<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2018-11-4-264-273>

УДК 620.9

100-летний юбилей Института «Теплоэлектропроект» – из прошлого в будущее

Загреддинов И. Ш.*, Кучеров В. В., Захаров Я. В., Шабанов И. И.

АО «Институт Теплоэлектропроект»

Спартакoвская ул., д.2а, стр.1, 105066 г. Москва, Россия

Поступила / Received 01.12.2018

Принята к печати / Accepted for publication 14.12.2018

Статья посвящена 100-летию Института «Теплоэлектропроект», представляет направления деятельности института в настоящее время.

Несмотря на сложные условия существования, финансово-экономический кризис, институт по своему производственному потенциалу, технической оснащенности, объему выполняемых работ и масштабу получаемых заказов продолжает оставаться одной из ведущих проектных организаций в области создания проектов тепловых электростанций на органических видах топлива (уголь, природный газ, мазут) с установкой паротурбинных, парогазовых, газотурбинных блоков и подстанций различного напряжения.

Техническая политика института направлена в будущее, основной задачей является обеспечение высокого научно-технического уровня разрабатываемых институтом проектов и технико-коммерческих предложений.

В институте применяются прогрессивные технологии при разработке технической документации; внедряются передовые технические решения во всех частях проекта и проводится единая техническая политика института в разрабатываемых проектах; обеспечивается стабильно высокое качество технической документации на основе постоянного улучшения системы менеджмента качества; совершенствуются методы расчета / математических моделей и внедрения их в процесс проектирования; обеспечивается всесторонний и наиболее полный учет требований Заказчика при подготовке технико-коммерческих предложений, проектировании новых и/или реконструкции и техническом перевооружении имеющихся объектов генерации; осуществляются тесные связи с научными, конструкторскими организациями, заводами-изготовителями оборудования, изделий и материалов с целью внедрения в проектную документацию имеющихся передовых научно-технических достижений.

Разработаны типовые компоновки главного корпуса для пылеугольных блоков на суперсверхкритические параметры пара, котлов с циркулирующим кипящим слоем, установок очистки дымовых газов от оксидов азота и серы, парогазовых установок. Приведены примеры разработки энергоблоков для промышленных предприятий, унифицирующих нетрадиционные для энергетики виды топлива. Дано краткое описание референции института в области строительства ПГУ и ГТУ-ТЭЦ, а также пылеугольных электростанций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: научно-технический уровень, техническая документация, методы расчета/математические модели, компоновки, электростанции

Благодарности

Авторы статьи выражают признательность коллегам, принимавшим активное участие в выполнении НИОКР: И. А. Михайлову, Д. Г. Григоруку, А. С. Сидорову, И. В. Трескову, Д. А. Денищуку, Н. А. Ермайкиной, А. Ф. Тычинскому, Л. И. Сивакову.

Адрес для переписки:

Загреддинов И. Ш.

АО «Институт Теплоэлектропроект»

Спартакoвская ул., д.2а, стр.1, 105066 г. Москва, Россия

e-mail: tep@tep-m.ru

Address for correspondence:

Zagredtinov I. Sh

JSC «Teploproekt Institute»

Spartakovskaya St, 2a, bldg 1, 105066, Moscow, Russia

e-mail: tep@tep-m.ru

Для цитирования:

Загреддинов И. Ш., Кучеров В. В., Захаров Я. В., Шабанов И. И. 100-летний юбилей Института «Теплоэлектропроект» – из прошлого в будущее. Надежность и безопасность энергетики. 2018. – Т. 11, №4. – С. 264–273
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2018-11-4-264-273>

For citation:

Zagredtinov I. Sh., Kucherov V. V., Zakharov Ya. V., Shabanov I. I. [The Centenary of «Teploelektroproekt» Institute: from the Past to the Future]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2018, vol. 11, no. 4, pp. 264–273 (in Russian)
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2018-11-4-264-273>

The Centenary of Teploelektroproekt Institute: from the Past to the Future

Zagredtinov I. Sh.*, Kucherov V. V., Zakharov Ya. V., Shabanov I. I.

JSC Teploproekt Institute

Spartakovskaya St, 2a, bldg 1, 105066, Moscow, Russia

The article is devoted to the one-hundredth anniversary of Teploelektroproekt Institute, and presents areas of the institute's current activities.

Despite the difficult conditions, the financial and economic crisis, the Institute continues to be one of the leading design organizations in the field of developing projects of thermal power plants operating on organic fuels (coal, natural gas, fuel oil) with the installation of steam-turbine, steam-gas, gas turbine units and substations of various voltages, in terms of its production capacity, technical equipment, scope of work performed and scale of orders received.

The technical policy of the Institute is orientated at the future, the key objective being ensuring a high scientific and technical level of projects, and technical and commercial proposals developed by the Institute.

