



## Ядерная энергия, человек и окружающая среда

### МИРОВАЯ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В 2017 г.

Согласно базе данных МАГАТЭ по энергетическим реакторам (PRIS) на 31 декабря 2017 г. мировой ядерный парк состоял из 448 ядерных энергоблоков общей установленной мощностью 391 744 МВт(э) нетто, и 59 энергоблоков находились в стадии строительства.

В течение 2017 г. три новых энергоблока были подсоединены к электросети: 8 января — Yangjiang-4 (1000 МВт(э), PWR, Китай), 1 июля — Chasnupp-4 (315 МВт(э), PWR, Пакистан) и 29 июля — Fuqing-4 (1000 МВт(э), PWR, Китай).

Начали строиться три энергоблока: Shin-Kori-5, Kudankulam-3 и Rooppur-1.

Старт началу строительства Shin-Kori-5 в Республике Корея был дан 1 апреля 2017 г. Однако новый Президент страны, Мун Чжэ Ин, приверженец политики поэтапной ликвидации ядерной энергетики, в июне заявил, что намерен отменить строительство этого блока. 24 июля оно было приостановлено, но 25 октября было возобновлено на основании решения общественного жюри о необходимости продолжения строительства. Мун Чжэ Ин признал решение жюри.

Строительство Kudankulam-3 в Индии началось 29 июня. Генеральное рамочное соглашение о сооружении II очереди АЭС Kudankulam с реакторами типа ВВЭР-1000 было подписано Россией и Индией в апреле 2014 г.

30 ноября в провинции Пабна (Республика Бангладеш) прошла торжественная церемония заливки первого бетона, что ознаменовало начало строительства АЭС Rooppur. Межправительственное соглашение о сооружении АЭС с реактором ВВЭР-1200 Россия и Бангладеш заключили в ноябре 2011 г.

В 2017 г. прекращено строительство двух ядерных энергоблоков в США: Virgil C. Summer-2, -3 с реакторами AP-1000 в штате Южная Каролина. Компания Westinghouse оказалась неспособной продолжать функции генерального подрядчика в связи с банкротством.

После длительной остановки (после аварии на АЭС Fukushima) возобновлена эксплуатация ядерных блоков Takahama-3 (4 июня) и Takahama-4 (22 мая).

Окончательно остановлены 4 энергоблока: Kori-1, Monju, Oskarshamn-1 и Santa-Maria de Garona.

Kori-1 (576 МВт(э), PWR) в Республике Корея остановлен 17 июня, проработал 40 лет. Состояние реактора позволяло продлить его работу до 2027 г., но он стал первым в стране блоком, в отношении которого началась процедура вывода из эксплуатации (по утверждению Президента Ю. Кореи действующие энергоблоки должны прекратить свою работу по завершении проектного срока, без продления эксплуатации).

Oskarshamn-1 — старейший шведский ядерный энергоблок с кипящим реактором BWR мощностью 473 МВт(э) остановлен 19 июня. Коммерческая эксплуатация началась в феврале 1972 г., ее проектируемый срок 50 лет (до 2022 г.). Решение об окончательном останове блока раньше запланированного срока было принято организацией OKG, эксплуатирующей станцию, «не из-за вопросов безопасности, а в связи с сохранением низких цен на электроэнергию в сочетании с налогом на ядерную энергию, повышенным в прошлом году».

Santa Maria De Garona — старейшая в Испании АЭС с кипящим реактором BWR мощностью 446 МВт(э), введена в коммерческую эксплуатацию в 1971 г., окончательно остановлена 2 августа. Решение о ее закрытии было принято по экономическим соображениям.

Monju — японский энергоблок с экспериментальным реактором-размножителем на быстрых нейтронах (FBR) мощностью 246 МВт(э), окончательно остановлен 5 декабря. Энергопуск был произведен в августе 1995 г. В коммерческую эксплуатацию блок сдан не был.

# НОВОСТИ

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

Потребление электроэнергии в России в прошлом году выросло на 0,5%, до 1,06 триллиона кВт·ч в сравнении с показателем 2016 года.

Выработка электроэнергии в стране выросла на 0,2% — до 1,074 триллиона кВт·ч.

Потребление электроэнергии в Единой энергосистеме (ЕЭС) России в 2017 году составило 1,04 триллиона кВт·ч, что на 1,3% больше объема потребления в 2016 году.

