

Научное сопровождение Белорусской АЭС:

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Андрей Кузьмин,
генеральный директор
Объединенного
института
энергетических и
ядерных исследований –
Сосны НАН Беларуси,
кандидат физико-
математических наук,
доцент



Святослав Сикорин,
заведующий
лабораторией
Объединенного
института
энергетических и
ядерных исследований –
Сосны НАН Беларуси

Белорусская АЭС, размещенная на Островецкой площадке в Гродненской области, состоит из двух энергоблоков суммарной мощностью до 2400 МВт. Станция построена по российскому проекту «АЭС-2006» с усовершенствованным водо-водяным реактором ВВЭР-1200 повышенной безопасности и надежности поколения «3+», который соответствует национальным и современным международным требованиям по ядерной и радиационной безопасности.

Предложение о строительстве станции было подготовлено в 1992 г. научным учреждением «ОИЭЯИ – Сосны» и нашло поддержку в Национальной академии наук и Министерстве энергетики. Концепция энергетической безопасности, разработанная в 2007 г. и актуализированная в 2015 г. при непосредственном участии НАН Беларуси, предусматривает вовлечение в энергобаланс республики ядерного топлива и строительство АЭС как альтернативу ископаемым видам топлива, в частности природному газу [1].

До принятия решения о возведении атомной станции на 1 января 2005 г. износ основных фондов составлял 60,2%, в том числе генерирующих

источников – 61,4%, подстанций – 64,5%, электрических сетей – 54,2%, тепловых сетей – 77,5%. Срок службы 53% основного оборудования генерирующих источников и 66% общей протяженности электрических сетей превысил 30 лет [2].

Указом Президента Республики Беларусь от 12 ноября 2007 г. №565 «О некоторых мерах по строительству атомной электростанции» ответственность за обеспечение научного сопровождения работ по строительству Белорусской АЭС и его выполнение была возложена на Национальную академию наук и Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси. Была утверждена ГП «Научное сопровождение развития атомной энергетики в Республике Беларусь на 2009–2010 гг. и на период до 2020 г.». Ее цель заключалась в подго-



товке и внедрении научно-технических предложений об оптимизации технологических процессов, повышающих ядерную, радиационную и экологическую безопасность, физическую защиту, а также эффективность объектов атомной энергетики.

В рамках Государственной программы было разработано более 100 проектов технических нормативных правовых актов, 25 программных средств и баз данных, 6 технологий и технологических процессов, 16 образцов новых материалов и веществ, 50 новых методик и алгоритмов, созданы модели и проведены нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты проектных и запроектных аварий, 5 экспериментальных установок, пункт сейсмологических наблюдений и каталог сейсмических событий на основе данных наблюдений, структура сети гидрогеологических скважин для мониторинга водоносных горизонтов площадки Белорусской АЭС, представлены подходы по обращению с очень низкоак-

тивными отходами Белорусской АЭС, опубликовано более 1000 научных работ и т.д.

В 2012–2021 гг. по заданию Госатомнадзора научным учреждением «ОИЭЯИ – Сосны» было проведено 35 экспертиз безопасности на этапах размещения, сооружения и эксплуатации блоков №№1 и 2 Белорусской АЭС, в 2017 г. выполнена экспертиза результатов целевой переоценки безопасности (стресс-тестов). На основании этого выданы лицензии МЧС на размещение, сооружение и эксплуатацию двух блоков.

После успешного ввода 10 июня 2021 г. первого энергоблока на первый план стали выходить задачи научного обеспечения эффективной и безопасной работы АЭС и перспективных направлений развития атомной энергетики страны, что нашло свое отражение в соответствующей подпрограмме Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.04.2021 г. №245. Ее цель – научное обеспечение эффективной и безопасной работы станции в течение всего ее жизненного цикла, обращения с радиоактивными отходами (РАО) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), а также развития перспективных направлений использования атомной энергии в мирных целях.

Система хранения обеспечивает размещение в стационарных хранилищах переработанных твердых радиоактивных отходов, упакованных в герметизированные металлические бочки; отвержденных жидких РАО в невозвратных защитных железобетонных контейнерах, а также высокоактивных отходов в специальных капсулах. Отработавшее ядерное топливо в течение 10 лет хранится в приреакторных бассейнах выдержки энергоблоков АЭС.

