



А. Г. Тумановский



В. В. Мартынов

УДК 620.92

ВТИ — сто лет в энергетике

**ТУМАНОВСКИЙ А. Г., доктор техн. наук,
МАРТЫНОВ В. В., канд. техн. наук, ОАО ВТИ
115280, Москва, Автозаводская ул., 14**

В декабре 1920 г. был утверждён план ГОЭЛРО, а 13 июля 1921 г. основан Теплотехнический институт. Намерение создать в Москве Теплотехнический институт возникло в среде преподавателей Императорского технического Училища задолго до революции. Возглавляли эту инициативу специалист по двигателям Василий Игнатьевич Гриневецкий и котельщик Карл Васильевич Кирш.

Решение о создании Теплотехнического института было принято Советом по Труд и Обороне 13 июля 1921 г. Гриневецкий и Кирш до этого не дожили. Оба они умерли в 1918 г.

Директором и научным руководителем института был назначен профессор Рамзин Л. К.

Институт стал базой для разработки научных основ и практических мероприятий по развитию отечественной энергетики. Уже в 1922 г. специалисты института участвовали в приёмке, пуске и освоении на низкосортных топливах Каширской ГРЭС — первой мощной ТЭС, построенной по плану ГОЭЛРО. Опыт ВТИ с низкосортным углём обеспечили создание мощных высокоэкономичных котельных установок.

Для детального исследования процессов, протекающих в оборудовании ТЭС, в 1925 г. была пущена экспериментальная ТЭЦ ВТИ с полным энергетическим циклом — от приёма топлива до получения энергии. На территории ТЭЦ ВТИ были сооружены несколько исследовательских котлов, в которых сжигались различные угли, торф, сланцы Среднего Поволжья, дрова, опилки, подсолнечная лузга.

Началом теплофикации Москвы считается 1928 г., когда началась эксплуатация паропровода, проложенного от экспериментальной ТЭЦ ВТИ к заводу «Динамо» и другим потребителям. ТЭЦ ВТИ стала прообразом промышленно-отопительных ТЭЦ. В этот же период в ВТИ разработана первая генеральная схема теплофикации Москвы. Её основоположником стал Е. Я. Соколов, который внёс большой вклад в развитие теплофикационных схем для крупных городов России.

Уже в середине 1920-х годов мировая и отечественная энергетика начинает осваивать высокие и сверхвысокие параметры пара. Это потребовало созда-

ния нового котельного и турбинного оборудования.

В начале 30-х годов Л. К. Рамзиным был создан прямоточный котёл высокого давления. 20 декабря 1933 г. первый такой котёл производительностью 200 т пара в час с параметрами 140 атм, 500 °С был введён в эксплуатацию на ТЭЦ-9 Мосэнерго. Он много лет работал надёжно и эффективно. Проведённые в это же время в ВТИ под руководством А. В. Щегляева, Я. М. Рубинштейна, П. М. Якуба исследования паровых турбин способствовали созданию в СССР производства своего турбинного оборудования.

В тяжёлые военные годы сотрудники ВТИ выполняли конкретные работы для повышения обороноспособности страны, обеспечения эксплуатации эвакуированных ТЭС, восстановления их работы на освобождаемых территориях. В военное время была спроектирована и выполнена система гидродинамического регулирования для турбин ЛМЗ (В. Н. Веллер) и разработана методика химического умягчения и обессоливания воды (Ю. М. Кострикин).

Сразу после войны в стране были развёрнуты работы по созданию энергоблоков на высокие и сверхвысокие параметры пара — вплоть до давления 300 атм и температуры 650 °С.

Для изучения рабочей среды при таких условиях в ВТИ (Д. П. Тимрот, Н. Б. Варгафтик, С. Л. Ривкин, А. М. Сирота) были разработаны уникальные методики и проведены экспериментальные исследования, послужившие основой для составления «Таблиц термодинамических свойств воды и водяного пара», получивших международное признание. Небольшой прямоточный котёл с названными параметрами был разработан Подольским котельным заводом. Он был смонтирован на экспериментальной ТЭЦ ВТИ и пущен в эксплуатацию в ноябре 1949 г. Котёл проработал на расчётных параметрах пара более 200 тыс. ч. Результаты его эксплуатации использованы при внедрении в большую энергетику энергоблоков на сверхкритические и суперсверхкритические параметры пара. В 1967 г. введён в эксплуатацию опытно-промышленный блок мощностью

100 МВт с параметрами пара 31,5 МПа и 650 °С на Каширской ГРЭС.

