

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

#5

июнь

2021

Главная тема

Замкнуть ядерный топливный цикл

*Переход к новой технологической платформе
ядерной энергетики*

В номере

Кодекс поставщика	35
-------------------	----

Цифровизация: «Логос»	42
-----------------------	----

«Человек года»	52
----------------	----



Уважаемые читатели!

Какой нам видится ядерная энергетика будущего? Очевидно, она должна быть мощной, экологичной, конкурентоспособной, опираться на принципы естественной безопасности и иметь практически неограниченную сырьевую базу. О сценариях и условиях перехода на новую платформу ядерной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом, о преимуществах ЗЯТЦ и сроках его достижения, о миссии проекта «Прорыв» и лидерстве России в «быстрых» технологиях читайте в материалах главной темы номера.

Остальные материалы посвящены достижениям, которые тоже можно назвать прорывными. Вы узнаете о самых крупных зарубежных сделках «Техснабэкспорта» и первом в отрасли Кодексе поставщика, а также о том, как программные продукты семейства «Логос» помогают стратегическому импортозамещению, а ПСР — достижению производственных рекордов.

И, конечно, мы рассказываем о тех, кто стал «Человеком года Росатома», — знакомим с победителями в специальных номинациях и с результатами их работы. Присоединяемся к поздравлениям и желаем дальнейших успехов всем лауреатам и участникам отраслевой программы признания!

**ВЕСТНИК
АТОМПРОМА**

№ 5, июнь 2021 года

Информационно-
аналитическое издание

Фото на обложке
АО «ТВЭЛ»

Редакционный совет

Г. М. Нагинский, М. В. Ковальчук,
К. Б. Зайцев, Л. А. Большов, Г. И. Скляр.

Главный редактор

Юлия Долгова.

Выпускающий редактор

Ольга Еременко.

Дизайн и верстка

Ян Якобсон, Валерий Балдин,
Андрей Ковлягин.

Корректор

Алёна Капыльская.

**Учредитель, издатель
и редакция**

Общество с ограниченной
ответственностью
«НВМ-пресс».

Адрес редакции

129110 Москва,
ул. Гиляровского, д. 57, с. 4.

**Отдел распространения
и рекламы**

Татьяна Сазонова
sazonova@strana-rosatom.ru
+7 (495) 626-24-74.

Журнал зарегистрирован в Федераль-
ной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ №ФС77-59582
от 10 октября 2014 года.

Тираж 1910 экземпляров.

Цена свободная.

Подписано в печать: 21.06.2021

При перепечатке ссылка на «Вестник
атомпрома» обязательна. Рукописи
не рецензируются и не возвращаются.

Суждения и выводы авторов мате-
риалов, публикуемых в «Вестнике»,
могут не совпадать с точкой зрения
редакции.

	Содержание			
Главная тема	Официально	На ПМЭФ-2021 определены приоритеты развития 4 <i>Рассказываем об основных соглашениях, заключенных Росатомом на экономическом форуме</i>	Юбилей	Полвека «Техснабэкспорта»: первая сделка, НОУ из ВОУ и зеленый путь 32 <i>Страницы истории, достижения, новые бизнесы — рассказываем об одном из крупнейших мировых поставщиков продукции ядерного топливного цикла</i>
	ПРЯМАЯ РЕЧЬ	«Мы сосредоточились на том, чтобы доказать теорему конкурентоспособности реакторов на быстрых нейтронах» 6 <i>Евгений Адамов объясняет, как проект «Прорыв» возвращает ядерной энергетике возможность крупномасштабного развития</i>	Устойчивое развитие	Цепочка устойчивости 35 <i>Как «Техснабэкспорт» стал пионером отрасли по тиражированию устойчивых практик в цепочке поставок</i>
	ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ	На пути к ЗЯТЦ 12 <i>Какой должна быть энергетика будущего: сценарии перехода к замкнутому топливному циклу</i>	ПСР	Бережливый прорыв 38 <i>ПСР помогает предприятиям «Атомэнергомаша» ставить производственные рекорды</i>
	НАГЛЯДНО	Модуль фабрикации / рефабрикация топлива 18 <i>Первая очередь ОДЭК</i>	Цифровизация	Логосфера 42 <i>Курс на цифровой суверенитет российской промышленности и новые возможности для программных продуктов Росатома «Логос»</i>
		Реакторная установка БРЕСТ-ОД-300 20 <i>Вторая очередь ОДЭК</i>	Особое мнение	Большие данные 46 <i>О нетривиальных путях к повышению конкурентоспособности</i>
	ФОТОРЕПОРТАЖ	БРЕСТ на старте 22 <i>Строительство энергоблока с инновационным реактором на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300 началось</i>	ИЦАЭ	От пещерных людей до искусственного интеллекта 48 <i>Научные прорывы: экспертный взгляд</i>
	ПОДРОБНОСТИ	Замыкающее трио 24 <i>Оптимальное топливо для замыкания ЯТЦ: теория и практика</i>	Человек года	Новые атомные победы 52 <i>В Сочи состоялась церемония вручения премий «Человек года Росатома»</i>
		Как рождается топливо 27 <i>Комплексы по изготовлению и исследованию инновационного топлива ШУП, МОКС и РЕМИКС во ВНИИНМ</i>		
ЗАРУБЕЖНЫЙ ОБЗОР	Незамкнутый характер 29 <i>Какие страны предпринимают усилия по замыканию топливного цикла</i>			

Текст: Дарья Быстрова
Фото: ПМЭФ

На ПМЭФ-2021 определены приоритеты развития

С 2 по 5 июня прошел Петербургский международный экономический форум



ПМЭФ стал крупнейшим очным деловым мероприятием с начала пандемии: в выставочном центре «Экспофорум» собрались 13 тысяч участников из 140 стран. По итогам форума бизнесмены заключили более 800 соглашений на сумму свыше 3,8 трлн рублей. Росатом не остался в стороне, подписав на форуме более двух десятков соглашений о сотрудничестве. Вот некоторые из них.

С «Газпромом» и «Роскосмосом» атомщики будут создавать в России единую систему геотехнического мониторинга опасных производственных объектов на основе космических аппаратов радиолокационного наблюдения, планируемых к созданию в рамках программы «Сфера». Сотрудничество коснется и развития систем комплексного информационного обеспечения судоходства в акватории Севморпути.

«Русатом Оверсиз» подписал соглашение с «Транс-машхолдингом» об основных условиях сделки в отношении активов, объединенных в холдинговую компанию «ТМХ — Энергетические решения». На базе этой компании, акционером которой станет «Русатом Оверсиз», стороны займутся бизнесом по переходу на новые виды топлива, расширят продуктовую линейку в дизелестроении, создадут инфраструктуру для развития водородной энергетики и т.д.

С производителем железорудной продукции «Металлоинвестом» и производителем промышленных газов Air Liquide Росатом договорился о подготовке проекта по низкоуглеродному водороду. «Проработаем экономически эффективные модели организации производства для нужд предприятий «Металлоинвеста». Предполагаемый объем совокупного потребления водорода — до 150 тыс. т в год», — заявил президент «Русатом Оверсиз» Евгений Пакерманов.

«Русатом Хэлскеа» и GE Healthcare (медицинское подразделение General Electric) договорились о локализации производства трех моделей магнитно-резонансных томографов GE в России. Это первый проект GE по локализации производства MRT в России, инвестиции превысят \$8,5 млн.

С КамАЗом и «Россетями» Росатом будет заниматься развитием в регионах электротранспорта, зарядной инфраструктуры и сервисного обслуживания. Со стороны отрасли за реализацию будет отвечать РЭНЕР, которая заключила на форуме еще одно соглашение: с АНО «Академия автотранспорта Ф7» и Ленинградской областной электросетевой компанией. Стороны будут производить усовершенствованные спортивные электрокарты.

«Атомэнергопром» совместно с «Морсвязьспутником» создаст цифровую инфраструктуру связи для северных широт. Основой для нее послужит трансарктическая магистральная подводная волоконно-оптическая линия связи, которая будет проходить от Мурманска до Владивостока.

Компания «Русатом Инфраструктурные решения» договорилась о сотрудничестве с Сахалинской областью в части модернизации системы общественного транспорта в регионе.

Прямая речь



Владимир Путин

Президент Российской Федерации

«С начала прошлого года из-за пандемии коронавируса встречи на многих традиционных площадках были отменены или проводились в дистанционном формате. Мы рады, что после долгого вынужденного перерыва именно в России проходит первое крупное международное деловое мероприятие, в рамках которого представители глобального бизнес-сообщества могут общаться друг с другом не только с помощью современных телекоммуникаций, но и вживую. При этом мы, конечно, постарались сделать все, чтобы обеспечить безопасность участников с учетом самых строгих санитарных требований. Проведение столь представительного форума — это

позитивный знак, еще одно свидетельство того, что партнерские связи, контакты предпринимателей, инвесторов, экспертов постепенно вновь обретают привычный вид. Такие же позитивные тенденции мы наблюдаем и в глобальной экономике. Несмотря на глубину прошлогоднего спада, который, по мнению экспертов, оказался самым большим со времен Второй мировой войны, уже можно с уверенностью говорить, что мировая экономика возвращается к нормальной жизни. Ожидается, что в этом году рост глобального ВВП тоже будет необычно большим, максимальным с 70-х годов прошлого века: эксперты говорят о шести процентах роста».



Александр Новак

Заместитель председателя правительства РФ

«Если сравнивать с предыдущими годами ПМЭФ, сегодня вопросы климата и энергоперехода идут на первом месте, потому что это действительно волнует всех. И энергопереход в принципе неизбежен. Напомню о расчетах Международного энергетического агентства: для того, чтобы не допустить повышения температуры на планете более чем на 1,5 градуса Цельсия до 2050 года, необходимо уже сейчас полностью прекратить финан-

сирование нефтегазовой и угольной отрасли. По жизни это не реально, потому что энергопотребление за этот период вырастет на 30–40%, и это потребление нужно обеспечить. Но уже происходит изменение в сознании общества. Спрос на экологическую повестку сегодня более высокий, чем раньше. Человечество уже не просто покупает товар, он хочет знать, как повлияло производство этого товара на окружающую среду».



Алексей Лихачев

Генеральный директор госкорпорации «Росатом»

«У нас идут содержательные дискуссии с правительством Российской Федерации, Государственной думой, Минэнерго по вопросам регулирования зеленых и традиционных отраслей. Мы свою точку зрения доносим, нас слушают. В нынешнем году эксперты стран Евросоюза доказали, что атомная энергетика на всем своем жизненном цикле является одним из главных безуглеродных источников энергии. Для экспертов это данность. Плохая новость состоит в том, что это не данность для руководства Евросоюза. С точки зрения здравого смысла это не совсем понятно, есть опасность политизации таких вопросов. В ведущих странах Европы, в числе которых

Франция, Испания, Финляндия, удельный вес атомной генерации в общем энергобалансе страны составляет от 25% до 70%. Таким образом, без атомной энергетики на европейском континенте просто нет решения задачи по достижению глобальных целей ООН в части климатической повестки. Это надо понимать. Важно сказать, что не только Москва, но и Пекин, и Вашингтон, и Лондон поддерживают атомную энергетику и включают ее в завтрашний энергобаланс. Очевидно, что атомная энергетика в ее развитии должна стать частью глобальной энергетической повестки, нацеленной на достижение целей устойчивого развития до 2050 года и далее».

«Мы сосредоточились на том, чтобы доказать теорему конкурентоспособности реакторов на быстрых нейтронах»

Евгений Адамов объясняет, как проект «Прорыв» возвращает ядерной энергетике возможность крупномасштабного развития

Когда замкнется топливный цикл и какие проблемы ядерной энергетики это решит, каким будет флот быстрых реакторов и должно ли замыкание быть пристанционным, чем отличается свинцовый теплоноситель от натриевого, а оксидное топливо от нитридного, в интервью «Вестнику атомпрома» рассказывает научный руководитель проектного направления «Прорыв» Евгений Адамов.

— Воплощение идеи замыкания топливного цикла должно перевернуть представление об атомной энергетике, переведа ее в разряд возобновляемых и безотходных. Расскажите, как вы формулируете лично для себя миссию проекта «Прорыв».

— Концепция замыкания ядерного топливного цикла разработана и доказана достаточно давно. В ее основе — идеи Энрико Ферми, высказанные еще в 1944 году, о том, что в ядерном реакторе на быстрых нейтронах может происходить наработка «горючего» в большем количестве, чем было сожжено. Чтобы эти идеи проверить, был построен энергетический реактор — исследовательский EBR-1 (экспериментальный размножающий реактор) в Айдахо, и Вальтер Зинн в 1951 году показал, что расширенное воспроизводство делящихся материалов возможно. Однако инженеры с реализацией этой возможности не торопились. Сказывалось наличие достаточных запасов урана и относительно невысокие цены на него, а теперь сказывается и стагнация всей атомной энергетики. И конечно, радиобоя, которая сдерживает развитие вообще всех ядерных технологий. У людей мало знаний, поэтому они до сих пор боятся ядерной энергетики и всего ядерного почти так же, как они боятся ядерного оружия, боятся настолько, что когда ядерные устройства начали внедряться в медицину, то из названия ядерно-магнитный томограф, ЯМР, первая часть исчезла. Почему? Потому что люди,

которым ничего не объясняют про безопасность ядерных технологий, боятся даже слова ядерный.

Все эти факторы препятствовали и развитию технологий замыкания, и решению накапливающихся в индустрии проблем. Мы занимаемся проектом «Прорыв» для обоснования широкомасштабного развития ядерной энергетики, которая, к сожалению, в последние 20 лет пошла в обратную сторону. Вместо того, чтобы увеличивать масштабы, она начала сжиматься. Абсолютные цифры почти не изменились, но в начале 90-х годов относительный объем производства электроэнергии на атомных станциях во всем мире составлял 18%, а сейчас около 10%. В рамках того, что мы делаем, мы решаем практическую задачу — вернуть ядерной энергетике возможность преимущественного развития.

— Какие именно проблемы решит замыкание цикла?

— Первая проблема — это неэффективное использование энергетического потенциала уранового сырья. Если мы сегодня признаём, что ядерная энергетика в мире загибается (давайте называть вещи своими именами), то для нее хватит сырья — хватит до конца века, можно не беспокоиться. А вот если действительно опять начнется развитие теми темпами, которые были до начала 90-х годов, то довольно быстро, уже во второй половине нашего столетия, будет дефицит урана или по крайней мере такая его стоимость, при которой возникает вопрос: правильно ли мы делаем, что от всего сырья используем 0,7% — только один изотоп уран-235. В замкнутый цикл вовлекается уран-238, поэтому потенциал природного сырья используется полностью, что многократно расширяет топливную базу.

Следующая проблема — отходы. В сегодняшних условиях проблема ОЯТ не решается, она так и называется — «отложенная проблема». Она может быть



отложена еще до какого-то времени, пока количество ОЯТ, а на сегодня оно составляет примерно 250 тысяч тонн во всем мире, не начнет беспокоить кого-то всерьез. Сейчас эта отложенная проблема превратилась в неопределенную с точки зрения времени проблему. Но мы с помощью проекта «Прорыв» ее решаем: после переработки ОЯТ (в том числе топлива, облученного в тепловых реакторах) полученные ядерные материалы можно вновь использовать.

Замыкание цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах снижает потенциал биологической опасности отходов на несколько порядков за счет трансмутации, или «дожигания», в реакторах на быстрых нейтронах долгоживущих компонентов ОЯТ — минорных актинидов. То есть достигается радиационно-эквивалентное обращение с отходами: в землю через некоторое время будут возвращены материалы с той же радиоактивностью, что у природного уранового сырья. Что же касается времени достижения эквивалентности пожизненных радиационных рисков для здоровья человека, а говоря проще — риска онкозаболеваний, то радиозоологи «Прорыва» доказали, что если к 2100 году быстрые реакторы полностью заменят тепловые, то такое равновесие будет достигнуто уже в пределах сотни лет. Кстати, эта работа была

удостоена специального приза председателя Наблюдательного совета Росатома за 2020 год, его Сергей Кириенко вручил команде на церемонии «Человек года Росатома», которая недавно состоялась в Сочи.

Еще одна проблема — нераспространение ядерного оружия. Надо сказать, что ни одна страна в мире не шла к созданию бомбы через ядерную энергетику. Есть более короткие пути, они известны, поэтому беспокоиться сегодня о том, что в атомной энергетике нарабатываются оружейные материалы, бессмысленно. Тем не менее в проблеме нераспространения есть несколько составляющих, которые при замыкании топливного цикла могут быть исключены. Чем сейчас обеспокоено международное сообщество? До какого уровня Иран обогащает уран. А для реакторов на быстрых нейтронах вообще не требуется обогащенный уран, в такой атомной энергетике он становится ненужным. И отказ от технологии обогащения усиливает режим нераспространения ядерного оружия, это вообще выводит ядерную энергетику на периферию контура, в котором обсуждаются проблемы нераспространения.

— Какой момент будет считаться поворотным — означающим переход ядерной энергетики на

новую технологическую платформу с замкнутым топливным циклом?

— Какие-то элементы замыкания существуют и сегодня. Реакторы РБМК частично используют регенерированное топливо атомных подводных лодок и реакторов ВВЭР-440. Это маленький, но элемент замыкания. ГХК начал производить МОКС-топливо в таком количестве, что идет последовательное заполнение активной зоны БН-800 этим топливом — сейчас его доля составляет одну третью часть, в дальнейшем в реактор будет загружаться только МОКС, к 2022 году планируется полная загрузка. Что такое МОКС? Это уранплутониевое смешанное топливо, сырьем для которого выступают оксид плутония, наработанный в энергетических реакторах, и оксид обедненного урана, который получается из ОГФУ — «хвостов» обогатительного производства. Используется результат переработки, а не добычи природного сырья, поэтому применение МОКС-топлива — это тоже элемент замыкания топливного цикла.

Но впервые продемонстрирует всю цепочку технологий замыкания полная работа опытно-демонстрационного комплекса (ОДЭК), который строится на площадке СХК. В него войдут энергоблок с реактором на быстрых нейтронах со свинцовым

теплоносителем БРЕСТ-ОД-300 и завод с двумя модулями: фабрикации/рефабрикации ядерного топлива и переработки отработавшего топлива.

Наращивание линии, связанной с реакторами на быстрых нейтронах и дополняющей уже имеющуюся мощную компоненту — тепловые реакторы, позволяет дать следующему периоду определение «двухкомпонентная ядерная энергетика». Когда работоспособность всех элементов системы будет полноценно доказана на ОДЭКе, будет ясно, что с этого момента больше нет смысла вводить реакторы на тепловых нейтронах, и как только ресурс действующих тепловых реакторов закончится, они уйдут со сцены. Это очевидно.

Здесь, кстати, наше видение совпадает с видением коллег из Китая — страны, которая сейчас развивает атомную энергетику наиболее активно. Пять лет назад Институт атомной энергетики Китая прогнозировал, что такой момент у них наступит к 2030 году. Сейчас понятно, что они немного поторопились, по реализации своей программы замыкания цикла они отстают от нас примерно на 10 лет. Но в любом случае в Китае также есть понимание, что через одно-два десятилетия все развитие атомной энергетики будет происходить только за счет реакторов на быстрых нейтронах.

— Ваши оппоненты считают, что замыкание топливного цикла будет обходиться слишком дорого.

— Да, это наиболее сложная проблема из всех, которые приходится решать, — экономическая конкурентоспособность реакторов на быстрых нейтронах и всего замкнутого топливного цикла в целом по сравнению с тем открытым, который есть сегодня.

Вопрос очень непростой, он осложнен еще и тем, что даже у некоторых специалистов есть представление, что реакторы на быстрых нейтронах принципиально не могут быть такими же по цене производимой энергии в пределах всего жизненного цикла, как реакторы на тепловых нейтронах, поэтому быстрые реакторы никогда не будут соревноваться с тепловыми в производстве энергии и для их разработки надо искать какие-то другие причины. Кто-то рассматривает возможность наработки на быстрых реакторах топлива для тепловых, но это плохая идея, потому что для этого энергоблоки с тепловыми реакторами нужно серьезно переделывать. Кто-то считает, что быстрые технологии пригодны только для трансмутации компонентов ОЯТ. Это тоже неверно, так как есть много конкурирующих технологий — и ускорители, и термоядерный источник нейтронов, на которых тоже можно решать эту задачу.

Так что мы сосредоточились на том, чтобы доказать теорему существования энергетических реакторов на быстрых нейтронах, которые могут быть конкурентоспособными.

У нас точно просчитана экономика. Мы знаем, каким образом и в каких экономических параметрах

получается выгода при таком пути развития ядерной энергетики. Мы собрали великолепную команду экономистов и с самого начала реализации проекта эти вопросы отслеживаем очень жестко по всем этапам, в том числе на начальном этапе — функционирования ОДЭК. Это опытно-демонстрационный, а не промышленный комплекс, он не будет тиражироваться, поэтому у нас нет для него задачи окупаемости НИОКР, но он будет работать, компенсируя производством электроэнергии собственные эксплуатационные затраты. И это вполне разумно для опытного блока: он будет производить 300 МВт и окупать весь замкнутый топливный цикл на площадке. А когда от опытного блока перейдем к серийным ПЭК — промышленным энергокомплексам, там ситуация меняется: экономика становится положительной.

Совершенно очевидно, что реактор, в котором мы заменяем натриевый теплоноситель на свинцовый, будет конкурентоспособным. Это тот же реактор на быстрых нейтронах с точки зрения трансмутации, реализации радиоэквивалентности и прочих преимуществ, но у него два контура, а не три, уже за счет этого он оказывается дешевле по капитальным затратам. Свинец, в отличие от натрия, достаточно инертен по отношению и к воде, и к воздуху, он обладает очень высокой температурой кипения и не горит, поэтому пожары, химические или тепловые взрывы исключены. Обусловленные этим особенности реактора — то, что мы называем принципами естественной безопасности, — позволяют отказаться от ловушки расплава и от больших объемов как гермооболочки, так и обеспечивающих систем.