The Institute uses cutting edge technologies in the development of technical documentation; introduces advanced technical solutions throughout the project and conducts its uniform policy for the projects under development; provides consistently high quality of technical documentation on the basis of continuous improvement of its quality management system; improves methods of calculation/mathematical models and their implementation in the design process; ensures comprehensive and total accounting of the Customer's requirements at preparation of technical and commercial offers, design of new and/or reconstruction and technical re-equipment of existing power-generating facilities; maintains close relations with scientific and design organizations, manufacturers of equipment, products and materials for the purpose of introduction of available advanced scientific and technical achievements in project documentation.

Standardized layouts of the main buildings are designed for pulverized coal-based generating units of ultra-super-critical steam conditions, for circulating fluidized bed boilers, flue gas denitrification and desulphurization plants, for combined cycle plants. Examples of the power plant designing are presented for industrial facilities utilizing nonconventional fuels. A short description is given about the institute's references in the field of construction of combined cycle and cogeneration plants as well as pulverized coal-based plants.

KEYWORDS: scientific and technical level, technical documentation, calculation methods/mathematic models, layout, power plants

Acknowledgments

The authors are grateful to their colleagues who took an active part in R&D activities: I. A. Mikhaylov, D. G. Grigoruk, A. S. Sidov, I. V. Treskov, D. A. Denishchuk, N. A. Yermaykina, A. F. Tychinskiy, L. I. Sivakov.

История Института «Теплоэлектропроект» — это история создания, становления и развития отечественной энергетики, история реализации грандиозных и уникальных проектов в отрасли как в России, так и за рубежом. Коллектив института по праву гордится своим великим 100-летним прошлым.

Несмотря на сложные условия существования, финансово-экономический кризис, институт по своему производственному потенциалу, технической оснащенности, объему выполняемых работ и масштабу получаемых заказов продолжает оставаться одной из ведущих проектных организаций в области создания проектов тепловых электростанций на органических видах топлива (уголь, природный газ, мазут) с установкой паротурбинных, парогазовых, газотурбинных блоков и подстанций различного напряжения.

Техническая политика института направлена в будущее, основной задачей является обеспечение высокого научно-технического уровня разрабатываемых институтом проектов и технико-коммерческих

предложений путем:

- применения прогрессивных технологий при разработке технической документации;
- внедрения передовых технических решений во всех частях проекта и проведения единой технической политики института в разрабатываемых проектах;
- обеспечения стабильно высокого качества технической документации на основе постоянного улучшения системы менеджмента качества;
- совершенствования методов расчета / математических моделей и внедрения их в процесс проектирования;
- всестороннего и наиболее полного учета требований Заказчика при подготовке технико-коммерческих предложений, проектировании новых и/или реконструкции и техническом перевооружении имеющихся объектов генерации;
- осуществления тесных связей с научными, конструкторскими организациями, заводами-изготовителями оборудования, изделий и материалов с целью внедрения в проектную документацию имеющихся

Рисунок 1. Пример трехмерного изображения главного корпуса ТЭС
Figure 1. Example of 3D representation of the heat power plant main building

передовых научно-технических достижений.

Основным фактором, определяющим конкурентоспособность института на рынке проектных работ, является использование кадрового потенциала работников на базе новых информационных технологий, которое позволяет повышать качество выполняемых работ и производительность труда, а также снижать стоимость проектных работ до уровней, устанавливаемых рынком.

Проектное производство института уже более 20 лет базируется на системе автоматизированного проектирования с использованием высокотехнологичных средств программного обеспечения. Основу комплекса автоматизированного проектирования составляет система Plant Design Management System (PDMS), используемая для создания трехмерной модели объекта (рисунок 1). Эта технология позволяет значительно сократить сроки проектирования и обеспечить высокое качество проектной продукции. Автоматизированное проектирование с использованием средств PDMS ведется с учетом требований международной системы классификации и кодирования (KKS).

Сегодня проектирование по всем объектам в институте ведётся только с созданием трехмерной модели. Нароботан уникальный банк проектов энергоблоков различных типов и мощностей.

Для создания монтажно-технологических схем используется система AVEVA Diagrams, позволяющая вести разработку «интеллектуальных» схем, содержащих всю необходимую информацию об оборудовании, трубопроводных линиях, арматуре, приборах КИПиА.

Эта информация является общей и

для схемы, и для трехмерной модели, а потому внесенные любых изменений находят свое отражение как в схеме, так и в модели. Данная трехмерная модель вместе со всей связанной с ней информацией может использоваться на всех этапах жизненного цикла объекта.

В институте развиваются методы математического моделирования гидродинамики и теплообмена основного и вспомогательного оборудования ТЭС. Адаптация и применение программ Computational Fluid Dynamics (CFD) в проектах института для расчета элементов оборудования ТЭС позволяет минимизировать тепловые и гидравлические потери, оптимизировать

компоновку газозвудушных трактов и уменьшить затраты на собственные нужды энергоблока (пример моделирования аэродинамики тракта уходящих газов котла Троицкой ГРЭС показан на рисунке 2).

