

## НОВОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ

### Системный оператор Единой энергетической системы

#### Выработка и потребление электроэнергии и мощности

*По оперативным данным АО «СО ЕЭС», потребление электроэнергии в Единой энергосистеме России в сентябре 2019 г. составило 81,0 млрд кВт·ч, что на 3,0% больше объёма потребления за сентябрь 2018 г. Потребление электроэнергии в сентябре 2019 г. в целом по России составило 82,2 млрд кВт·ч, что на 2,5% больше аналогичного показателя 2018 г.*

В сентябре 2019 г. электростанции ЕЭС России выработали 82,8 млрд кВт·ч, что на 2,5% больше, чем в сентябре 2018 г. Выработка электроэнергии в России в целом в сентябре 2019 г. составила 84,0 млрд кВт·ч, что на 2,1% больше выработки в сентябре прошлого года.

Основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию в ЕЭС России в сентябре 2019 г. несли тепловые электростанции (ТЭС), выработка которых составила 43,0 млрд кВт·ч, что на 5,1% меньше, чем в сентябре 2018 г. Выработка ГЭС за девятый месяц 2019 г. составила 17,5 млрд кВт·ч (на 15,4% больше уровня 2018 г.), АЭС – 17,1 млрд кВт·ч (на 11,1% больше уровня 2018 г.), электростанций промышленных предприятий – 5,1 млрд кВт·ч (на 4,9% больше уровня 2018 г.).

Максимум потребления мощности в сентябре 2019 г. составил 127 233 МВт, что выше аналогичного показателя прошлого года на 4888 МВт (4,0%).

Увеличение потребления электроэнергии и мощности в ЕЭС России связано с более низкой по сравнению с прошлым годом среднемесячной температурой воздуха. В сентябре 2019 г. её значение составило 11,1°C, что на 1,8°C ниже, чем в сентябре прошлого года. При этом в отдельные дни второй половины сентября 2019 г. температура воздуха была ниже прошлогодних значений на 3,0 – 7,0°C.

Потребление электроэнергии за девять месяцев 2019 г. в целом по России составило 784,7 млрд кВт·ч, что на 0,1% больше, чем за такой же период 2018 г. В ЕЭС России потребление электроэнергии с начала года составило 773,1 млрд кВт·ч, что на 0,5% больше аналогичного показателя прошлого года.

С начала 2019 г. выработка электроэнергии в России в целом составила 799,8 млрд кВт·ч, что на 0,7% больше объёма выработки в январе – сентябре 2018 г. Выработка электроэнергии в ЕЭС России за девять месяцев 2019 г. составила 788,3 млрд кВт·ч, что на 1,2% больше показателя аналогичного периода прошлого года.

Основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию в ЕЭС России в течение девяти месяцев 2019 г. несли ТЭС, выработка которых составила 448,9 млрд кВт·ч, что на 1,3% больше, чем в январе – сентябре 2018 г. Выработка ГЭС за тот же период составила 138,5 млрд кВт·ч (на 1,6% меньше, чем за девять месяцев 2018 г.), АЭС – 153,8 млрд кВт·ч (на 3,2% больше, чем в аналогичном периоде 2018 г.), электростанций промышленных предприятий – 45,8 млрд кВт·ч (на 1,0% больше, чем в январе – сентябре 2018 г.).

Суммарные объёмы потребления и выработки электроэнергии в целом по России складываются из показателей электропотребления и выработки объектов, расположенных в Единой энергетической системе России, и объектов, работающих в технологически изолированных территориальных энергосистемах. Фактические показатели работы энергосистем технологически изолированных территорий представлены субъектами оперативно-диспетчерского управления этих энергосистем. С 2019 г. показатели потребления и выработки по ЕЭС России и ОЭС Востока формируются с учётом Западного и Центрального энергорайонов энергосистемы Республики Саха (Якутия).

ОЭС	Выработка, млрд кВт·ч		Потребление, млрд кВт·ч	
	Сентябрь 2019 г.	Январь – сентябрь 2019 г.	Сентябрь 2019 г.	Январь – сентябрь 2019 г.
Востока (с учётом изолированных систем)	3,8 (5,7)	37,3 (2,0)	3,4 (5,2)	34,5 (2,2)
Сибири (с учётом изолированных систем)	16,6 (3,3)	157,2 (1,5)	16,5 (0,9)	159,5 (0,3)
Урала	20,8 (2,0)	195,7 (1,8)	20,5 (3,0)	190,9 (-0,1)
Средней Волги	8,3 (1,1)	79,8 (-6,3)	8,4 (2,0)	79,9 (-0,8)
Центра	18,5 (3,1)	170,9 (3,5)	18,7 (4,1)	176,2 (0,4)
Северо-Запада	8,4 (-1,4)	82,9 (0,6)	7,2 (3,3)	69,2 (0,2)
Юга	7,7 (0,4)	76,1 (-2,3)	7,3 (0,0)	74,6 (-0,9)

Примечание. В скобках приведено изменение показателя в процентах относительно аналогичного периода 2018 г.

Данные за сентябрь и девять месяцев 2019 г. представлены в таблице.

#### Техническое совещание

*В Иркутске под руководством заместителя председателя правления АО “СО ЕЭС” Сергея Павлушко прошло техническое совещание руководителей технологического функционального блока Системного оператора с заместителями генеральных директоров филиалов АО “СО ЕЭС” – Объединённых диспетчерских управлений (ОДУ).* В совещании также участвовали заместитель председателя правления АО “СО ЕЭС” Фёдор Опадчий, генеральный директор ОДУ Сибири Алексей Хлебов, директор Иркутского РДУ Дмитрий Маяков и первый заместитель директора – главный диспетчер Иркутского РДУ Сергей Клепиков.

По видеоконференцсвязи в мероприятии приняли участие директор по управлению режимами – главные диспетчеры, директора по информационным технологиям, директора по техническому контроллингу, директора по развитию технологий диспетчерского управления, начальники служб релейной защиты и автоматики филиалов Системного оператора – ОДУ.

Открывая совещание, Сергей Павлушко подвёл итоги работы технологического функционального блока Системного оператора за период с момента проведения предыдущего технического совещания в апреле 2019 г., проанализировал выполнение принятых на нём решений и рассказал об основных задачах, стоящих перед технологическим функциональным блоком. Он особо отметил необходимость продолжения работы по расширению применения дистанционного управления ЛЭП и оборудованием подстанций, а также режимом работы электростанций, использующих ВИЭ, из диспетчерских центров, а также технологии системы мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ). Особенно Сергей Павлушко отметил вклад в развитие этой технологии ОДУ Сибири, где она применяется не только для управления электроэнергетическим режимом в реальном времени, но и на этапе планирования для шести контролируемых сечений, что позволило, в том числе, оптимально использовать водные ресурсы Ангаро-Енисейского бассейна. Расширение использования данных цифровых технологий является хорошим примером практической “цифровизации” энергетики.

Также Сергей Павлушко остановился на итогах проведённых системных испытаний в Крымской и Калининградской энергосистемах и проводимой работе по расширению использования единой информационной модели ЕЭС России (ЕИМ), созданной в соответствии с международными стандартами, в деловых процессах АО “СО ЕЭС” и при организации информационного обмена с субъектами электроэнергетики. Как положительный пример, он отметил, организацию взаимодействия АО “СО ЕЭС” с АО “Концерн Росэнергоатом” в формате ОДУ Северо-Запада – Ленинградская АЭС.

Директор по управлению режимами ЕЭС – главный диспетчер АО “СО ЕЭС” Михаил Говорун выступил с докладом о перспективах внедрения дистанционного управления функциями устройств РЗА в ЕЭС России, в котором подробно рассказал о принципах организации

такого управления, минимальных функциональных и технических требованиях к микропроцессорным устройствам РЗА при этом, возможных технических решениях реализации дистанционного управления, основных требованиях к производству переключений с использованием дистанционного управления устройствами РЗА.

Директор по энергетическим рынкам АО “СО ЕЭС” Андрей Катаев по видеоконференцсвязи рассказал об итогах проведённого в августе этого года конкурентного отбора мощности (КОМ) на 2022 – 2024 гг., отметив что модель КОМ, применявшаяся для отборов на 4 года вперёд, подтвердила свою адекватность для целей проведения КОМ на 6 лет вперёд, а результаты отбора соответствуют текущим прогнозам развития ЕЭС России. Говоря о динамике изменения баланса спроса и предложения в КОМ, он обратил внимание, что действующая модель КОМ создала мощные стимулы к выводу избыточных, неэффективных мощностей, что в условиях существенного снижения темпов ввода новых мощностей после завершения программы ДПМ ТЭС и новых ГЭС/АЭС привело к резкому снижению объёмов сверхнормативных резервов мощности в ЕЭС России – превышение объёма отобранных мощностей относительно расчётной величины спроса снизилось с 18,6 ГВт в КОМ 2018 г. до 5,0 ГВт в КОМ 2024 г. (4,4 ГВт с учётом временно выведенных объёмов для проведения модернизации).

В докладе также была представлена общая информация о параметрах программы модернизации генерирующих объектов и информация о текущих процедурах, выполняемых в рамках проводимого в настоящее время второго отбора проектов модернизации генерирующих объектов тепловых электростанций (КОМ-Мод) на 2025 г. и его предварительных результатах.