В свинцовом реакторе будет использоваться более совершенное топливо, оптимально подходящее для замыкания цикла, — смешанное нитридное уран-плутониевое (СНУП). Его основное отличие от МОКС в том, что вместо оксидов урана и плутония используются нитриды, а в нитриде больше концентрация атомов урана и плутония, чем в оксиде. Среди других преимуществ — более высокая плотность, большая теплопроводность и совместимость с жидкометаллическим теплоносителем. Ниже и температура топлива, поэтому снижается запасенная энергия, выделение которой может происходить в штатных ситуациях.

Вот поэтому у нас есть уверенность в том, что на втором этапе — переходе от опытного к серийным энергетическим блокам большой мощности — мы точно достигаем конкурентоспособности.

— Если реактор со свинцовым теплоносителем обладает такими преимуществами, почему параллельно ведется работа над натриевым БН-1200? Нет ли в этом противоречия?

— Первый этап доказательства экономической конкурентности мы в 2017 году попытались осуществить на примере натриевого БН-1200, но он оказался не совсем удачным. Два тематических научно-технических совета — НТС-1 («Ядерные и энергетические

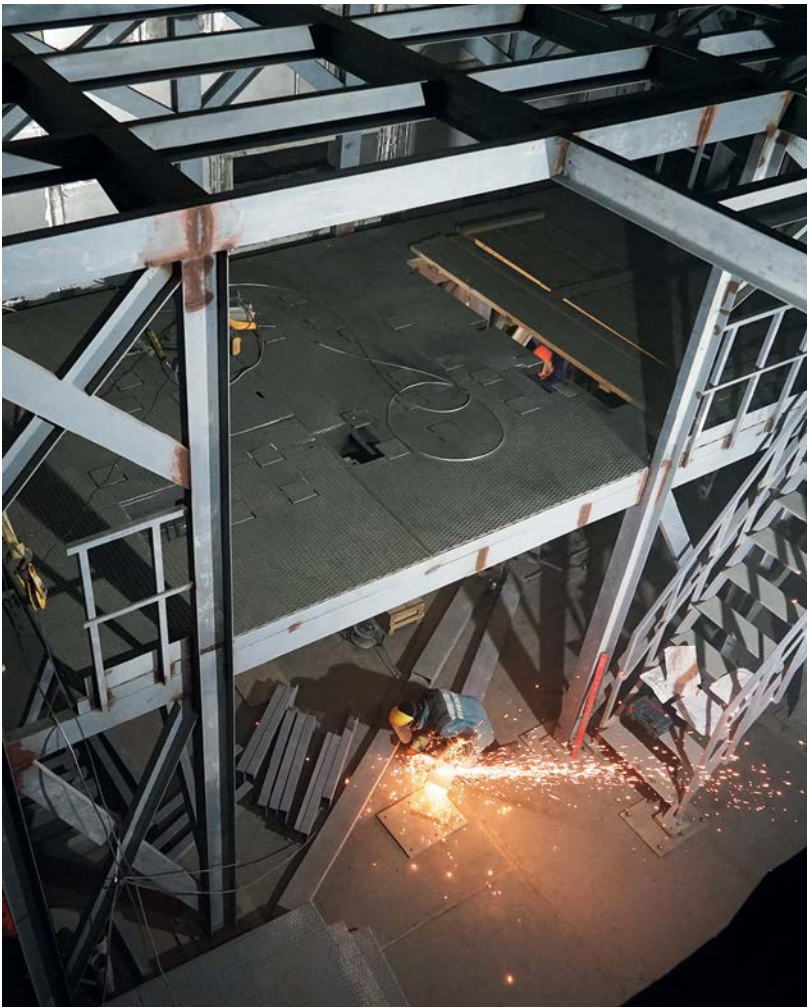
«ОДЭК будет производить 300 МВт и окупать весь замкнутый цикл на площадке. А когда от опытного блока перейдем к серийным ПЭК — промышленным энергокомплексам, там ситуация меняется: экономика становится положительной»

установки и атомные станции») и НТС-8 («Новая технологическая платформа ядерной энергетики») — рассматривали проект и дали целый ряд замечаний, прежде всего по экономике. Надо сказать, что за прошедшие 4 года они в большинстве своем учтены. Мы планируем объединенный НТС, на котором вновь вернемся к анализу: можно ли реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, может быть, на МОКСе, может быть, на СНУПе, сделать конкурентоспособным. Пока я считаю, что это возможно при доработке некоторых элементов в НИОКР.

Но, может быть, окажется и так, что БН можно и нужно будет использовать в любом случае, просто чтобы не терять опыт эксплуатации быстрых реакторов, как это случилось, скажем, во Франции, после того как они остановили свой реактор «Суперфеникс». Премущественности не было, они даже после «Феникса» не смогли «Суперфеникс» эффективно эксплуатировать: он то работал, то не работал, и суммарно КПД получился меньше паровозного. Закрыли, и нет сегодня во Франции работающего реактора АЭС на быстрых нейтронах. И эта ситуация катастрофическая, потому что знания и опыт, механизм их передачи — бесценны. А у нас как раз в этом смысле очень хорошее положение: опыт накоплен на первых, небольших по мощности реакторах, работавших в ФЭИ, в НИИАР работает исследовательский БОР-60, энергетический БН-350 работал еще в Советском Союзе, сейчас эксплуатируются БН-600 и БН-800 на Белоярской, у нас эта линия есть, она не прерывалась, и было бы неправильным эту линию терять.

— Каким вы видите сценарий перехода к новой технологической платформе?

— Оптимальный сценарий, с моей точки зрения, таков. Мы сейчас на площадке ОДЭК заканчиваем сооружение завода по фабрикации СНУП-топлива. Первый этап — в 2023 году завершаем строительство и с 2024 года начинаем производить штатную зону для БРЕСТа. Через пару лет высвобождаются мощности, которые могут быть использованы в производстве топлива для БН-1200М. В 2026-м запускается БРЕСТ — для окончательного практического доказательства новых технических решений. С моей точки зрения, ближе к 2030 году может появиться БН-1200, я очень рассчитываю на то, что проект



будет реализован, и прилагаю к этому усилия. Затем 2032 год — это БР-1200, промышленный свинцовый реактор, сейчас работа над ним находится в стадии ТЭО. По итогам две технологии будут сравниваться. И после этого либо на двух, либо на одном из видов теплоносителей и топлива мы развиваем флот реакторов на быстрых нейтронах, а производство топлива дополняется на модулях переработки.

— Смогут ли жидкосолевые реакторы стать энергетическими и присоединиться к флоту натриевых и свинцовых реакторов?

— Никогда. Но как интересную физическую идею разработку жидкосолевых реакторов обязательно надо поддерживать, потому что никто не знает, какая из интересных физических идей какую пользу может дать. С 50-х годов прошлого века ученые занимаются термоядерными реакторами, и пока еще не видно даты, когда энергетика станет термоядерной. Но сколько уже от этих разработок получено побочных технологий — сверхпроводимость, новые материалы, диагностика, приборы, которые выдерживают совершенно другие параметры, чем существующие. Эти исследования уже принесли огромную пользу.

Американцы когда-то посчитали: \$20 млрд стоила их программа полета на Луну, но все технологии, которые они при этом развили, которые получили широкое промышленное использование, принесли \$200 млрд — в 10 раз больше, чем было затрачено.

Такую же ситуацию мы уже видим с термоядом. И очень может быть, что жидкосолевые реакторы, которые, например, предъявляют особые требования к материалам, дадут такое развитие материаловедения, которое многократно окупит затраты на сооружение ЖСР. Я считаю, что дело дойдет до сооружения опытного блока мощностью около 10 МВт, скорее всего, на ГХК. В энергетике это никогда не будет востребовано, потому что существующие реакторы на тепловых нейтронах решили задачи первого этапа развития ядерной энергетики, на быстрых нейтронах — это следующий этап, а там, глядишь, и термоядерная в конце концов подойдет, после которой вообще энергетических проблем в мире не останется. Но разработка ЖСР будет развивать иные физические и технологические подходы, а это крайне интересная и необходимая вещь.

— У реакторов ВВЭР поколения III+ срок службы составляет 60 лет с возможностью продления. Будут ли быстрые реакторы конкурентоспособны по этому параметру?

— Тут вот такая интересная штука. Вспомните, что было с первыми промышленными реакторами, созданными для наработки плутония и трития: у них был десять лет ресурс. А закрывались они когда? Через три ресурса. Срок службы первых энергетических реакторов — 30 лет — был обусловлен тем, что было не известно, как будут вести себя материалы в пределах ресурса. И можно было лишь на основе

тех или иных экспериментально известных факторов или факторов, которые поддавались моделированию и расчету, решать: вот аппарат 30 лет прослужит. Потом собиралась информация, и оказалось, что на самом деле не 30 и не 40, а уже 60 лет, удвоился этот ресурс. Думаю, что на этом дело не остановится: не зря же для ВВЭР созданы материалы корпуса с ресурсом в 100 лет.

Это такая меняющаяся характеристика, некоторые из самых первых реакторов в мире поддерживаются больше как музейные, но они работают, и это означает, что доказана работоспособность корневых элементов, элементов преобразования энергии, или доказана возможность их замены. Сейчас у людей даже сердце меняют — насос для перекачки крови, не говоря о суставах. И такая же ситуация возможна с реакторами. Несменных элементов в ВВЭР я вообще не знаю, другой вопрос, что проще и дешевле — вытащить и заменить корпус или построить блок на новом месте.

«В реакторе со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300 будет использоваться более совершенное топливо, оптимально подходящее для замыкания цикла — смешанное нитридное уран-плутониевое (СНУП)»

Так что разработка энергоблока на основе реактора БН-1200М и разработка энергоблока на основе реактора БР-1200 идет на 60 лет. Сегодня у нас уже есть возможность прогнозировать работоспособность материалов и твэлов, и внутриконструкционных элементов именно на такой срок. Есть некоторые проблемы на таком горизонте с парогенераторами и насосами, но они заменяемы. Поэтому ресурс ограничивают только те элементы, которые трудно менять, — для БРЕСТа это металлобетонный корпус, но даже его заменить теоретически можно. Так что первоначальный ресурс будет 60 лет, но с перспективой увеличения.

— Определена ли уже технология переработки облученного топлива?

— Технологии переработки разрабатываются одновременно широким фронтом, с резервом. Нам нужно извлечь из ОЯТ 99,9% делящихся материалов, которые пойдут в новое топливо. В принципе, мы можем заниматься переработкой на базе гидрометаллургии, это хорошо изученная технология, которая была создана еще в рамках первого атомного проекта. Но

Монтаж оборудования модуля фабрики-ции/рефабрикации топлива ОДЭК



есть одна проблема: в гидрометаллургии по определению используется вода, а под действием излучения происходит ее радиолиз, поэтому нужно выдерживать топливо до тех пор, пока не произойдет спад радиоактивности, а на это требуется примерно 5–7 лет, как минимум. Вторая технология тоже известна, но пока не освоена до конца — это пирохимия. Даже если пирохимия не позволит уменьшить радиоактивность на необходимые 6 порядков, то ее можно будет использовать на первой стадии переработки.

На данный момент оптимальной выглядит комбинированная схема: пирохимию можно будет поставить на головных процессах, выполняя первичную очистку и решая проблему тепловыделяющих продуктов деления топлива, а затем использовать гидрометаллургию — доочищать от радиоактивных примесей и разделять компоненты, которые будут возвращаться в топливный цикл. Таким образом мы и снимаем радиоактивность, и уходим от проблемы, связанной с использованием водных технологий. Есть у нас и энтузиасты, которые считают, что к 2024 году они смогут обосновать пирохимический метод как технологию, которая целиком может взять на себя переработку ОЯТ без использования гидрометаллургии.

И мы еще изучаем работы по химии плазмы, это методы разделения изотопов по массам с использованием магнитных полей — в плазмохимическом аппарате. Физически очень многообещающая идея, но технологически она еще находится на начальной стадии.

— Как будет масштабироваться технология? Предполагается, что модуль переработки нужно будет построить рядом с каждой атомной станцией?

— После того, как мы получим доказательство работоспособности всех элементов комплекса, дальше это можно по-разному развивать. Кто-то считает, что наша технология подразумевает обязательный пристанционный ядерный топливный цикл (ПЯТЦ). Это не так. Сейчас на одной площадке мы собираем все для того, чтобы было удобнее проверить все элементы в действии. А дальше все будет зависеть от экономики. Но нет сомнений, что пристанционный ядерный топливный цикл, который реализует замыкание там же, где работают реакторы, решает целый ряд проблем. Логистика исключается, значит затраты уменьшаются. В пристанционном цикле крутятся меньше делящихся материалов — ведь чтобы обеспечивать внешние перевозки, нам надо дольше держать топливо, а значит его просто нужно больше в том цикле, который не замкнут на одной площадке. Тут же и проблема нераспространения. Если ты за пределы площадки ушел, ты должен еще обеспечить безопасность транспортировки свежего и отработавшего топлива.

Скорее всего, экономика покажет, что для одиночных реакторов производство и переработку топлива надо будет осуществлять на действующих комбинатах — на «Маяке», или на ГХК, или на СХК. Кстати, это была идея, сформулированная еще академиком Доллежалем,— у него было уникальное чутье гениального

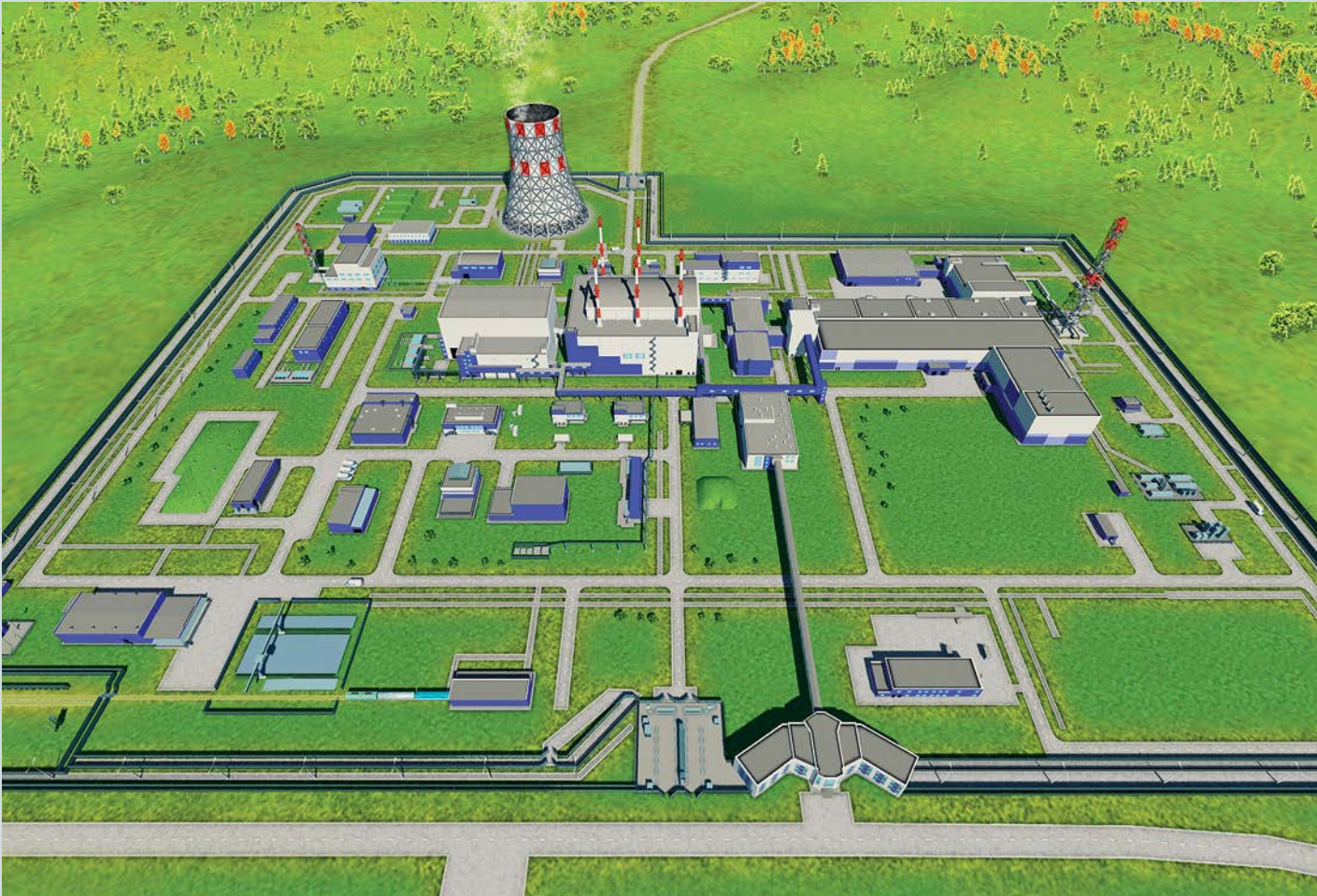
человека, он говорил, что надо развивать наши комбинаты как комплексы по производству энергии с полным циклом, где есть все, начиная от производства топлива и заканчивая захоронением отходов, причем развивать вдали от густонаселенных агломераций.

Мы сегодня выполняем технико-экономическое обоснование для двух площадок. Одна площадка — это место, на котором раньше предполагалось строительство Южно-Уральской АЭС, в Челябинской области, рядом с «Маяком». Промышленность там была развита, прогнозировался существенный рост спроса на электроэнергию. Станция была спроектирована достаточно давно, но в 90-х проект был остановлен. Там мы рассматриваем промышленный энергетический комплекс в связке с «Маяком» — целый ряд производств по замыканию топливного цикла разумно размещать на «Маяке», это может удешевить процесс.

Одновременно мы смотрим площадку для ПЭК (промышленного энергокомплекса) применительно к площадке Курской станции. Сейчас ставятся реакторы ВВЭР рядом со станциями с РБМК, Ленинградская АЭС идет здесь впереди, и на Курской, где действуют четыре блока РБМК, тоже идет их замещение на ВВЭР, и два блока могут быть построены до 2030 года. А третий и четвертый блоки должны быть построены после 2032 года, и там мы вполне успеваем с быстрыми реакторами. Так что очень может быть, что Курская станция станет первой, на которой произойдет смена поколений.

А если заглядывать совсем вперед, то когда-нибудь сверхпроводимость изменит карту генерации в мире точно так же, как оптоволокно изменило ситуацию со связью. Если сверхпроводимость войдет в магистральные линии, то она кардинально поменяет ситуацию: можно будет создавать островки производства энергии в любом месте, а передавать ее будем куда угодно, на огромные расстояния.

Экспертное мнение	На фото
Текст: подготовила Ирина Дорохова Иллюстрации: пресс-служба ПН «Прорыв», «Страна Росатом»	Схема ОДЭК на площадке СХК



На пути к ЗЯТЦ

Человечество уже нашло ответ на вопрос, какой должна быть энергетика будущего: безопасной, мощной, надежной, доступной и чистой — оставляющей минимум отходов и почти не потребляющей природных ресурсов. Но пока ученые и инженеры ищут ответы, как этого добиться. Переход к новой технологической платформе ядерной энергетики — двухкомпонентной, с замыканием ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах — позволит сделать атомные станции источником именно такой энергии, решив при этом вопросы ограниченности сырьевой базы и проблему отходов

«Вестник атомпрома» попросил экспертов в области замыкания ядерного топливного цикла ответить на вопросы, которые помогут читателям разобраться в этой интересной, но сложной теме. Эксперты не сомневаются, что формирование новой технологической платформы — самый правильный путь к тому, чтобы у мировой атомной

энергетики открылось второе дыхание. Но способы перехода к энергетике будущего могут быть разными. Знакомьтесь с палитрой авторитетных мнений о том, как и когда будет достигнуто замыкание топливного цикла, что для этого необходимо сделать и каким образом замкнутый цикл сможет конкурировать с открытым.

Эксперты			Главная п
			
Борис Васильев Советник генерального директора АО «ОКБМ Африкантов» по топливному циклу быстрых реакторов	Вадим Лемехов Главный конструктор ПН «Прорыв» и РУ БРЕСТ-ОД-300 (АО «НИКИЭТ»)	Владимир Асмолов Советник генерального директора госкорпорации «Росатом», доктор техниче- ских наук, профессор	

При выполнении каких условий можно будет с уверенностью говорить о существовании двухкомпонентной энергетике и ЗЯТЦ?

Борис Васильев: Вначале следует напомнить, что двухкомпонентная система ядерной энергетике с ЗЯТЦ по определению (например, в книге «Двухкомпонентная ядерная энергетическая система с тепловыми и быстрыми реакторами в замкнутом ядерном топливном цикле» под редакцией академика РАН Н. Н. Пономарева–Степного в издании 2016 года) должна создаваться на базе уже хорошо освоенных реакторов на тепловых нейтронах типа ВВЭР и реакторов на быстрых нейтронах, которые позволяют использовать весь энергетический потенциал урана и минимизировать количество радиоактивных отходов топливного цикла. Для этого должен быть реализован замкнутый топливный цикл с использованием плутония, образующегося из урана-238 как в тепловых, так и в быстрых реакторах. Соответственно, основные условия перехода к двухкомпонентной ядерной энергетике с ЗЯТЦ — серийное сооружение быстрых реакторов и создание предприятий по переработке ОЯТ, в том числе ОЯТ быстрых реакторов, а также предприятий по изготовлению смешанного уранплутониевого топлива.

Вадим Лемехов: Без реализации замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) о двухкомпонентной ядерной энергетике говорить невозможно. Способы организации ЗЯТЦ, точнее, вовлечение плутония в ЗЯТЦ, поскольку по урану-235 рецикл внедрен уже давно, должны определяться наиболее эффективным использованием делящихся материалов, количество которых в природе ограничено. Значит, необходимо внедрение реакторов на быстрых нейтронах с полным или расширенным воспроизводством топлива. С этой точки зрения двухкомпонентная ядерная энергетика — это промежуточный этап к переходу на реакторы на быстрых нейтронах. Но кроме эффективного топливоиспользования должна быть приемлемой и стоимость электроэнергии, причем она должна быть ниже, чем для реакторов ВВЭР в открытом ядерном топливном цикле. Поэтому задача реакторов на быстрых нейтронах — достичь степени зрелости, проработанности технологии ВВЭР для снижения стоимости, это же касается и технологий ЗЯТЦ. Уверенно о двухкомпонентной

ядерной энергетике с ЗЯТЦ можно говорить, когда для старта новых быстрых реакторов будет использоваться отработавшее ядерное топливо реакторов ВВЭР с малым временем выдержки, а быстрые реакторы будут работать на собственном регенерате. Это знак стабильности технологии.