Техническая политика в электроэнергетике должна учитывать принцип максимальной унификации типов энергоблоков для организации их проектирования и серийного производства.

Разработка комплектной проектной документации унифицированных строительно-технологических секций (модулей) главного корпуса ТЭС, наличие заранее выполненной проектной документации, включающей спецификации, ведомости объемов работ и трудоза-

Рисунок 2. Пример моделирования аэродинамики тракта уходящих газов котла Троицкой ГРЭС

Figure 2. Example of aerodynamics simulation of the flue gas path of a boiler at Troitskaya GRES

Рисунок 3. Компоновка главного корпуса пылеугольной ТЭС в составе двух блоков по 660 МВт на суперсверхкритические параметры пара (28 МПа, 600/620°C)

Figure 3. Layout of main building of pulverized coal-based power plant consisting of two 660 MW units for ultra-supercritical steam conditions (28 МПа, 600/620°C)

трат для различных вариантов компоновок, позволяет сократить сроки подготовки проектов, осуществить выдачу первоочередных чертежей и заказных спецификаций в короткие сроки, и, таким образом, сократить в целом продолжительность цикла проектирования — строительства ТЭС.

Кроме того, создание новых видов энергетического оборудования и энергетических установок, решение вопросов совершенствования эксплуатируемого оборудования требует проведения комплексных исследований в области материаловедческих, технологических, физико-технических, конструкторских и проектных проблем, а, следовательно, объединения и взаимодействия многих научных и инженерных коллективов и отраслевых заводов-изготовителей.

С учётом наработанного российскими специалистами опыта проектирования и сооружения угольных электростанций институтом был разработан типоразмерный ряд энергоблоков единичной мощностью от 330 до 990 МВт на суперсверхкритические параметры перегретого пара (давление 28 МПа, температура первичного и вторичного пара соответственно 600/620°C).

На рисунке 3 приведена компоновка главного корпуса пылеугольной ТЭС в составе двух блоков по 660 МВт на суперсверхкритические параметры пара (28 МПа, 600/620°C), с котлами башенного типа при сжигании кузнецкого угля с установками серо- и азотоочистки.

В результате проведённой НИОКР были также обобщены и разработаны типоразмерные ряды паро-

газовых установок и блоков на базе паровых котлов с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС), рекомендованные для серийного применения при реализации планов развития отечественной энергетики.

Возможность работы института в составе группы компаний АО «ТЭК Мосэнерго», крупного инженерингового холдинга, реализующего генеральный подряд на строительство ТЭС, создаёт предпосылки для развития комплексного типового проектирования электростанций. Данная работа уже проводится на протяжении нескольких лет.

Для выполнения экологических требований пылеугольный энергоблок должен быть оснащён эффективными золоуловителями, а также установками очистки дымовых газов от оксидов азота и серы. При проектировании систем газоочистки требуется обеспечить оптимальную компоновку и технологическую взаимную увязку нового оборудования в составе котельной установки таким образом, чтобы не только обеспечить эффективность и надёжность работы газоочистки и энергоблока в целом, но и миними-

зировать дополнительные затраты мощности на собственные нужды.

На рисунке 4 приведена компоновка установки очистки дымовых газов от оксидов азота и серы по методу SNOX, выполненная институтом для оборудования проекта строительства блока 350 МВт на высокосернистом мазуте в условиях стесненной площадки.

В части реализации систем газоочистки институт имеет опыт проектирования установки мокро-известняковой системы очистки дымовых газов от оксидов серы блока 660 МВт Троицкой ГРЭС, селективного каталитического восстановления оксидов азота и аммиачно-сульфатного метода сероочистки проекта реконструкции котлов ТГМЕ-464 Нижнекамской ТЭЦ.

По заданиям Минэнерго и Министерства промышленности и торговли РФ институт «Теплоэлектропроект», в содружестве с отраслевыми НИИ, разработал:

- типовые проекты ТЭС в рамках Программы модернизации электроэнергетики России на период до 2030 г.;

- тепловые схемы и принципиальные компоновочные решения по главному корпусу для серийных блоков 225 и 330 МВт с котлами ЦКС, включая оборудование систем топливоподготовки и топливоподдачи, подготовки и подачи известняка и инертного материала, золо- и шлакоудаления;

- развернутые технические задания для теплофикационного блока нового поколения мощностью 110 МВт (140 МВт в конденсационном режиме) в вариантах с пы-

Рисунок 4. Компоновка установки очистки дымовых газов от оксидов азота и серы по методу SNOX

Figure 4. Layout of flue gas SNOX denitrification and desulphurization plant

леугольным котлом и котлом с ЦКС.

Деятельность института в условиях практического отсутствия крупных проектов строительства ТЭС в России, в ситуации усиливающегося конкурентного окружения требует постоянного наращивания качества оказываемых услуг и ускорения бизнес-процессов, **переориентирования бизнеса на новых потребителей, а также выход на новые актуальные рынки в сфере электроэнергетики.**

В связи с этим одной из сфер применения компетенции института являются проекты интеграции энергоисточников в производственный процесс промышленных предприятий. На этом направлении в течение короткого срока институтом был выполнен ряд проектных работ, которые могут служить основой для последующих аналогичных типовых проектов.