Темой доклада заместителя директора по автоматизированным системам диспетчерского управления Романа Богомоллова стали вопросы взаимодействия структурных подразделений диспетчерских центров при актуализации единой информационной модели (ЕИМ) ЕЭС России. Она содержит порядка 4 млн физических объектов, расположенных на 13 тысячах объектов электроэнергетики Единой энергосистемы России и ближнего зарубежья. Роман Богомоллов подробно рассказал о технологии актуализации информационной модели, направлениях деятельности специалистов (координаторов), занимающихся сопровождением ЕИМ в исполнительном аппарате и ОДУ, и возможных подходах к ведению ЕИМ в условиях расширения использования информационной модели в деловых процессах общества. В завершение доклада Роман Богомоллов перечислил ряд мероприятий, реализация которых необходима для дальнейшего совершенствования технологии сопровождения ЕИМ. Он отметил, что необходимо провести анализ зон ответственности РДУ и ОДУ и нагрузки специалистов, участвующих в актуализации информационной модели, распределить роли (инициатор/корректор/организатор) между структурными подразделениями по классам и атрибутам ЕИМ, а также разработать новую редакцию регламента актуализации единой информационной модели.

Заместитель генерального директора ОДУ Сибири Михаил Шломов представил доклад об особенностях управления электроэнергетическим режимом работы ОЭС Сибири в условиях роста несимметричной нагрузки тяговых подстанций ОАО “РЖД”. Причинами несимметрии по току и напряжению в электрической сети 110 – 220 кВ являются способ присоединения к сети, единичная мощность присоединённых объектов и график движения подвижного состава. Фиксируемые отклонения показателей качества электроэнергии от нормируемых ГОСТ значений приводят, в частности, к аварийному отключению генерирующего оборудования, нарушениям в работе и останову технологического оборудования промышленных предприятий, ложным срабатываниям устройств релейной защиты, повреждению электрооборудования, и как следствие, необходимости ввода ограничений в электроснабжении потребителей. При прогнозируемом увеличении доли нагрузки ОАО “РЖД” в структуре потребления ОЭС Сибири ожидается дальнейшее увеличение несимметричной нагрузки тяговых подстанций. Михаил Шломов перечислил ряд мероприятий, направленных на снижение негативного влияния несимметричной нагрузки тяговых подстанций ОАО “РЖД” на потребителей и поддержание заданных показателей качества электроэнергии: учёт влияния несимметрии на электроэнергетический режим, разработка мероприятий по симметрированию при проектировании объектов ОАО “РЖД”, применение специальных методик в настройке РЗА.

Темой доклада заместителя генерального директора ОДУ Северо-Запада Евгения Сиротенко стали основные задачи Системного оператора по результатам проведённых 22 – 25 мая 2019 г. успешных натуральных испытаний энергосистемы Калининградской обл. В ходе выступления он проанализировал текущую и прогнозируемую режимно-балансовую ситуацию в Калининградской энергосистеме, а также рассказал о структурных изменениях, которые произошли в энергосистеме региона с 2014 по 2018 г., в том числе в рамках подготовки к испытаниям. Евгений Сиротенко отметил, что в этот период в Калининградской энергосистеме введены в работу Маяковская, Талаховская и Прегольская ТЭС суммарной установленной мощностью 771,6 МВт, обеспечивающие возможность автоматического регулирования частоты в изолированной энергосистеме (части энергосистемы), реализованы схемы выдачи мощности новых ТЭС с вводом трёх новых и реконструкцией десяти ЛЭП и семи подстанций 110 – 330 кВ, проведена перенастройка параметров срабатывания устройств РЗА, выполнена глубокая модернизация системы противоаварийного управления. Евгений Сиротенко отметил, что проведённые в мае этого года испытания подтвердили готовность энергосистемы Калининградской области к длительной работе в изолированном режиме и подробно рассказал об основных мероприятиях по поддержанию достигнутого уровня готовности энергосистемы. Среди них разработка необходимой документации и подготовка диспетчерского и оперативного персонала, проведение ежегодных испытаний изолированной работы Калининградской энергосистемы, ввод в работу протестированного в ходе испытаний программно-технического комплекса противоаварийной автома-

тики в Филиале АО “СО ЕЭС” “Региональное диспетчерское управление энергосистемы Калининградской области” (Балтийское РДУ) и ряд других мероприятий.

Всего на совещании рассмотрено более двадцати вопросов. По его итогам сформированы поручения, направленные на решение актуальных задач по всем направлениям деятельности технологического блока Системного оператора и его филиалов.

### **Мероприятия по обеспечению надёжной работы ЕЭС России**

*В августе – сентябре 2019 г., как и в период традиционного весеннего половодья, Системный оператор продолжил использование тепловых электростанций для автоматического вторичного регулирования частоты в условиях повышенного уровня воды в бассейнах рек. Регулирование осуществляется в рамках процедур рынка системных услуг и позволяет более эффективно использовать гидроресурсы ГЭС при производстве электроэнергии.* С 24 августа по 5 сентября задачи по автоматическому вторичному регулированию частоты и перетоков активной мощности (АВРЧМ) в ЕЭС России решались в том числе отдельными энергоблоками ТЭС в рамках работы рынка услуг по обеспечению системной надёжности (рынка системных услуг). Частичный перенос резерва вторичного регулирования с ГЭС на тепловые станции обеспечил рациональное использование водных ресурсов ряда гидроэлектростанций в первой ценовой зоне оптового рынка с увеличением выработки электроэнергии на ГЭС более чем на 55 млн кВт·ч (оценочно).

Привлечение энергоблоков ТЭС к АВРЧМ в рамках рынка системных услуг позволило в условиях повышенного уровня воды в реках Волжского бассейна летом и осенью 2019 г. минимизировать величину размещаемых на ГЭС резервов вторичного регулирования частоты в ЕЭС России и тем самым освободить более дешёвые гидроресурсы для производства электроэнергии. В частности, мероприятия, реализованные Системным оператором, позволили минимизировать привлечение к АВРЧМ Волжской ГЭС и Жигулевской ГЭС и значительно сократить на них объёмы холостых водосбросов в период с 24 августа по 5 сентября.

В АВРЧМ одновременно участвовали до 18 энергоблоков ТЭС генерирующих компаний ПАО “ОГК-2”, АО “Татэнерго”, АО “Интер РАО – Электрогенерация”, ООО “БГК”, с которыми Системный оператор заключил договоры оказания услуг по АВРЧМ в 2019 г. в рамках функционирования рынка услуг по обеспечению системной надёжности.

Договоры, заключённые по результатам конкурентного отбора поставщиков системных услуг, позволяют использовать в АВРЧМ 27 энергоблоков ТЭС. По сравнению с прошлым годом число энергоблоков, отобранных для участия в АВРЧМ, стало больше на 10 единиц, при этом объём резервов вторичного регулирования увеличился на ±205,06 МВт – до ±388,06 МВт, что позволяет более эффективно использовать гидроресурсы ГЭС в период паводка.

*Председатель правления АО “СО ЕЭС” Борис Аюев принял участие в дискуссии о развитии конкуренции на энергетическом рынке, состоявшейся 19 сентября в Москве на профессиональной конференции “Новая Россия – Новая энергетика. Генерация будущего”, организованной ассоциацией “Совет производителей энергии”.* Дискуссия о факторах развития и ограничения конкуренции на электроэнергетических рынках стала одним из основных мероприятий конференции. В разговоре приняли участие председатель Комитета по энергетике Государственной Думы РФ Павел Завальный, заместитель министра энергетики РФ Юрий Маневич, заместитель министра экономического развития РФ Михаил Расстригин, глава ассоциации “НП Совет рынка” Максим Быстров, руководители АО “Концерн Росэнергоатом”, ПАО “Фортум”, АО “СУЭК” и других крупнейших энергетических компаний. Модератором дискуссии выступила председатель наблюдательного совета ассоциации “Совет производителей энергии” Александра Панина.

Борис Аюев назвал изолированность ОЭС Востока от остальной части ЕЭС России одним из основных технологических ограничений фундаментального характера, тормозящих развитие конкуренции в электроэнергетике Дальнего Востока, поскольку изолированный режим работы не позволяет применять в ОЭС Востока рыночные инструменты, используемые в ценовых зонах оптового рынка электроэнергии и мощности.

В прежние годы изолированная работа энергосистем была обусловлена отсутствием крупных потребителей электроэнергии на больших пространствах между ОЭС Востока и Сибири. Организация и поддержание постоянной синхронной связи между энергообъединением Востока и остальной частью ЕЭС России требовали бы необоснованного расхода ресурсов. Однако в настоящее время ситуация меняется. Экономическое развитие восточной части Сибири и западной части Дальнего Востока в ближайшие годы приведёт к значительному росту потребления электрической мощности и повышению требований к надёжности электроснабжения. Обеспечение этих потребностей вызывает необходимость укрепления электросетевой инфраструктуры в энергосистемах республик Бурятия и Саха (Якутия), Забайкальского края, Амурской и Иркутской областей. В ряде регионов может потребоваться развитие генерирующих мощностей.

Максимальный эффект для повышения устойчивости энергетической инфраструктуры даст соединение ОЭС Востока с остальной частью ЕЭС России. Технологическое единство энергосистемы сформирует пространство единых, понятных и справедливых правил функционирования электроэнергетических рынков на всей территории страны, создаст возможность организации конкурентного ценообразования в электроэнергетике Дальнего Востока. В настоящее время Минэнерго России прорабатывает мероприятия, позволяющие реализовать проект соединения энергосистем.