С ростом энергетических мощностей и параметров пара требовалось создание систем автоматического управления тепловыми процессами оборудования ТЭС. Разработанная ВТИ в 50-х годах система с электронными регуляторами (В. Д. Миронов, Н. И. Давыдов) позволила полностью отказаться от механических и электромеханических регуляторов на ТЭС.

С 1950 г. в ВТИ проводились работы по атомной тематике. Институт принимал участие в создании атомного ледокола «Ленин», выполнил схему автоматического регулирования второго контура энергоблока № 1 Белоярской АЭС. Были разработаны «Общие положения обеспечения безопасности АЭС при проектировании, строительстве и эксплуатации». Разрабатывались программы расчёта аварийных режимов и проводились исследования по их обоснованию. В институте выполнялись работы по атомной тематике не только для отечественных, но и для ряда зарубежных АЭС. После разделения министерств ВТИ утратил свои обязательства в атомной энергетике. Специализированные отделения и работники ушли в другие организации.

В 1960 – 1985 гг. сотрудники института принимали активное участие в разработке и освоении в эксплуатации головных блоков мощностью 200 МВт на Южно-Уральской и Змиевской ГРЭС, 300 МВт Приднепровской и Черепетской ГРЭС, 500 МВт Назаровской и Экибастузской ГРЭС, 800 МВт Славянской, Березовской ГРЭС, 1200 МВт Костромской ГРЭС, газотурбинных установок мощностью 100 МВт Краснодарской ТЭЦ, ГРЭС-3 Мосэнерго.

В те же годы совместно с ЦКТИ были разработаны и выпущены «Тепловой и гидравлический расчёт котельных агрегатов» (Н. В. Кузнецов, А. Л. Шварц), обоснования увеличения ресурса работы металла энергоблоков и обеспечения высокой маневренности оборудования электростанций, проведены исследования кризисов теплообмена в трубах при высоком давлении (В. Е. Дорошук), исследования и разработка систем регенерации паровых турбин, внедрение бездеаэроторных схем на блоках мощностью 300 и 800 МВт и создание систем шариковой очистки конденсаторных трубок (Г. И. Ефимочкин).

В последние годы институт активно участвует в техническом перевооружении газомазутных ТЭС по парогазовым технологиям. Необходимый для этого опыт сотрудники института приобрели после 1980 г., выполняя инициативные исследования и проекты по бинарным

ПГУ, которые позже стали широко внедряться в энергетике.

В институте была разработана парогазовая установка мощностью 20 – 25 МВт, предназначенная для коммунальных и промышленных предприятий небольших городов. Она позволяет эффективно модернизировать малые ТЭЦ. Всё оборудование ПГУ изготавливается российскими компаниями. Парогазовая установка экономично вырабатывает зимой электроэнергию и тепло, летом только электроэнергию.

Исследованиями процессов в камерах сгорания ПГУ институт занимается уже длительное время. Испытания проводились на стендах, в том числе и при натуральных параметрах двигателя. Результатом проведённой работы стала эффективная и экологичная работа камеры сгорания ПГУ-110 М. Полученный положительный опыт позволяет применить эти наработки при создании установок малой и средней мощности (ПГУ-16П, ПГУ-65). Специалистами ВТИ разработаны малоэмиссионные камеры со ступенчатым сжиганием топлива для перспективной ПГУ с $t_p > 1700$ °С.

В России суммарная мощность угольной генерации составляет около 45 ГВт (примерно 17 % общей установленной электрической мощности РФ). Конденсационные угольные блоки разработаны 50 и более лет назад, оборудование большей части ТЭЦ — ещё раньше. Большинство из них проработало 35 – 45 лет и их показатели экономичности, экологичности, уровень автоматизации не соответствуют современным техническим требованиям. Необходимость технического перевооружения является одной из главных проблем этих ТЭС. ВТИ совместно с ОАО ЦКТИ, ОАО «ЦНИИТМАШ», машиностроительными заводами и проектными организациями 10 лет назад были разработаны основные технические решения для угольного блока мощностью 660 – 800 МВт на суперсверхкритические параметры пара ($p_n = 28$ МПа, $t_n = 600/600$ °С) с КПД = 44,5 – 45,0 %.

Перспективной технологией является сжигание твёрдого топлива в циркулирующем кипящем слое. Использование мирового опыта и отечественных разработок обеспечит минимальные технические риски при внедрении технологии ЦКС на отечественных энергоблоках мощностью 200 – 350 МВт и при изготовлении большинства элементов котлов на отечественных заводах.

