, резко возрастает роль и ответственность ученого и инженера за социальные последствия своей деятельности.

В структуре института энергетики и транспортных систем выделены общеинженерные кафедры «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) и «Теоретические основы теплотехники» (ТОТ), на которые возложена фундамен-

тальная подготовка бакалавров, специалистов и магистров соответствующих направлений. На этих кафедрах студенты должны научиться языку будущих профилей подготовки, специальностей и программ, а шире — воспринять научное и инженерное мировоззрение своей профессии. Особая роль и специфика образования на кафедрах ТОЭ и ТОТ составляет предмет дальнейшего обсуждения.

Одна из важнейших отраслей науки и техники, где должно происходить проектирование и производство высокотехнологичных изделий, — это электротехника. Нет такой области техники, где в том или ином виде не использовались бы электрические и магнитные явления. Все открытия и исследования электромагнитных явлений неизменно связаны с практическими приложениями, что в свою очередь обогатило электротехнику, способствовало решению актуальных задач электроэнергетики, электромеханики, электроники и других направлений.

Важное место в системе подготовки инженерных и научных кадров для нужд электротехники, электромеханики, электроэнергетики, а также для современных электронных, информационных технологий занимает фундаментальная инженерная дисциплина «**Теоретические основы электротехники**» (ТОЭ). Отметим, что формирование учебного процесса по ТОЭ и его связь с научными изысканиями в Политехническом институте (СПбГПУ) осуществлялись на базе органичного сочетания естественнонаучных знаний и практики, технических и гуманитарных дисциплин.

Фундаментальное физико-математическое образование, лежащее в основе дисциплины ТОЭ, в значительной степени стало возможным благодаря открытию к началу XX века важнейших физических явлений и законов, а также достижениям математической науки. Фундаментальные открытия в области электричества и магнетизма стали предпосылками для важных научных обобщений. Развитие физических представлений о строении материи и элементарных частиц объяснило существование материи в виде электромагнитного поля.

Д.К. Максвелл, обобщив результаты экспериментальных исследований Ш. Кулона, А. Ампера, законов и идей М. Фарадея и Э.Х. Ленца, сформулировал на их основе систему уравнений электромагнитного поля, описывающую его поведение. Система уравнений Максвелла стала математической моделью электромагнитного поля для самого общего случая. Приспособление этой модели к свойствам исследуемого устройства и стало одной из основных задач теоретической электротехники при создании общих методов разработки конкретных математических моделей, т. е. математического описания электромагнитных процессов в техническом устройстве.

Становление дисциплины ТОЭ в Политехническом институте можно отнести к 1904 году, когда профессор В.Ф. Миткевич впервые начал читать лекции на электромеханическом отделении по курсу «Теория электрических и магнитных явлений». На основе идей М. Фарадея и Д. Максвелла и с использованием математических методов В.Ф. Миткевич излагал фундаментальные физические явления в различных электротехнических устройствах. Этот курс в 1910 году был издан под названием «Теория

явлений электрических и магнитных» и неоднократно переиздавался под названием «Физические основы электротехники».

Наряду с изучением физических представлений об электрических и магнитных явлениях в курсе ТОЭ сформировался раздел, посвященный изучению электрических цепей. Выявленные особенности процессов в электрических цепях и их математические модели позволили создать специфические методы расчета и сохранить теорию электрических цепей в качестве самостоятельного раздела. Лекции по второму основному курсу — «Теория переменных токов» — В.Ф. Миткевич начал читать вслед за курсом «Теория электрических и магнитных явлений». Этими двумя курсами и была, по существу, создана дисциплина ТОЭ, которая и по сей день является важнейшим звеном высшего электротехнического образования.

Академик В.Ф. Миткевич (1872–1951), основатель школы теоретиков-электротехников, заведовал кафедрой ТОЭ до 1931 года. С 1931 по 1951 год кафедрой возглавлял профессор П.Л. Калантаров (1892–1951), внесший большой вклад в развитие лабораторной базы кафедры.