Глава Системного оператора отметил, что завершение процесса соединения ОЭС Востока и Сибири, начатого, но не завершённого в эпоху СССР, отвечает мировым тенденциям в энергетике. Он напомнил, что в ряде

государств, претендующих на экономическое лидерство, в настоящее время предпринимаются усилия для объединения энергосистем с целью получения дополнительных рыночных преимуществ. В частности, в единую энергосистему объединились государства Персидского залива. Китай соединил свои семь территориальных энергосистем связями постоянного тока и продвигает идею глобальной энергетической кооперации в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Энергетические власти США с 2017 г. исследуют возможности создания единой национальной энергосистемы, разрабатывая сценарии модернизации трёх основных энергообъединений. В Евросоюзе уже более десятилетия продолжается процесс интеграции энергосистем.

### Цифровизация отрасли

*Филиалы АО “СО ЕЭС” – “Объединённое диспетчерское управление энергосистемы Урала” (ОДУ Урала), “Региональное диспетчерское управление энергосистемы Республики Башкортостан” (Башкирское РДУ) совместно с группой компаний “Хевел” 2 сентября 2019 г. ввели в промышленную эксплуатацию систему дистанционного управления режимами работы Бурибаевской СЭС из Башкирского РДУ.* Система дистанционного управления СЭС введена в работу после успешного завершения её опытной эксплуатации с октября 2018 г. Бурибаевская СЭС установленной мощностью 20 МВт стала первой солнечной электростанцией в России, на которой реализован проект дистанционного управления из диспетчерского центра Системного оператора.

Реализованный проект позволяет обеспечить дистанционное управление активной и реактивной мощностью электростанции, что увеличивает скорость реализации управляющих воздействий по приведению параметров электроэнергетического режима энергосистемы в допустимые пределы при предотвращении развития и ликвидации аварий в энергосистеме, а также позволяет осуществлять оперативное обслуживание СЭС без постоянного дежурства оперативного персонала на объекте.

Реализация дистанционного управления режимами работы СЭС, наряду с развитием дистанционного управления оборудованием подстанций, внедрением системы мониторинга запасов устойчивости и вводом централизованных систем противоаварийной автоматики третьего поколения, является ещё одним реальным шагом к цифровизации энергетики. При увеличении количества и значений мощности электростанций, использующих ВИЭ, в ЕЭС России значимость дистанционного управления режимами их работы будет возрастать. Цифровизация, в том числе путём реализации таких проектов, становится инструментом для повышения эффективности оперативно-диспетчерского управления. Помимо увеличения скорости реализации управляющих воздействий дистанционное управление также имеет прямой экономический эффект для собственника, так как позволяет перейти от постоянного дежурства оперативного персонала на объекте к обслуживанию оперативно-выездной бригадой.

В рамках реализации проекта дистанционного управления мощностью Бурибаевской СЭС специалистами Системного оператора и “Хевел” был разработан

совместный план-график его выполнения, проведены испытания, а также опытная эксплуатация дистанционного управления режимами работы Бурибаевской СЭС из Башкирского РДУ, в ходе которой осуществлялась отладка алгоритмов реализации команд дистанционного управления, устранялись выявленные замечания. Опытная эксплуатация системы проводилась диспетчерами Башкирского РДУ совместно с инженерным и оперативным персоналом электростанции в соответствии с утверждённой программой, предусматривающей операции по изменению активной и реактивной мощности СЭС, в том числе с полным прекращением выдачи мощности. Также были проведены испытания с полным отключением Бурибаевской СЭС от сети и последующей подачей напряжения на электростанцию для проверки автоматического включения в работу инверторов с возобновлением выдачи активной и реактивной мощности в сеть. Кроме того, в ходе реализации проекта формализованы команды для управления работой СЭС из диспетчерского центра АО «СО ЕЭС», в результате чего расширен перечень стандартных документируемых диспетчерских команд с учётом специфики электростанций использующих ВИЭ.

Полученный при осуществлении проекта опыт позволяет распространить использованные технические и организационные решения для реализации дистанционного управления режимами работы других электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии.

***В ОЭС Сибири совместно компанией “Хевел” и Новосибирским РДУ реализуется пилотный проект по организации дистанционного управления режимом работы солнечной электростанции (СЭС) из диспетчерского центра Системного оператора.*** Проведённые испытания дистанционного управления технологическим режимом работы Майминской СЭС подтвердили готовность системы к вводу в опытную эксплуатацию с 3 сентября 2019 г.

Система дистанционного управления режимом работы СЭС из диспетчерского центра Системного оператора позволяет увеличить скорость реализации управляющих воздействий по приведению параметров работы энергосистемы в допустимые пределы, в том числе при предотвращении развития и ликвидации аварий, а также по регулированию напряжения в контрольных пунктах операционной зоны Новосибирского РДУ. За счёт этого повышается надёжность управления электроэнергетическим режимом энергосистемы Алтайского края и Республики Алтай. Кроме того, дистанционное управление позволяет отказаться от постоянного дежурства оперативного персонала на СЭС при её оперативном обслуживании и перейти к обслуживанию оперативно-выездной бригадой, что даёт ощутимый экономический эффект для генерирующей компании.

Этот и другие подобные проекты, в том числе по развитию дистанционного управления оборудованием подстанций, внедрению системы мониторинга запасов устойчивости и ввода централизованных систем противоаварийной автоматики третьего поколения, реализуются в рамках принятого компанией курса на повышение эффективности оперативно-диспетчерского управления путём цифровизации.

Специалистами ОДУ Сибири, Новосибирского РДУ и компании “Хевел” непосредственно перед испытаниями проведена большая подготовительная работа, включавшая в себя разработку перечня необходимых дополнительных параметров информационного обмена, в том числе команд дистанционного управления активной и реактивной мощностью Майминской СЭС, подготовку необходимых инструкций для диспетчерского персонала Системного оператора и оперативного персонала СЭС, настройку удовлетворяющих требованиям информационной безопасности каналов связи. Конфигурация автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) на Майминской СЭС и на ОИК Новосибирского РДУ и организация получения необходимой телеметрической информации также стали необходимой частью подготовительного этапа проведения испытаний.

Предварительно утверждённые Новосибирским РДУ и компанией “Хевел” программы и методики, по которым проводились испытания, предусматривали операции по изменению активной и реактивной мощности Майминской СЭС, в том числе путём изменения режимов работы инверторов, и учитывали возможность полного прекращения выдачи мощности электростанции. Система дистанционного управления была протестирована на способность работы при различных нештатных ситуациях, в том числе таких, как отказ каналов связи и появление некорректных команд управления.

В настоящее время в Алтайской энергосистеме ведётся строительство новых СЭС, таких как Ининская, Усть-Коксинская и Чемальская, ввод в работу которых запланирован до конца 2019 г. Ожидается, что на этих станциях также будут внедрены системы дистанционного управления режимами их работы с использованием полученного опыта применения технических и организационных решений.

#### **Взаимодействие с отраслевым сообществом**

***На базе Филиала АО “СО ЕЭС” “Объединённое диспетчерское управление энергосистемы Сибири” (ОДУ Сибири) прошла ежегодная научно-практическая конференция “Планирование и управление электроэнергетическими системами”, приуроченная к 60-летию ОДУ Сибири и 110-летию со дня рождения основателя и первого руководителя ОДУ Сибири Владимира Николаевича Ясникова.*** Открывая конференцию, генеральный директор ОДУ Сибири Алексей Хлебов отметил высокую практическую значимость научно-технических изысканий для работы Системного оператора. Актуальная сегодня тема цифровизации для АО “СО ЕЭС” является насущной необходимостью оперативно-диспетчерского управления. В ОДУ Сибири реализация проектов по разработке и внедрению цифровых технологий ведётся уже на протяжении не одного десятилетия: к середине прошлого века отрасль уже исчерпала возможности физических моделей и остро нуждалась в более современных технологиях моделирования, основанных на мощных вычислительных средствах. Поэтому информатизация пришла в большую энергетику почти сразу после своего возникновения. В частности, в 1968 г. в ОДУ Сибири была введена централизованная система автоматического регулиро-

вания частоты и мощности (АРЧМ) на интегральных аналоговых элементах. В 1982 г. ей на смену пришла цифровая централизованная система АРЧМ.

Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике отвечает на вызовы времени новыми технологиями. “Например, в прошлом году мы начали внедрять систему мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ), которая позволяет определять и корректировать максимально допустимые перетоки активной мощности с учётом текущей схемно-режимной ситуации. Это обеспечивает максимальное использование пропускной способности электрической сети ОЭС Сибири для выдачи мощности Ангаро-Енисейского каскада ГЭС в западную часть ЕЭС России. Сегодня СМЗУ используется при управлении режимом в тринадцати контролируемых сечениях операционной зоны ОДУ Сибири”, – отметил Алексей Хлебов. Он пожелал участникам конференции успешной работы и дальнейших научно-технических достижений.

Целью научно-практической конференции “Планирование и управление электроэнергетическими системами” является обсуждение актуальных проблем функционирования и развития технологий оперативно-диспетчерского управления в ОЭС Сибири, определение возможных направлений развития электроэнергетики региона, а также развитие научного и творческого потенциала молодых исследователей в области электроэнергетики.