«Двухкомпонентная ядерная энергетика — промежуточный этап к переходу на реакторы на быстрых нейтронах. Кроме эффективного топливоиспользования должна быть приемлемой и стоимость электроэнергии, причем она должна быть ниже, чем для реакторов ВВЭР в открытом топливном цикле»

Владимир Асмолов: Надо начать с того, что без замыкания ЯТЦ у ядерной энергетике нет длинного будущего. Двухкомпонентность ЗЯТЦ по крайней мере в ближайшие сто лет не имеет альтернативы.

Первые два условия успешного существования атомной энергетике — стопроцентная безопасность и экономическая эффективность! В идеале АЭС, задействованные в ЗЯТЦ, должны быть по этим параметрам лучше альтернативных источников генерации. Третье условие — топливо должно перейти в разряд ВИЭ. Сейчас мы используем для топлива меньше 1 % природного урана. Надо вовлечь в топливный цикл уран-238, который составляет более 99 % природного урана, чтобы получать из него плутоний и снова использовать в реакторах. Тогда можно будет говорить, что ядерное топливо является возобновляемым топливом. Четвертое условие — надо доказать всем, что мы умеем обращаться с ОЯТ и высокоактивными отходами. Эту проблему мы,

надеюсь, сможем решить с помощью реакторов на быстрых нейтронах.

В целом нам предстоит огромная работа по подготовке тепловых и быстрых реакторов к совместной работе в замкнутом топливном цикле. У реакторов на тепловых нейтронах надо повысить КПД за счет перехода на новую термодинамику. У них должен быть выше коэффициент воспроизводства ядерного топлива. Сейчас он где-то 0,4, а мы хотим повысить

его до 0,7–0,9. Важнейшая задача по реакторам на быстрых нейтронах (это вторая компонента ЗЯТЦ) — добиться, чтобы они были хотя бы сопоставимы по экономике с тепловыми реакторами. Пока они дороже. Коэффициент воспроизводства топлива в реакторах на быстрых нейтронах должен быть ~ 1,2. Тогда они будут донорами топлива для ВВЭР, и в целом по системе коэффициент воспроизводства топлива будет около единицы, и тогда можно говорить, что ядерное топливо является возобновляемым.

Какая конфигурация двухкомпонентной энергетики была бы оптимальной?

Б. В.: Если иметь в виду типы тепловых и быстрых реакторов, то на ближайшие десятилетия по ним имеется достаточная ясность: это последний проект энергетического теплового реактора ВВЭР-ТОИ и проект быстрого реактора БН-1200, который находится в завершающей стадии разработки. Если говорить о виде уранплутониевого топлива, то на сегодняшний день и для ВВЭР, и для БН уверенно можно говорить об оксидном, или, как принято называть, МОКС-топливе. Но для БН есть хорошая перспектива перехода на использование более плотного уранплутониевого нитридного топлива, освоение которого в настоящее время ведется в первую очередь применительно к реактору БРЕСТ-300. Если обсуждать вопрос о том, как должен быть организован топливный цикл, то по крайней мере для первого этапа развития двухкомпонентной системы предпочтительным представляется централизованный топливный цикл с крупными предприятиями по изготовлению и переработке топлива. Но по мере отработки топливных технологий, вероятно, будет целесообразен переход на пристанционный топливный цикл, при котором исключается транспортировка свежего и отработавшего топлива.

В. Л.: Оптимальной должна быть энергетика с минимальной стоимостью электроэнергии и минимальным количеством долгоживущих радиоактивных отходов. Для базовой генерации конечное состояние — это реакторы на быстрых нейтронах, работающие в ЗЯТЦ, разумеется, если они смогут быть конкурентоспособными. Поэтому пока возможно снижение стоимости электроэнергии за счет оптимизации технологии реакторов ВВЭР, в том числе ВВЭР-С, стоит задача освоения новых технологий

быстрых реакторов и ЗЯТЦ с целью еще большего снижения стоимости электроэнергии и решения проблем накопления ОЯТ.

«Оптимальной должна быть энергетика с минимальной стоимостью электроэнергии и минимальным количеством долгоживущих радиоактивных отходов»

В. А.: Сейчас мы просчитываем несколько основных вариантов компоновки. Но фактически их больше, потому что в каждом из них — большое количество подвариантов. Есть вариант один быстрый на два тепловых, есть вариант один к одному. Конечный результат будет зависеть от параметров реакторов: коэффициентов воспроизводства, вида плутониевого топлива (оксидного или нитридного) и многих других.

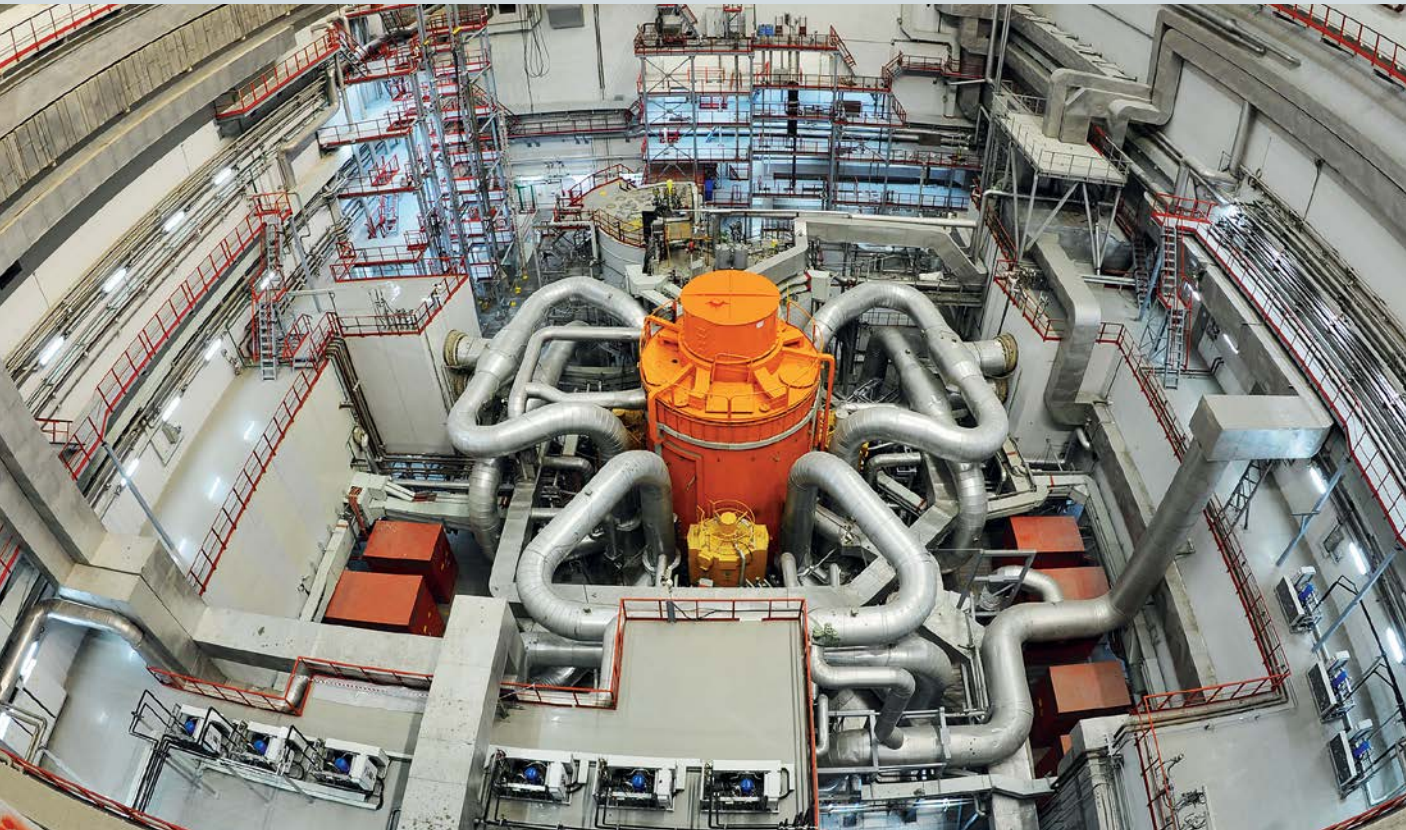
Чем больше мы накопим знаний, тем яснее будет картина и меньше вариантов. Про ториевое направление мы помним, но оно очень дорогое, так как потребует полной перестройки всей промышленности. Поэтому пока торий рассматривается как некая возможность, которую надо держать в уме.

до 2035 года» и «Стратегия развития ядерной энергетики») к 2031 году будет построен головной блок с реактором БН-1200, и далее начнется их серийное сооружение. Будет обеспечено изготовление уранплутониевого топлива для этих реакторов.

Каким путем или через какие этапы атомная энергетика пойдет к замыканию ЯТЦ?

Б. В.: Как активный участник разработки проектов быстрых натриевых реакторов я надеюсь на такое развитие событий и уверен в его оптимальности: в соответствии с имеющимися планами («Генеральная схема развития объектов электроэнергетики

Реактор БН-800 на Белоярской АЭС в настоящее время на треть загружен МОКС-топливом



Одновременно будет выполнена работа по вовлечению МОКС-топлива в реакторы ВВЭР-ТОИ, возможно, в варианте РЕМИКС с использованием имеющихся по этому направлению проработок и идей. После получения положительного опыта эксплуатации реактора БРЕСТ-300 возможно развертывание работ по освоению серийных быстрых реакторов со свинцовым теплоносителем, которые могут сооружаться одновременно с реакторами с натриевым теплоносителем, если экономически это будет оправданно.

«По мере отработки топливных технологий, вероятно, будет целесообразен переход на пристанционный топливный цикл, при котором исключается транспортировка свежего и отработавшего топлива»

В. Л.: К ЗЯТЦ необходимо идти через создание производств смешанного уранплутониевого топлива для реакторов на быстрых нейтронах, освоение технологий рецикла топлива, освоение смешанного уранплутониевого топлива с минорными актинидами

для снижения времени контролируемого хранения радиоактивных отходов и, разумеется, освоение коммерческих реакторов на быстрых нейтронах. Ответвления в виде МОКС или РЕМИКС-топлива для реакторов ВВЭР, т. е. топливные циклы с неполным воспроизводством топлива, могут реализовываться при наличии фактически сложившейся выгодной конъюнктуры.

В. А.: Сейчас идет большая работа как по реакторам на тепловых, так и на быстрых нейтронах. По тепловым реакторам главное направление — создание ВВЭР-С (реактора со спектральным регулированием). Благодаря ему мы уходим от борного регулирования и затрат на возведение спецкорпуса, где готовится борная кислота, и всех систем введения борной кислоты. Реактивность будет регулироваться изменением уран-водного соотношения в процессе работы реактора. Мы работаем сразу над двумя вариантами (средняя и большая мощность). По блоку с реактором мощностью 700 МВт уже принято решение — он будет размещен на площадке Кольской АЭС в качестве замещения выводимых из эксплуатации ВВЭР-440. В 2024 году мы планируем получить концептуальный проект реакторной установки и проектные материалы по энергоблоку. В 2028 году — проект энергоблока, с которым можно было бы выходить на лицензирование и госэкспертизу. А к 2034–2035 годам хотим уже получить готовый блок. Если все получится, мы обречем экономичный блок средней мощности, интересный для стран с недостаточно развитым электросетевым хозяйством.

«Коэффициент воспроизводства топлива в реакторах на быстрых нейтронах должен быть ~ 1,2. Тогда они будут донорами топлива для ВВЭР, и в целом по системе коэффициент воспроизводства топлива будет около единицы, и тогда можно говорить, что ядерное топливо является возобновляемым»

Реакторная установка ВВЭР-С — это промежуточный «хеджирующий» вариант по замыканию ядерного топливного цикла, в случае если что-то не так быстро будет получаться с быстрыми реакторами.

Что сделает ЗЯТЦ экономически конкурентным?

Б. В.: Действительно, технологии, используемые для замыкания топливного цикла, сложны, и это приводит к удорожанию вырабатываемой электроэнергии по сравнению с вариантом открытого топливного цикла с прямым захоронением отработавшего топлива. Но надо иметь в виду, что запасы урана относительно невелики, и при масштабном развитии ядерной энергетики его цена начнет расти, что будет выравнивать топливную составляющую стоимости. Кроме того, и это главное, имеются большие резервы и для удешевления ЗЯТЦ. Увеличение глубины выгорания топлива в быстрых реакторах, совершенствование технологий изготовления и переработки топлива, большие объемы производства обязательно дадут существенный положительный экономический эффект.

В. Л.: Не всякий ЗЯТЦ может быть конкурентен. Конкурентоспособным его делает рациональное проектирование энергоблоков, высокая глубина выгорания в сочетании с подобранной под потребности энергоблоков производительностью объектов ЗЯТЦ для ритмичности работы при переходе от стартовых загрузок к работе в режиме установившихся перегрузок. Также важным является сокращение топливного цикла для уменьшения стоимости

Какие технологии/материалы необходимо развивать/получить, чтобы достичь замыкания ЯТЦ?

Б. В.: Определенный задел для замыкания топливного цикла в двухкомпонентной системе уже сделан: построен быстрый натриевый реактор БН-800,

Одновременно ведется работа по блоку мощностью 1200 МВт.

По БН-1200 развилка решений — 2021–2022 годы. В середине июля должен пройти НТС, на котором будет приниматься решение о судьбе блока. Дорожная карта есть и у свинцового реактора. Уже получена лицензия на сооружение БРЕСТ-300-ОД. Разработчики уверены, что они в 2026 году этот блок построят. Я считаю, что это сверхзадача, но главное, чтобы они ее реализовали. Мое мнение по свинцовому реактору такое: надо его запустить и посмотреть, получили ли мы те характеристики, которые были обещаны.

Следующие шаги — это ВВЭР на сверхкритических параметрах (ВВЭР-СКД) и создание жидкосолевого реактора. Над ВВЭР-СКД мы работаем в международной кооперации в рамках Generation 4. Я считаю, что будет очень хорошо, если первенец на сверхкритических параметрах появится к концу сороковых годов.

стартовых загрузок и хранения отработавшего ядерного топлива для переработки.

В. А.: Движение начато, и экономически конкурентоспособным ЗЯТЦ сделают его компоненты: эффективные и безопасные энергоблоки с реакторами на быстрых и тепловых нейтронах, компоненты, связанные с производством топлива и его переработкой, с обращением с ОЯТ и высокоактивным РАО.

А для этого требуется разработка новых технологий, получение новых реакторных материалов в требуемых областях по температуре и давлению, баз данных по нейтронной физике и теплофизическим свойствам.

Кроме того, требуется уменьшить затраты, которые связаны с сооружением и эксплуатацией АЭС. Для энергоблоков с реакторами ВВЭР большой практический опыт уже набран. Такой же путь необходимо пройти и для быстрых реакторов. Пока существующие БН-600 и БН-800 по экономике сильно уступают ВВЭРам, но хорошо, что они есть и мы можем с их помощью отрабатывать пути улучшения экономических и технических характеристик будущих энергоблоков.

который будет работать на уранплутониевом МОКС-топливе, создано предприятие по изготовлению такого топлива на ГХК, завершается разработка

реактора БН-1200. Уже несколько десятилетий работает завод по переработке топлива тепловых реакторов на ПО «Маяк». В стадии сооружения находится новое предприятие по переработке ОЯТ тепловых реакторов на ГХК (ОДЦ). Ведутся работы по освоению РЕМИКС-топлива для ВВЭР. Начато сооружение опытно-демонстрационного комплекса со свинцовым быстрым реактором БРЕСТ-300, включающего в себя модули по изготовлению и переработке нитридного уранплутониевого топлива. По каждому из перечисленных новых направлений необходимо освоить целый ряд новых технологий. Следует еще иметь в виду технологии по обращению с радиоактивными отходами, вплоть до обеспечения их безопасного захоронения. Если говорить более конкретно, то, например, для реакторной установки БН-1200 необходимо будет освоить технологии изготовления корпуса и поворотных пробок большого размера, насосов нового типа, крупномодульных парогенераторов, элементов активной зоны увеличенного размера и др. В части разработки новых конструкционных материалов можно выделить задачу создания новых радиационно стойких сталей для оболочек твэлов быстрых реакторов, обеспечивающих возможность достижения глубокого выгорания топлива.

В. Л.: Для рационального замыкания ядерного топливного цикла необходимо освоить масштабную переработку топлива для подготовки порошков с плутонием (или плутонием в смеси с ураном) и минорными актинидами для рецикла; освоить фабрикацию смешанного уранплутониевого топлива с энергетическим плутонием, а затем

Прогноз о сроках достижения ЗЯТЦ

Б. В.: Срок начала перехода к двухкомпонентной системе с ЗЯТЦ определяется сроком сооружения головного энергоблока БН-1200. По плану, как я уже говорил, это 2031 год. Значимых изменений в общем топливном цикле ядерной энергетики, включая сокращение потребления природного урана с учетом серийного ввода энергоблоков БН-1200 и использования МОКС-топлива (РЕМИКС) в ВВЭР, можно ожидать к 2040 году.

В. Л.: Отдельные элементы есть уже давно, часть (МОКС-топливо для БН-800) создана недавно. Но первой демонстрацией будущего ЗЯТЦ, включающей все необходимые элементы, является опытно-демонстрационный энергетический комплекс (ОДЭК) на площадке АО «СХК». Для топливной загрузки на ФГУП «ГХК» будут изготовлены порошки оксида энергетического плутония, освоены соответствующие методы контроля качества. Фабрикация нового перспективного смешанного уранплутониевого нитридного топлива в промышленных масштабах будет реализована на модуле фабрикации/

и с минорными актинидами; освоить глубину выгорания до 10–12 % тяжелых атомов с новыми конструкционными материалами; уверенно продемонстрировать эксплуатацию реакторов на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем.

«Не всякий ЗЯТЦ может быть конкурентен. Конкурентоспособным его делает рациональное проектирование энергоблоков, высокая глубина выгорания в сочетании с подобранной под потребности энергоблоков производительностью объектов ЗЯТЦ для ритмичности работы при переходе от стартовых загрузок к работе в режиме установившихся перегрузок»

Разумеется, этому сопутствуют разработки методик измерения массовой доли компонентов топлива; освоение технологий перспективных конструкционных материалов для твэлов и тепловыделяющих сборок, технологий монтажа корпусов реакторов на быстрых нейтронах на площадке строительства и многое другое.

рефабрикации топлива ОДЭК. Стартовая загрузка будет наработана к началу 2026 года, в этом же году запланирован физический пуск реактора на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300 и далее его энергетический пуск, к 2029 году будет пущен модуль переработки отработавшего ядерного топлива ОДЭК. Для серийных коммерческих блоков с реакторами на быстрых нейтронах освоение ЗЯТЦ будет реализовано до 2040 года.

В. А.: Замыкание ЯТЦ неизбежно. Сроки его достижения зависят от многих факторов: запасов природного урана и его стоимости, стоимости производства уранплутониевого топлива, обоснования его надежности и безопасности и многого, многого другого. Думаю, лет через тридцать я отвечу на этот вопрос гораздо точнее. Сегодня для меня ясно одно — то, что будущего без ядерной энергетики на нашем шарике просто нет!

Текст: пресс-служба ПН «Прорыв»
Иллюстрации: пресс-служба ПН «Прорыв»

Первая очередь ОДЭК

Модуль фабрикации/рефабрикациии топлива

В 2024 году состоится пуск модуля фабрикации/рефабрикациии топлива (МФР) в опытную эксплуатацию со сборкой ТВС последовательно на нитриде урана и на нитридах урана и плутония. В настоящий момент строительная часть практически завершена, идет монтаж оборудования. Мощность производства составит 14,75 т/год по готовому топливу.

В МФР предусмотрена полная автоматизация производства топлива, исключающая участие человека в технологическом процессе, что снижает радиационное воздействие на персонал, оптимизирует численность обслуживающего персонала и исключает ошибки, обусловленные человеческим фактором. После пуска МФР и наработки ТВС для стартовой загрузки РУ БРЕСТ планируется выполнить дооснащение производства с устройством робототехнических средств — с целью увеличения мощности до 21 т/год для топливообеспечения первого промышленного энергоблока с натриевым или свинцовым реактором мощностью 1200 МВт на площадке Белоярской АЭС (на текущий момент в рамках ПН «Прорыв» ведутся предпроектные работы).

Фабрикация топлива осуществляется на четырех последовательных линиях, предусматривающих прием исходных урана и плутония в виде оксидов, смешение и перевод их в нитридную форму путем карботермического синтеза, далее — спекание таблеток, герметизация их в оболочке твэлов с последующей сборкой твэлов в ТВС с использованием инновационного оборудования.

Принципиально процесс рефабрикациии не отличается от фабрикациии стартовой загрузки, только вместо внешних урана и плутония в производство топлива будут вовлечены уран и плутоний, извлеченные из отработавшего топлива РУ БРЕСТ-ОД-300. По самому же МФР в определенных местах, требующих периодического обслуживания оборудования человеком, будет дополнительно установлена биологическая защита при необходимости.

Топливо проходит запланированный цикл «фабрикация — облучение в реакторе — выдержка — переработка и выделение ценных компонентов — рефабрикация — возврат в реактор». Первое топливо

из рефабрицированных материалов реактора БРЕСТ и начало замыкания топливного цикла запланированы в 2030 году. Исходный нуклидный состав СНУП-топлива — 86 % U, 13 % Pu и обедненный уран, рефабрицированное топливо будет также содержать Np и Am. Для дальнейшей трансмутации важно снижение радиоактивности РАО.