Академик АН СССР Л.Р. Нейман (1902–1975) заведовал кафедрой с 1952-го по 1975 год. Он продолжил развитие школы, заложенной В.Ф. Миткевичем, обращая особое внимание на практическое решение актуальных задач в области электротехники и электроэнергетики.

Академик РАН К.С. Демирчян работал на кафедре с 1953 по 1978 год, заведовал кафедрой с 1975-го по 1978-й и в настоящее время продолжает творческое сотрудничество с кафедрой. Он заложил основу многих новых научных направлений в области анализа и синтеза электрических цепей и электромагнитных полей.

С 1978 по 1987 год кафедра ТОЭ работала под руководством профессора В.М. Юринова. Затем, с 1987 по 2009 год кафедрой заведовал профессор В.Н. Боронин, а с 2009-го руководство кафедрой осуществляет профессор Н.В. Коровкин.

Рассматривая историю развития науки об электромагнитных явлениях, лежащих в основе ТОЭ, следует отметить, что эта дисциплина принадлежит к тем областям науки и техники, развитие которых идет параллельно с глубоким теоретическим и экспериментальным изучением физических явлений, что находит отражение в строгой системе математических уравнений.

Изучение ТОЭ начинается с основных понятий и законов теории электромагнитного поля, электрических и магнитных цепей, и необходимо опираться на знания, полученные ранее в курсах физики и математики. Внедрение в сознание студентов физического образа мышления необходимо для правильной математической формулировки задач, решаемых в теоретической и прикладной электротехнике. При этом курс ТОЭ служит базовой дисциплиной для большинства технических дисциплин, изучаемых в последующем, а закладываемый здесь физико-математический фундамент — основой для формирования у студентов университета научного мировоззрения.

Формируемое научное мировоззрение обеспечивает критическое отношение к исходным положениям формальных математических методов и исключает возможные ошибки при их формулировании. Понимание природы физических процессов необходимо как для описания их в виде математических моделей, так и для практического использования. Таким образом, глубина изучения студентами физических явлений и законов теоретической электротехники предопределяет их заинтересованность при изучении соответствующих разделов математики и при последующем построении математических моделей.

Создание наукоемких технологий (в частности, нанотехнологий), основанных на новых физических эффектах, также требует прежде всего понимания физической стороны явлений и умения предвидеть, исследовать и рассчитывать влияние множества факторов на новый технологический процесс.

Учет многообразия, взаимосвязей электромагнитных, механических и тепловых явлений при их анализе в различных устройствах выдвинул задачу развития как аналитических методов исследования, так и методов математического и физического моделирования. Это потребовало введения в дисциплину ТОЭ новых разделов и тем самым расширило профессиональный кругозор студентов. Среди таких разделов выделим гибридные методы анализа электромагнитных полей, техническую сверхпроводимость, диагностику и идентификацию технических систем, методы оптимизации электротехнического оборудования.

Развитие математического и физического моделирования дало возможность решать более сложные практические задачи, поскольку аналитические методы не обеспечивали нужной для практики точности и достоверности результатов анализа сложных электромагнитных процессов при необходимости учета множества факторов. Вместе с тем большой объем данных, полученных на физических и математических моделях, составил информационную базу перехода к численным методам расчета электромагнитных процессов в различных устройствах и системах.

Внедрение в инженерную деятельность компьютеров плодотворно повлияло на развитие ТОЭ. Стремление к максимальному использованию их возможностей способствовало разработке новых теоретических подходов как в теории электрических цепей, так и в теории электромагнитного поля. Это обстоятельство привело к пересмотру изложения основных разделов дисциплины ТОЭ — методов расчета электрических цепей и электромагнитных полей — в программе дисциплины, в учебниках, лабораторном практикуме и курсовых работах студентов.

Современные компьютерные и суперкомпьютерные технологии позволяют исследовать самые сложные явления природы. Получаемые визуальные картины изучаемых явлений и процессов помогают объяснять их физическую природу, показывают форму физических полей в разных ситуациях и дают возможность избежать дорогостоящих, опасных, а порой и не реализуемых на практике экспериментов. Тем не менее критический взгляд на результаты численного моделирования, проверка согласованности их результатов с фундаментальными законами не потеряли своей актуальности. Привитие студенту своеобразного научного скептицизма, основанного на ясном понимании физической картины анализируемого явления, также стало одним из важнейших современных направлений в развитии ТОЭ.