В этом году конференция приняла более 80 делегатов. В их числе руководители и сотрудники ОДУ Сибири, представители научно-исследовательских институтов, студенты, аспиранты и преподаватели технических вузов Сибирского региона, сотрудники энергетических компаний операционной зоны ОДУ Сибири. Участники конференции представили 30 докладов в ходе пленарного заседания, а также трёх тематических секций – “Моделирование и автоматизация управления энергосистемами”, “Релейная защита и автоматика энергосистем”, “Прогнозирование и управление режимами работы энергосистем”. С докладами выступили представители Системного оператора, АО “НТЦ ЕЭС”, АО “Институт автоматизации энергетических систем”, Национального исследовательского Томского политехнического университета, Новосибирского государственного технического университета.

Живой интерес участников конференции вызвал доклад заместителя директора по управлению режимами ЕЭС АО “СО ЕЭС” Юрия Вишневого “Актуальные вопросы технологического взаимодействия с субъектами электроэнергетики и развития технологий диспетчерского управления”. В докладе отмечалось, что независимость Системного оператора, являющаяся одним из основополагающих принципов в отечественной электроэнергетике, требует организации чёткого взаимодействия с субъектами электроэнергетики. При участии АО “СО ЕЭС” разработана законодательная основа, регулирующая взаимоотношения энергокомпаний и процесс оказания услуг по оперативно-диспетчерскому управлению.

Выступивший с докладом заместитель главного диспетчера по режимам ОДУ Сибири Андрей Останин представил цифровые технологии, которые сегодня ис-

пользуются в ОДУ Сибири для эффективного управления электроэнергетическими режимами. В частности, внедрённая в 2018 г. СМЗУ с определённой периодичностью выполняет расчёты допустимых перетоков с учётом сложившейся на момент расчёта схемно-режимной ситуации и предоставляет диспетчеру информацию о возможных в данный момент времени значениях максимально допустимых перетоков (МДП). В ОЭС Сибири применение СМЗУ для расчёта МДП обеспечивает до 700 МВт дополнительной пропускной способности магистральных ЛЭП. Кроме того, использование СМЗУ позволяет снизить загрузку наименее экономически эффективным генерирующим объектам в одних частях энергосистемы и загружать наиболее эффективные электростанции в других её частях. В 2012 г. в ОДУ Сибири внедрена централизованная система противоаварийной автоматики (ЦСПА). Она решает задачу минимизации числа отключённых потребителей в случае аварийного отключения, с учётом сложившейся схемно-режимной ситуации. Перспективным проектом Системного оператора является внедрение систем дистанционного управления подстанциями и ЛЭП. Они также основаны на цифровых технологиях и позволяют производить переключения в сети в несколько раз быстрее, чем раньше, при выполнении этих действий по отдельным командам диспетчерского персонала.

В ходе конференции были рассмотрены вопросы планирования и оперативного управления электроэнергетическим режимом ОЭС Сибири, развития технологий диспетчерского управления и противоаварийной автоматики, математического моделирования и применения систем автоматизированного проектирования в области электроэнергетики. Особое внимание участники конференции уделили вопросам использования цифровых технологий при управлении электроэнергетическим режимом ОЭС Сибири.

Ежегодная научно-практическая конференция памяти Владимира Николаевича Ясникова, возглавлявшего ОДУ Сибири с 1959 по 1983 г., была учреждена в 2009 г. в честь 100-летия со дня его рождения. Под руководством В. Н. Ясникова было создано ОДУ Западной Сибири, с которого начиналась история ОДУ Сибири. При его непосредственном участии была выполнена большая работа, обеспечившая подключение ОЭС Сибири к Единой энергосистеме страны.

### Международное сотрудничество

*11 сентября на 24-м конгрессе Мирового энергетического совета (МИРЭС, WEC) в Абу-Даби заместитель председателя правления АО “СО ЕЭС”, президент Ассоциации системных операторов крупнейших энергосистем GO15 Фёдор Опадчий изложил позицию системных операторов мира по наиболее актуальным вопросам, связанным с процессами трансформации мировой энергетики и изменениями структуры энергорынков в период “энергетического перехода”. В ходе двух своих выступлений на площадках конгресса, включая совместную конференцию, организованную GO15 и ICER (Международная конфедерация органов регулирования энергетики), Фёдор Опадчий ознакомил участников с основными фактами из истории Ассоциации GO15, рассказал о её задачах и*

основных направлениях деятельности, а также перечислил современные тренды мировой электроэнергетики, которые, по мнению членов GO15, в ближайшей перспективе будут иметь определяющее значение. Это, прежде всего, переход к низкоуглеродной энергетике, рост доли распределённой генерации в энергосистемах, техническое и технологическое усложнение энергосистем и усиление влияния на них климатических факторов.

“Количество и масштаб происходящих изменений в отдельных энергосистемах позволяют говорить об их революционном характере, фактически – о переходе энергосистем и задач управления ими в иное качество. Несмотря на то, что скорость и глубина соответствующих изменений в разных странах различаются, тренды развития являются общими для всех крупных энергосистем. При этом современное развитие цивилизации критически зависит от энергоснабжения, поэтому требования к непрерывности, надёжности и качеству энергоснабжения постоянно возрастают. Все эти тектонические изменения ведут к перестройке технологических и организационных основ диспетчерского управления и поэтому требуют адаптации роли системных и сетевых операторов под новую реальность”, – резюмировал президент GO15.

Он перечислил главные вызовы, с которыми сталкивается отрасль в процессе “энергетического перехода”. По мере роста децентрализации назревает необходимость реформирования регуляторной среды, внедрения новых бизнес-моделей для интеграции новых системных услуг и вовлечения новых энергоресурсов в функционирование большой энергетики. Развитие микроэнергосистем и умной энергетики, опирающейся на продвинутые цифровые технологии, способствует появлению новых типов игроков на энергетическом рынке – агрегаторов распределённых ресурсов и сервисов, необходимых для обеспечения надёжности и эффективности работы электроэнергетики.

Говоря об успешном опыте интеграции в энергетику современных и перспективных технологий, Фёдор Опадчий привёл пример России и США, в которых рыночные механизмы, характерные для “классического” дизайна энергетических рынков, дополняются инструментами, позволяющими отвечать на вызовы эпохи энергетического перехода: технологиями управления спросом (Demand Response) как для оптовых, так и для розничных потребителей электроэнергии, предоставляющих эти услуги через компании-агрегаторы, а также микроэнергосистемы и другие современные механизмы и бизнес-модели.

**18 – 19 сентября в с. Бает Кыргызской Республики состоялось 35-е заседание Комиссии по оперативно-технологической координации совместной работы энергосистем стран СНГ и Балтии (КОТК).** Участники рабочей встречи ознакомились с результатами мониторинга и анализа качества регулирования частоты и перетоков активной мощности при проведении натурных испытаний и аварийных отключениях в энергосистемах стран СНГ, Балтии и Грузии. С докладом по этому вопросу выступил руководитель рабочей группы КОТК “Противоаварийное управление”, начальник службы внедрения противоаварийной и режимной автоматики АО “СО ЕЭС” Евгений Сацук. В ходе заседа-

ния он также представил доклад о внедряемой в ЕЭС России системе мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ), обеспечивающей управление электроэнергетическим режимом с максимальным использованием пропускной способности сети в зависимости от текущих схемно-режимных условий. Темой ещё одного его доклада стала разработка регламента обмена данными систем мониторинга переходных режимов (СМПР), которые используются для обеспечения функционирования противоаварийной и режимной автоматики.

Директор по техническому контролю АО “СО ЕЭС” Павел Алексеев выступил с докладом о предложениях по организации разработки карт-схем параллельно работающих энергосистем стран СНГ, Балтии и Грузии. Разработка карт-схем предусмотрена планом работы КОТК на 2019 – 2021 гг.

В общей сложности в рамках 35-го заседания комиссия рассмотрела одиннадцать вопросов. В их числе подготовка энергосистем общей синхронной зоны стран СНГ и Балтии к работе в осенне-зимний период 2019/2020 г., актуализация документов, регламентирующих технические требования к обеспечению параллельной работы энергосистем стран СНГ и Балтии, развитие технологий накопления электрической энергии и их влияние на планирование электроэнергетических режимов и работу энергосистемы, а также актуализация состава КОТК и её постоянных рабочих групп. Решения по вопросам повестки дня приняты единогласно.

По запросу Исполнительного комитета ЭЭС СНГ комиссия обсудила предложения в проект “Стратегии взаимодействия и сотрудничества государств – участников СНГ в области электроэнергетики на период до 2030 г.” и согласовала их для последующего направления в Исполнительный комитет.

В заседании КОТК приняли участие представители Армении, Белоруссии, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, России, Таджикистана, Узбекистана, а также Координационного диспетчерского центра энергосистем Центральной Азии “Энергия”, Исполнительного комитета Электроэнергетического совета СНГ и АО “НТЦ ЕЭС”.

Следующее, 36-е заседание КОТК решено провести в марте 2020 г. Место проведения будет определено дополнительно.

**В Москве в Главном диспетчерском центре Системного оператора 27 сентября состоялась встреча руководства АО “СО ЕЭС” с руководителем американо-независимого системного оператора Midcontinent Independent System Operator (MISO) Дэном Бэром.** Встреча прошла в преддверии традиционного годового заседания Ассоциации системных операторов крупнейших энергосистем мира GO15, которое в этом году состоится в России в октябре. В мероприятии приняли участие председатель правления АО “СО ЕЭС” Борис Аюев, заместители председателя правления Сергей Павлушко и Фёдор Опадчий, член правления, директор по управлению развитием ЕЭС Александр Ильенко.