Электростанции ЕЭС России выработали 1,054 триллиона кВт·ч, что на 0,5% больше, чем годом ранее.

Увеличение потребления электроэнергии и мощности по ЕЭС России в 2017 году обусловлено температурным фактором: в феврале 2017 года в энергосистеме наблюдалось значительное снижение температуры наружного воздуха относительно аналогичного показателя 2016 года — на 4,6 градуса Цельсия.

Более низкая по сравнению с показателями 2016 года среднемесячная температура воздуха также была в апреле—августе 2017 года.

Основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию в ЕЭС России в 2017 году несли тепловые электростанции (ТЭС), выработка которых составила 611,3 миллиардов кВт·ч, что на 0,5% меньше, чем в 2016 году.

Выработка ГЭС за 2017 год составила 178,9 миллиардов кВт·ч, (на 0,3% больше, чем в 2016 году), АЭС в 2017 году выработано 202,9 миллиардов кВт·ч, что на 3,3% больше объема электроэнергии за 2016 год.

Электростанции промышленных предприятий за 2017 год выработали 60,2 миллиардов кВт·ч (на 1,2% больше, чем в 2016 году).

*(по материалам ТАСС, 10.01.2018 г.)*

## ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ В 2017 г.

На 10 атомных станциях России в эксплуатации находились 35 энергоблоков суммарной установленной мощностью 27,9 ГВт. В 2017 г. российские АЭС выработали 202,87 млрд кВт·ч электроэнергии, превысив достижение 2016 г. (196,37 млрд кВт·ч) на 6,5 млрд кВт·ч. Наибольший вклад в очередной рекорд концерна Росэнергоатом обеспечили Калининская, Балаковская (порядка 32 млрд кВт·ч каждая) и Ленинградская АЭС (26,7 млрд кВт·ч).

Нарастив совокупную выработку электроэнергии, АЭС установили абсолютный рекорд за всю историю существования российской ядерной энергетики, приблизившись к абсолютному рекорду по выработке, достигнутому лишь во времена Советского Союза в 1989 г. (212,58 млрд кВт·ч с учетом Украины, Литвы и Армении).

Доля АЭС в общем национальном электропроизводстве составила 18,9% (в 2016 г. — 18,3%), причем доля АЭС от выработки электроэнергии по регионам составила: 3,9% (Сибирь), 23,2% (Юг), 29,7% (Средняя Волга), 34,1% (Северо-Запад), 42,3% (Центр).

■ 27 февраля сдан в промышленную эксплуатацию блок № 1 Нововоронежской АЭС-2 (блок № 6 НВАЭС); он назван в числе трех лучших атомных установок мира в 2017 г. по версии влиятельного международного издания POWER (США).

■ 22 сентября со стапеля Балтийского завода в Санкт-Петербурге спущен на воду первый серийный ледокол нового поколения «Сибирь» (пр. 22220). В декабре на АЛ завершён монтаж реакторной установки.

■ 8 декабря с загрузки в реакторную зону (ВВЭР-1200) первых ТВС начался этап физического пуска энергоблока № 1 Ленинградской АЭС-2.

■ 29 декабря реактор энергоблока № 4 Ростовской АЭС выведен на минимально контролируемый уровень мощности.

■ В 2017 г. Производственное объединение «Маяк» расширило номенклатуру перерабатываемого у себя топлива, приступив к переработке ОЯТ ВВЭР-1000.

■ В ноябре 2017 г. начался вывоз ОЯТ первых двух блоков Белоярской АЭС с реакторами АМБ-100 и АМБ-200 на переработку на ПО «Маяк». Таким образом, сделан ключевой шаг на пути к выводу из эксплуатации этих блоков, окончательно остановленных еще в 1981 и 1989 гг., соответственно.

# НОВОСТИ

## РЕКОРДНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ АЭС

- По данным Управления информации и общественных связей Белоярской АЭС «выработка электроэнергии на станции на конец 2017 г. составила рекордное значение за всю ее более чем полувековую историю» — 10,2 млрд кВт·ч (в 2016 г. — 8,4 млрд кВт·ч). Увеличение выработки объясняется введением в промышленную эксплуатацию (31 октября 2016 г.) блока № 4 с реактором БН-800, который в минувшем году произвел 5,57 млрд кВт·ч электроэнергии. Выработка электроэнергии блока № 3 с реактором БН-600 составила 4,63 млрд кВт·ч.