Введение в курс ТОЭ технологий компьютерного моделирования физических процессов позволяет сочетать фундаментальную теоретическую подготовку с практическими навыками программирования. При этом программные продукты, предлагаемые студентам в курсе ТОЭ, реально используются в промышленности, что

обеспечивает быструю адаптацию молодых инженеров к решению задач практики.

Изучение в курсе ТОЭ всего многообразия электромагнитных явлений, а также их практических приложений для решения конкретных задач служит на старших курсах основой при изучении процессов в сложных электромагнитных устройствах и системах.

Для сохранения надлежащего статуса дисциплины ТОЭ в системе подготовки инженерных кадров необходима коррекция содержания курса с ориентацией на потребности отечественных науки и производства и мировые факторы развития. Для этого следует дифференцированно и конструктивно варьировать учебную нагрузку: вводить элементы научных исследований с использованием современных программ компьютерного моделирования в курсовые и лабораторные работы; проводить коллоквиумы по отдельным разделам и индивидуальные консультации по наиболее важным темам «Теории электромагнитного поля» и др.

Фундаментальная инженерная дисциплина **«Теоретические основы теплотехники»** (ТОТ) — базовая при подготовке инженерных и научных кадров для энергомашиностроения и теплоэнергетики. Особая значимость этой дисциплины обусловлена тем, что все процессы генерации электрической и тепловой энергии основаны на закономерностях, излагаемых в курсах ТОТ.

Первые лекции по термодинамике на всех отделениях Политехнического института начал читать крупный ученый-теплотехник профессор А.А. Брандт. Начало чтения этих лекций можно отнести к зарождению дисциплины ТОТ в нашем институте. В 1909 год его сменил профессор А.А. Радциг, который одновременно читал курс термических машин и занимал пост декана механического отделения. В 1931 году была организована кафедра термодинамики и теплотехники под руководством профессора Д.Н. Дьякова; в 1939–1941 годах кафедрой заведовал профессор В.С. Жуковский. В конце 1945 года было решено разделить кафедру термодинамики и теплотехники на кафедры общей теплотехники и теоретических основ теплотехники (ТОТ).

Первым заведующим кафедрой ТОТ стал профессор А.М. Гурвич (1909–1963) — блестящий лектор и крупный ученый-теплотехник, известный специалист в области радиационно-

го теплообмена и топочных процессов. Преподаватели кафедры ТОТ вели курсы технической термодинамики, теплопередачи и теории горения на энергомашиностроительном, электромеханическом, механико-машиностроительном, металлургическом и инженерно-экономическом факультетах.

С 1955-го по 1968 год кафедру возглавлял профессор К.И. Страхович (1904–1968). Благодаря чрезвычайной широте научного кругозора, необыкновенной работоспособности К.И. Страхович сочетал научную и педагогическую работу на разных направлениях, в различных организациях и институтах. Он, в частности, в разные периоды времени читал курсы внутренней баллистики, термодинамики, гидромеханики и газодинамики, теории теплообмена, теории и расчета компрессорных машин, процессов и аппаратов глубокого охлаждения, магнитной гидродинамики.

К традиционным для кафедр ТОТ курсам «Техническая термодинамика» и «Теория тепло- и массообмена» К.И. Страхович добавил «Гидрогазодинамику» (по современной терминологии — «Механику жидкости и газа»), что отличает кафедру ТОТ нашего вуза от других родственных кафедр. Такой подход позволяет излагать общепрофессиональные дисциплины для студентов-теплоэнергетиков и энергомашиностроителей с единых позиций.

После кончины К.И. Страховича руководство кафедрой перешло к профессору В.А. Зысину. На протяжении 30 лет начиная с 1947 года В.А. Зысин читал курс технической термодинамики. Эту дисциплину он любил, блестяще ею владел и считал важнейшей в формировании мировоззрения инженера-теплоэнергетика.