Встреча была посвящена обмену опытом по вопросам управления энергосистемой и перспективного планирования её развития с учётом происходящих в мировой энергетике изменений, основным из которых явля-

ется увеличение доли возобновляемых источников энергии.

Руководители системных операторов обсудили принципы и подходы к планированию с учётом производства электроэнергии на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ). В частности – необходимость проведения оценки потребности в резервах, подходы к учёту энергообъектов, работающих на ВИЭ, в оперативном режиме, на средне- и долгосрочном горизонте прогнозирования, используемые при этом методологии и расчётные программные средства.

Участники мероприятия подробно рассмотрели проблемы резервирования солнечных и ветровых электростанций, отличающихся нестабильной выработкой, и обменялись опытом разработки специальных требований к ним, обменялись мнениями о применении специализированного программного обеспечения для формирования балансов электроэнергии и мощности и выполнения отдельных расчётов прогнозных показателей “зелёной энергетики”. MISO активно использует механизмы управления спросом (Demand Response), в том числе для поддержания баланса в энергосистеме в условиях увеличения доли электростанций, работающих на ВИЭ, с неустойчивой выработкой. Российский системный оператор также развивает механизмы управления спросом для решения задач ценовой оптимизации на оптовом рынке электроэнергии, а также – в перспективе – сокращения затрат на строительство новых генерирующих мощностей вместо выбывающих устаревших и неэффективных.

Стороны договорились об организации обмена необходимой информацией для проведения расчётов по ВИЭ и совершенствования нормативного регулирования в области проектирования развития современных энергосистем с использованием механизмов взаимодействия GO15.

В процессе рабочей встречи состоялась экскурсия руководителя MISO на диспетчерский щит ЕЭС России и в центр тренажёрной подготовки персонала Системного оператора.

Midcontinent Independent System Operator – созданный в 1998 г. независимый системный оператор, управляющий энергосистемой и энергетическим рынком одного из крупнейших регионов Северной Америки общей площадью более 2,4 млн км<sup>2</sup>, который включает в себя 15 штатов США и провинцию Манитоба в Канаде, объединяет 42 млн потребителей электроэнергии с пиковой мощностью потребления более 127 ГВт и генерирующие объекты совокупной установленной мощностью около 180 ГВт.

**30 сентября Главный диспетчерский центр АО “СО ЕЭС” в Москве посетил руководитель независимого системного оператора США California Independent System Operator (CAISO) Стивен Берберих. Визит состоялся в преддверии годового заседания Ассоциации системных операторов крупнейших энергосистем GO15.** В рабочей встрече с главой американского системного оператора приняли участие председатель правления АО “СО ЕЭС” Борис Аюев, заместители председателя правления Сергей Павлушко и Фёдор Опадчий, член правления, директор по управлению развитием ЕЭС Александр Ильенко.

Участники обсудили широкий круг вопросов в области перспективного планирования развития энергосистем и, в частности, опыт планирования с учётом производства электроэнергии на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), а также применения различных методологий и подходов к учёту их мощности.

Отдельным вопросом встречи стало резервирование солнечных и ветровых электростанций. Энергосистема Калифорнии, управляемая CAISO, является одним из пионеров по внедрению объектов распределённого генерирования в мире. В последние несколько лет американский системный оператор решает задачу резервирования электроэнергии, вырабатываемой электростанциями, использующими ВИЭ, с нестабильной зависящей от погоды выработкой, используя технологии управления спросом (Demand Response) и развивая технологии накопления электроэнергии. По прогнозам российского Системного оператора, в отдельных региональных энергосистемах ЕЭС России в ближайшие пять лет вопрос такого резервирования также станет актуальным, благодаря развитию “зелёной энергетики” в рамках программы гарантированного возврата инвестиций по договорам о предоставлении мощности на оптовый рынок (программа ДПМ ВИЭ).

Участники мероприятия поделились опытом разработки нормативных и технических требований к резервированию, необходимому для обеспечения устойчивого функционирования энергосистемы, и обсудили имеющиеся наработки по формированию балансов электроэнергии и мощности с выполнением отдельных расчётов прогнозных показателей по генерирующим объектам, работающим на ВИЭ. В рамках обсуждения, в частности, были рассмотрены источники формирования исходной информации для проведения расчётов и существующие нормативно закреплённые требования и методологии по проектированию развития энергосистем.

В ходе рабочей встречи состоялась экскурсия руководителя MISO на диспетчерский щит ЕЭС России и в центр тренажёрной подготовки персонала Системного оператора.

Участники традиционного годового заседания ассоциации GO15 – руководители крупнейших системных и сетевых операторов мира – компаний АО “СО ЕЭС” (Россия), CAISO (США), MISO (США), PJM Interconnection (США), CSG (Китай), Elia (Бельгия), ESKOM (ЮАР), GCCIA (страны Персидского залива), KPX (Южная Корея), NGENSO (Великобритания), ONS (Бразилия), POSOCO (Индия), RTE (Франция), TEPSCO (Япония), Terna (Италия).

Независимый системный оператор California Independent System Operator (CAISO) создан в 1992 г., управляет энергосистемой и отвечает за функционирование оптового рынка электроэнергии, мощности и системных услуг на 80% территории штата Калифорния и небольшой части штата Невада. Управляемая CAISO энергосистема объединяет 30 млн потребителей. Пиковая потребляемая мощность энергосистемы превышает 47 тыс. МВт и достигается в летние месяцы. Под управлением CAISO находится 760 электростанций совокупной установленной мощностью 60 ГВт.



## Молодые специалисты

*Молодые специалисты Системного оператора стали победителями и призёрами X Международной научно-технической конференции “Электроэнергетика глазами молодёжи”. В числе лидеров – семь представителей филиалов компании из операционной зоны ОДУ Центра.* В Иркутске подвела итоги юбилейная X Международная научно-техническая конференция “Электроэнергетика глазами молодёжи” – крупнейшее мероприятие для молодёжи электроэнергетической отрасли, способствующее развитию научного и творческого потенциала молодых исследователей. Участниками конференции стали 236 будущих и молодых энергетиков и более 70 экспертов отрасли.

Конференция основана в 2010 г. по инициативе АО “СО ЕЭС” и ежегодно проводится Системным оператором совместно с крупнейшими техническими вузами России, ведущими подготовку специалистов электроэнергетики, фондом “Надёжная смена” и другими партнёрами при поддержке Министерства энергетики Российской Федерации и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Участников юбилейной конференции поздравил председатель правления АО “СО ЕЭС” Борис Аюев: “За десять лет конференция стала одним из наиболее значимых событий для молодых людей, планирующих связать свою жизнь с энергетической отраслью. Год от года возрастает интерес к мероприятию среди студентов, аспирантов и молодых специалистов, растёт число участников, повышается уровень представленных докладов, а профессиональные дискуссии в рамках конференции становятся всё более глубокими и содержательными”.

Приветствие участникам направил министр энергетики Российской Федерации Александр Новак. “Вокруг вас уже сформировалась среда, которая даёт возможность воплощать в жизнь самые смелые идеи, работать на будущее. И нынешняя конференция – прекрасный тому пример, так как собирает на своей площадке представителей научного сообщества, отраслевых вузов, крупнейших компаний”, – говорится в приветствии министра.

В этом году конференция прошла на базе Иркутского национального исследовательского технического университета. Заместитель директора по управлению персоналом АО “СО ЕЭС” Павел Шарыпанов выразил благодарность руководству и коллективу ИРНИТУ и Института энергетики ИРНИТУ за исключительные усилия по подготовке и организации конференции и подчеркнул: “Конференция даёт возможность оценить уровень профессиональной подготовки студентов и молодых специалистов и выявить лучших для включения в потенциальный кадровый резерв отрасли”.

Участие в конференции приняли 236 представителей отраслевой молодёжи: молодые специалисты из 19 энергокомпаний России, студенты, аспиранты и молодые учёные 30 российских и зарубежных вузов. Экспертами конференции выступили более 70 учёных и практиков электроэнергетики.

В число победителей и призёров конференции вошли молодые специалисты, специалисты-стажёры филиалов АО “СО ЕЭС”, а также магистранты вузов –

партнёров Системного оператора, проходящие обучение по специализированной программе подготовки по заказу АО “СО ЕЭС”. Эксперты отметили высокий уровень подготовки участников, глубину проработки и практическую ценность их исследований.



В числе лидеров – семь представителей филиалов Системного оператора операционной зоны ОДУ Центра.

Так, победителем секции “Управление электроэнергетическими режимами энергосистем” стал начальник отдела устойчивости и противоаварийной автоматики Службы электрических режимов ОДУ Центра Василий Крюков.

Второе и третье место в секции “Режимы работы и оборудование электрических сетей и систем” заняли работники Московского РДУ: ведущий специалист отдела оперативного планирования и рассмотрения заявок Службы электрических режимов Полина Окнина и главный специалист Отдела противоаварийной автоматики Службы электрических режимов Сергей Гусев. Полина Окнина также отмечена особым призом энергокомпаний.