В частности, было разработано ТЭО строительства энергоблока комплекса глубокой переработки нефти (КГПН) на Московском нефтеперерабатывающем заводе (МНПЗ) [1].

Программа модернизации МНПЗ предполагала создание КГПН, в составе которого запланировано строительство установок флексикокинга, а также сооружение энергоблока на флексигазе — низкокалорийном газе, образующемся в процессе флексикокинга, позволяющего сократить потребление пара и электроэнергии от внешних сетей.

В первую очередь, был выполнен анализ текущей и перспективной потребности МНПЗ в энергоресурсах, проведена оценка существующих источников ресурсоснабжения предприятия, определены требования к энергоблоку, рассмотрены существующие технологии сжигания флексигаза, обоснован выбор оптимального варианта конфигурации энергоблока, затем были разработаны основные технические решения по оборудованию энергоблока.

В ходе сравнения различных технологий, а также

рассмотрения различных вариантов конфигурации энергоблока, было показано, наибольшая эффективность утилизации флексигаза при обеспечении заданной потребности в энергоресурсах АО «Газпромнефть-МНПЗ» до 2020 г. достигается за счёт применения технологии сжигания флексигаза в энергетических котлах — паросиловой цикл.

В частности, была рекомендована конфигурация энергоблока с четырьмя энергетическими котлами паропроизводительностью по 220 т/ч и двумя паровыми турбинами типа ПТ-65 с двумя регулируемыми отборами пара. Данный вариант обеспечивает 100%-ное импортозамещение продукцией отечественных предприятий по производству котельного и турбинного оборудования, отвечающего всем действующим регламентам и стандартам.

Введение в 2014 г. международных санкций в отношении Российской Федерации привело к пересмотру руководством ПАО «Газпром нефть» решения по строительству установки флексикокинга с использованием зарубежной технологии Exxon Mobil. Тем не менее, основные технические решения энергоблока, разработанные АО «Институт Теплоэлектропроект» с применением оборудования отечественного производства, остаются актуальными и могут быть адаптированы для сжигания низкокалорийных топлив в условиях промышленных предприятий.

В частности, институтом разработаны проектные решения по утилизации побочных газообразных продуктов металлургии для производства электроэнергии, тепла и пара на ряде отечественных металлургических предприятий.

Разработанный институтом несколько лет назад проект строительства мусоросжигательного завода (МСЗ) на территории рядом с одной из ТЭЦ Мосэнерго положил начало развитию компетенции института этой области проектирования.

В настоящее время институт активно участвует в проектах МСЗ в Московской области.

Прогрессивные разработки института нашли наиболее полное воплощение в проекте реконструкции котлоагрегатов ТГМЕ-464 Нижнекамской ТЭЦ.

Во исполнение решений АО «Татнефть» им. В. Д. Шашина» по стратегии глубокой переработки нефти институт разработал проект реконструкции ТЭЦ для выдачи электрической и тепловой энергии с технологией факельного сжигания нефтяного кокса (нефтекокса), полученного с установки замедленного коксования «ТАНЕКО» в объёме 700 000 тонн нефтяного кокса в год, в виде пылевидного топлива [2].

Уникальность данного проекта состоит в сочетании

целого ряда инновационных для отечественной энергетики технологических и технических решений:

- перевод газомазутного котла на сжигание нефтекокса с применением специально разработанных для этого горелочных устройств;
- оборудование котлов установками селективного каталитического восстановления оксидов азота аммиаком;
- оснащение котлоагрегатов высокоэффективными электрофильтрами для улавливания летучей золы и установками аммиачно-сульфатной очистки дымовых газов от диоксида серы;
- применение пневмозолоудаления для удаления золы из-под электрофильтров;
- применение центрального пылеприготовления (пылезавод) из-за недостаточности пространства для размещения индивидуальных систем пылеприготовления;
- применение вертикальных конвейеров для транспортировки сырого кокса от узла пересыпки в дробильный корпус и далее — дробленого кокса в башню пересыпки цеха приготовления пыли (ЦПП) в составе оборудования пылезавода для экономии площади;
- применение панельных паровых сушилок для сушки кокса с последующей досушкой пылевидного кокса до требуемой остаточной влажности продуктами сгорания природного газа от генератора горячих газов;
- подача сухой коксовой пыли из бункеров пыли котла к горелкам котла на сжигание по пневмопроводам пыли высокой концентрации.

Технологические решения по очистке дымовых газов котла при работе на нефтекоксе полностью обеспечивают защиту атмосферы от вредных эмиссий в соответствии с действующими нормами.

Описанные выше перспективные разработки института проводились и проводятся параллельно с основной проектной деятельностью института — проектированием ТЭС.