В этом году будут продолжены работы по увеличению доли МОКС-топлива в активной зоне реактора БН-800 (по состоянию на декабрь 2017 г. загрузка МОКС-топлива была равна 20%). Полностью перевести БН-800 на смешанное уран-плутониевое топливо планируется в 2019 г.

Продолжится также подготовка к производству в реакторе БН-600 (блок № 3) изотопа кобальта-60 для нужд ядерной медицины.

- Ленинградская АЭС вошла в пятерку АЭС Европы, достигнув рекордной для отечественных атомных станций выработки электроэнергии, причем обходящие ее АЭС имеют в своем составе шесть блоков, а ЛАЭС — четыре.

За 45 лет работы станции, запущенной в 1973 г., ее четыре энергоблока с реакторами РБМК-1000 произвели 1 триллион кВт·ч электроэнергии. В истории нашей страны подобного показателя достигали лишь два гиганта: Братская гидроэлектростанция (установленная мощность 4500 МВт, работает с 1967 г.) и Сургутская теплоэлектростанция (установленная мощность 5600 Вт, работает с 1985 г.).

В конце 2017 г. ЛАЭС получила высокую оценку во время международной миссии OSART МАГАТЭ — проверки на соответствие международным требованиям безопасности.

- АЭС Temelin в Чешской Республике установила в 2017 г. рекорд по производству электроэнергии, выработав 16,48 млрд кВт·ч. Увеличение объема генерации было достигнуто в результате выполнения в прошлые годы модернизации оборудования и сокращения сроков планового предупредительного ремонта.

В составе АЭС Temelin два энергоблока с реакторами российского дизайна (ВВЭР-1000), сданные в эксплуатацию в июне 2002 г. и апреле 2003 г. соответственно.

- Два энергоблока АЭС Loviisa в Финляндии выработали рекордное количество электроэнергии — 8,16 ТВт·ч (нетто), что составило больше 10% всего национального электропроизводства. В составе энергоблоков два реактора российского дизайна (типа ВВЭР-440); первый блок вступил в коммерческую эксплуатацию в мае 1977 г., второй — в январе 1981 г. Выработка электроэнергии на блоке № 1 — наибольшая в истории станции, блок № 2 — на втором месте. Коэффициент нагрузки блока № 1 составил 92,7% (наилучший в мире для реакторов PWR), блока № 2 — 92,6%. В 2017 году оба блока останавливались на короткие перегрузки: блок № 1 — на 21 день, блок № 2 — на 17 дней.

## ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА УКРАИНЫ

Государственное предприятие «Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом» на Украине является оператором четырех АЭС с 15 энергоблоками: Запорожской (6 блоков), Ровенской (4 блока), Южно-Украинской (3 блока) и Хмельницкой (2 блока) общей установленной мощностью 13 835 МВт(э) нетто.

- В 2017 г. производительность украинских АЭС увеличилась на 5,7% — до 85,78 млрд кВт·ч по сравнению с 81,18 млрд кВт·ч в 2016 г. Доля АЭС в общем объеме производства электроэнергии в стране составила 55,2% (в 2016 г. — 52,4%). Коэффициент использования установленной мощности был равен 70,6% (в 2016 г. — 66,6%), коэффициент готовности — 76,1 (в 2016 г. — 71,8%). Общая продолжительность пребывания энергоблоков АЭС в ремонтах равнялась 1170,4 суток против 1427,4 суток в 2016 г.

- Согласно подписанному 11 декабря 2017 г. соглашению между НАЭК «Энергоатом» и Westinghouse Electric блоки № 2, 3 Южно-Украинской АЭС и блоки № 1, 3, 4, 5 Запорожской АЭС переходят на топливо компании Westinghouse. До сих пор на них использовалось российское топливо, поскольку в состав всех украинских энергоблоков входят реакторы типа ВВЭР.

Договор о поставке топлива ТВС-WR, производимого в Швеции компанией Westinghouse, был заключен в 2014 г. со сроком действия 6 лет, до 2020 г. Опытные партии этого топлива уже загружались на некоторые блоки Южно-Украинской и Запорожской АЭС.