Ведущий специалист отдела релейной защиты и противоаварийной автоматики Службы релейной защиты и автоматики Олег Шишулин из Рязанского РДУ занял третье место в секции “Релейная защита и автоматика энергосистем”



Второе место в секции “Перспективные направления развития электроэнергетики” занял специалист-стажёр 1 категории ОДУ Центра, магистрант Ивановского государственного энергетического университета Юрий Шибачев. Победителями секции “Образовательные технологии и программы подготовки специалистов для электроэнергетики” стали специалист 1 ка-

тегории Службы электрических режимов Тульского РДУ Ксения Молчагина и диспетчер Оперативно-диспетчерской службы Воронежского РДУ Александр Сидоров.

Авторы лучших работ получили дипломы, памятные знаки конференции и ценные призы.

Конференция стала центром важных событий в сфере подготовки и повышения квалификации работников электроэнергетической отрасли. Представители АО «СО ЕЭС» провели с будущими специалистами встречу, на которой рассказали о молодёжной политике Системного оператора, о возможностях включения наиболее подготовленных и мотивированных студентов в программы специализированной подготовки магистрантов и бакалавров по заказу АО «СО ЕЭС» в вузах-партнёрах, о программах мобильности для молодых специалистов, о перспективах трудоустройства и построения профессиональной карьеры в Системном операторе.

## АО «Атомэнергомаш»

*В Волгодонском филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) изготовлен верхний полукорпус реактора для первого блока АЭС Руппур в Бангладеш.* Предварительно состоялась сборка элементов полукорпуса реактора – специалисты соединили две обечайки и фланец. Далее изделие переместили на сварочный стенд, где под нагревом выполнили сварку двух кольцевых швов при температуре 150 – 300°C. В общей сложности сварка длилась 25 дней. За время работы специалисты использовали 4667 кг флюса и 3591 кг проволоки диаметром 4 мм.



После сварки изделие нагревают до 300°C. С помощью мостового крана грузоподъемностью 250 т специалисты перемещают изделие в печь на термообработку на 6 суток. Следующий этап изготовления атомного реактора для первого блока АЭС Руппур – сварка обечайки и днища нижнего полукорпуса.

Сегодня в работе на разных этапах изготовления находится корпус реактора для второго блока атомной станции в Бангладеш. Специалисты выполняют наплавку обечайки зоны патрубков и готовятся к сборке верхнего полукорпуса реактора ВВЭР-1200.

Реактор представляет собой вертикальный цилиндрический корпус с эллиптическим днищем, внутри которого размещаются активная зона и внутрикорпусные устройства. Сверху он герметично закрыт крышкой с установленными на ней приводами механизмов и органов регулирования и защиты реакторов и патрубками для вывода кабелей датчиков внутриреакторного контроля. В верхней части корпуса имеются патрубки для подвода и отвода теплоносителя, а также патрубки для аварийного подвода теплоносителя при разгерметизации контура.

*Волгодонский филиал «Атоммаш» компании «АЭМ-технологии» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) продолжает изготовление и поставку теплообменного оборудования для четвертого энергоблока АЭС Куданкулам в Индии.* Наиболее крупными изделиями комплекта оборудования являются четыре парогенератора, второй из которых покинул территорию предприятия и отправился на площадку строительства в Индии.

Доставка крупногабаритного изделия первого класса безопасности из города Волгодонск в индийский штат Тамилнад – сложная логистическая операция, предусматривающая использование нескольких видов специального транспорта. От завода до специализированного причала на Цимлянском водохранилище парогенератор доставят автомобильным транспортёром. При помощи мостового крана грузоподъемностью 650 т переместят на баржу и речным путём доставят в Санкт-Петербург. Оттуда изделие по морю отправится в Индию. Общая протяжённость маршрута составит 21 000 км.

Корпус парогенератора представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд с двумя эллиптическими днищами, в средней части которого расположены коллекторы для подвода и отвода горячего теплоносителя. Диаметр – более 4 м, длина – порядка 15 м. Масса оборудования – 340 т. В верхней части корпуса находится паровое пространство, в нижней располагается поверхность теплообмена, которая состоит из 11 000 нержавеющей труб диаметром 16 мм и длиной от 10 до 14 м.

АО «Атомэнергомаш» – поставщик ключевого оборудования для АЭС Куданкулам. В частности, для третьего и четвертого блоков станции предприятия дивизиона производят парогенераторы, главные циркуляционные насосы, компенсаторы давления, главные циркуляционные трубопроводы, сепараторы-пароперегреватели, подогреватели высокого давления, трубопроводную арматуру, вспомогательные насосы и другое оборудование реакторного острова и машинного зала.

*Петрозаводский филиал АО «АЭМ-технологии» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) завершил наплавку трубных заготовок для главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ) энергоблока № 1 АЭС Аккую (Турция).* Завод первым в России освоил технологию изготовления бесшовных плакируемых труб для атомных станций. Антикоррозионный слой на внутреннюю поверхность заготовок наносят методом электродуговой наплавки.

Операцию завершили на всех поковках труб, составляющих главный циркуляционный трубопровод энергоблока: на 20 деталях для прямых участков ГЦТ и

на 14 заготовках для изогнутых участков, так называемых коленах.

Петрозаводскмаш будет изготавливать оборудование для четырёх энергоблоков АЭС Аккую. Для блока № 1 завод производит гидрёмкости систем пассивного залива активной зоны и аварийного охлаждения зоны, корпуса главных циркуляционных насосов, компенсатор давления.

Напомним, в сентябре 2017 г. АО «АЭМ-технологии» одной из первых компаний – изготовителей оборудования для АЭС получило от Агентства по атомной энергии Турции сертификат согласования изготовителя.

АЭС Аккую в Турции сооружается по модернизированному проекту АЭС с энергоблоками нового поколения III+ с повышенной безопасностью и улучшенными технико-экономическими характеристиками. АО «Атомэнергомаш» является комплектным поставщиком оборудования реакторной установки и машинного зала для всех четырёх блоков станции. Предприятиями дивизиона будут изготовлены реакторы, парогенераторы, насосное, теплообменное и другое оборудование, которое обеспечит надёжную и безопасную работу АЭС в течение всего срока эксплуатации.

**В Волгодонском филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) завершили штамповку 16 днищ для ёмкостей системы пассивного залива активной зоны (СПЗАЗ) для первого блока АЭС Аккую в Турции.** Система пассивного залива активной зоны – важнейший элемент системы безопасности АЭС и предназначена для отвода остаточных тепловыделений в случае серьёзной аварии с потерей теплоносителя первого контура реактора. Масса ёмкости СПЗАЗ – 77 т, высота – 10,5 м, диаметр – 4,24 м.

На термопрессовом участке заготовка диаметром 5300 мм и массой 18 т нагревается при температуре 900°C около двух часов, затем температура нагрева увеличивается до 1050°C ещё на два часа. С помощью специального штампа раскалённую заготовку усилием в 6000 тс преобразовывают в днище ёмкости системы пассивного залива активной зоны.

После проведения контрольных мероприятий изделия отправятся в Петрозаводск, где будут изготовлены 8 аппаратов СПЗАЗ для блока № 1 АЭС Аккую.

**В Волгодонском филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) завершилась навивка трубного пучка в корпус первого парогенератора для АЭС Аккую. Это один из ключевых этапов изготовления парогенераторов.** Установка теплообменных труб проводится порядно в течение 21 дня. Специалисты используют 11 000 труб из нержавеющей стали диаметром 16 мм и длиной от 11 до 17 м. С помощью станка преобразовывают трубки в 180 видов змеевиков.

На участке чистой сборки готовые змеевики устанавливают внутрь корпуса и поочерёдно развальцовывают и приваривают к коллекторам первого контура, формируя трубный пучок, который состоит из 105 горизонтальных рядов.

В дальнейшем специалистам предстоит установить опорные элементы, осуществить приварку доннышек.

Оборудование пройдёт гидравлические испытания и целый комплекс контрольных мероприятий, включая вихретоковый контроль теплообменных труб.

Парогенератор – теплообменный аппарат, является частью реакторной установки и относится к изделиям первого класса безопасности. Диаметр – более 4 м, длина аппарата составляет порядка 18 м, масса – 340 т. В состав оборудования одного энергоблока АЭС входят четыре парогенератора.

**Петрозаводский филиал АО «АЭМ-технологии» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) завершил сборку корпусов главных циркуляционных насосов (ГЦН) для первого энергоблока Курской АЭС-2.** На изделиях были выполнены все сборочно-сварочные операции, сварные швы успешно выдержали необходимые виды контроля.



Главный циркуляционный насос – изделие первого класса безопасности. На атомной станции он обеспечивает циркуляцию теплоносителя из реактора в парогенераторы и работает под давлением теплоносителя около 160 кгс/см<sup>2</sup> и при температуре 300°C. Комплект поставки на один энергоблок состоит из четырёх сферических корпусов ГЦН. Масса одного корпуса составляет более 31 т при высоте 3,5 м и ширине свыше 3 м. К корпусу прилагается элемент подвески, так называемая проставка; вместе с ней масса изделия достигает 48 т.

На всех стадиях изготовления корпуса ГЦН контролируют различными методами, сварные швы проверяют с помощью цветной дефектоскопии, ультразвукового и рентгеновского контроля. После окончания сборки корпус ГЦН подвергают термической обработке. Первый корпус для Курской АЭС-2 уже прошёл данную операцию. Далее предстоит выполнить необходимый комплекс операций механообработки и контроля, контрольную сборку, гидроиспытания.