Прошедшее пятнадцатилетие отмечено активным строительством **парогазовых и газотурбинных ТЭС** по программе ДПМ (договоров о предоставлении мощности). По проектам института были построены и введены в эксплуатацию два десятка ПГУ и ГТУ ТЭС на базе газотурбинных установок единичной мощностью до 270 МВт [3].

ГТ ТЭЦ «Луч» и Белгородская ТЭЦ (г. Белгород). Две ГТУ-ТЭЦ на базе четырёх ГТУ LM2500+ (GE) единичной мощностью 30 МВт с водогрейными котлами-утилизаторами (КУ) производства «ЗиО-Подольск» (рисунок 5).

Сочинская ТЭС. ПГУ на базе четырёх ГТУ GT10С (SGT-700) (Siemens), электрическая мощность 158 МВт, тепловая мощность 50 Гкал/ч, обеспечивает комбинированную выработку электрической и тепловой энергии. В составе основного оборудования при-

менены котлы-утилизаторы «ЗиО-Подольск», паротурбинные установки Калужского турбинного завода.

При проектировании и строительстве объекта учитывалась высокая сейсмичность района, стеснённая площадка строительства, а также жёсткие экологические требования курортной местности.

Эксплуатация первой очереди начата в декабре 2004 г., второй — в декабре 2009 г.

ТЭС ММДЦ «Москва-Сити». Дубль-блок ПГУ на базе двух ГТУ SGT-800 (Siemens), электрическая мощность 120 МВт, тепловая мощность 205 Гкал/ч (с учётом пикового водогрейного котла). В составе основного оборудования применены котлы-утилизаторы двух давлений Austrian Energy (Чехия), паротурбинные установки Siemens и пиковый водогрейный котел «Белэнерго-маш».

Главный корпус станции характеризуется компактностью размещения основного технологического и вспомогательного оборудования. На кровле машинного зала главного корпуса расположены блоки сухой градирни.

В 2007 г. была введена в эксплуатацию вторая очередь ТЭС ММДЦ «Москва-Сити».

Калининградская ГРЭС-2. Два дубль-блока ПГУ-450 на базе четырёх ГТЭ-160 («Силовые машины» — «ЛМЗ»), электрическая мощность 900 МВт, тепловая мощность 680 Гкал/ч. В составе основного оборудования применены котлы-утилизаторы «ЗиО-Подольск», паротурбинные установки «ЛМЗ».

Первый энергоблок введён в эксплуатацию в 2005 г., второй — в 2010 г. (рисунок 6).

Шатурская ГРЭС. Одновальный парогазовый блок на базе ГТУ PG 9351FA (GE), электрическая мощность 400 МВт, применена серийная газовая турбина класса F мощностью 270 МВт, КПД энергоблока 56%.

Институт адаптировал «базовый проект» консорциума компаний GE (США) и GAMA (Турция) к российским

Рисунок 5. Белгородская ГТ-ТЭЦ
Figure 5. Belgorodskaya GT-CHPP

Рисунок 6. Калининградская ТЭЦ-2
Figure 6. Kaliningradskaya CHPP-2

нормам и правилам и предложил свои проектные решения по строительству основных сооружений энергоблока.

В 2010 г. энергоблок был введен в эксплуатацию.

Рязанская ГРЭС. Газотурбинная надстройка ГТЭ-110 (НПО «Сатурн») со сбросом выхлопных газов турбины в энергетический котел, электрическая мощность 420 МВт.

В результате реализации инвестиционного проекта ОАО «ОГК-6» впервые в России существующий паросиловой энергоблок мощностью 310 МВт был надстроен газотурбинной установкой мощностью 110 МВт. Разработанное специалистами института проектное решение предусматривает сброс в энергетический котел выхлопных газов, отработавших в газовой турбине. В результате КПД энергоблока увеличился с 38 до 44%.

В 2010 г. была начата эксплуатация энергоблока.

Невинномысская ГРЭС. Моноблок ПГУ на базе ГТУ SGT5-4000F (Siemens), электрическая мощность 410 МВт. В составе основного оборудования — котёл-утилизатор, трёхконтурный с промежуточным перегревом, вертикальный, производства фирмы CMI ENERGY (Бельгия).

Рисунок 7. Ивановские ПГУ
Figure 7. Ivanovo CCGT plants

В 2011 г. блок был пущен в эксплуатацию.

«Ивановские ПГУ». Два дублирующего блока ПГУ-325 на базе четырёх ГТЭ-110 (НПО «Сатурн»), электрическая мощность 650 МВт.

В период 2008 – 2012 гг. по проектам института были построены и сданы в эксплуатацию энергоблоки ПГУ-325 №1 и ПГУ-325 №2 ОАО «Ивановские ПГУ», кроме того, газотурбинная установка ОАО «Испытательный стенд», размещающаяся в едином здании с газотурбинным отделением энергоблока ПГУ-325 №2 ОАО «Ивановские ПГУ» (рисунок 7).