Перед переработкой облученное (отработавшее) топливо подлежит выдержке во внутриреакторном хранилище (ВРХ) в течение 1 года и последующему сухому хранению (в ОДЭК используются ТУК) не более двух лет. При промышленном освоении пирохимического передела МП срок сухого хранения может быть снижен до 1 года.

После наработки полной активной зоны МФР переключается на наработку перегрузочных партий для РУ БРЕСТ-ОД-300, составляющих не более 4 т ЯТ в год, таким образом высвобождаются чуть менее 70 % производственных мощностей уникального оборудования. Прорабатывается вопрос расширения номенклатуры выпускаемых ТВС для будущих промышленных реакторов БР-1200 со свинцовым теплоносителем и БН-1200М с натриевым теплоносителем для ПЭК. Завершение наработки первой загрузки для реактора БРЕСТ — декабрь 2025 года.

Производительность модуля переработки синхронизирована с объемами выгружаемого топлива, требующего рефабрикациии (примерно 10 т/год). Выход на проектную мощность — 2030 год.



Вячеслав Перешуков

Руководитель проектного направления «Прорыв»

Один из важнейших результатов нашей работы — создание в достаточно сжатые сроки инновационного смешанного нитридного уранплутониевого топлива для реактора со свинцовым теплоносителем. Это ключевой элемент для замыкания ядерного топливного цикла и для доказательства преимуществ новой технологической платформы ядерной энергетики. Параллельно идет разработка нитридного топлива для натриевых реакторов. Строительство модуля фабрикациии/рефабрикациии топлива практически закончено, уже начался монтаж оборудования. Продолжается работа по созданию твэлов второго поколения — с более высоким уровнем выгорания. Они будут использоваться, когда производство перейдет на этап рефабрикациии, то есть для изготовления свежего топлива будет использоваться переработанное СНУП-топливо первой загрузки, уже отработавшее в реакторе. Первое топливо из рефабрицированных материалов реактора БРЕСТ мы ожидаем получить к 2030 году, и это будет означать фактическое начало замыкания топливного цикла.

Схема работы МФР

- 1 Загрузка исходных материалов
- 2 Растваривание и дозирование
- 3 Хранение
- 4 Карботермический синтез
- 5 Дробление
- 6 Дозирование
- 7 Смешение и грануляция
- 8 Подготовка пресс-порошка
- 9 Прессование
- 10 Хранение
- 11 Спекание таблеток
- 12 Снаряжение твэлов
- 13 Дезактивация твэлов
- 14 Контроль твэлов
- 15 Хранение твэлов
- 16 Загрузка твэлов и комплектующих
- 17 Сборка ТВС
- 18 Контроль ТВС
- 19 Упаковка ТВС
- 20 Транспортировка ТВС на хранение
- 1 Подготовка комплектующих для твэлов
- 2 Подготовка комплектующих ТВС

Вторая очередь ОДЭК

Реакторная установка БРЕСТ-ОД-300

Реактор БРЕСТ — первый в мире реактор естественной безопасности со свинцовым теплоносителем. Конструкция реактора БРЕСТ принципиально новая: активная зона погружается в железобетонный бассейн, заполненный жидким свинцом. Активная зона расположена в главной, центральной полости бассейна, а парогенераторы и циркуляционные насосы, которые должны прокачивать жидкий металл по первому контуру,— в четырех периферийных.

БРЕСТ-ОД-300 вырабатывает электроэнергию по двухконтурной схеме: ядерное топливо нагревает жидкий свинец (первый контур); свинец направляется в парогенератор, передает тепло воде второго контура. А дальше, как и в других типах энергоблоков, вода превращается в пар, пар идет на турбину, вращает ее вал и ротор электрогенератора, выдающего ток.

Комментарий



Вячеслав Першуков

Руководитель проектного направления «Прорыв»

«Прорыв» похож на первый атомный проект сложностью задач и значимостью целей. Мы первыми в мире готовимся замкнуть ядерный топливный цикл на базе реакторов на быстрых нейтронах. И создаем для этого совершенно новый реактор, с другой физикой — и конструкция реактора отличается от предшественников, и теплоноситель, и топливо. Это огромная научная программа класса мега science. Использование свинца в качестве теплоносителя связано с целым рядом технических трудностей. Так что БРЕСТ — инновационный реактор четвертого поколения — уникален по количеству предложенных решений, которые еще никто в мире не применял. Для обоснования безопасности реакторной установки пришлось разрабатывать новые федеральные нормы и правила, так многое мы делаем впервые. Все технологические решения прошли испытания на макетах и стендах. Впереди — подтверждение этих решений на реальной реакторной установке, физпуск которой должен состояться в 2026 году.

Особенности реактора позволили отказаться от больших объемов гермооболочки, ловушки расплава, большого объема обеспечивающих систем, а также снизить класс безопасности вне реакторного оборудования. Интегральная конструкция позволяет локализовать течи теплоносителя в объеме корпуса реакторной установки и исключить потерю охлаждения активной зоны.

Использование свинца в качестве теплоносителя имеет ряд преимуществ. Свинец не горит, обладает очень большой температурой кипения, поэтому исключаются пожары, химические или тепловые взрывы.

При разработке реакторной установки решены следующие задачи:

- исключение аварий, требующих эвакуации, а тем более отселения населения;
- формирование замкнутого ядерного топливного цикла для обеспечения полного использования энергетического потенциала уранового сырья;
- последовательное приближение к радиационно-эквивалентному (по отношению к урановому сырью) захоронению радиоактивных отходов;
- технологическое укрепление режима нераспространения ядерного оружия;
- обеспечение конкурентоспособности (для промышленных энергокомплексов) по отношению к другим видам генерации.

Разработаны проектные и технические решения, обеспечивающие формирование замкнутого цикла и отсутствие аварий с тяжелыми радиационными последствиями для персонала и населения:

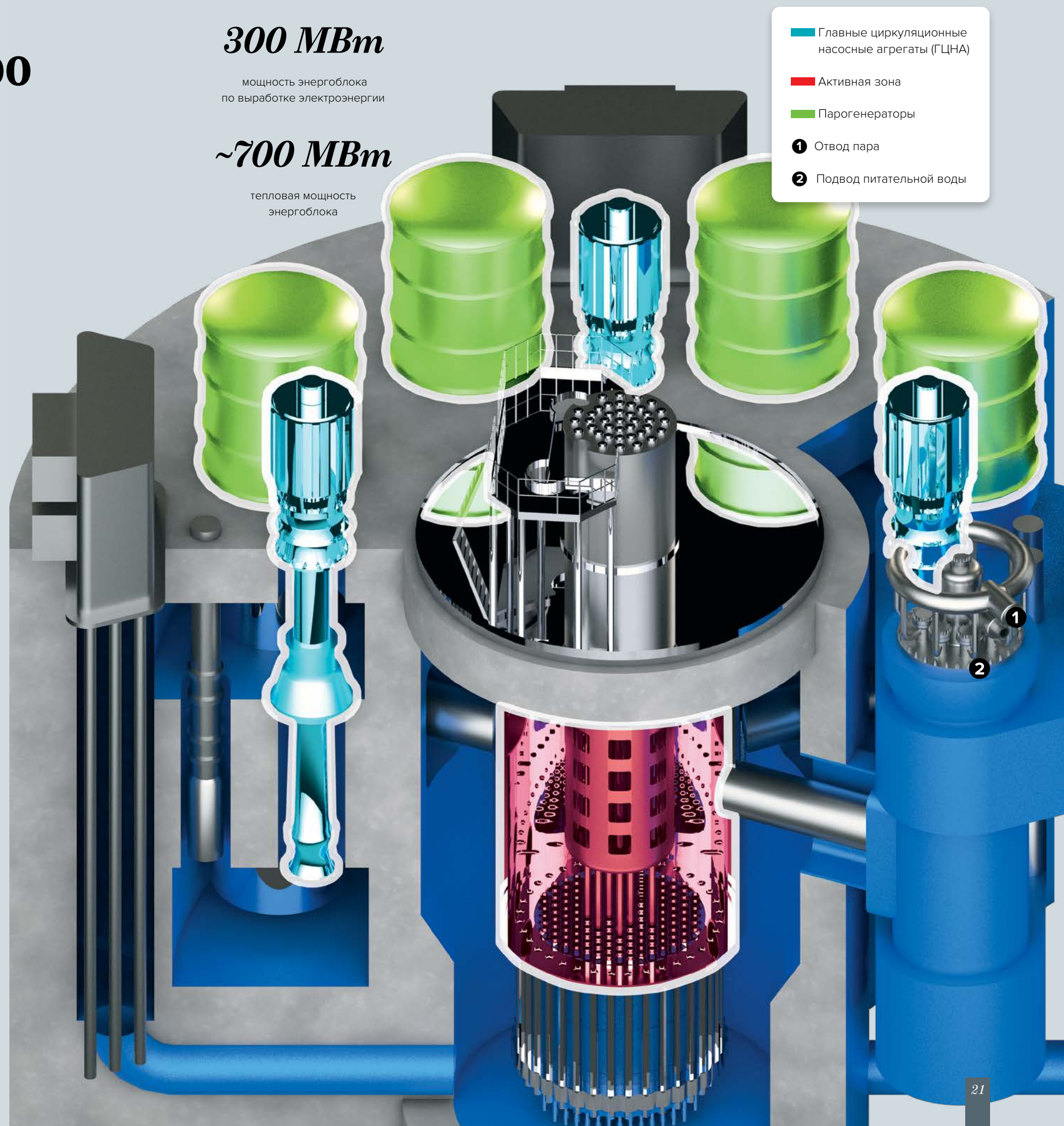
- интегральная компоновка (все оборудование контура теплоносителя находится в корпусе), практически исключая потерю теплоносителя;
- использование свинцового теплоносителя с высокой температурой кипения, исключающее кризис теплообмена и соответствующую потерю охлаждения;
- использование в реакторной установке в основном пассивных систем безопасности с необходимым резервированием;
- возможность полного воспроизводства топлива благодаря свойствам свинцового теплоносителя;
- использование смешанного уранплутониевого нитридного топлива, обеспечивающего полное воспроизводство топлива в активной зоне.

300 MWt

мощность энергоблока по выработке электроэнергии

~700 MWt

тепловая мощность энергоблока



- Главные циркуляционные насосные агрегаты (ГЦНА)
- Активная зона
- Парогенераторы
- ❶ Отвод пара
- ❷ Подвод питательной воды

БРЕСТ на старте

Началось строительство энергоблока с инновационным реактором на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300

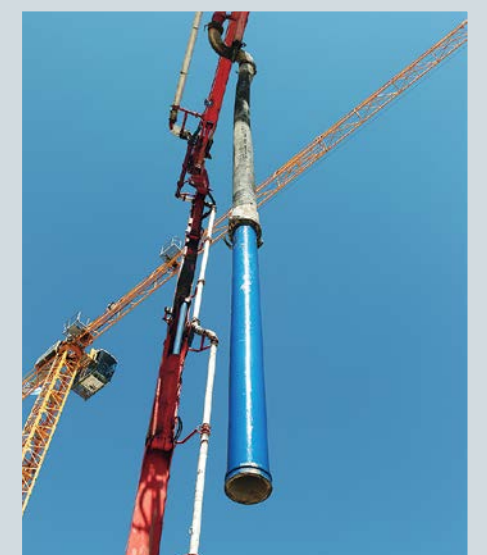
В церемонии заливки первого бетона приняли участие губернатор Томской области Сергей Жвачкин, генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев, президент НИЦ «Курчатовский институт» Михаил Ковальчук, руководитель проектного направления «Прорыв» — специальный представитель по международным и научно-техническим проектам госкорпорации «Росатом» Вячеслав Першуков, научный руководитель проектного направления «Прорыв», научный руководитель НИКИЭТ им. Н.А. Доллежаля Евгений Адамов, президент Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» Наталья Никителова и другие.

«Благодаря переработке ядерного топлива бесконечное количество раз ресурсная база атомной энергетики станет практически неисчерпаемой. При этом для будущих поколений снимается проблема накопления отработавшего ядерного топлива. Успешная реализация этого проекта позволит нашей стране стать первым в мире носителем атомной технологии, полностью отвечающей принципам устойчивого развития — в экологичности, доступности, надежности и эффективности использования ресурсов», — подчеркнул Алексей Лихачев.

«Сегодня мы запускаем принципиально новый атомный проект, нацеленный на новую энергетику. Единственный очевидный, масштабный, технологически обоснованный безуглеродный способ добычи энергии — это ядерная энергетика. В этом смысле она идеально отвечает сегодняшнему запросу цивилизации. У нее есть одно «но» — это отработавшее ядерное топливо. И вот замыкание ядерного топливного цикла, фактически возврат в природу того, что мы взяли, это и есть природоподобная ядерная энергетика», — отметил Михаил Ковальчук.



Торжественное мероприятие по заливке первого бетона в фундаментную плиту реактора БРЕСТ-ОД-300 на площадке Сибирского химического комбината (предприятие Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» в Северске Томской области) 8 июня 2021 года



Подробности	На фото
Текст: Ольга Ганжур Фото: АО «ТВЭЛ»	Твэлы со СНУП-топливом



Замыкающее трио

Оптимальное топливо для замыкания ЯТЦ: теория и практика

Нет ЗЯТЦ без СНУП, МОКС и РЕМИКС. Если эти аббревиатуры заставили вас схватиться за голову, то сейчас все станет понятно — специально для «Вестника атомпрома» начальник отдела технологий топлива для быстрых и газовых реакторов АО «ВНИИНМ» Андрей Давыдов проанализировал три основных варианта топлива для замыкания ядерного топливного цикла.

Определение
СНУП — это смесь нитридов урана и плутония. Это топливо разработано для реакторов на быстрых нейтронах. МОКС — смесь оксидов тех же материалов. Исторически МОКС тоже создавался для быстрых реакторов, в его составе использовалось довольно большое количество плутония, извлекаемого при переработке ОЯТ,— порядка 20%. Со временем французские атомщики стали промышленно использовать

МОКС и для тепловых реакторов, но состав его несколько другой — там до 9% плутония. РЕМИКС — это тоже смесь оксидов урана и плутония, последнего меньше, чем в МОКС (до 5%), но при этом в него добавляют обогащенный регенерированный уран. Топливо также разработано для реакторов на тепловых нейтронах.

Для изготовления СНУП и МОКС для быстрых реакторов используется в основном обедненный уран, с содержанием делящегося урана-235 менее 0,7%. Чтобы снова пустить в дело такое отработавшее ядерное топливо в цикл после переработки, туда нужно просто «досыпать» еще немного обедненного урана. В реакторы на тепловых нейтронах нужно еще «подбрасывать» уран-235.

Применение
РЕМИКС может использоваться только в тепловых реакторах. СНУП — только в быстрых. МОКС — и в тех, и в других.

Словарь	Испытания
СНУП (смешанное нитридное уранплутониевое) — вид ядерного топлива, в котором делящийся материал (смесь урана и плутония) представлен в форме соединения азота — мононитрида. МОКС (от англ. MOX — Mixed-Oxide fuel) — ядерное топливо, содержащее несколько видов оксидов делящихся материалов. В основном термин применяется для смеси оксидов плутония и природного урана. РЕМИКС (от англ. REMIX — REgenerated MIXture of U, Pu oxides) — ядерное топливо из неразделенной смеси урана и плутония, получаемой при переработке ОЯТ, в которую добавляется обогащенный уран.	СНУП Смешанное нитридное топливо для быстрых реакторов — уникальная разработка российских атомщиков. В Росатоме уже несколько лет идет масштабная комплексная программа расчетно-экспериментального обоснования СНУП. Экспериментальные тепловыделяющие сборки со СНУП-топливом с 2014 года проходят испытания в реакторе БН-600 на Белоярской АЭС. За это время облучили более тысячи твэлов. Весной этого года специалисты ВНИИНМ разработали технический проект твэла на базе нитридного топлива для реактора на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300. Проект ляжет в основу промышленного производства СНУП-топлива, которое будет запущено в составе Опытного-демонстрационного энергетического комплекса (ОДЭК), строящегося в Северске в рамках стратегического отраслевого проекта «Прорыв». Для стартовой загрузки реактора БРЕСТ достаточно обоснованного выгорания топлива на уровне 6%, в ходе экспериментов уже достигнут показатель 9%, цель на будущее — 12%. МОКС Впервые МОКС-топливо было опробовано в 1963 году, в 1980-х годах началось его широкое коммерческое использование. Основные потребители — Япония и страны Евросоюза. Однако речь тут идет о тепловых реакторах, опыт эксплуатации в быстрых не такой обширный. Чтобы этот опыт получить и обосновать использование МОКС в бридерах, на площадке Горно-химического комбината с 2015 года было запущено промышленное производство МОКС-топлива. Для создания этого уникального объекта была организована широкая отраслевая кооперация при координации и научном руководстве топливной компании. Первая серийная партия МОКС из 18 ТВС загружена в реактор БН-800 энергоблока № 4 Белоярской АЭС (Свердловская обл.) в 2020 г. Через год к ним добавили еще 160 ТВС. Таким образом, активная зона БН-800 теперь на треть заполнена инновационным топливом. В следующем году рассчитывают перейти на полную загрузку МОКС. Параллельно отраслевая команда специалистов продолжает развитие технологий производства такого топлива на ГХК. В частности, освоено производство свежего топлива с применением высокофонового плутония, извлеченного из облученного топлива реакторов ВВЭР: все технологические операции полностью автоматизированы и выполняются без присутствия персонала в непосредственной близости. Уже изготовлены и прошли приемку первые партии МОКС-ТВС с высокофоновым топливом. РЕМИКС Испытания нового российского ядерного РЕМИКС-топлива на третьем энергоблоке Балаковской АЭС начались в 2016 году. В реактор загрузили три экспериментальные ТВС, каждая из которых содержит по шесть опытных твэлов с РЕМИКС. В 2020 году стартовал третий 18-месячный цикл их облучения. Следующим шагом должна стать загрузка в энергетический реактор полномасштабных ТВС с РЕМИКС-топливом. Для этого на площадке Сибирского химического комбината создан опытный участок для изготовления твэлов и ТВС для ректоров ВВЭР-1000 с РЕМИКС. Изготовление уранплутониевых топливных таблеток с РЕМИКС-топливом ведется на Горно-химическом комбинате в Красноярском крае.

Что лучше для тепловых, РЕМИКС или МОКС? Разница прежде всего в технологии производства. Когда мы «готовим» ингредиенты для МОКС, на стадии переработки ОЯТ уран отделяется от плутония — это отдельная сложная операция. В случае с РЕМИКС их можно не разделять. В топливо идет смесь. Таким образом, технология изготовления потенциально проще и экономичнее.

Что лучше для быстрых, СНУП или МОКС? Нитрид плотнее, у него выше теплопроводность. Ученые считают, что использование нитрида, особенно усовершенствованных составов, может существенно продлить топливную кампанию. Кроме того, только применение плотного топлива позволит создать реакторы с естественной безопасностью.

С другой стороны, производство СНУП пока сложнее и, следовательно, несколько дороже. При переработке ОЯТ получаются оксиды урана и плутония. Для МОКС мы сразу их смешиваем и делаем топливные таблетки, для СНУП сначала надо оксиды превратить в нитриды методом карботермического синтеза.

Замыкание
Замкнуть ЯТЦ на тепловых реакторах, пользуясь только РЕМИКС или МОКС, не получится. В любом реакторе нарабатываются продукты деления. Самые неприятные — долгоживущие минорные актиниды: америций и нептуний. В реакторе на тепловых нейтронах их никак нельзя утилизировать, их там можно только получать. Быстрый спектр нейтронов позволяет америций и нептуний трансмутировать — превратить во что-то менее опасное.

Уровень технологии

МОКС исторически возник первым, поэтому этот вариант наиболее глубоко проработан. Есть промышленные производства этого топлива. В России, в частности, Горно-химический комбинат делает МОКС-топливо для быстрого реактора БН-800. Есть большой опыт эксплуатации МОКС как в тепловых, так и в быстрых реакторах. В БН-800 уже несколько лет используют полномасштабные ТВС со смешанным оксидным топливом, уже в следующем, 2022 году реактор будет переведен на полную загрузку МОКС.

СНУП — на втором месте по уровню проработки. Есть опытное производство — выпускается по несколько экспериментальных ТВС в год в топливном дивизионе Росатома на Сибирском химическом комбинате. Там же заканчивается сооружение промышленного производства — модуля фабрикации/рефабрикация нитридного топлива в составе опытно-промышленного энергокомплекса с реактором БРЕСТ-300. Технологическое оборудование уже монтируется. Есть положительный опыт эксплуатации СНУП как в исследовательском (БОР-60), так и в опытно-промышленном быстром реакторе (БН-600).

Для РЕМИКС есть лабораторная технология изготовления. Идут реакторные испытания отдельных твэлов в составе экспериментальных комбинированных сборок на третьем энергоблоке Балаковской АЭС. Топливо для экспериментальных твэлов делали мы во ВНИИНМ, топливные элементы — на СХК, а на НЗХК собирали ТВС с этими твэлами. В текущем, 2021 году ГХК в кооперации с СХК приступили к изготовлению полномасштабных сборок с РЕМИКС.