Исключительно острой стала необходимость технического перевооружения угольных ТЭЦ. ВТИ совместно с другими организациями выполнил «Разработку угольных энергоблоков ТЭЦ нового поколения, мощностью 100 – 120 МВт с повышенными технико-

экономическими показателями для замещения действующего оборудования или нового строительства». Коэффициент полезного действия блока в конденсационном режиме составляет 38,5 – 39,0 %, котлы с ЦКС обеспечивают перспективные нормативы по вредным выбросам оксидов азота и серы и сжигание различных видов топлива, в новой паровой турбине использовано трёхмерное облопачивание, применены двухподъёмная схема регенерации, унифицированные горизонтальные подогреватели, возможно её оснащение расцепной муфтой для отключения части низкого давления (ЧНД) на отопительный сезон.

Для улучшения экологических показателей действующих котельных установок угольных энергоблоков наиболее отработаны технологические методы подавления оксидов азота. В последнее время в ВТИ разработана малотоксичная горелка, особенностью конструкции которой является наличие каналов вторичного воздуха и ввод азосмеси в топку в виде нескольких прямооточных струй. Опыты на блоке № 8 Троицкой ГРЭС показали, что новые горелки обеспечивают снижение концентрации NO_x примерно на 40 %, также уменьшая механический недожог.

При наличии на угольных ТЭС природного газа целесообразно организовать трёхступенчатое сжигание малореакционных углей с восстановлением NO_x . При подаче природного газа в верхнюю часть топки на котле П-50Р энергоблока № 3 Каширской ГРЭС мощность 330 МВт концентрация NO_x снизилась с 1200 до 800 мг/м³.

ВТИ располагает опытом реализации на электростанциях, эксплуатации и испытаний различных систем золоулавливания, серо- и азотоочистки. При необходимости этой информацией можно воспользоваться для аналогичных проектов в подходящих условиях.

Отделение металлов ВТИ длительное время контролирует состояние действующего оборудования, формирует отраслевые нормы и инструкции. В институте функционирует центр исследования нового поколения конструкционных материалов тепловой энергетики, оснащённый оборудованием для металлографических исследований, механических испытаний, неразрушающего контроля, химического анализа, а также установки для испытаний на длительную прочность и ползучесть.

Федеральный закон «О теплоснабжении» обязал разработать схемы теплоснабжения для всех городов с населением свыше полумиллиона человек. В 2012 г. институт аккумулировал накопленный опыт, создал нормативные акты и разработал схему теплоснабжения

г. Новосибирска. Ежегодно специалисты ВТИ выполняют 10 – 15 проектов для крупных и средних городов. С использованием опыта данной работы институт также создаёт научную базу и разрабатывает методику планирования сооружения оптимальных тепловых схем. Специалисты ВТИ разработали схемы теплоснабжения более чем для 60 городов России, в том числе пяти городов-миллионников (Москва, Новосибирск, Красноярск, Нижний Новгород, Краснодар), шести городов с населением 0,5 млн человек и более (Барнаул, Ульяновск, Ижевск, Саратов, Владимир, Рязань).

Нормотворчество и контроль выполнения норм и стандартов стали в последние годы серьёзной частью работ института. К работам такого рода можно отнести: сертификацию ТЭС по стандартам системного оператора, расширение регулировочного диапазона нагрузок энергоблоков, диагностику оборудования, увеличение ресурса эксплуатации огнестойкого масла, защиту от эрозии и коррозии турбинных лопаток на ТЭС и АЭС, оптимизацию водно-химического режима и разработку реагентов для обработки воды.

ОАО ВТИ является ведущим экспертом в части современных систем автоматического управления ТЭС и обладает уникальным опытом разработки новых математических моделей работы оборудования. Институт разрабатывает и широко использует не только методы классического управления и оптимизации, но и управления с использованием технологий искусственного интеллекта. В настоящее время ОАО ВТИ является единственной организацией, имеющей в своем составе специалистов широкого профиля, решающих комплексные вопросы управления, автоматизации, математического динамического моделирования.

За последние 20 лет (с 2002 г.) семь работ института удостоены Правительственной премии РФ.

Сегодня, как и прежде, ВТИ занимается исследованиями и прикладными разработками в сфере теплотехники и теплоэнергетики. В составе института действуют 12 научно-технических отделений, персонал которых способен решать возникающие на ТЭС проблемы комплексно на высоком профессиональном и техническом уровне. ВТИ обладает всем необходимым, чтобы сохранить свои позиции в XXI веке, проводить исследования для внедрения в энергетику новых перспективных технологий, обеспечивать высокую эффективность действующего оборудования.