Пермская ТЭЦ-6. Дублирующий блок ПГУ на базе двух ГТУ SGT-800 (Siemens), электрическая мощность 120 МВт, тепловая мощность 205 Гкал/ч (с учётом пикового водогрейного котла), разработана рабочая документация.

В 2012 г. ПГУ введена в эксплуатацию.

Пермская ТЭЦ-9. Газотурбинная надстройка ГТЭ-165 («Силовые машины» — «ЛМЗ»), электрическая мощность 165 МВт, котёл-утилизатор фирмы «ЭМАльянс».

ГТ-надстройка предназначена для безопасной, высоконадёжной и недорогой выработки электрической энергии в базовом режиме нагрузки и тепловой энергии для обеспечения потребностей жилищно-коммунального хозяйства г. Перми в горячей воде и предприятий промышленного района данного города в горячей воде и в технологическом паре.

В 2014 г. ГТ-надстройка была введена в эксплуатацию.

Джубгинская ТЭС (Краснодарский край, Туапсинский район). Две ГТУ LMS 100 PB (GE), электрическая мощность 196 МВт.

Джубгинская ТЭС — одна из наиболее современных и эффективных в своём классе (впервые в мире были использованы турбины LMS 100 PB с сухим подавлением NO_x в связи с отсутствием воды на площадке строительства). При строительстве станции учтены требования Международного олимпийского комитета к экологической безопасности, нагрузка на окружающую среду практически отсутствует.

В 2013 г. Джубгинская ТЭС была введена в работу.

Кировская ТЭЦ-3. Моноблок ПГУ-230 на базе ГТЭ-160 («Силовые машины» — «ЛМЗ»), электрическая мощность 230 МВт, тепловая мощность 135 Гкал/ч. В состав блока вошло следующее оборудование: горизонтальный котёл-утилизатор двух давлений с естественной циркуляцией в испарительных контурах производства «ЭМАльянс», паровая турбина производства Уральского турбинного за-

вода, турбогенераторы с воздушным охлаждением производства НПО «Элсиб».

В 2014 г. блок ПГУ был пущен в эксплуатацию.

Нижневартовская ГРЭС. Моноблок ПГУ-400 на базе ГТУ PG 9351FA (GE), электрическая мощность 400 МВт.

В состав энергоблока, кроме ГТУ, входит котёл-утилизатор производства «Атомэнергомаш», паровая турбина фирмы GE с генератором с воздушным охлаждением. Особенностью данного проекта является использование в качестве топлива попутного нефтяного газа с месторождений ХМАО, а также применение прямоточной системы технического водоснабжения из реки Вах.

В 2014 г. ПГУ введена в эксплуатацию.

Южноуральская ГРЭС-2. Два одновальных блока ПГУ-400 на базе двух ГТУ SGT5-4000F (Siemens), электрическая мощность 800 МВт.

В состав каждого модуля SCC5-4000F-3000 в одновальной конфигурации входит оборудование Siemens: газовая турбина SGT5-4000F, генератор с водородным охлаждением SGEN5-2000H, паровая турбина SST5-3000, конденсатор SCON1000, котёл-утилизатор типа П-140 производства «ЗиО-Подольск», горизонтального профиля, барабанный, трёх давлений (высокое, среднее и низкое давление) с естественной циркуляцией в испарительных контурах, с промперегревом.

В 2014 г. блоки ПГУ введены в эксплуатацию (рисунок 8).

Новогорьковская ТЭЦ. Газотурбинная надстройка к существующей паротурбинной части, на базе двух ГТУ GT13E2 (Alstom), электрическая мощность — 370 МВт. В составе основного оборудования применены два котла-утилизатора производства «ЗиО-Подольск».

Реконструкция Новогорьковской ТЭЦ позволила снизить энергодефицитность региона, повысить надёжность обеспечения существующих и перспективных тепловых потребностей Кстовского промышленного узла.

В 2015 г. ПГУ введены в эксплуатацию.

Нижнетуринская ГРЭС. Два моноблока ПГУ-230 на базе двух ГТУ GT13E2 (Alstom), электрическая мощность — 460 МВт.

В состав каждого теплофикационного энергоблока кроме ГТУ входит горизонтальный котёл-утилизатор двух давлений, с естественной циркуляцией в испарительных контурах «ЗиО-Подольск», теплофикационная паротурбинная установка Уральского турбинного завода («УТЗ»).

В 2015 г. введены в работу оба теплофикационных парогазовых энергоблока.

«ЭС-1 Центральная ТЭЦ» (г. Санкт-Петербург). ГТУ-ТЭЦ на базе двух ГТУ SGT-800 (Siemens), электрическая мощность 100 МВт, тепловая мощность 120 Гкал/ч (с учётом пикового водогрейного котла).

В составе ГТУ-ТЭЦ применены два водогрейных

Рисунок 8. Южноуральская ГРЭС-2

Figure 8. Yuzhnouralskaya GRES-2

котла-утилизатора вертикального профиля и один резервный водогрейный котёл (все производства «ЗиО-Подольск»).