На фото

Участок производства РЕМИКС-топлива на СХК

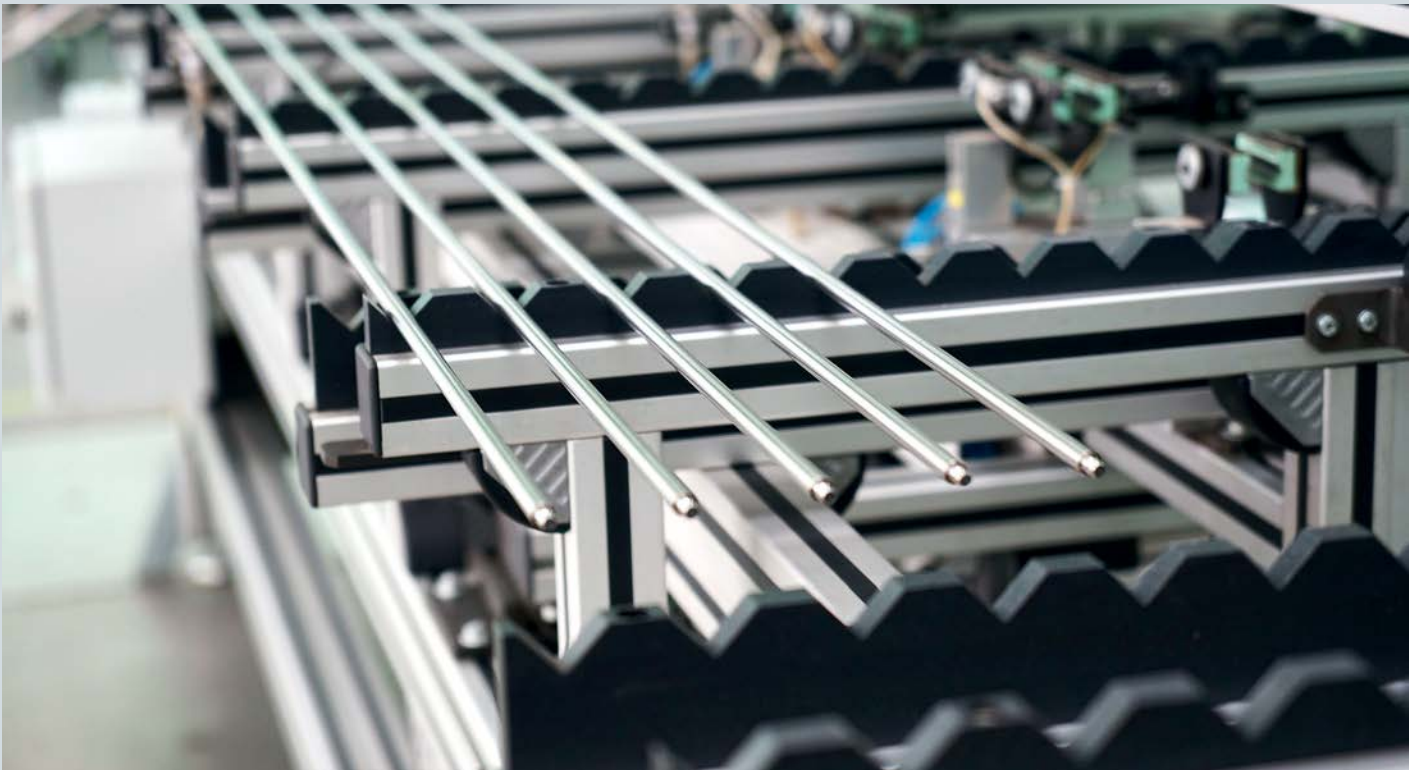


Переход к промышленному производству РЕМИКС планируется осуществить в ближайшие 10 лет.

Задачи разработчиков

Длительность топливной кампании и глубину выгорания топлива для быстрых реакторов надо увеличивать. Этому препятствует то, что в процессе эксплуатации идет радиационное распухание топлива. Со временем оно может деформировать и повредить оболочку. Так, мы стремимся повысить пластичность СНУП-топлива и создать более стойкие оболочки, чтобы этого избежать. Кроме того, надо бороться с коррозией топливных оболочек, для этого разрабатываются новые конструкционные материалы.

Также пока нет готовой технологии дожигания минорных актинидов в быстрых реакторах.



Как рождается топливо

Комплексы по изготовлению и исследованию инновационного топлива СНУП, МОКС и РЕМИКС во ВНИИНМ



В институте создана технологическая цепочка для изготовления топливных таблеток из оксидов и нитридов урана и плутония. На ней не только отрабатывают технологии для опытно-промышленных инновационных производств ГХК и СХК — она также обеспечивает изготовление топлива для проведения испытаний в исследовательском реакторе БОР-60.

- В герметичный перчаточный бокс помещают исходные порошки, загружают их вместе с ферромагнитными иглами в специальный контейнер из титана. Запускают аппарат вихревого слоя, иглы вращаются в магнитном поле, измельчают и перемешивают порошок, чтобы уран и плутоний распределились равномерно. Затем в порошок добавляют сухую смазку — стеарат цинка, чтобы порошок лучше прессовался
- На экспериментальном производстве много ручных операций, промышленное будет полностью автоматизировано
- Прессование таблеток на автоматическом гидравлическом прессе





- Таблетки помещают на специальную конструкцию, затем в печь и спекают при температуре 1800 °C. Затем — контроль параметров
- В цепочке боксов таблетки вручную загружают в твэльные оболочки, ставят никелевые пробки, фиксаторы, верхнюю заглушку, затем выкачивают из-под оболочки воздух и закачивают гелий. Далее твэлы герметизируют, приваривая заглушку к оболочке. Затем проверяют герметичность полученных изделий с помощью гелиевого течеискателя
- Контроль качества с помощью рентгеновской установки
- Установка измерения коэффициента термического расширения ядерного топлива позволяет отбатывать режимы спекания топливных таблеток

Незамкнутый характер

За пределами России активность по созданию ЗЯТЦ невысока

Преимущества замкнутого ядерного топливного цикла признают во всех странах, имеющих большие парки АЭС. Однако, если вынести Россию за скобки обсуждения, можно увидеть, что только Китай предпринимает последовательные усилия по замыканию ЯТЦ.

Обзор не претендует на охват всех инициатив в мире, в фокусе лишь основные проекты, новости и игроки. К таковым относятся Китай, Франция, Япония и Индия. Ранее интерес к замыканию цикла проявляли также США и Великобритания.

Китай

Включаться в тематику быстрых реакторов Китай начал еще в 1964 году. Однако потребовалось 45 лет, чтобы дойти до строительства экспериментального реактора CEFR тепловой мощностью 65 МВт (20 МВт электрической мощностью). Первый бетон был залит в мае 2000 года. Физпуск состоялся в июле 2010 года, энергопуск — годом позже. Реактор был спроектирован ОКБМ им. Африкантова при поддержке ОКБ «ГИДРОПРЕСС», НИКИЭТ и Курчатовского института. Пока МАГАТЭ классифицирует его как единственный реактор на быстрых нейтронах за пределами России.

Следующий шаг — строительство полномасштабной АЭС. Первый демонстрационный блок с реактором CFR-600 с 2017 года строят в Сяпу в провинции Фуцзянь. Предполагается, что он будет пущен в 2023 году. О начале строительства второго блока CNNC (Китайская национальная ядерная корпорация) объявила в конце декабря 2020 года.

Проблема в том, что китайские реакторы не обеспечены местным МОКС-топливом, CNNC покупает российское. В 2016 году ТВЭЛ подписал контракт на поставку топлива для CEFR, а в 2018 году — для CFR-600. На Машиностроительном заводе в Электростали уже создан специализированный участок по производству топлива для нового реактора. ТВЭЛ обеспечит стартовую загрузку, а также перегрузки в течение первых семи лет работы. Начало поставок для CFR-600 запланировано на 2023 год.

Россия сейчас единственный источник МОКС-топлива для китайских реакторов. CNNC вела переговоры о строительстве завода по переработке ОЯТ с французской Areva еще в 2010-х годах, однако результатов они не принесли. Последние новости по проекту датированы январем 2018 года: речь идет о соглашении

между двумя компаниями, которое «подтверждает их приверженность завершению переговоров по контракту на строительство завода по переработке отработанного топлива в Китае». Столь витиеватая формулировка говорит сама за себя — продвижения у проекта не было и непонятно, будет ли.

Также непонятно, на какой стадии находится сотрудничество китайской компании с бельгийской SKC-CEN, куда глава CNNC Юй Цзяньфэн приезжал в сентябре 2020 года. «В финале стороны подписали протокол встречи и соглашение о поставке программного обеспечения к компьютерным кодам, необходимым для оценки топлива для CNNC в рамках действующего контракта на МОКС-топливо», — говорится на сайте CNNC. О каком контракте идет речь — не уточняется. Но известно, что в октябре 2010 года CNNC подписывала с SKC-CEN рамочное соглашение по строительству в Китае пилотной установки по производству МОКС-топлива. В декабре 2011 года сделка была приостановлена.

Неудивительно, что в китайской провинции Ганьсу сейчас срочно строят собственный завод по переработке ОЯТ. Его мощность — до 200 тонн в год. Строительство началось в 2015 году, запуск планируется в 2025 году.

Франция

Исторически Франция была самой продвинутой страной, обладающей технологиями замкнутого ЯТЦ. На сайте Комиссариата по атомной энергетике (CEA) размещена информация о достижениях в этом направлении. В настоящее время во Франции облученное топливо однократно смешивается с обедненным ураном и загружается в легководные реакторы, обеспечивая производство примерно 10 % атомной электроэнергии страны.

Немного статистики

При запросе «closed nuclear fuel cycle» на портале World nuclear news (сортировка «по релевантности») на первых пяти страницах 29 из 40 публикаций, то есть почти 75%, связаны с проектами Росатома по замыканию ЯТЦ. У шести публикаций, не связанных с Росатомом, год размещения — 2010. В них шла речь о проектах во Франции, Англии, США и Украине. Еще две публикации старше 2010 года, три датированы 2012 годом.

В этом принципиальное отличие практики Франции от России. Россия в концепции замыкания ЯТЦ ориентируется на двухкомпонентную энергетику с возможным постепенным переходом на быстрые реакторы. Франция изначально пошла по пути использования МОКС-топлива в легководных реакторах. Пока — однократно. Даже такой вариант дает выгоду: экономит до 25 % урана, снижает радиационную токсичность отходов, отправляемых на хранение, примерно в пять раз. «Монорециклинг в форме МОКС-топлива для водяных реакторов следует рассматривать как первый шаг, направленный как на максимальное использование ресурсов существующих реакторов, так и максимальное кондиционирование конечных отходов», — отмечается на сайте СЕА.

А каким будет второй шаг? «В настоящее время проводятся исследования для оценки возможности крупномасштабного многократного рециклинга в реакторах с водой под давлением. Многократная переработка отработавшего ядерного топлива в этих реакторах позволит производить 30% атомной электроэнергии во Франции и экономить такую же долю сырья», — говорится на той же странице сайта СЕА.

А в долгосрочной перспективе в действие все же должны вступить реакторы на быстрых нейтронах. Их преимущество заключается в возможности настроить коэффициент размножения быстрых нейтронов в зависимости от целей, а главное — вовлечь в переработку уран-238. «Реакторы на быстрых нейтронах извлекают из природного урана в 100–150 раз больше энергии, чем современные реакторы», — уверены

в комиссариате. Еще одно преимущество быстрых реакторов — вчетверо меньший объем минорных актинидов.

ЗЯТЦ с многократной переработкой ядерных материалов — база долгосрочной концепции ядерной энергетики Франции. Она закреплена в Стратегическом контракте для французского ядерного сектора на 2019–2022 годы и Долгосрочной энергетической программе Франции, принятой в 2019 году.

Однако для достижения ЗЯТЦ у Франции нет реакторов на быстрых нейтронах. И в ближайшие тридцать лет не будет. В августе 2019 года СЕА подтвердила, что проект ASTRID, в рамках которого планировалось строительство демонстрационного быстрого натриевого реактора, закрывается. «В текущей ситуации на энергетических рынках перспектива промышленного развития реакторов IV поколения не планируется ранее второй половины этого столетия», — заявили в комиссариате (цитата по atominfo.ru).

С производством МОКС-топлива ситуация тоже небезоблачная. Завод Melox, принадлежащий французскому производителю топлива Ogaпо, выполняет контракты по изготовлению МОКС-топлива для японской КЕРСО. Однако, возможно, у компании проблемы с обедненным ураном для собственного производства МОКС-топлива. По данным atominfo.ru, завод Pierrelatte в Трикастене был закрыт, производство перенесено в германский Линген. Однако на зарубежном предприятии используется другая технология дефторирования ОГФУ, которая приводит к образованию островков, обогащенных по плутонию, то есть менее однородных и более низких по качеству. В итоге завод, который может выпускать 150 тонн МОКС-топлива в год, выпустил в 2019 году лишь 90 тонн.

Впрочем, в годовом отчете за 2020 год компания сообщила, что завершила строительство нового цеха по производству порошка UO₂, необходимого при производстве МОКС-топлива на Melox. Кроме того, Ogaпо подписала соглашение с EDF об условиях финансирования операционных и транспортных затрат при производстве МОКС-1300 — топлива для АЭС мощностью 1300 МВт. В отчете данные об объеме производства МОКС-топлива за 2020 год по ключевым словам не находятся, из чего можно с высокой долей вероятности заключить, что в документ они не включены.

Япония

В Японии сейчас нет собственных действующих быстрых реакторов. Единственный быстрый натриевый Monju был запущен в августе 1995 года и проработал до декабря того же года, но затем произошла авария с утечкой нескольких сот тонн натрия. Ремонт и согласование повторного запуска заняли почти 15 лет. Реактор был запущен в тестовом режиме лишь в мае 2010 года. Однако 26 августа того же года в реактор упала стальная колонна блока перегрузочного оборудования и повредила реактор. С тех пор, уже на фоне последствий аварии на Фукусиме, его больше не запускали.

Планов по новому строительству быстрых реакторов в Японии нет. Участие страны в замыкании ЯТЦ — это использование МОКС-топлива в японских реакторах. Но до сих пор — лишь как часть активной зоны. Полная МОКС-зона планировалась для блока № 1 АЭС Ohma, но пока этого не произошло, хотя строительство стартовало в 2010 году. Пока предполагается, что блок будет пущен не ранее второй половины 2025 года.

Производят МОКС-топливо для японских реакторов за рубежом (см. выше про контракт Ogaпо и КЕРСО). Но в Японии строится и собственный комплекс по переработке ОЯТ, остекловыванию отходов и созданию МОКС-топлива — комплекс Rokkasho. Правда, неспешно.

Rokkasho возводится с 1993 года. Изначально предполагалось, что он заработает в 1997 году, но с тех пор по разным причинам срок ввода в эксплуатацию переносился. В 2020 году он сдвинулся с первой половины 2021 финансового года на год вперед. Фактически до марта 2023 года. Последнее по времени изменение сроков произошло из-за выхода новых правил безопасности, в соответствии с которыми градирни должны быть защищены от торнадо стальной сеткой. Поскольку одна из градирен Rokkasho по проекту должна была стоять на крыше здания по переработке ОЯТ, дополнительная нагрузка уменьшила бы ее сейсмостойкость. Поэтому было принято решение построить новую градирню, оснатив ее сеткой, на земле.

В настоящее время МОКС-топливо используется на четырех работающих японских АЭС — Genkai-3, Ikata-3, Takahama-3 и Takahama-4. Японская федерация электрогенерирующих компаний, которая в начале 2021 года выпустила новую редакцию плана по использованию МОКС-топлива на японских АЭС, надеется, что к 2030 году МОКС будет использоваться как минимум на 12 блоках.

Индия

У Индии специфика замыкания ЯТЦ связана с тем, что в стране небольшие запасы урана, но большие — тория (в монаците). Поэтому Индия разработала для себя трехкомпонентную модель энергетики.

Первый компонент — обычные реакторы на тепловых нейтронах, работающие на топливе, произведенном из природного урана. Второй — быстрые реакторы, которые работают на смеси плутония, полученного из топлива, облученного в «обычных» и быстрых реакторах, тория и обедненного урана. Третий — ториевые реакторы, которые работают на топливе из смеси тория и урана-233, который нарабатывается в быстрых и ториевых реакторах. На ториевых реакторах планируют получать не только электроэнергию, но и водород.

Но пока эти планы буксуют. По данным WNA, прототип быстрого реактора-размножителя (PFBR) электрической мощностью 500 МВт начали строить еще в 2004 году в Калпаккаме, недалеко от Мадраса. Отсюда второе название АЭС — Madras. Предполагалось, что он будет запущен в 2010 году, но строительство было завершено лишь в июне 2015 года. В марте

Выводы

Первый вывод: Росатом — главный ньюсмейкер в области замкнутого ядерного цикла на крупнейшем независимом новостном ресурсе (принадлежит WNA) о мировой атомной отрасли. В России больше всего событий, больше всего деятельности.

Второй вывод: можно предположить, что, если бы не авария на Фукусиме, ЗЯТЦ развивался бы более интенсивно и в других странах с развитой ядерной энергетикой.

Третий вывод: эти страны продолжают сохранять интерес к ЗЯТЦ, видя его выгоды, связанные с уменьшением объема отходов.

И, возможно, **самое важное:** сейчас наличие РАО — это аргумент против распространения атомной энергетики. Поэтому замыкание ЯТЦ и фактический переход атома в разряд возобновляемых источников энергии может изменить политическое и общественное отношение к отрасли. А это уже вопрос будущего отрасли во всем мире.

2020 года правительство Индии заявило, что ввод в эксплуатацию состоится в декабре 2021 года. Сложно сказать, как сложится судьба следующих двух быстрых реакторов электрической мощностью 500 МВт, которые также планируют построить в Калпаккаме.

Также в Калпаккаме строится топливный комплекс для быстрых реакторов FRFCF (Fast Reactor Fuel Cycle Facility). По данным новостного портала ians.in, он будет готов в 2022–2023 годах. Директор Центра атомных исследований Индиры Ганди (IGSAR) Арун Кумар Бхадури сообщил изданию в апреле 2020 года, что параллельно идут строительство и монтаж оборудования.

США

Правительство США отказалось от планов строительства МОКС-завода. В проекте федерального бюджета страны на 2022 год предусмотрено окончательное закрытие программы. Решение об этом было принято еще в мае 2018 года. Затем прошла серия судебных процессов, в которых сторонники проекта проиграла. Идет распродажа оборудования и материалов.

Великобритания

Завод по производству МОКС-топлива был построен еще в 1997 году, но из-за долгих процедур согласования заработал он только в 2001 году. И лишь в 2005 году выпустил первую сборку на экспорт. Изначально его проектная мощность составляла 120 тонн, но в середине 2000-х она была снижена до 40 тонн. Впрочем, в 2009 году сообщалось, что за восемь лет эксплуатации завод произвел лишь 8 тонн топлива — 24 сборки. В 2010 году появились новости о проекте нового МОКС-завода, однако дальше заявлений, по-видимому, дело не пошло.

Цитата



Борис Васильев

Советник генерального директора АО «ОКБМ Африкантов» по топливному циклу быстрых реакторов:

“

Можно отметить, что наша страна имеет в настоящее время наилучшую позицию по переходу к двухкомпонентной ядерной энергетике и ЗЯТЦ. Россия опережает в этом отношении другие страны на несколько десятилетий

”

Полвека «Техснабэкспорта»: первая сделка, НОУ из ВОУ и зеленый путь

50 лет назад, в мае 1971 года, Всесоюзная экспортно-импортная контора «Техснабэкспорт» заключила контракт на поставку услуг по обогащению урана с Комиссариатом по атомной энергии Франции. Это соглашение стало новой страницей в большой истории компании, сегодня являющейся одним из крупнейших мировых поставщиков продукции ядерного топливного цикла

История с географией

Началом истории экспорта отечественной урановой продукции считается заявление, сделанное представителем СССР на Генеральной конференции МАГАТЭ в 1968 году, о том, что Советский Союз готов оказывать услуги по обогащению урана для атомных реакторов других стран. Вот как развивалась история АО «Техснабэкспорт» после заключения первого зарубежного контракта на поставку ОУП в 1971 году.

Мегатонны в мегаватты

Одной из самых ярких страниц в истории «Техснабэкспорта» стало «Соглашение ВОУ-НОУ», или программа «Мегатонны в мегаватты». В феврале 1993 года было подписано соглашение, в рамках которого Россия обязалась поставлять США низкообогащенный (НОУ) энергетический уран, полученный в ходе переработки высокообогащенного (ВОУ) оружейного. Технологии обогащения, которые уже тогда применяли российские атомщики, позволяли

   География расширилась за год сразу на три европейских государства — «Техснабэкспорт» заключил контракты на поставку обогащенного урана для атомных станций Испании, Швеции и Финляндии.

 Выход на американский рынок стал одним из ключевых событий в истории «Техснабэкспорта», а заключенное в скором времени соглашение ВОО-НОУ — уникальным опытом сотрудничества России и США.

 Во Франк-
фурте
открылось
первое за-
рубежное
представи-
тельство
компании.

 Первый контракт на поставку обогащенного уранового продукта в КНР был заключен в рамках заключенного годом раньше соглашения о сотрудничестве и строительстве на территории Китая газодиффузионного завода.

 «Техснабэкспорт» выходит на рынок ЮАР, заключив контракт на поставку урановой продукции для единственной на африканском континенте атомной электростанции «Куберг».

 Совершенно новым рынком для «Техснабэкспорта» стала Мексика. В том же году дочернее предприятие TENEX открывается в Южной Корее.

 Заключение первых прямых контрактов с энергокомпаниями США в рамках поправки к Соглашению о приостановлении антидемпингового расследования (СПАР).

 АО «Техснабэкспорт» завершил отработку нового маршрута транспортировки урановой продукции из порта Восточный в Приморском крае в Южную Корею. На практике была подтверждена возможность использования дальневосточного транспортного коридора для коммерческих поставок высокотехнологичной продукции российской атомной отрасли в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

 Расширение сотрудничества с Францией — 25 мая 2018 года подписаны долгосрочные контракты между АО «Техснабэкспорт» и EDF, предусматривающие переработку французского регенерированного урана. Стоимость контракта на комплекс услуг составляет \$1 млрд.

 Именно 1973 год, когда была осуществлена первая поставка урановой продукции во Францию и заключены контракты с Италией и Германией, считается началом масштабного выхода «Техснабэкспорта» на рынки европейских стран.

  В том же году Всесоюзная контора «Техснабэкспорт» была преобразована во Всесоюзное объединение «Техснабэкспорт» Министерства внешней торговли СССР.

 В этом же году, когда был подписан долгосрочный контракт на поставку обогащенного урана в Южную Корею, «Техснабэкспорт» был передан в ведение Министерства среднего машиностроения СССР, став частью атомной отрасли.

 18 февраля 1993 г. в Вашингтоне было подписано соглашение между правительством Российской Федерации и правительством Соединенных Штатов Америки об использовании высокообогащенного урана, извлеченного из ядерного оружия, вошедшее в новейшую историю под названием «Соглашение BOY-НОУ». Документ занимает особое место в системе международных договоренностей в области контроля над вооружениями и разоружения.