АО «Атомэнергомаш» является комплектным поставщиком оборудования реакторной установки и вспомогательного оборудования машинного зала для Курской АЭС. Предприятиями дивизиона будут изготовлены реакторы, парогенераторы, насосное, теплообменное и другое оборудование, которое обеспечит надёжную и безопасную работу АЭС в течение всего срока эксплуатации.

**Нижне-Бурейская ГЭС введена в эксплуатацию.** 7 сентября 2019 г. в Амурской области введена в эксплуатацию Нижне-Бурейская ГЭС – самая мощная в России из числа гидроэлектростанций, чьё возведение было начато в постсоветский период. С пуском четвёртого гидроагрегата Нижне-Бурейская ГЭС вышла на проектную мощность – 320 МВт. В церемонии пуска приняли участие председатель правления – генеральный директор РусГидро Николай Шульгинов и губернатор Амурской области Василий Орлов.

Нижне-Бурейская ГЭС – вторая ступень Бурейского гидроэнергетического комплекса, крупнейшего объекта электроэнергетики на Дальнем Востоке. Станция неразрывно связана с расположенной выше Бурейской ГЭС, входящей в десятку самых мощных гидроэлектростанций страны. Нижне-Бурейская ГЭС является её контррегулятором – она выравнивает неравномерные в течение суток расходы воды Бурейской ГЭС, позволяя ей работать без ограничений.



Среднегодовая выработка Нижне-Бурейской ГЭС составит 1,67 млрд кВт·ч. Эта электроэнергия будет поступать в ОЭС Дальнего Востока и обеспечит энергообеспечение как уже существующих потребителей, таких как космодром “Восточный”, так и реализуемых сейчас крупных инфраструктурных и промышленных проектов: газопровода “Сила Сибири” и Амурского газоперерабатывающего завода.

Основное оборудование станции изготовлено российскими производителями. В здании ГЭС установлено четыре гидроагрегата мощностью по 80 МВт каждый, произведённые концерном “Силовые машины”.

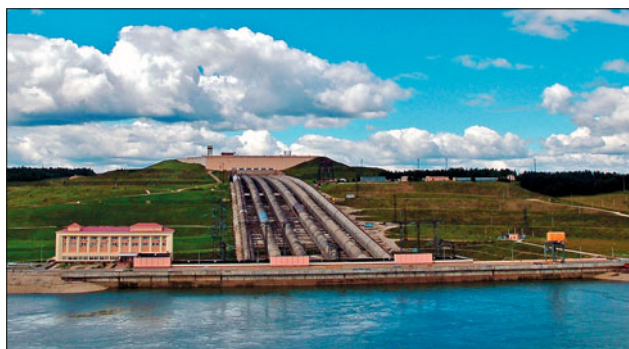
При возведении станции специалисты РусГидро реализовали сразу несколько передовых технологических решений. Так, впервые в истории гидроэнергетического строительства России были использованы технологии 3D-проектирования и создана цифровая модель водохранилища и ГЭС. Также впервые в нашей стране в качестве основного противофильтрационного элемента плотины применена технология “стена в грунте”, которая позволила сократить сроки возведения плотины при обеспечении высокой надёжности сооружения.

Старт строительству Нижне-Бурейской ГЭС в августе 2010 г. дал Председатель Правительства России Владимир Путин, в 2017 г. он принял участие в церемонии пуска трёх первых гидроагрегатов станции.

Сегодня РусГидро реализует не имеющий аналогов в России пилотный проект по установке солнечных панелей общей мощностью 1275 кВт на территории Нижне-Бурейской ГЭС, с использованием современного высокоэффективного оборудования отечественного производства.

**Введено в эксплуатацию КРУЭ 500 кВ Загорской ГАЭС.** Загорская ГАЭС, крупнейшая гидроаккумулирующая электростанция России, начала выдавать электроэнергию через новое распределительное устройство – КРУЭ 500 кВ. Присоединение Загорской ГАЭС к КРУЭ-500 выполнено в рамках реализации “Программы комплексной модернизации РусГидро”.

Комплектное распределительное устройство элегазовое (КРУЭ) обеспечивает связь Загорской ГАЭС с энергосистемой. В отличие от традиционных распределительных устройств открытого типа КРУЭ очень компактно, защищено от неблагоприятных погодных явлений, пожаробезопасно, экономично в обслуживании.



Открытое распределительное устройство Загорской ГАЭС эксплуатировалось с момента пуска станции в 1987 г., физически и морально устарело. Сейчас оно выводится из эксплуатации и будет демонтировано.

Ввод в эксплуатацию КРУЭ-500 Загорской ГАЭС происходил поэтапно, без ограничений энергонабжения потребителей. С июня по сентябрь 2019 г. на новое распределительное устройство последовательно перевели две линии электропередачи напряжением 500 кВ, связывающие станцию с энергосистемой. Все пусконаладочные работы и испытания были успешно завершены с оформлением необходимых документов. Конструкция КРУЭ предусматривает возможность подключения к нему оборудования Загорской ГАЭС-2.

**На Богучанской ГЭС установлен рекорд выработки электроэнергии за месяц.** В августе 2019 г. Богучанская ГЭС установила рекорд месячной выработки за всё время эксплуатации станции, поставив потребителям 1491,6 млн кВт·ч электроэнергии. Это на 5% больше, чем в августе 2018 г. и на 2,12% больше, чем в июле 2019 г.

Установить рекорд помогла повышенная водность на Ангаре, что позволило Росводресурсам назначить более высокие расходы воды через Богучанскую ГЭС. В июле и августе 2019 г. средний расход через гидроагрегаты составлял 3200 м<sup>3</sup>/с. Помимо выработки электроэнергии, повышенные расходы обеспечивают благоприятные условия для судоходства на Ангаре ниже по течению.



Богучанская ГЭС – четвёртая ступень Ангарского гидроэнергетического каскада, самый масштабный в России проект по достройке мощной гидроэлектростанции. Возведение ГЭС было приостановлено в советское время из-за недостаточного финансирования. Достройка станции была возобновлена в 2006 г. компаниями РусГидро и РУСАЛ после заключения Соглашения о совместной реализации проекта по созданию Богучанского энергометаллургического объединения (БЭМО) в составе Богучанской ГЭС мощностью 2997 МВт и алюминиевого завода производительностью 600 тыс. т металла в год.

С момента ввода первых агрегатов в октябре 2012 г. Богучанская ГЭС выработала 78 млрд кВт·ч электроэнергии.

### ООО “Интер РАО – Инжиниринг”

ООО “Интер РАО – Инжиниринг” построит ветряную электростанцию (ВЭС) “Туково-1” в Красносулинском районе Ростовской области мощностью 98,8 МВт. Это первый проект компании в области возобновляемой энергетики. ООО “Интер РАО – Инжиниринг” в консорциуме с ООО “Комплексные энергетические решения” выиграло соответствующий тендер, заказчиком которого выступило ООО “Третий Ветропарк ФРВ”. В соответствии с условиями контракта компании выполняют полный комплекс строительно-монтажных, электромонтажных и пусконаладочных работ в рамках проекта строительства ВЭС “Туково-1”. Работы должны быть завершены в течение одного года.

ВЭС “Туково-1” будет состоять из 26 ветроэнергетических установок единичной установленной мощностью 3,8 МВт каждая, модуля управления ВЭС и резервного источника питания для него – дизель-генераторной установки.

### ООО “Башкирская генерирующая компания”

15 лет назад заработала Юмагузинская ГЭС. Первый гидроагрегат Юмагузинской ГЭС был введён в эксплуатацию 7 октября 2004 г. Тогда она стала первым объектом гидроэнергетики, построенным в современной России “с нуля”.

Гидроэлектростанция расположена на р. Белой у деревни Верхнебиккузино Кугарчинского района Рес-

публики Башкортостан. Она стала неотъемлемой частью неповторимого по своей красоте ландшафта, созданного при строительстве Юмагузинского водохранилища. Силу воды в электроэнергию преобразовывают три гидроагрегата, общая мощность которых составляет 45 МВт. Станция входит в состав ООО “Башкирская генерирующая компания”.



“За годы эксплуатации ГЭС показала высокую эффективность. И сегодня она остаётся одной из самых современных станций в своём классе. Со дня пуска три гидроагрегата суммарно выработали почти 1,8 млрд кВт·ч электроэнергии. Это примерно равно годовому энергопотреблению 1 млн семей из трёх человек, проживающих в двухкомнатной квартире”, – рассказывает начальник Юмагузинской ГЭС Сергей Маликов.



Юмагузинская ГЭС представляет собой приплотинную гидроэлектростанцию при одноимённом водохранилище. Гидроузел помогает срезать пик весеннего половодья, во время которого происходит заполнение водохранилища. В межень водохранилище поддерживает нормальный уровень реки Белой, постепенно сбрасывая воду, накопленную в водохранилище. Так обеспечиваются экологическая стабильность и работоспособность водозаборов городов и промышленных предприятий, расположенных ниже по течению. При этом наличие приплотинной ГЭС позволяет использовать потенциальную энергию воды для получения экологически чистой электроэнергии без сжигания топлива. Это наряду с основной функцией гидроузла даёт дополнительный положительный эффект. Выдача электроэнер-

гии в единую сеть производится с открытого распределительного устройства напряжением 110 кВ.

ГЭС оснащена уникальным отечественным оборудованием с высокой степенью автоматизации. Его надёжную и эффективную работу обеспечивает небольшой коллектив квалифицированных сотрудников – профессионалов своего дела.