Особенностью данного проекта явилась необходимость размещения объекта в условиях сложившейся городской застройки и перезавода 13 действующих линий 110 кВ в новое КРУЭ 110 кВ.

В 2016 г. ГТУ-ТЭЦ введена в эксплуатацию.

Якутская ГРЭС-2. ГТУ-ТЭЦ (первая очередь) на базе четырех ГТУ LM6000 (GE), электрическая мощность 193 МВт, тепловая мощность 469 Гкал/ч (с учётом пиковой водогрейной котельной).

В составе ГТУ-ТЭЦ применены четыре водогрейных котла-утилизатора «ЭМАльянс» и три пиковых водогрейных котла «ЗиО-Подольск» с необходимой общестанционной инфраструктурой. В дальнейшем, в составе второй очереди предусмотрен ввод ещё трёх модулей ГТУ + КУ.

Основной особенностью этого проекта стала необходимость проектирования для условий вечной мерзлоты с обязательным соблюдением требований к сохранению вечномёрзлых грунтов (при выполнении вертикальной планировки не срезался грунт, все сооружения выполнены по принципу «вентилируемых подполий»). Для разработки проектной документации, а также для наблюдений за процессом вмерзания свай были привлечены специализированные организации.

Площадка строительства расположена на двух высотных отметках с перепадом высот 100 м. Институт разработано уникальное техническое сооружение — эстакада технологических трубопроводов с давлением 5 МПа и температурой 185°C, соединяющая верхнюю и нижнюю площадки.

В 2017 г. введена в действие первая очередь строительства Якутской ГРЭС-2 (рисунок 9).

Выполняя упомянутые проекты, институт накопил практически всеобъемлющий опыт проектирования: в условиях нового строительства и на существующих стеснённых площадках, высокой сейсмичности и вечной мерзлоты, большого перепада высот, сложившей-

Рисунок 9. Якутская ГРЭС-2

Figure 9. Yakutskaya GRES-2

ся городской застройки и жёстких экологических требований, климатических особенностей территорий, охватывающих всю страну с юга на север и с востока на запад.

Разработаны тепловые схемы и компоновочные решения для разнообразных конфигураций газотурбинных ТЭС, дубль- и моноблоков, горизонтальных и вертикальных котлов-утилизаторов, одно-, двух- и трёхконтурных с промежуточным перегревом схем, одно- и двухвальных ПГУ, паротурбинных установок конденсационных и с производственными / теплофикационными отборами.

Необходимо отметить, что данные проекты выполнены в тесном взаимодействии с ведущими отечественными производителями котлов-утилизаторов и паротурбинных установок.

Наряду с реализацией проектов ПГУ значительную часть работ института составляет **проектирование пылеугольных ТЭС.**

ТЭЦ-22 «Мосэнерго». По проекту института в рамках реконструкции на ТЭЦ-22 «Мосэнерго» был расширен угольный склад станции, запущена новая линия топливоподачи, введён в строй заборщик угля с производительностью 1200 т/ч, что позволило увеличить пристанционные запасы топлива на 100 000 тонн и повысить надёжность энергоснабжения города.

В 2006 г. оборудование введено в работу.

Каширская ГРЭС. Пылеугольный энергоблок (ст. №3) на кузнецком угле мощностью 330 МВт с системой трёхступенчатого сжигания топлива, системой подачи пыли высокой концентрации, бездеаэрационной тепловой схемой, системой некаталитического восстановления (СНКВ) оксидов азота. Основное оборудование: турбина К-330-240 производства «ЛМЗ»; котёл ТГМП-314 (ОАО «ТКЗ Красный котельщик»); генератор ТЗФСУ-320-2УЗ («Электросила»). Основное топливо — кузнецкий уголь, резервное — природный газ, растопочное — мазут.

Проект имеет следующие особенности. На энергоблоке установлен принципиально новый тип асинхрони-

зированного генератора ТЗФСУ-320-2УЗ с водовоздушным охлаждением, первый в России такой мощности. Он используется не только для производства электроэнергии, но и как управляемый источник реактивной мощности с большим регулировочным диапазоном.

При реализации этого проекта были выполнены уникальные работы по монтажу основного и вспомогательного теплотехнического оборудования в существующем главном корпусе Каширской ГРЭС с максимальным сохранением строительных конструкций, использованы инновационные технологии.

В 2009 г. пылеугольный энергоблок №3 введён в эксплуатацию.

Троицкая ГРЭС. Пылеугольный энергоблок на кузнецком угле мощностью 660 МВт, разработанный совместно с проектировщиками и поставщиками основного и вспомогательного оборудования из КНР, оборудованный системой мокрой известняковой сероочистки с получением в качестве конечного продукта товарного гипса.