 География присутствия компании на международном рынке пополняется Швейцарией.

 Партнером «Техснабэкспорта» становится TEPCO — крупнейшая в Японии и четвертая по величине в мире электроэнергетическая компания.

 Подписание поправки к Соглашению о приостановлении антимониторингового расследования (СПАР) в отношении урана из России, создавшей правовые условия для возобновления коммерческих поставок российской урановой продукции на рынок США.

 Новый рынок — Объединенные Арабские Эмираты: заключен долгосрочный контракт с Emirates Nuclear Energy Corporation на поставку урановой продукции и услуг для первой в арабском мире АЭС «Барака», строительство которой было начато в том же году.

 В рамках реализации проекта по созданию в Ленинградской области транспортно-логистического комплекса для экспорта ядерных материалов (ТЛК «Запад») «Техснабэкспорт» осуществляет пилотную отгрузку урановой продукции через морской торговый порт Усть-Луга в Германию и Швецию.

 Подписание поправки к Соглашению о приостановлении антидемпингового расследования (СПАР), которая позволяет продлить соглашение до 2040 г. В результате переговоров госкорпорации «Росатом» и Министерства торговли США была решена ключевая задача: установлены предсказуемые правила доступа российской урановой продукции на рынок США на стратегическую перспективу.

Цитата



Сергей Полгородник

Генеральный директор АО «Техснаб-экспорт»:

«Техснабэкспорт» остается одним из крупнейших мировых поставщиков продукции ядерного топливного цикла с более чем полувековой историей. Мы бережно сохраняем деловую культуру и налаженные связи с зарубежными партнерами, обеспечиваем преемственность бизнеса. Сегодня «Техснабэкспорт» — головная организация группы компаний TENEX, в которую входят центры компетенций в производственной сфере, инжиниринге, международной логистике

осуществлять переработку значительно дешевле и быстрее, чем это делали в других странах.

Контракт на поставку НОУ был заключен ОАО «Техснабэкспорт» и Обоганительной корпорацией США (USEC) 14 января 1994. Американская сторона взяла на себя обязательства разместить его на рынке и оплатить разделение и природный урановый компонент. Переработкой ВОУ занимались пять российских предприятий атомной отрасли — ПО «Маяк», ОАО «УЭХК», ОАО «СХК», ОАО «ПО «ЭХЗ» и ОАО «АЭХК». Первые 24 тонны НОУ были отгружены весной 1995 года. В дальнейшем ежегодно перерабатывалось до 30 тонн ВОУ.

Программа «Мегатонны в мегаватты» длилась в течение двадцати лет и завершилась в 2013 году. За это время в России было переработано порядка 500 тонн ВОО из 20 тысяч демонтированных ядерных боезарядов, что позволило значительно сократить объем оружейных материалов и расходы по их хранению и содержанию. Произведено — около 14500 тонн НОО, с использованием которых американские атомные станции выработали примерно 7 трлн кВт·ч электроэнергии. Этого бы хватило, чтобы в течение двух лет освещать всю территорию Соединенных Штатов Америки и в течение 185 лет — такой город, как Вашингтон. Экономический эффект от реализации программы был оценен в \$ 17 млрд, что примерно в полтора раза превышает первоначальные расчеты. По мнению экспертов, деньги, заработанные на ВОО-НОО, сыграли для отечественной атомной отрасли важную роль в сложные для нее и для страны 90-е годы.

Программа стала уникальным примером использования рыночных механизмов в достижении целей

Юбилей	на фото
Подписание исполнительного контракта между уполномоченными агентами правительств России и США — ОАО «Техснабэкспорт» и Обоганительной корпорацией США (USEC) по «Соглашению ВОУ-НОУ», 14 января 1994 года	



Цифры

Сегодня АО «Техснабэкспорт» успешно представляет отечественную атомную отрасль на мировом рынке, подтверждая свою безупречную репутацию:



на фото

Один из этапов переработки ВОУ на Уральском электрохимическом комбинате (УЭХК) в Новоуральске, 1997 год



международных соглашений о сокращении ядерных вооружений.

Чистая энергия

В 2019 году группа компаний TENEX вышла на рынок биотоплива, начав поставлять на зарубежный рынок древесные пеллеты. Это новое направление бизнеса может показаться весьма неожиданным выбором для одного из ведущих мировых поставщиков продукции ЯТЦ, но лишь на первый взгляд. Деятельность энергокомпаний, являющихся клиентами «Техснабэкспорта», распространяется не только на АЭС — зачастую это и тепловая генерация, где наблюдается активный переход от ископаемого угля к твердому биотопливу — древесным пеллетам, представляющим собой гранулы из отходов лесозаготовки и деревообработки.

Уже сегодня потребность мирового рынка в древесных пеллетах составляет около 35 млн тонн ежегодно и, по прогнозам, вырастет до 100 млн тонн к 2030 году. Основные драйверы — страны Западной Европы, в частности Дания, Германия и Великобритания, а также Южная Корея и Япония с их долгосрочными планами по сокращению использования угля.

В 2020 году компания Uranium One, входящая в контур управления TENEX, осуществила первую поставку пеллет в Италию и Данию. Портфель заказов на текущий год — 60 тысяч тонн. Компания занимается разработкой стратегии развития данного бизнес-направления, рассматривает перспективные сделки M&A, ведет переговоры с отечественными компаниями лесопромышленного комплекса. Придерживаясь зеленого курса, развивая ВИЭ и низкоуглеродную энергетику, Росатом продвигает ответственное отношение к ресурсам и способствует развитию экологически безопасных технологий безотходного производства.

Редкий и незаменимый

Редкие и редкоземельные металлы — еще одно зеленое направление бизнеса компании. Прежде всего это литий. Давно известный человечеству, этот металл сегодня считается одним из наиболее перспективных: стремительно возросший интерес к нему обусловлен ростом производства электротранспорта и активной разработкой более совершенных систем хранения энергии, основанных на использовании лития. К 2030 году, как прогнозирует Bloomberg, потребности в литиевых источниках питания возрастут в 9 раз. В апреле прошлого года правительство России утвердило дорожную карту высокотехнологичного направления «Технологии новых материалов и веществ» — в рамках этого направления одним из центров компетенций является «Техснабэкспорт».

Компания планирует выход на рынок с собственной продукцией уже к 2024 году, начав производить литий из руды. Следующий этап — использование для этого гидроминерального сырья, инновационные технологии переработки которого считаются более эффективными и экологичными, чем традиционный метод, при котором происходит выпаривание богатых литием глубинных пластовых рассолов.

Устойчивое развитие	
Текст: Наталья Самойлова	

Цепочка устойчивости

Как «Техснабэкспорт» стал пионером отрасли по тиражированию устойчивых практик в цепочке поставок

Росатом выстраивает свою деятельность с учетом принципов устойчивого развития. Один из первопроходцев в области повестки устойчивого развития в госкорпорации — АО «Техснабэкспорт». Компания, более полувека поставляющая на мировой рынок продукцию ядерного топливного цикла, разработала и приняла собственный Кодекс поставщика — первый в отрасли.

Ключ к успешному бизнесу

Глобальный договор ООН, принятый в 2000 году, сделал корпоративную социальную ответственность и приверженность принципам устойчивого развития нормой для бизнеса. Это во многом изменило саму природу бизнеса: компании, присоединившиеся к Глобальному договору, тем сам признают, что получение прибыли любой ценой больше не является для них приоритетом. К настоящему моменту к Глобальному договору присоединились больше 16 000 компаний — следование целям устойчивого развития стало для бизнеса своего рода хорошим тоном, сегодня это важный критерий оценки статуса компании. Это касается как организации собственной деятельности, так и взаимоотношений с партнерами. Госкорпорация «Росатом» является членом Глобального договора ООН с 2020 года.

«Техснабэкспорт» в течение многих лет ориентируется на глобальные цели устойчивого развития во всех направлениях своей работы. И это логично — в силу специфики деятельности на международной арене компания первой в отрасли начала внедрять принципы устойчивого развития и соответствующие практики в основные бизнес-процессы.

С одной стороны, это было необходимо из-за возрастающих требований зарубежных заказчиков к устойчивости компаний-партнеров, а чтобы вести успешный бизнес, «Техснабэкспорту» необходимо быть на острие трендов мирового рынка. С другой стороны, компания ориентирована на ответственное ведение бизнеса исторически: ключевым приоритетом для всех атомщиков всегда являлась и является безопасность. Участие в реализации социальной повестки, помощь в развитии территорий присутствия, волонтерская и благотворительная деятельность также давно стали

неотъемлемой частью ответственного бизнеса «Техснабэкспорта».

Чистая прибыль компании служит важным инвестиционным ресурсом российской атомной отрасли и в полном объеме направляется на финансирование общепромышленных программ развития. Сформированный многомиллиардный портфель долгосрочных зарубежных заказов поддерживает рабочие места на предприятиях Росатома, причем большинство из этих предприятий являются градообразующими (достижение ЦУР № 8).

Новые направления бизнеса компании также ориентированы на достижение целей устойчивого развития и связаны в первую очередь с зеленой энергетикой (ЦУР № 7), развитием инфраструктуры (ЦУР № 9), ответственным потреблением (ЦУР № 12) и снижением выбросов парниковых газов (ЦУР № 13).

Новое время — новые требования

Для крупных европейских компаний принципы устойчивого развития начали становиться неотъемлемой частью бизнес-модели и корпоративной культуры, интегрированной во все направления их деятельности, уже с начала 2000-х годов. Постепенно росло количество социальных и экологических программ и проектов, а глобальные цели в области устойчивого развития стали каскадироваться на все уровни деятельности.

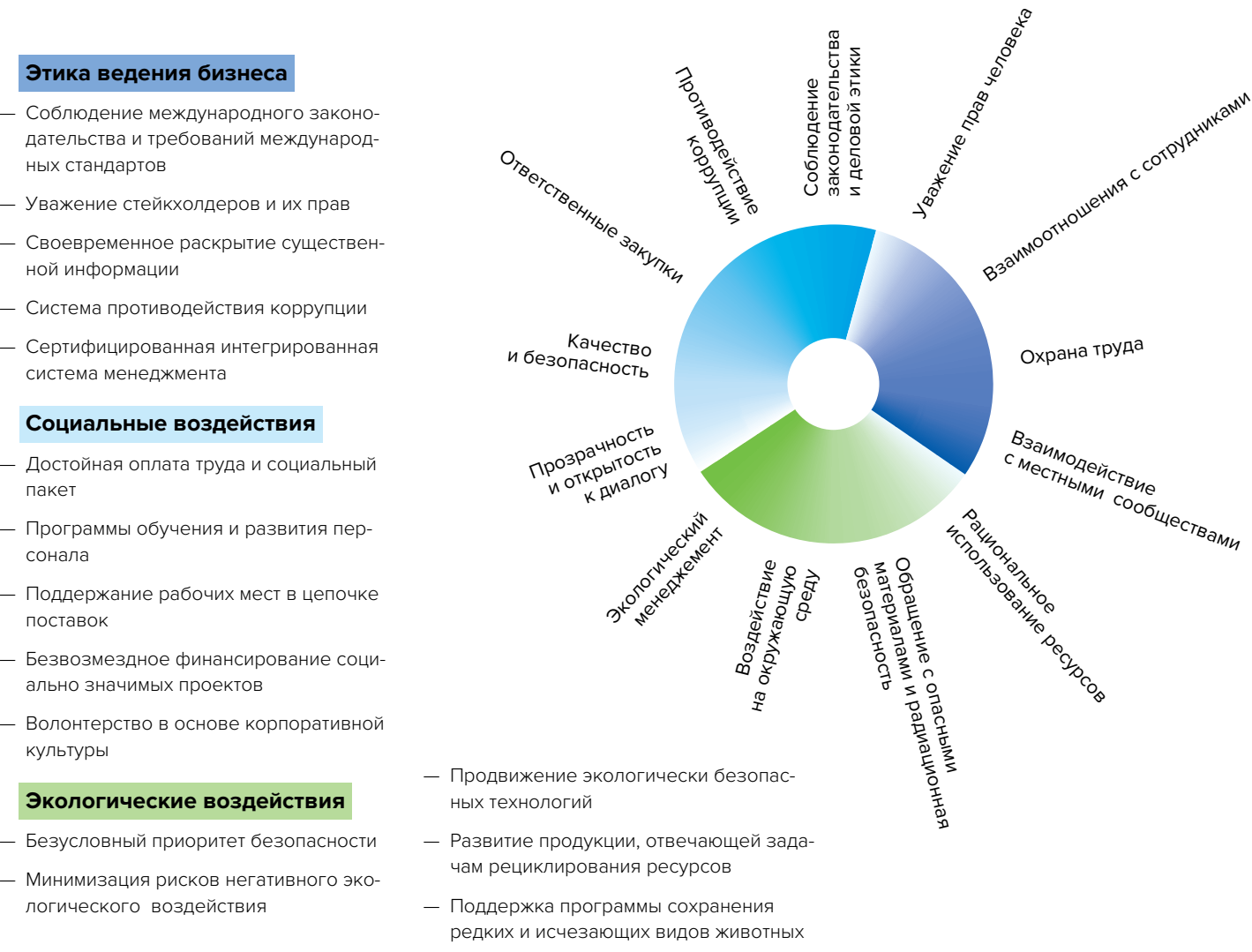
С 2008 года со стороны европейских заказчиков стали появляться первые запросы на подтверждение устойчивости «Техснабэкспорта». С этого времени работа по упорядочиванию принципов корпоративного управления, социальной и экологической ответственности в компании становится системной — в русле новой повестки.

С 2018 года требования о соответствии всей цепочки поставок принципам устойчивости, в том числе 10 принципам Глобального договора ООН, европейскими заказчиками включаются (с разной степенью жесткости) в коммерческие контракты. К этому моменту их запрос на проведение аудитов производственных площадок по вопросам устойчивого развития уже прочно вошел в норму.

Последствиями несоблюдения требований заказчика в части устойчивого развития могут стать не только репутационные риски для российской атомной отрасли, но и отказ от заключения

Устойчивое развитие	Цитата	Справка
контракта — даже если контракт является выгодным в части коммерческих условий и технологических параметров продукта. Более того, в случае неподтверждения устойчивости цепочки поставок могут быть расторгнуты уже заключенные контракты и применены соответствующие санкции. Кодекс поставщика В ответ на запросы международного рынка экспертами «Техснабэкспорта» был разработан документ, определяющий стандарт устойчивости компании для его соблюдения поставщиками и подрядчиками. При разработке Кодекса поставщика были учтены российские и международные документы в области устойчивого развития, в том числе: — Всеобщая декларация прав человека ООН; — Конвенции Международной охраны труда;	 Марина Либоракина Заместитель генерального директора АО «Техснабэкспорт» по корпоративному развитию и коммуникациям: “ Устойчивая цепочка поставок — гарантия нашей конкурентоспособности на глобальном рынке. И это актуально не только для нашей традиционной урановой продукции. Все новые направления бизнеса «Техснабэкспорта» также развиваются в логике устойчивого развития, и прозрачность цепочек поставок обеспечивает высокий уровень доверия потенциальных зарубежных партнеров ”	— Глобальный договор ООН; — Социальная хартия российского бизнеса, разработанная Российским союзом промышленников и предпринимателей. Кроме того, экспертами «Техснабэкспорта» были проанализированы актуальные отраслевые нормативные документы и практика их применения, международные стандарты и инициативы, кодексы поставщиков, тендерная и контрактная документация, определяющая специфические требования заказчиков. В результате в 2019 году был утвержден Кодекс поставщика АО «Техснабэкспорт». Он представляет собой документ, в котором кратко изложены основные принципы, которыми «Техснабэкспорт» руководствуется в своей деятельности. В документе нашли отражение приоритеты компании в сфере устойчивого развития по трем ключевым направлениям: этика ведения бизнеса, экологические и социальные воздействия. С помощью Кодекса поставщика выстраивается устойчивая система взаимоотношений с партнерами, в основе которой лежат конструктивный диалог, взаимопомощь и уважение интересов всех сторон. Документ в действии Разработка Кодекса поставщика стала первым шагом на пути подтверждения устойчивости цепочки поставок. Во время аудитов, которые проводят зарубежные клиенты, «Техснабэкспорт» предоставляет документы, подтверждающие, что компания работает честно и открыто, не причиняет вреда сотрудникам, обществу и окружающей среде. Отсутствие доказательств устойчивости — прямой риск потерять контракты и клиентов. Приняв Кодекс, «Техснабэкспорт» стал предъявлять своим поставщикам аналогичные требования, и это позволяет систематизировать и осуществлять мониторинг доказательств устойчивости во всей цепочке поставок. В арсенале компании два ключевых инструмента — ежегодное анкетирование и аудиты устойчивого развития. Пилотный аудит устойчивого развития прошел в октябре 2020 года на Сибирском химическом комбинате — на нем было необходимо отработать методику проведения и проверить, насколько содержание опросных листов способствует достижению целей аудита. Главной же задачей было выяснить, соответствует ли деятельность предприятия Кодексу поставщика. Аудит показал, что предприятие соблюдает принципы устойчивого развития. С 2020 года во все контракты «Техснабэкспорт» включает типовую формулировку, которая обязывает поставщика соблюдать Кодекс, а в текущем году аудиты устойчивого развития переведены на «регулярные рельсы».

Устойчивое развитие — неотъемлемая часть бизнеса



ПСР	На фото
Текст: Светлана Зайцева Фото: «АЭМ-технологии»	Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в Волго-донске. Производственный корпус № 1, пролет изготовления корпусов реакторов



Бережливый прорыв

Как ПСР помогает предприятиям «Атомэнергомаша» ставить производственные рекорды

Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии», входящая в состав машиностроительного дивизиона, является одной из ведущих российских компаний в области энергетического машиностроения. Завоевать это положение позволил комплекс мер, в числе которых внедрение ПСР.

Залог эффективности
На сегодняшний день в структуру компании «АЭМ-технологии» входят две производственные площадки: волгодонский «Атоммаш», где изготавливаются корпуса реакторов с внутрикорпусными устройствами, парогенераторы, трубопроводная арматура, крановое и другое оборудование, а также «Петрозаводскмаш», который специализируется на производстве корпусов циркуляционных насосов, трубопроводов первого контура, компенсаторов давления, емкостей систем безопасности АЭС и других крупногабаритных изделий.

«На “Атоммаше” внедрение в работу ключевых элементов Производственной системы Росатома было начато в 2013 году, — рассказывает начальник Управления по развитию ПСР на “Атоммаше” Юлия Ильина. — Благодаря этому, а также в результате планомерного техпереворужения срок изготовления реакторов сократился с 760 до 524 дней, а парогенераторов — с 877 до 440».

Такой высокий уровень оптимизации производственных процессов позволил компании «АЭМ-технологии» установить в 2020 году производственный рекорд: выпустить 3 реактора и 18 парогенераторов. В 2020 году предприятие в пятый раз подряд получило статус «Лидер ПСР».

«“Петрозаводскмаш” начал применять отдельные инструменты Производственной системы с 2010 года, — рассказал директор по управлению проектами и планированию филиала АО “АЭМ-технологии” в Петрозаводске Артем Кареев. — А системное

развертывание здесь стартовало в 2017-м. Благодаря бережливым технологиям сократили сроки по изготовлению корпусов главных циркуляционных насосов с 896 до 380 суток, а главного циркуляционного трубопровода — с 540 до 404 дней, длительность проведения входного контроля материалов сократилась с 200 до 30 дней».

За достижения в повышении эффективности производственных процессов в 2020 году завод также получил статус «Лидер ПСР».

Прогноз на будущее
Для развития нового уровня ПСР — Lean Smart Plant (Цифровое ПСР-предприятие) — обе производственные площадки активно работают с блоком информационных технологий «АЭМ-технологии». Внедрять цифровые решения «Атоммаш» и «Петрозаводскмаш» начали еще в 2015 году.

«Тогда мы ежегодно изготавливали один комплект ядерной паропроизводящей установки (ЯППУ). Но дорожная карта Росатома по строительству блоков АЭС в России и за рубежом ставила перед нами новые амбициозные задачи: в 2020 году мы должны были выпустить три комплекта ЯППУ, а в 2023 году цель — пять комплектов. Для реализации этих планов требовались прорывные решения», — вспоминает генеральный директор АО «АЭМ-технологии» Игорь Котов.

Первым делом «АЭМ-технологии» внедрили на своих площадках систему Plant Simulation, которая позволяет моделировать и оптимизировать производственные процессы, прогнозировать сроки выполнения работ.

«Мы загрузили в систему параметры дорожной карты по изготовлению оборудования, данные по ключевым производственным мощностям на “Петрозаводскмаше” и “Атоммаше”, информацию по технологическим процессам, включая варианты “обходных” технологий. В результате моделирования система показала нам, что с такими исходными данными на уровень производства пяти комплектов оборудования в год мы сможем выйти только в 2043 году», — рассказывает Игорь Котов.

Для того, чтобы уложиться в установленные, плановые сроки, на заводах стали определять и «расширять» узкие места существующих процессов, в том числе используя инструменты ПСР. Начался процесс необходимой модернизации существующего оборудования и закупки новых станков.

На сегодняшний день система формирует свой прогноз, учитывая расписание работы 447 станков «Атоммаша» и «Петрозаводскмаша», плановые сроки по запуску нового оборудования и другие исходные данные.

Первоначально для расчетов в Plant Simulation был заложен коэффициент использования производственного оборудования 0,85. Оставшееся время предназначалось для аварийных и планово-предупредительных ремонтов, а также

технологических форс-мажоров. Чтобы сократить время простоя, на площадках внедрили систему мониторинга производственного оборудования. Теперь на всех ключевых станках установлены модули, которые фиксируют режимы работы техники и помогают избежать ее необоснованных простоев. Также была запущена система вибродиагностики станков, которая позволяет спрогнозировать их возможный выход из строя, перейти от планово-предупредительных ремонтов оборудования к ремонту по состоянию. В результате проведенных мероприятий удалось сократить время необоснованного простоя на 30 %, время аварийных ремонтов — на 10 % и увеличить цикл работы ключевого оборудования на 26 %. Коэффициент эксплуатационной готовности оборудования в 2020 году составил 0,91.