## НПО “ЭЛСИБ”

**НПО “ЭЛСИБ” провело ремонтные работы турбогенератора ТВВ-220-2 для Беловской ГРЭС (Кемеровская обл.).** Летом специалисты завода произвели замену стержней статора турбогенератора на объекте заказчика, а в сентябре для проведения ремонтных работ на завод прибыл ротор.

Для ЭЛСИБ ремонтные работы ротора модели ТВВ-220-2 стали первым и уникальным опытом. По окончании работ ротор успешно прошёл испытания на разгонно-балансировочном сооружении и был подготовлен к отгрузке. Для перевозки ТВВ-220-2 массой 43 т было получено специальное разрешение, и 7 октября 2019 г. ротор был отгружен заказчику.

Беловская ГРЭС – одна из крупнейших угольных электростанций Кузбасса с установленной электрической мощностью 1260 МВт и установленной теплофикационной мощностью 229 Гкал/ч. На долю ГРЭС приходится около трети всей вырабатываемой в Кемеровской обл. электроэнергии.

**В начале сентября НПО “ЭЛСИБ” успешно завершило работы по шеф-монтажу и пусконаладке электродвигателя 4АРМ-8000/6000УХЛ4, изготовленного и поставленного в адрес ПАО “ОДК-Сатурн” (г. Рыбинск) в рамках исполнения государственного контракта по созданию компрессорного испытательного стенда.** Электродвигатель изготовлен с учётом технического задания заказчика, предназначен для работы в составе частотно-регулируемого привода. Поставка, монтаж и пусконаладка осуществлены в установленные сроки и в полном объёме.

Руководство ПАО “ОДК-Сатурн” выразило благодарность специалистам НПО “ЭЛСИБ”, участвовавшим в проектировании, изготовлении, шеф-монтаже и пусконаладке электродвигателя. Для НПО “ЭЛСИБ” данный контракт стал очередным проектом сотрудничества по поставке приводного электродвигателя для испытательного стенда. Двигатели предприятия давно и успешно работают на стендах заводов-смежников, выпускающих насосы и компрессоры: АО “ОКБМ Африкантов”, АО “ГМС Ливгидромаш”, АО “Сумский завод “Насосэнергомаш”, ОАО “Казанькомпрессормаш”.

ПАО “ОДК-Сатурн” – двигателестроительная компания, специализирующаяся на разработке, производстве, маркетинге и продажах, послепродажном обслуживании газотурбинных двигателей (ГТД) для авиации, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок, судов, морских и приморских промышленных объектов. ПАО “ОДК-Сатурн” входит в состав АО “Объединённая двигателестроительная корпорация” (ОДК).

**На заводе ЭЛСИБ успешно прошли испытания турбогенератора для Улан-Баторской ТЭЦ-4.** В конце сентября НПО “ЭЛСИБ” посетил инженер Улан-Ба-

торской ТЭЦ-4 (Монголия) для проведения приёмосдаточных испытаний турбогенератора ТВФ-125–2УЗ. Турбогенератор прошёл испытания в полном объёме: сняты характеристики короткого замыкания, холостого хода, проведена проверка вибрационного состояния. Показатели полностью соответствуют нормативно-технической документации и техническим условиям. Далее ТВФ-125-2УЗ ожидает отгрузка на объект заказчика.

Этот турбогенератор изготовлен в рамках третьего этапа модернизации энергетического оборудования Улан-Баторской ТЭЦ-4. В данный момент в производстве находится ещё одна машина мощностью 125 МВт для этой станции.

## Уральский турбинный завод

**Уральский турбинный завод (холдинг РОТЕК) по заказу компании “Нефтехимремстрой” поставит турбину Р-50-12,8/0,8 для Ново-Салаватской ТЭЦ. Планируемая дата ввода блока в эксплуатацию – апрель 2023 г.** Турбина Р-50-12,8/0,8 относится к классу противодавленческих турбин. Помимо выработки энергии мощностью 50 МВт её основное назначение – отпуск промышленного пара для нужд нефтеперерабатывающего завода ООО “Газпром нефтехим Салават”.

Новый агрегат заменит устаревшее оборудование. При его разработке будут применены технологии 3D-моделирования и компьютерные расчёты прочностных характеристик проточной части. Турбина будет оснащена современной системой управления.



Противодавленческие турбины – узкий сегмент рынка. Тем не менее, стоит отметить, что Уральский турбинный завод имеет значительный опыт поставки таких турбин: за свою историю предприятие поставило 35 противодавленческих турбины мощностью 30, 40 и 100 МВт.

ООО “Ново-Салаватская ТЭЦ” – крупнейшая теплоэлектроцентраль в Республике Башкортостан и основной источник тепло- и электроснабжения нефтехимического объединения ООО “Газпром нефтехим Салават”.

## ООО “Сименс”

В Пермском крае начала эксплуатироваться новая подстанция (ГПП-2) 110 кВ ЦБК “Кама”. Генеральным подрядчиком строительства выступила компания “Си-

менс”. Специалисты концерна выполнили технологическое перевооружение объекта “под ключ”, включая проектирование, монтаж, пусконаладочные работы, а также строительные работы, планировку и благоустройство территории.

Подстанция включает в себя два силовых трансформатора мощностью 25 МВ·А, открытое распределительное устройство 110 кВ, комплекс вторичного оборудования, включая релейную защиту и управление. Комплексное опробование и постановка под рабочее напряжение объекта завершены в августе 2019 г.

## КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ

### III Всероссийская научно-практическая конференция молодых специалистов “Современные технологии в энергетике”

26–27 сентября в ОАО “ВТИ” состоялась III Всероссийская научно-практическая конференция молодых специалистов “Современные технологии в энергетике”. Главный акцент в тематике конференции был сделан на такие ключевые направления, как современные технологии сжигания топлив, повышение КПД энергетических установок, увеличение надёжности и долговечности энергетического оборудования, оптимизация и повышение эффективности управления энергообъектами.

В мероприятии приняло участие более 80 представителей различных организаций: ПАО “Т Плюс”, ПАО “Мосэнерго”, ООО “БГК”, ПАО “ТГК-1”, ПАО “ТГК-2”, ПАО “Квадра”, ОАО “Белэнергоремналадка”, АО “Томская генерация”, АО “Нижевартовская ГРЭС”, ООО “СКБ КУ” (ООО “Интерэнерго”), ФГУП “ВИАМ” ГНЦ РФ, ОАО “НПО ЦКТИ”, ФГБОУ ВО “КГЭУ”, ФГБОУ ВО “НИУ “МЭИ” и др.

Конференция предоставила возможность молодым учёным и специалистам представить свои научно-технические разработки, узнать над чем работают их коллеги, обсудить интересные идеи, обменяться опытом и знаниями, а также установить полезные контакты в энергетической отрасли.



Уровень докладчиков, проявленный интерес и активность молодого поколения вселяют надежду, что

Это современная подстанция, отвечающая самым высоким требованиям с точки зрения надёжности, эксплуатационной готовности и экологичности. Объект спроектирован с учётом минимизации затрат на последующую его эксплуатацию.

ГПП-2 является главной питающей подстанцией высокого напряжения реконструируемого производства ЦБК “Кама”. Она питается непосредственно от энергосистемы и распределяет энергию на более низком напряжении по объектам предприятия.

достижения и дела предыдущих поколений энергетиков получают достойное продолжение и эффективное функционирование электроэнергетики будет обеспечено.

Оргкомитетом были отмечены следующие доклады: Проведение комбинированной очистки поверхностей нагрева подогревателей высокого давления на ТГ № 5 Стерлитамакской ТЭЦ (Алексеев А. С., ОАО “ВТИ”);

Опыт разработки и внедрения автоматизированной задачи расчёта ТЭП на ТЭС Республики Беларусь (Богдан Е. В., ОАО “Белэнергоремналадка”);

Умный город. Концепция цифровой трансформации СЦТ г. Ижевска (Вершинин И. А., Нуртдинов Р. З., Филиал “Удмуртский” ПАО “Т Плюс”);

Исследование условий работы стопорных клапанов паровых турбин (Водениктов А. Д., ФГБОУ ВО “КГЭУ”);

Численное моделирование процессов сепарации влаги в парогенераторе ПГВ-1000М (Мечтаева М. Н., аспирант ИГЭУ);

Разработка коррозионно-стойких жаропрочных никелевых сплавов и технологии их производства с целью импортозамещения сплавов серии INCONEL (Мин П. Г., ФГУП “ВИАМ” ГНЦ РФ);

Разработка и внедрение инновационной высокоэффективной водовоздушной эжекторной установки для вакуумной системы энергоблока Кармановской ГРЭС (Мустаев А. Р., ООО “БГК”, филиал “Кармановская ГРЭС”);

Совершенствование модуля механической фильтрации пилотной установки по продлению эксплуатационного ресурса турбинных масел (Петрухин В. А., ОАО “ВТИ”);

Исследование камеры сгорания с последовательным сжиганием топливоздушных смеси для перспективной газовой турбины с температурой рабочего тела до 1700°C (Пугач К. С., ОАО “ВТИ”);

Модернизация дифференциальной защиты шин, элементарной и дуговой защиты IV и V секций ГРУ 10 кВ (Разуваев Н. В., Секунов В. В., Филиал ПАО “Мосэнерго” – ТЭЦ-11);

Технология ступенчатого подогрева конденсата в котлах-утилизаторах для парогазовых энергоблоков (Хуторненко С. Н., ООО “СКБ Котельных установок”).