Основные целевые технико-экономические характеристики АЭС-2006:

- **установленная номинальная мощность – 1200 МВт (э);**
- **число энергоблоков – 2;**
- **срок службы – 50 лет.**

Особенность проекта – наличие новой реакторной установки с дополнительными системами безопасности:

- **пассивным отводом тепла;**
- **сбросом и очисткой среды из оболочки;**
- **двойной защитной гермооболочкой;**
- **ловушкой расплава топлива при запроектной аварии.**

Проектная стратегия использования топлива в реакторах ВВЭР-1200 Белорусской АЭС предусматривает четырехгодичный топливный цикл с одной перегрузкой в 12 месяцев. Средняя расчетная глубина выгорания тепловыделяющих сборок в установившемся режиме перегрузок равна 55,6 МВт сут/кг U. Количество ТВС, выгруженных за 60 лет эксплуатации двух энергоблоков, и масса содержащегося в них тяжелого металла, согласно проектным данным, составят: с глубиной выгорания до 50 МВт сут/кг U – 1076 ТВС (506 т тяжелого металла), от 50 до 55 МВт сут/кг U – 148 ТВС (70 т), свыше 55 МВт сут/кг U – 4070 ТВС (1916 т), что в сумме составляет 5294 ТВС с общей массой 2492 т тяжелого металла [3].

Соглашением между правительствами Республики Беларусь и Российской Федерации о сотрудничестве в строительстве на территории нашей страны атомной электростанции от 15.03.2011 г. предусмотрено, что отработавшее в реакторах энергоблоков Белорусской АЭС ядерное топливо, приобретенное у российских исполняющих организаций, подлежит возврату в РФ для переработки.

Практически все страны мира, развивающие атомную энергетику, предусматривают сооружение исследовательских реакторов и центров ядерных исследований и технологий на их базе, а также реализуют соответствующие научно-исследовательские программы в области использования атомной энергии. Целесообразность создания такого центра в нашей стране обусловлена получением государством новых технических и технологических возможностей в таких областях, как ядерная энергетика, медицина, промышленность, сельское хозяйство, оборона и безопасность, научные исследования в области физики, химии, биологии, медицины и других наук, подготовка и переподготовка кадров.

НАН Беларуси и Госкорпорация «Росатом» проработали вопрос создания Центра ядерных исследований и технологий на базе многоцелевого исследовательского реактора на территории Республики Беларусь. В 2014 г. стороны подписали Меморандум о намерениях, после чего Академией наук совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами были определены объекты, которые планировалось включить в состав Центра, разработаны и согласованы основные технические требования, обозначены главные направления деятельности, среди которых:

- ✓ физика и техника ядерных реакторов;
- ✓ исследования по физике ядра, нейтронной физике, физике элементарных частиц;

- ✓ материаловедение, физика конденсированного состояния, физика твердого тела;
- ✓ радиохимия, радиационная химия и их приложения;
- ✓ нанотехнологии, исследования магнитных свойств материалов;
- ✓ биология, медицина, генетика и др.

К возможным направлениям использования Центра для нужд ядерной энергетики относятся:

- оценка и подтверждение соответствия продукции обязательным требованиям безопасности;
- проведение испытаний изделий ядерной техники;
- исследования облученных изделий и материалов с целью управления ресурсом и продления сроков работы блоков Белорусской АЭС;
- метрологическое обеспечение безопасной эксплуатации АЭС и других ядерных и радиационных объектов, а именно поверка, калибровка, сличение средств измерений;
- разработка и обоснование безопасности технологий долговременного хранения и окончательной изоляции отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов.

Среди направлений исследований для нужд медицины можно выделить:

- появление новых технологических возможностей и создание условий для дальнейшего развития ядерной медицины в Республике Беларусь, обеспечения импортозамещения радиоизотопов и радиофармпрепаратов;
- организацию нового собственного производства радиоизотопов медицинского назначения и радиофармпрепаратов на их основе для диагностики и терапии онкологических и других заболеваний как для нужд республики, так и для поставок на экспорт;
- выпуск изотопов для радиационной обработки медицинских изделий и расходных материалов, расширение и модернизацию мощностей по радиационной обработке и стерилизации широкого спектра продукции медицинского назначения;
- наработку изотопов для аппаратов контактной и дистанционной радиационной терапии.

Для нужд промышленности предполагается наладить:

- производство с целью импортозамещения радиоизотопной продукции промышленного назначения для контроля технологических процессов, дефектоскопии, радиационной обработки и радиационной модификации продукции и материалов с целью придания им новых потребительских