Институт «Теплоэлектропроект» является генеральным проектировщиком строительства двух пылеугольных энергоблоков единичной установленной мощностью 660 МВт на площадке Троицкой ГРЭС (филиала ОАО «ОГК-2»), включая весь комплекс проектно-изыскательских работ по объекту и осуществление авторского надзора за строительством. При этом рабочее проектирование Троицкой ГРЭС, а также авторский надзор за строительством объекта осуществляется совместно с Северо-Восточным электроэнергетическим проектным институтом Китайской электроэнергетической инженерно-консалтинговой корпорации (NEPDI).

Основное оборудование — поставка из КНР.

Особенностью проекта, наряду с совместной работой с проектировщиками и поставщиками основного и вспомогательного оборудования из КНР, является применение системы мокрой известняковой сероочистки, железобетонная гиперболическая градирня высотой 130 м и площадью 6500 м² с естественной тягой, а также глубокое залегание топливоподачи с прохождением над туннелями железнодорожных путей.

В 2016 г. был введён в эксплуатацию пылеугольный энергоблок первой очереди мощностью 660 МВт Троицкой ГРЭС (рисунок 10).

Сахалинская ГРЭС-2. В стадии строительства по проекту института в настоящее время находятся два пылеугольных энергоблока по 60 МВт первой очереди Сахалинской ГРЭС-2, сооружаемой в сейсмически опасном районе (9 баллов) в условиях строительной площадки с большим перепадом высот. В состав основного оборудования входят два котла Е-230-13,8-560 КБТ ТКЗ «Красный котельщик» и две паро-

Рисунок 10. Троицкая ГРЭС
Figure 10. Troitskaya GRES

турбинные установки К-60-12,8 «УТЗ».

Наряду с основной площадкой потребовалось проектирование ряда объектов за её пределами: подъездные автомобильные дороги, система внешнего золошлакоудаления, схема выдачи электрической мощности, система хозяйственно-питьевого водоснабжения, применение сухой градирни.

В настоящее время институт разрабатывает проект строительства Амурской ТЭС для обеспечения нужд Амурского газоперерабатывающего завода, важного звена технологической цепочки будущих поставок природного газа в Китай по газопроводу «Сила Сибири».

Развитие института сегодня сфокусировано на достижении лидерства в области выполнения проектно-исследовательских работ и инженеринговых услуг, обеспечивая при этом высокое качество полученного результата и эффективность новых технологий.

Выводы

1. Институт «Теплоэлектропроект» по-прежнему вносит свой существенный вклад в качественное развитие энергетической отрасли через осуществление профессионального проектирования объектов генерации и инфраструктуры путём создания на базе современных технологий и последних разработок конкурентоспособных и высокотехнологичных объектов, соответствующих требованиям технической, экономической эффективности и экологической безопасности.

2. Проекты института в прошедшее пятнадцатилетие

успешно реализованы на более двадцати тепловых электростанциях парогазового и паросилового цикла на газообразном и твёрдом топливе.

3. В составе группы компаний АО «ТЭК Мосэнерго», крупного инженерингового холдинга, реализующего генеральный подряд на строительство ТЭС, на базе ряда совместных проектов институт проводит работу по развитию комплексного типового проектирования электростанций.

4. Институт демонстрирует способность координированно работать с научно-исследовательскими отраслевыми институтами, энергетическими и энергомашиностроительными компаниями по реализации прогрессивных пилотных проектов для ускоренного развития отрасли.

Список использованных источников

1. Григорук Д. Г., Шабанов И. И., Кучеров В. В. и др. Технико-экономическое обоснование строительства энергоблока глубокой переработки нефти на АО «Газпромнефть-МНПЗ» // Электрические станции 2018; (10): 17–22.
2. Пак Д. Ф., Кучеров В. В., Шабанов И. И. и др. Применение инновационных технологий в проекте реконструкции котлоагрегатов ТГМЕ-464 Нижнекамской ТЭЦ для пылевого сжигания нефтяного кокса // Электрические станции 2018; (10): 23–29.
3. Загреддинов И. Ш., Кучеров В. В., Захаров Я. В., Шабанов И. И. Основные направления строительства ТЭС России в проектах АО «Институт Теплоэлектропроект» // Электрические станции 2018; (10): 2–8.

References

1. Grigoruk D. G., Shabanov I. I., Kuchеров V. V. et al. Technical and economic feasibility study for a project of Power Generation Unit construction for Advanced Oil Refining Complex (AORC) of the plant JSC Gazpromneft-Moscow Oil Refinery (MOR) // Elektricheskie Stancii 2018; (10): 17–22.
2. Pak D. F., Kuchеров V. V., Shabanov I. I. et al. Implementation of innovative technologies in the reconstruction project for pulverized petroleum coke combustion in the boiler unit TGME-464 of thermal power plant Nizhnekamskaya TEZ // Elektricheskie Stancii 2018; (10): 23–29.
3. Zagredtinov I. S., Kuchеров V. V., Zakharov Y. V., Shabanov I. I. Basic trends of Russia's thermal power plants construction represented in projects of JSC "Institute Teploelectroproject" // Elektricheskie Stancii 2018; (10): 2–8.