Высокий уровень оптимизации производственных процессов позволил в 2020 году установить рекорд: выпустить 3 корпуса реактора с внутрикорпусными устройствами и 18 парогенераторов

На три тысячи листов
Важное направление — создание цифровых двойников изделий. Это возможность получения полной информации об изделиях на всех этапах изготовления и контроля, благодаря которой можно существенно повысить эффективность их изготовления и последующего обслуживания.

«И это первый шаг к нашей цели — созданию электронного отчетного паспорта, — добавляет генеральный директор Игорь Котов. — Сегодня этот паспорт, допустим, для парогенератора АЭС “Аккую”, готовится в бумажном виде в 12 экземплярах (6 на русском и 6 на английском). Каждый — 2000 листов, и к каждому паспорту прилагаются решения о применении. Это еще 600 листов. Плюс сертификаты на основные материалы — по 500 листов на каждое изделие. Часто бывает, что изделие физически готово, а мы собираем всю доступную множительную технику для копирования необходимых бумажных документов».

Еще один шаг к созданию полной цифровой копии выпускаемого оборудования — сравнение реальных, фактических данных с заложенными в 3D-модели. Это легко сделать благодаря 3D-сканерам. Такая технология позволяет сокращать время выполнения контроля на 7 % и разгружать высокоточные станки, при помощи которых контроль проводился ранее.

И безопасность, и эффективность

В 2020 году на участке парогенераторов в «Атоммаше» была развернута система позиционирования, которая обеспечивает безопасность сотрудников и предотвращает несчастные случаи на производстве. Теперь в начале смены каждый работник участка получает специальную пластиковую карту-метку, которую он носит с собой всю смену. Если он оказывается в опасной производственной зоне, где находиться не должен, система останавливает работу оборудования. В ближайшем будущем система позиционирования будет тиражироваться на другие участки.

У новой системы есть важная особенность: она отслеживает расстояние, которое проходит сотрудник.

«Уже в ходе пилотной эксплуатации системы выяснилось, что за день некоторые наши сотрудники проходят до 10 километров: получают задание, потом идут за инструментом, переходят от станка к станку. Когда система позиционирования нарисовала столь длинный маршрут, мы очень удивились и поняли, что теперь принцип 5С в производстве можно выстраивать не путем хронометражных работ, а с помощью таких новейших технологий, исключая лишние перемещения людей по цеху», — говорит Юлия Ильина.

Удаленная оценка

Пандемия значительно ускорила реализацию проектов, связанных с использованием современных технологий.

Во время локдауна специалисты из Индии и Китая не могли приехать на приемку оборудования, а без этого нельзя было приступить к следующим технологическим операциям. Было два варианта: остановить работы до снятия ограничений, либо использовать новые технологические инструменты, позволяющие решать возникшие проблемы в удаленном формате.

«Мы выбрали второй вариант, — объяснил директор по ИТ “АЭМ-технологии” Олег Апанасик. — И в мае прошлого года на “Атоммаше” впервые организовали удаленную приемку парогенератора для индийской АЭС “Куданкулам” с помощью прямой видеотрансляции».

Одна камера находилась в руках у оператора, вторая обеспечивала общий обзор. Участники приемки подключались по видеоконференцсвязи, контролеры демонстрировали инспекторам свои удостоверения и сертификаты на измерительный инструмент, знакомили с документацией. Затем следовала приемка: оператор с камерой демонстрировал изделие с разных ракурсов.

«Приемка завершилась успешно, но проводить ее оказалось не очень удобно, — отметил Олег Апанасик. — Например, заказчик не всегда мог доступно объяснить оператору, что и как именно нужно снимать. На дополнительные разъяснения требовалось много времени».

Быстро нашли более эффективную технологию: решили применить очки дополненной реальности, которые в режиме реального времени позволяют видеть процесс контрольных мероприятий. Было закуплено две пары очков на обе производственные площадки.

В настоящее время AR-очки используются во время сдачи-приемки между «Атоммашем» и «Петрозаводскмашем». В ближайших планах согласование использования подобной технологии непосредственно с заказчиками.

Генеральный директор АО «АЭМ-технологии» Игорь Котов уверен, что использование цифровых технологий сегодня определяет возможности для расширения и оптимизации производственных возможностей любого предприятия. «Современная “цифра” для нас — это возможность делать работу быстрее, точнее, эффективнее. Даже для такого большого и достаточно консервативного производства, как наше, новые технологии являются ключевым элементом развития и условием сохранения своих позиций на мировом рынке столь сложного оборудования. То, что сегодня выглядит “компьютерной игрушкой”, завтра станет серьезным конкурентным преимуществом как с точки зрения готовности производства к новым вызовам, так и с точки зрения подготовки работников к новым условиям», — говорит он.

Сегодня производственные площадки компании «АЭМ-технологии» — действительно уникальный пример создания эффективного производства на основе принципов ПСП, сочетающего оптимизацию использования традиционного «тяжелого» машиностроительного оборудования с внедрением новейших цифровых решений. При этом здесь не собираются останавливаться на достигнутом и работают над созданием максимально гибкой системы, которая будет способна быстро адаптироваться к новым условиям и очень высоким темпам современного технологического развития. Именно так должен, по мнению компании, выглядеть цифровой завод будущего.

Культуру бережливого производства развивают и другие предприятия, входящие в машиностроительный дивизион Росатома. «Вестник атомпрома» изучил опыт внедрения ПСП в «ОКБМ Африкантов», на заводе «ЗиО-Подольск» и в ЦКБМ

Сберечь бумагу

«ОКБМ Африкантов» внедряет ПСП с 2009 года. Сначала были организованы пилотные участки на производстве, центральном складе и в отдельных материальных кладовых. В 2015 году предприятие приступило к системному развертыванию ПСП по всем направлениям развития. К сегодняшнему дню на ОКБМ реализовано 565 ПСП-проектов, сотрудники подали 7815 предложений по улучшениям (ППУ).

В рамках оптимизации документооборота было реализовано несколько ПСП-проектов, например «Оптимизация документооборота при изготовлении трубной системы» и «Оптимизация процедуры оформления карты контроля и сопроводительных документов». Проекты помогли снизить время протекания процесса (ВПП) формирования комплектов документации с 10 до 5 дней, сократить объем документации почти в 2 раза — с 2006 до 944 листов формата А4, увеличить производительность потока на 30 %. В рамках проекта «Внедрение системы адресной идентификации и учета многономенклатурного металла в производстве с использованием системы штрихкодирования» была внедрена система адресной идентификации остатков в заготовительном цехе; сокращено время на формирование, разработку и проведение расхода металла по бухгалтерскому учету с 14 до 1 дня; сокращено время на поиск необходимого металла и документов при запуске заготовок в резку с 2 до 0,5 дней. Благодаря проекту «Повышение эффективности работы лимитирующего оборудования» удалось снизить затраты на сварку одного изделия с 6202 руб. до 2800 руб. ПСП-проект «Оптимизация процесса прохождения нормоконтроля конструкторской документации» сократил время прохождения нормоконтроля с 33 до 16 рабочих дней.

Шпильки «точно вовремя»

Завод «ЗиО-Подольск» также начал внедрять инструменты ПСП в 2009 году. Для начала было реализовано два проекта: «Организация продуктовой ячейки на участке шпилек», благодаря которому шпильки стали изготавливаться по принципу «точно вовремя», и «Увеличение производительности труда при производстве аппаратов воздушного охлаждения компримированного газа», который повысил производительность более чем в 2 раза. В 2017–2018 годах был реализован проект по повышению производительности изготовления корпусов с 100 % до 200 %, время изготовления сократилось с 48 до 23 дней. В 2019 году был реализован проект «Комплексная оптимизация потока изготовления экономайзера

тип 1 для заводов по термической переработке отходов». Время изготовления сократилось с 32 до 28 дней, а количество незавершенного производства в потоке уменьшилось с 87 до 52. Благодаря реализации проекта удалось добиться целевых показателей — обеспечить выпуск семи экономайзеров в месяц.

В общей сложности с 2009 года на заводе реализовано около 200 ПСП-проектов. Только за последние четыре года подано свыше 1200 ППУ, экономический эффект от реализации которых составил порядка 15 млн рублей.

Проект от директора

В 2015 году гендиректор ЦКБМ Евгений Сергеев открыл на предприятии первый ПСП-проект — по созданию образцового ПСП-потока при производстве ГЦНА-1391, работающего по принципу «точно вовремя». В команду проекта вошли руководители предприятия, что позволило подходить к выполнению работы по оптимизации комплексно. Проект реализовывался несколько лет, в результате удалось сократить время протекания процесса с 197 до 99 рабочих дней, сократить незавершенное производство по потоку более чем на 12 % и обеспечить выполнение графика изготовления продукции на 100 %.

В 2018 году ЦКБМ переходит на новый уровень — разработку образцовых ПСП-участков. Это производственные участки, где внедряются инструменты и методы бережливого производства для последующего распространения успешного опыта. В 2019 году создан ПСП-образец «Заготовительное производство» — основа всего производственного цикла. Была разработана система оптимальной загрузки термопечей (тарный канбан) и организована тянуще-восполняющая система полуфабриката, что позволило сократить время протекания процесса изготовления заготовки с 17 до 3 дней. Также создана тянущая система «под заказ» между участком механической обработки и заготовительным производством. В 2020 году дан старт проекту «Сокращение ВПП производства ГЦНА-1753 на всем жизненном цикле изготовления». Цель — сократить время протекания процессов с 558 до 530 рабочих дней.

К сегодняшнему дню на предприятии было реализовано более 350 ПСП-проектов, подано более 2500 предложений по улучшениям. Производственная нагрузка предприятия возрастает, а численность сотрудников остается прежней. Сегодня общая среднесписочная численность ЦКБМ составляет 1000 человек.



Текст: Денис Викторов
Фото: Росатом

Логосфера

Курс на цифровой суверенитет российской промышленности открывает новое пространство возможностей для семейства программных продуктов Росатома «Логос»

27 апреля 2021 года в Москве состоялась конференция «Практика использования цифрового продукта «Логос» для обеспечения технологической независимости атомной отрасли». О текущем состоянии и перспективах развития российского рынка решений в области инженерного анализа мы поговорили с Дмитрием Фомичевым, директором направления продуктов математического моделирования блока цифровизации госкорпорации «Росатом».

— «Логос» — флагманский цифровой продукт Росатома, который не только активно используется предприятиями атомной отрасли, но и вызывает все больший интерес со стороны предприятий в других сегментах экономики. Какие стратегические задачи в области цифровизации российской промышленности призван решить «Логос»?

— Работа по развитию семейства цифровых продуктов «Логос» самым непосредственным образом связана с подходами Росатома к современным вызовам, на которые сегодня должна ответить промышленность нашей страны.

Открывая конференцию «Практика использования цифрового продукта «Логос» для обеспечения технологической независимости атомной отрасли», генеральный директор Росатома Алексей Лихачев особо отметил, что обеспечение цифрового суверенитета России — не только один из приоритетов государственного масштаба, но еще и инструмент цифровой трансформации, которая становится сегодня ключевым фактором обеспечения конкурентоспособности и эффективности в промышленности. «Цифра» рассматривается в качестве мощного катализатора, который обеспечивает движение Росатома к стратегическим целям. В их числе: повышение доли на международных рынках, снижение себестоимости продукции, создание новых продуктов для российского и мирового рынков и достижение глобального лидерства в ряде передовых технологий.

И сегодня можно с уверенностью говорить, что мы находимся на этапе практической реализации этой задачи. Не случайно одной из важнейших тем, которые обсуждались на конференции, стало обобщение опыта предприятий атомной отрасли в области применения систем инженерного анализа

и математического моделирования для решения широкого спектра производственных задач.

В условиях перехода глобальной экономики на рельсы «Индустрии 4.0» эффективные решения для инженерного анализа и математического моделирования становятся одной из основ инфраструктуры современного цифрового предприятия. И у Росатома есть такое решение — это система «Логос», которая была разработана усилиями РФЯЦ-ВНИИЭФ и смогла выйти на уровень передового цифрового продукта.

Преимущественное использование предприятиями Росатома отечественных цифровых решений, в том числе «Логоса», изначально было обусловлено стандартами безопасности атомной отрасли, а в современных условиях оно стало важным условием контроля над используемыми технологиями, прогнозируемостью правил рыночной игры и стабильностью производства.

Так что сегодня происходит не только планомерное движение к использованию отечественных цифровых решений в атомной отрасли. Во взаимодействии с государством и другими участниками технологического рынка России мы участвуем в формировании базы цифровых решений и продуктов для перехода на отечественное программное обеспечение в других отраслях промышленности.

В этом смысле важная задача — сделать доступным опыт Росатома по внедрению цифровых продуктов линейки «Логос» для всех отраслей экономики России. Поэтому мы реализуем план поэтапного развития «Логоса» для широкого спектра задач: развернули и наращиваем программу обучения специалистов-пользователей, совершенствуем сервисы технической поддержки, поддерживаем кооперацию инженеров-расчетчиков.

— Давайте вкратце напомним читателям «Вестника атомпрома» о том, в чем состоит назначение программных продуктов класса САЕ, к которому относится «Логос».

— В международной терминологии эта категория цифровых продуктов именуется САЕ (Computer-aided engineering). Если совсем коротко, это системы автоматизации инженерных расчетов.

Приведу простой пример. Каждое утро мы с вами открываем краны горячей и холодной воды. По одной

Дмитрий Фомичев, директор направления продуктов математического моделирования блока цифровизации госкорпорации «Росатом»



трубе течет горячая вода. По другой — холодная. А на выходе — вода с некоторой «среднесмешанной» температурой, которая зависит, в частности, от степени открытия кранов. Но мы с вами знаем, что подобный процесс происходит и на выходе теплоносителя из активной зоны реактора: «горячие» струи смешиваются с «холодными», образуя «среднюю» температуру теплоносителя. Моделирование таких процессов в процессе разработки и эксплуатации сложных технологических изделий — это как раз сфера применения САЕ-систем.

— Как развивается процесс перехода атомной отрасли на платформу «Логос», каково текущее состояние дел?

— На текущий момент уже 54 предприятия, представляющие восемь дивизионов Росатома, стали участниками отраслевой программы внедрения «Логоса». Причем 12 предприятий в шести дивизионах уже используют этот цифровой продукт в своей регулярной деятельности.

Для того, чтобы поддержать переход предприятий к использованию этой САЕ-системы, создано два учебных центра. Эксперты НИКИЭТ (Москва) и ЦКО («Центр компетенций и обучения», пос. Сатис Нижегородской области) помогают инженерам осваивать «Логос» в рамках программ дополнительного профессионального образования. Только в 2020 году было подготовлено три базовых и 25 расширенных курсов обучения, создаются новые обучающие модули.

В текущем году запланировано открытие регионального центра компетенций по математическому моделированию на базе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е. И. Забабахина», этот центр также волеется в экосистему отраслевого развития и внедрения продукта «Логос».

Благодаря развертыванию этой инфраструктуры более 230 сотрудников отрасли пройдут обучение и протестируют «Логос» в 2021 году.

Решением органов управления госкорпорации разработчик «Логоса» — РФЯЦ-ВНИИЭФ — наделен статусом единственного поставщика этой САЕ-системы для предприятий атомной отрасли. А все вопросы, связанные с приобретением продуктов линейки «Логос», готовы оперативно решать специалисты компании «Русатом — Цифровые решения».

— Каковы ожидаемые темпы перехода отрасли в целом к применению «Логоса»?

— Поставленные перед нами задачи очень амбициозны. Ведь важно не только обеспечить независимость предприятий атомной отрасли от продукции зарубежных производителей программного обеспечения класса САЕ, но и масштабировать этот процесс на российском рынке в целом.

Приведу несколько цифр. По итогам 2025 года необходимо добиться стопроцентного замещения функционала импортных САЕ-систем при решении

основных задач предприятий атомной отрасли. Причем доля «Логоса» на рынке САЕ-систем в России и СНГ должна будет составить 40 %, что сделает Росатом лидирующим разработчиком и поставщиком цифровых продуктов для математического моделирования и инженерного анализа.

— **Насколько активно предприятия отрасли участвуют в программе перехода на платформу «Логос»?**

— Степень вовлеченности предприятий в этот процесс постоянно нарастает. Например, модуль «Логос Прочность» уже активно используется в ОКБ «ГИДРОПРЕСС» при реализации значимых проектов. Одно из таких направлений — выполнение расчетов на прочность при разработке атомных станций малой мощности с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем, таких как РУ «СВЕТ-М».

«Мы работаем над тем, чтобы в ближайшее время предложить другим отечественным производителям инженерного программного обеспечения новые форматы взаимодействия в рамках решения совместных задач»

Еще один пример. Плодотворное сотрудничество разработчиков «Логоса» с отделом теплофизики АО «НИКИЭТ» вышло за рамки решения прикладных задач конкретного предприятия и может рассматриваться как практический вклад в импортнезависимость российской промышленности. Тестирование актуальных версий «Логоса» в рамках моделирования гидродинамических и тепловых процессов в реакторах БРЕСТ-ОД-300 и МБИР дало возможность расширить матрицу верификаций программного продукта в части моделирования теплогидродинамических процессов в реакторах с жидкометаллическими теплоносителями.

По сути, дивизионы и предприятия Росатома сегодня выступают в роли не только потребителей, но и полноправных соавторов «Логоса» как платформы, в основе которой лежат не только уникальные программные разработки, но и опыт их практического применения.

— **Выйдя на открытый рынок с семейством продуктов «Логос», Росатом вступает в соперничество с крупными и опытными зарубежными ИТ-компаниями, которые в течение длительного времени разрабатывают и внедряют САЕ-системы. В чем**

состоят конкурентные преимущества нашего продукта?

— Да, как разработчик и поставщик инженерного программного обеспечения (в терминологии отрасли информационных технологий такие компании принято именовать вендорами) мы находимся в очень конкурентной среде. Хотя бы потому, что выходим на этот рынок существенно позже зарубежных игроков, которые начали работать в России с конца 90-х годов. Но сегодня в нашей стране взят курс на обеспечение цифрового суверенитета. И это шанс, «окно возможностей» для «Логоса».

В настоящее время на рынок выведено три программных модуля этой САЕ-платформы: «Логос Аэро-Гидро» (2018) для решения аэро-, гидро-, газодинамических задач методом контрольного объема, «Логос Тепло» (2019) для решения задач теплопередачи, радиационного теплообмена и фазовых переходов, а также «Логос Прочность» (2020) для решения прочностных задач. Эти программные модули продолжают развиваться и совершенствоваться, охватывая все больший массив решаемых задач. Растет и удобство использования интерфейса, что немаловажно для пользователей.

Если говорить о конкурентных преимуществах, то их у нашего продукта немало. «Логос» — это высокая скорость и точность решения задач, отсутствие в большинстве случаев дополнительных финансовых затрат на аппаратное обеспечение, а также наличие специализированных библиотек расчетных моделей.

Еще на этапе проектирования в «Логос» удалось заложить компетенции РФЯЦ-ВНИИЭФ в области высокопроизводительных (в том числе суперкомпьютерных) вычислений. Это позволяет добиваться высокой скорости и точности решения наиболее ресурсоемких задач. С другой стороны, для большинства распространенных задач вполне достаточно возможностей стандартных компьютеров на базе современных многоядерных процессоров, которые применяют разработчики. Поэтому во многих случаях переход к использованию «Логоса» не требует существенных дополнительных инвестиций в аппаратное обеспечение. И это большой плюс.

Еще одно важное преимущество программных продуктов семейства «Логос» — обширный набор расчетных моделей (библиотек), который соответствует лучшим практикам, принципам и стандартам проектирования, сформированным российской инженерной школой.

Древнегреческие философы вкладывали в понятие «логос» очень богатое содержание, относящееся к глубинным структурам бытия, закономерностям мира. И наш цифровой продукт для математического моделирования физических процессов полностью оправдывает свое название.

Так, использование пакета «Логос Прочность» позволяет моделировать режимы, недоступные или крайне

ресурсоемкие для натурных и стендовых экспериментов. Автомобильные краш-тесты, анализ прочности конструкции воздушных судов, моделирование аварийных ситуаций... Таков далеко не полный список задач, при решении которых «Логос» позволяет сократить количество испытаний, сроки и стоимость разработки новых изделий.

По нашим оценкам, уже сегодня семейство продуктов «Логос» может закрыть максимум потребностей в математическом моделировании физических процессов различных отраслей промышленности.

— **Известно, что на мировом рынке программного обеспечения одним из критериев выбора конкретного поставщика для заказчиков выступает четкое понимание дальнейшей траектории развития цифрового продукта — так называемый roadmap. Каков перспективный план выхода новых модулей системы «Логос»?**

— В среднесрочной перспективе до 2024 года запланирован выпуск нескольких новых релизов.

В 2021 году мы представим «Логос Платформу». Уже по названию понятно, что это модульная интеграционная платформа для решения сложных мультидисциплинарных задач (например, требующих совместного использования систем «Логос Аэро-Гидро» и «Логос Прочность»). Кроме того, платформа позволит подключать к «Логосу» сторонние отраслевые разработки. В перспективе это даст возможность организовать своего рода маркетплейс приложений для «Логоса».

В плане на 2022 год — «Логос Атом», модуль для решения специализированных задач атомной отрасли, таких как описание течений жидких металлов для проектов инновационных реакторных установок, обоснование водородной безопасности для РУ ВВЭР и многие другие.

Кроме того, в 2021 году мы должны вывести на рынок модуль «Логос Гидрогеология» для решения фильтрационных задач (таких как моделирование процесса распространения загрязняющих веществ в грунте).

На 2023 год намечен выход модуля «Логос ЭМИ», сфера применения которого — распространение электромагнитных волн, работа антенно-фидерных устройств и т.д. Он будет ориентирован на применение в авиационной, радиоэлектронной и атомной отраслях. Сегодня не существует полноценного решения, которое могло бы моделировать широкий спектр электромагнитных задач. Мы считаем, что «Логос ЭМИ» станет единственным и уникальным продуктом, который успешно займет эту перспективную нишу.