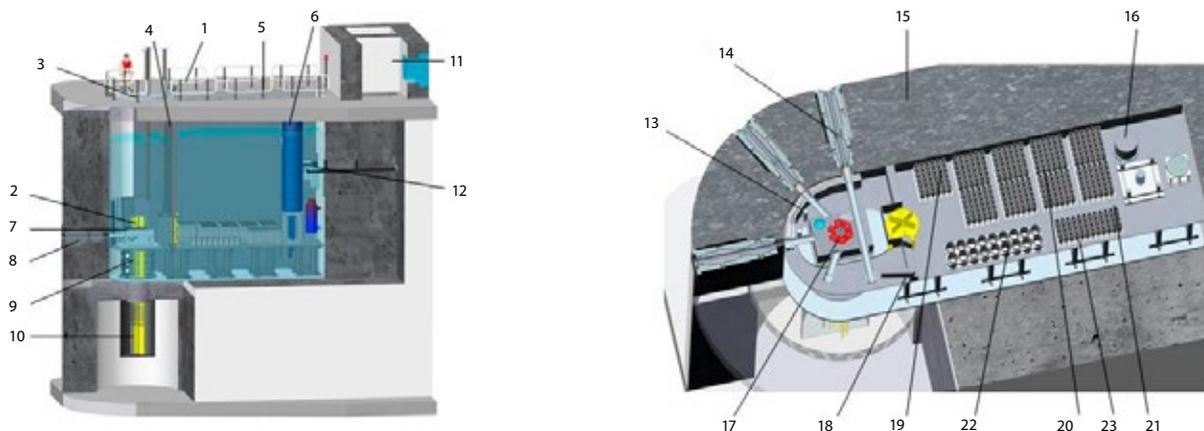


Рисунок. Общий вид многоцелевого исследовательского реактора тепловой мощностью 20 МВт: 1 – защитное ограждение; 2 – расположение канала радиационного легирования кремния; 3 – защитное перекрытие; 4 – перегородка; 5 – настил; 6 – бак аварийного охлаждения; 7 – канал ионизационной камеры; 8 – шибер горизонтального экспериментального канала; 9 – бак реактора; 10 – приводы системы управления и защиты; 11 – горячая камера; 12 – линия транспортирования изотопных сборок в горячую камеру; 13 – ионизационная камера; 14 – горизонтальный экспериментальный канал; 15 – биологическая защита; 16 – выходной трубопровод; 17 – активная зона; 18 – дверь транспортного коридора; 19 – временное хранилище ТВС; 20 – ячейки для хранения отработавших ТВС; 21 – транспортный коридор; 22 – выдержка облученных слитков кремния; 23 – выдержка изотопных сборок

свойств, включая различные полимерные изделия, термоусаживающиеся муфты и пр.;

- ядерное легирование кремния для силовой электроники, в том числе для электротранспорта;
- нейтронную радиографию и томографию для получения качественных изображений внутренней структуры промышленных изделий и процессов в них, например улучшения топливоиспользования и повышения надежности двигателей внутреннего сгорания;
- нейтронно-активационный анализ для количественного определения малого содержания примесей для обеспечения входного контроля материалов, контроля качества продукции и др.

В сельском хозяйстве продукция исследовательского реактора может использоваться для:

- радиационной обработки продуктов питания с целью увеличения сроков хранения;
- радиационной деконтаминации, дезинсекции сельскохозяйственной продукции, радиационной стерилизации ветеринарных препаратов и принадлежностей, питательных сред;
- предпосевного облучения семян для увеличения всхожести, устойчивости, урожайности, защиты от болезней;
- производства радиоизотопов для управления почвенными и водными ресурсами, определения путей миграции и поступления веществ для повышения эффективности удобрений;

- нейтронно-активационного анализа для подтверждения качества и места происхождения сельскохозяйственной продукции и других целей.

Применительно к потребностям Республики Беларусь наиболее подходящими являются разрабатываемые в АО «НИКИЭТ» Госкорпорации «Росатом» многоцелевые бассейновые исследовательские реакторы с водяным охлаждением тепловой мощностью 20 МВт с низкообогащенным (19,7% по урану-235) ядерным топливом. Трехмерная модель и схема активной зоны исследовательского реактора представлена на рисунке.

Изучается технико-экономическая целесообразность дальнейшего расширения ядерно-энергетической программы Беларуси, в частности, сооружение второй атомной электростанции. Атомная энергетика как надежный, экономически эффективный и экологичный источник энергии будет способствовать повышению энергетической безопасности страны и конкурентоспособности ее экономики. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 г. №1084 // ЭТАЛОН ONLINE. / Информационно-поисковая система. – Минск, 2023.
2. Кузьмин А.В. Научное сопровождение развития атомной энергетики в Республике Беларусь / А.В. Кузьмин, А.А. Михалевич, С.Н. Сикорин. – Минск, 2023.
3. О Стратегии обращения с отработавшим ядерным топливом Белорусской атомной электростанции: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22.08.2019 г. № 558 // ЭТАЛОН ONLINE. / Информационно-поисковая система. – Минск, 2023.