С 1978 по 1979 год обязанности заведующего кафедрой исполнял доцент П.М. Михайлов, которого сменил доцент, а впоследствии профессор А.И. Кириллов. С 2004 года кафедрой заведует профессор С.З. Сапожников.

В последние годы кафедра ТОТ существенно расширила область преподавания, охватив курсы неравновесной термодинамики, теории многофазных систем, численного моделирования теплообмена и течения рабочих тел в теплоэнергетических установках и турбомашинах, метрологии в теплотехнических измерениях, а также разделы спецкурсов, посвященные системам микроклимата. Кроме того, кафедра читает крат-

кие, практически ознакомительные курсы для будущих электриков, машиностроителей, экономистов, а с этого учебного года — и строителей. Каждый из курсов имеет свою специфику, но их содержание по-прежнему основано на общности фундаментальных инженерных дисциплин, объединяемых отечественной традицией под аббревиатурой ТОТ.

Дисциплины цикла зародились в конце XVIII — начале XIX века, что было вызвано потребностями промышленной революции. К середине XX века в основном сложились аналитический и экспериментальный методы исследования во всех основных направлениях теплотехнической науки и, как следствие, в учебных курсах. Последующее мощное развитие цифровой вычислительной техники перевело интересы исследователей на недостижимый прежде уровень. Численное моделирование стало всеобъемлющим методом исследования процессов и создания новой техники, вызвав одновременно некоторое «головокружение от успехов». Трудоемкость и консервативность физического эксперимента, сложность и аппаратные ограничения аналитических методов привели к тому, что яркие компьютерные «картинки» не всегда удается понять, обосновать и, главное, убедиться в их адекватности. Об этом упоминалось выше. Здесь же отметим, что сложившееся положение дел потребовало, с одной стороны, сместить акценты в преподавании ТОТ в сторону численных методов, а с другой, — неустанно укреплять базу и методологию натурального теплотехнического эксперимента, приближая, а то и сращивая его с численным моделированием.

На кафедре ТОТ создана учебно-исследовательская лаборатория, оснащенная аэродина-

мической трубой, комплексами последнего поколения для визуализации течений, исследования теплообмена и цифровой обработки результатов измерений. На базе этой лаборатории и лаборатории численного моделирования впервые в мировой практике создаются учебные лабораторные работы, посвященные верификации численного моделирования, что, помимо методического, имеет важнейшее мировоззренческое значение.

Подводя итоги сказанному, считаем, что наличие в структуре института энергетики и транспортных систем фундаментальных общеинженерных кафедр ТОЭ и ТОТ позволит и в дальнейшем формировать глубокий физико-математический фундамент в процессе подготовки инженерных и научных кадров для нужд электротехники, электромеханики, электроэнергетики, энергомашиностроения и теплотехники. Такая подготовка будет способствовать ориентации студентов на научно-исследовательскую деятельность в сфере прикладной математики, естественных и теоретических наук и новых технологий, а также в области создания современных инженерных производств. Еще более возрастают требования к обеспечению тесной связи звеньев в цепочке «образование — наука — производство», которая в своей основе должна, безусловно, опираться на принципы взаимодействия фундаментальной науки и образования.

Только на основе фундаментальной инженерной подготовки можно обучить и воспитать исследователей и создателей энергетической техники XXI века, обеспечить решение стоящих перед Россией задач.

БОРОНИН Виталий Николаевич — доктор технических наук, профессор кафедры теоретических основ электротехники института энергетики и транспортных систем Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия
(812) 552-75-72
tee.dep@eef.spbstu.ru

КИРИЛЛОВ Александр Иванович — доктор технических наук, профессор кафедры теоретических основ теплотехники института энергетики и транспортных систем Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия
(812) (812) 552-77-73
ai_kirillov@mail.ru, tot@pef.spbstu.ru

КОРОВКИН Николай Владимирович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники института энергетики и транспортных систем Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия
(812)552-75-72
tee.dep@eef.spbstu.ru

САПОЖНИКОВ Сергей Захарович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретических основ теплотехники института энергетики и транспортных систем Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия
(812) 552-77-73
tfhe1@pef.spbstu.ru