# НОВОСТИ

29 января 2018 г. «Энергоатом» и Westinghouse продлили срок действия договора до 2025 г. Поставки начнутся в начале 2021 г. сразу после завершения действующего соглашения и будут обеспечивать 7 из 15 украинских энергоблоков. Поставляемое топливо в своем составе будет содержать компоненты украинского производителя. Производство и сборка будут осуществляться на предприятии компании Westinghouse в г. Вестерос (Швеция), где существуют выделенные технологические линии для производства топлива для реакторов ВВЭР-1000.

● В начале июня 2017 г. Кабинет министров Украины утвердил проект строительства централизованного хранилища отработавшего ядерного топлива (ЦХОЯТ), которое будет расположено в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС и предназначено для приема ОЯТ с трех украинских АЭС (Ровенской, Хмельницкой и Южно-Украинской). Из-за отсутствия собственного хранилища Украина вынуждена ежегодно тратить около 200 млн долларов на оплату услуг по вывозу и переработке ОЯТ на территории России. Строительство хранилища стартовало 9 ноября 2017 г.

## НОВОСТИ ИЗ КИТАЯ

■ По сообщению World Nuclear News (декабрь) Китай приступил к строительству демонстрационного быстрого натриевого реактора мощностью 600 МВт(э) — CFR-600, спроектированного в Китайском институте атомной энергии (СИАЕ).

Строительство начато на площадке Хяри в провинции Фуцзянь.

Тепловая мощность CFR — 1500 МВт, тип реактора — бассейновый.

На первом этапе реактор будет работать на МОКС-топливе с выгоранием до 100 ГВт-сут/т, в дальнейшем предполагается переход на металлическое топливо с выгоранием 100—120 ГВт-сут/т.

По словам председателя CNNC В. Шоуцзюна проект CFR-600 — «крупнейший национальный проект в области ядерной науки и техники», имеющий большое значение для замыкания ядерного топливного цикла, содействия устойчивому развитию ядерной энергетики в Китае и содействия развитию местной экономики. После ввода демонстрационного быстрого реактора (намечен на 2023 г.) в Китае намерены приступить к созданию коммерческого реактора под условным названием CCFR.

В настоящее время статус действующего китайского энергоблока с быстрым натриевым реактором имеет блок CEFR, построенный с помощью России. Его мощность 20 МВт(э), начало строительства 2010 г., подключение к электрической сети — в июле 2011 г.

■ Китай намерен развивать промышленные применения атома:

— примером нового для Китая применения ядерных технологий могут стать бассейновые малые атомные станции теплоснабжения с реакторами SPLTHR. Первый подобный реактор создан в Пекине на базе одного из старых исследовательских реакторов. В настоящее время ожидается получение от надзорных органов разрешения на загрузку ядерного топлива.

Реакторы SPLTHR — одноконтурные установки, охлаждаемые низкотемпературной водой. На выходе выдается пар или пароводяная смесь с температурой 100 °С. Срок службы 40—60 лет. В развитии этого направления в Китае заинтересована, в частности, корпорация CNNC;

— в планах Китайского института атомной энергии — разработка проекта реактора DHR-400 для целей теплоснабжения. Внутрифирменное название проекта — «Yanlong» может переводиться как «глотка дракона» или «ласточка дракон».

## СТРОИТЕЛЬСТВО АЭС VOGTLE БУДЕТ ПРОДОЛЖАТЬСЯ

Общественная комиссия штата Джорджия в конце декабря единогласно проголосовала за продолжение строительства блоков № 3, 4 АЭС Vogtle, единственных на данный момент, сооружаемых в США. Блоки № 3, 4 с реакторами AP-1000 производства Westinghouse станут первыми, построенными в США за последние 30 лет.

Общая стоимость проекта составляет 23 млрд долларов. Решение комиссии будет претворено в жизнь лишь при условии выделения Конгрессом около 800 млн долларов на налоговое кредитование проекта. Планируемый ранее ввод блоков № 3, 4 АЭС Vogtle должен был состояться в ноябре 2021 г. и ноябре 2022 г. соответственно.

Для компании Westinghouse, пребывающей в состоянии управляемого банкротства, новые блоки АЭС Vogtle жизненно необходимы. Не имея референтных блоков с реакторами AP-1000 на территории США, ей будет предельно трудно надеяться на любые новые заказы на данную технологию. В настоящее время готовится предложение о возможном строительстве в Саудовской Аравии двух блоков с AP-1000.

*Материал подготовила И.В. Гагаринская*