Наконец, запланировано последовательное внедрение в функционал продукта целого ряда перспективных разработок. В том числе основанных на технологиях так называемого «бессеточного моделирования» (на основе методов решеточных уравнений Больцмана) и машинного обучения.

«Сегодня происходит не только планомерное движение к использованию отечественных цифровых решений в атомной отрасли. Во взаимодействии с государством и другими участниками технологического рынка России мы участвуем в формировании базы цифровых решений и продуктов для перехода на отечественное программное обеспечение в других отраслях промышленности»

— **На российском рынке инженерного программного обеспечения присутствуют и другие разработчики. В какой мере их можно рассматривать как союзников Росатома в вопросах обеспечения цифрового суверенитета нашей страны?**

— Именно такого подхода мы и придерживаемся. По отдельным направлениям и видам инженерного программного обеспечения (а этот класс решений чрезвычайно широк!) в нашей стране удалось сформировать сильные команды и компетенции. Но задача состоит в том, чтобы сформировать из разрозненных элементов то, что в ИТ-сфере принято именовать полным доверенным технологическим стеком.

Полным — поскольку в ходе импортозамещения цифровых продуктов необходимо ликвидировать имеющиеся «разрывы». Российское программное обеспечение должно охватывать всю цепочку — от цифрового дизайна, конструкторской разработки и инженерного моделирования до управления производством и эксплуатацией продукции промышленного назначения.

В свою очередь доверенным такой стек технологий должен быть как с точки зрения высокой надежности, эффективности конкретных программных решений и их взаимодействия друг с другом, так и с точки зрения полной независимости от зарубежных систем.

Построить такую платформу для российской промышленности можно только коллективными усилиями. Работая вместе, отечественные ИТ-компании сформируют очень емкий и привлекательный рынок, места на котором хватит всем.

Поэтому сегодня мы работаем над тем, чтобы в ближайшее время предложить другим отечественным производителям инженерного программного обеспечения новые форматы взаимодействия в рамках решения совместных задач.

Особое мнение		
	 Федор Буйновский, обозреватель «Вестника атомпрома»	Фото: ТАСС

Большие данные

В 2019 году в The New York Times Magazine была опубликована статья «Как данные (и захватывающий футбол) привели “Ливерпуль” на порог славы»

Основной посыл статьи заключался в том, что если компания при выходе на рынок не располагает неограниченными ресурсами, то для повышения конкурентоспособности ей необходимо придумать свою конкурентную фишку. Такой конкурентный прием и применил английский футбольный клуб «Ливерпуль».

В последние годы аналитика оказала огромное влияние на тактику профессионального бейсбола и баскетбола, отмечается в статье. В конечном счете, аналитика может оказать большое влияние на футбол, который традиционно не полагается на статистику. Однако Иан Грэм, директор по исследованиям футбольного клуба «Ливерпуль», который получил докторскую степень по теоретической физике в Кембридже, в статистику верил. Он создал свою собственную базу данных, чтобы отслеживать прогресс более 100 000 игроков со всего мира. Порекомендовав, кого из них «Ливерпуль» должен попытаться приобрести, а затем — каким образом следует использовать новоприбывших, он помог клубу, который когда-то был самым успешным в футболе, вновь вернуться на вершину славы. «Ливерпуль» в 2019 году стал вторым в Премьер-лиге, набрав 97 очков и установив рекорд по количеству очков в сезоне.

«Ливерпуль» больше, чем другие крупные клубы, включает анализ данных в принимаемые им решения, от корпоративных до тактических. Насколько это способствовало его недавним успехам, само по себе трудно измерить. Но какими бы ни были итоги финала, восхождение клуба уже начало делать «захват чисел» приемлемым, даже модным, и в Англии, и за ее пределами. Поскольку все больше клубов рассматривают возможность использования аналитиков без опыта игры в футбол, чтобы попытаться получить конкурентное преимущество, сезон «Ливерпуля» стал чем-то вроде референдума по апробации.

Но сначала немного истории. В течение почти поколения, между 1975 и 1990 годами, «Ливерпуль» был лидером. Он выиграл 10 титулов в высшем дивизионе Англии. 4 раза за 8 лет выиграл Кубок Европы,

который предшествовал Лиге чемпионов. Футбольный клуб «Ливерпуль» был настолько успешным, что какое-то время считался одним из самых прибыльных экспортных поступлений Англии. Фан-клубы были организованы по всей Европе и даже в местах, которые ранее не следили за спортом, например в Австралии и всей Америке.

«Все изменилось, когда самые богатые люди в мире начали скупать клубы. В 1997 году египетский бизнесмен и владелец универмага “Хэрродс” Мохамед аль-Файед взял под свой контроль лондонскую команду “Фулхэм” во втором дивизионе и помог ей продвинуться в Премьер-лигу; в 2003 году российский олигарх Роман Абрамович, разбогатевший на нефти, алюминии и стали, купил “Челси”; в 2007 году Стэн Кронке, муж Энн Уолтон, наследницы империи Wal-Mart, американской компании по оптовой и розничной торговле, начал скупать акции “Арсенала”, — пишет The New York Times Magazine.

Поскольку финансово компания Fenway (владелец клуба «Ливерпуль») не могла превосходить шейхов и олигархов, нужно было брать умом. И если сбор и анализ данных могут помочь определить связь, не было ли глупо не попробовать это?

В 2014 году «Челси» приобрел контракт с египетским нападающим полузащитником Мохаммедом Салахом. Салах прибыл с репутацией восходящей звезды, хотя за два года в швейцарской команде он забил всего девять голов. В «Челси» он имел то, что по всем показателям было ничем не примечательным: играл в 13 играх в течение двух сезонов и дважды забивал, в то время как большую часть своего времени он отдавал в аренду другим клубам. В конце концов его контракт был продан Ассоциации спорта Рима в Италии. В то время считалось, что у Салаха мало шансов на успех в Англии.

Как сообщает английское футбольное сообщество, игра в Премьер-лиге уникальна. Конкуренция более сбалансирована, чем где-либо еще; почти каждый матч — это борьба. Английские футболисты учатся играть в заморозки, которые мешают точной передаче, способствуя грубому, явно физическому стилю

	На фото
	Мохаммед Салах выступает за «Ливерпуль», Лига чемпионов, 2019 год



игры. Интенсивное внимание СМИ отвлекает. Погода часто ужасная. Предполагается, что некоторые игроки просто не подходят для этого. Но другие не получают шанс. «Есть идея, что Салах потерпел неудачу в “Челси”, — сказал Грэм в статье. — При всем уважении, я с этим не согласен». Исходя из расчетов Грэма, результативность Салаха в «Челси» была похожа на то, как он играл до приезда в Англию и после своего отъезда. И те 500 минут, которые он сыграл за «Челси», составили крошечную часть его карьеры. «Они служат небольшим доказательством его качества, — сказал Грэм, — но они в 20 раз превышают данные за тысячи и тысячи минут». Несмотря на общепринятое мнение, что игра в Англии другая, Грэм увидел в этом возможность — в его якобы неэффективности для системы.

Грэм порекомендовал «Ливерпулю» приобрести Салаха. В футболе права игроков покупаются и продаются на мировом рынке. В июле того же года «Ливерпуль» заплатил за Салаха около 41 миллиона долларов. Данные Грэма говорили о том, что Салах будет особенно хорошо сочетаться с Фирмино, еще одним нападающим «Ливерпуля», от которого ожидали больше результативных пасов, чем от кого-либо еще в занимаемом им положении. Это оказалось так. В следующем сезоне, 2017–2018 годов, Салах воплотил эти ожидания в реальность. Он побил рекорд Премьер-лиги, забив 32 раза. Он также стал символом возрождения «Ливерпуля». Его копна вьющихся волос и заразная улыбка, а также его короткие ноги, которые каким-то образом выскакивали из земли, когда он мчался по газону, сделали его одним из самых узнаваемых футболистов.

Неожиданное прохождение в финал Лиги чемпионов предыдущего сезона оказалось для «Ливерпуля» предвестником прогресса следующего года. Это дало первое реальное доказательство того, что стратегии, разработанные Джоном Генри и его группой Fenway, работают. В этом сезоне Салах был одним из трех игроков, которые возглавляли Премьер-лигу по голам, другой — его товарищ по команде Садио Мане. Сайт Transfermarkt, который отслеживает стоимость игроков, оценивает его текущую стоимость в 173 миллиона долларов.

Другое приобретение, возможно, было даже более важным. Вскоре после прибытия в «Ливерпуль» Грэма попросили исследовать левого нападающего миланского «Интера» Филиппе Коутиньо. Данные Грэма решительно подтвердили выгоду приобретения Коутиньо. «Ливерпуль» купил права на Коутиньо примерно за 16 миллионов долларов. В течение следующих пяти лет игра Коутиньо способствовала возрождению «Ливерпуля». Но его самым важным вкладом было накопление своей стоимости. В прошлом году «Барселона» заплатила «Ливерпулю» около 170 миллионов долларов за Коутиньо.

Умение правильно работать с большими данными показывает, как компании из разных отраслей могут становиться лидерами на своих рынках. «Нетфликс» начинает и выигрывает у больших голливудских студий, научившись обрабатывать данные, «Ливерпуль» обыгрывает в футбол «Челси». Главное, научиться работать с данными. И Росатому это неизбежно предстоит сделать.



От пещерных людей до искусственного интеллекта

Научные прорывы: экспертный взгляд

2020 год стал для многих сфер и отраслей серьезным вызовом, однако движение вперед остановить невозможно. О прорывах в отдельных областях науки и технологий, произошедших в прошлом году, специально для «Вестника атомпрома» рассказывают антрополог, химик и врач-радиолог — эксперты сети Информационных центров по атомной энергии.



Станислав Дробышевский, кандидат антропологии биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, научный редактор портала «Антропогенез.ру»

Каких-то глобальных открытий и прорывов в антропологии за прошлый год не произошло, но случился ряд интересных событий, которые позволили нам лучше узнать, как жили наши далекие предки. Например, в Перу нашли четыре моляра, принадлежавшие африканским парапитекам, датированные периодом между 35 и 32 млн лет назад. Но парапитек — это обезьяна, которой положено быть не в Южной Америке, а в Африке. И перуанская находка свидетельствует о том, что Южная Америка заселялась как минимум дважды или трижды.

В пещере Дримолен (ЮАР) палеонтологи обнаружили самые древние останки Homo egestus — человека прямоходящего. В той же пещере обнаружены фрагменты костей парантропов и австралопитеков. Находка показывает, что два миллиона лет назад в Африке жили сразу три вида древних людей. Кроме того, найти почти целый череп — это большая удача.

Кстати

Радиоизотопные исследования помогают археологам, антропологам, палеонтологам определять возраст их находок еще с середины прошлого века. Радиоуглеродный метод датирования был разработан американским физикохимиком Уиллардом Либби в конце 1940-х. Суть метода заключается в количественном определении в образце радиоактивного изотопа углерода — ^{14}C . В 1960 году ученый получил за свое открытие Нобелевскую премию, а в СССР метод датирования по ^{14}C стал применяться еще до того, как получил высшее признание международного научного сообщества. Уже в 1956 году радиоуглеродные лаборатории появились в Радиовом институте им. В. Г. Хлопина и в Ленинградском отделении Института археологии АН СССР.

Радиоуглерод постоянно образуется в верхних слоях атмосферы в результате происходящих там ядерных реакций. 98,89% углерода в атмосфере представлено стабильным ^{12}C , еще 1,11% приходится на ^{13}C . Радиоуглерода же крайне мало: за год образуется всего 7,5 кг этого радионуклида. Наряду с другими изотопами углерода ^{14}C присутствует в окружающей среде и усваивается каждым живым организмом на планете. Ситуация меняется после гибели организма: обмен прекращается, концентрация радиоуглерода

начинает снижаться из-за его распада. Установлено, что период полураспада радиоуглерода — 5730 лет. И если подсчитать его содержание в останках некогда живого организма, можно определить возраст этих останков. Так же можно датировать и другие объекты, представляющие интерес для науки: изделия из кожи и дерева, бумагу, пищевой нагар на керамике, пигменты красок, раковины моллюсков и многое другое.

Изначально радиоуглеродный анализ выполнялся методом подсчета по радиоактивности. Этот метод и сегодня остается самым распространенным и заключается в том, что сцинтилляционный спектрометр регистрирует бета-частицы, выделяющиеся при распаде из атомов радиоуглерода. Один из недостатков метода: для исследования нужен довольно большой образец весом в десятки граммов, который при исследовании будет разрушен, — а археологические древности с точки зрения науки бесценны.

Однако метод подсчета по радиоактивности не единственный. Примерно 40 лет назад появились первые аппараты для ускорительной масс-спектрометрии (УМС), которая вскоре стала широко использоваться для датирования. Это сверхчувствительный метод, чувствительнее любых

Если говорить о находках из более близкого к нам времени, то тут тоже есть интересные вещи. Например, выяснилось, что 200 тысяч лет назад древние люди предпочитали спать не на голой земле или камнях, а на травяных подстилках. Остатки окаменевших стеблей, служивших «кроватью», обнаружили в Пограничной пещере, расположенной в Южной Африке.

Более 120 тысяч лет назад древние люди уже умели делать украшения и носили их. К такому выводу пришли израильские исследователи, анализируя раковины, найденные в пещере Мислия на севере Израиля. А африканцы, жившие в африканской пещере Дипклоф, которых ученые относят к людям современного типа, 100 тысяч лет назад использовали шкуры, клыки и мелкие кости диких ночных кошек для украшения. Также в 2020 году во Франции нашли веревку, изготовленную неандертальцами, а на Шри-Ланке — лук и стрелы, изготовленные 48 тысяч лет назад.

других в тысячи раз, причем для анализа обычно достаточно всего 1–3 мг углерода, так как УМС дает возможность прямого подсчета количества атомов радиоуглерода в исследуемом образце.

В мире работают более 100 ускорительных масс-спектрометров, в новосибирском Академгородке действует первый в России УМС, разработанный и изготовленный специалистами Института ядерной физики им. Г. И. Будкера (ИЯФ СО РАН). На этой установке проводится широкий спектр исследований: радиоуглеродное датирование — важный инструмент в руках ученых.

Чувствительность ускорительной масс-спектрометрии позволяет определять возраст объектов вплоть до 70 тысяч лет — ранее этого предела ^{14}C зафиксировать с помощью существующих методик нельзя. Но в ИЯФ разработан новый детектор, который позволит перейти от работы с радиоуглеродом к другим изотопам — бериллия, бора, алюминия, йода, кремния и других. Большим преимуществом нового детектора является возможность датировки объектов по концентрации бериллия, а его период полураспада составляет 1,09 млн лет. Это даст возможность заглянуть в прошлое на миллионы лет, чего очень ждут ученые самых разных специальностей — палеонтологи, геологи, космологи.



Алексей Паевский, заместитель руководителя Центра компетенций НТИ «Новые и мобильные источники энергии» при ИПХФ РАН

Если говорить о водородной энергетике, то прорыв сейчас происходит не столько в науке, сколько в технологиях. При этом самой технологии водородного транспортного элемента без малого 200 лет: в 1839 году, еще до появления первого аккумулятора, британский ученый Роберт Уильям Гроув разработал «газовую батарею» — прибор, в котором водород и кислород объединялись в молекулы воды с выделением тепла и получением электричества. Но в XIX веке практического применения эта технология не получила.

Первый прорыв состоялся во второй половине XX века. Фрэнсис Т. Бэкон из Кембриджа создал более компактный аккумулятор, который для космических исследований США оказался удобнее, экономичнее и эргономичнее, чем солнечные

батареи. В результате практически вся американская космическая программа использовала водородные топливные элементы, в частности, в космических аппаратах «Аполлон». Делали похожие и в СССР: для лунной программы, для «Бурана», но поскольку обе программы были свернуты, развития это направление не получило.

С конца 50-х годов XX века водородные топливные элементы начали применять и на Земле, и первым опытным механизмом стал трактор фирмы Allis-Chalmers Manufacturing Company. 10-киловаттный элемент был более метра в длину и занимал весь корпус трактора, поэтому широкого распространения технология не получила. Зато в последние 10–15 лет удалось сделать топливные элементы такими компактными, что они по своей энергоемкости превзошли существующие аккумуляторы. Удельная энергоемкость современного водородного топливного элемента составляет 600–700 ватт-часов на килограмм, а литийионного аккумулятора — максимум 250 ватт-часов на килограмм.

Преимущества экологичного транспорта на водороде очевидны. Водородный автомобиль — это тоже электротранспорт, но он имеет больший запас хода — техника будет ехать или лететь в 3–4 раза дольше и дальше, чем на литийионных аккумуляторах. У устройств, работающих на водородном топливе, значительно выше скорость заправки. Сравните сами: электромобиль заряжается восемь часов от розетки либо один час в режиме

скоростной зарядки, водородный заправляется 3–4 минуты. Это и есть основа для современного технологического прорыва в области транспорта.

Сейчас городской пассажирский и междугородний железнодорожный транспорт повсеместно переводят на водород. Это дешевле обычного электротранспорта, потому что не нужно тянуть электросеть. В Германии строят водородные поезда, и в России такой же проект запускает Росатом совместно с РЖД на Сахалине. Существуют водородные трамваи и троллейбусы.

Недостаток заключается в сравнительно дорогой инфраструктуре: водородная заправка стоит дороже, чем обычная. Поэтому в первую очередь на водород будет переводиться общественный и коммунальный транспорт: одной заправки хватит на сутки работы, а ночью все машины будут возвращаться к точке заправки.

Еще одно преимущество топливных элементов, которыми запитываются электродвигатели, — в возможности их миниатюризации. Единственные конкуренты водородных двигателей, соревнующиеся с ними по энергоемкости, — двигатели внутреннего сгорания, но они не могут стать слишком миниатюрными, а водородные — могут. Кроме этого, отдельное направление будущего водородного прорыва — твердооксидные топливные элементы, которые можно заправлять не только водородом, но и природным газом, и даже пропаном.

и запуска экспорта. Концепция восточного кластера активно прорабатывается с правительством Сахалинской области. Создание западного обсуждается, оцениваются идеи по применению водорода в западных регионах и формированию там экспортных производств.

В мае 2021 года Росатом и французская EDF договорились о развитии водородной энергетики. Соглашение о продвижении совместных проектов в России и Европе касается транспорта и декарбонизации промышленного комплекса, а также исследований для разработки CO₂-нейтральных технологий.



Анна Хоружая, врач лучевой диагностики, младший научный сотрудник Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы

В начале 2020 года стартовал Московский эксперимент по применению алгоритмов компьютерного зрения для анализа медицинских изображений. Эксперимент уникальный, его можно назвать настоящим прорывом.

И сфера лучевой диагностики здесь хорошо подходит, поскольку в Москве есть Единый радиологический информационный сервис, к которому подключено все диагностическое оборудование города, и медицинские изображения, сделанные в разных уголках Москвы, сохраняются на единый сервер, к которому можно подключить программу, работающую на основе искусственного интеллекта.

В идеале разработчики уже обучили и испытali свой искусственный интеллект,

а мы проверяем, насколько эффективно их программное обеспечение справляется с задачей. Если предложенная программа нас устраивает, разработчик получает доступ к ЕРИС. Анализ должен проводиться быстро и эффективно, алгоритму необходимо правильно определять орган и характер его поражения (например, не искать рак легких в желудочно-кишечном тракте), снимки, обработанные ИИ, должны быть для врача читаемы.

Если все идет хорошо, и разработчики успешно анализируют снимки, то они получают гранты от города за то количество исследований, которое успевают обработать в определенный период времени.

Минимальный порог срабатывания алгоритмов должен быть не менее 0,81 — это значение называется показателем AUC (площадь под кривой) и сообщает о качестве работы классификатора. Чем оно выше, тем меньше вероятность, что срабатывание алгоритма будет ложным (то есть алгоритм поставит ложный диагноз). Очень хорошо, если AUC достигает 0,9. Все сервисы разные по уровню, но уже есть программы с показателем AUC 0,92 и выше.

В 2020 году ИИ анализировал снимки рака легких и поражения легких в результате ковида, сделанные на КТ, снимки рака молочной железы на маммографии, а также рентгенографию легких. Есть и первые итоги: эксперимент проходит успешно, около 60 % врачей дают позитивную обратную связь.

В 2021 добавилось несколько новых направлений, в том числе

нейронаправление: ИИ сможет диагностировать по КТ-снимкам головы ишемический инсульт и кровоизлияния, а на МРТ мозга помогать врачам искать рассеянный склероз, болезнь Альцгеймера, злокачественные новообразования.

В мои обязанности в этом эксперименте входит подготовка базы для тестирования алгоритмов: формулирование базовых диагностических и функциональных требований, то есть того, что именно мы хотим от алгоритма узнать, в каком виде получать информацию, разработка проверочных датасетов, контроль за тем, как алгоритмы справляются с потоком исследований.

Можно сказать, что будущее лучевой диагностики уже наступило, а Москва сейчас выступает в роли глобального полигона. Кстати, пользоваться разработками могут не только московские рентгенологи. Облачный сервис для врачей со всей страны тоже уже появился. Каждый врач-рентгенолог может загрузить исследование и получить ответ ИИ. По результатам этого эксперимента мы сможем разработать единую методологию, как надо внедрять ИИ в здравоохранение, как организовать медслужбу лучевой диагностики и т.п.

Нужно помнить, что искусственный интеллект не заменит врачей — это инструмент, который помогает врачам лучевой диагностики сделать выводы о патологии и написать заключение. Это просто хороший помощник, задача которого — помочь рентгенологу не пропустить недуг, который потом может оказаться для пациента критическим.

Кстати

Росатом поддерживает общий сценарий развития водородной энергетики и активно разрабатывает собственные технологии. Атомная отрасль обладает технологическим и научно-исследовательским потенциалом для развития электролизного производства (одного из самых экологических способов получения низкоуглеродного водорода), а также паровой конверсии метана с улавливанием CO₂. Среди преимуществ электролиза с использованием АЭС и ВЭС — отсутствие выбросов углекислого газа в процессе производства, низкая цена на электроэнергию, расположение большинства атомных станций России в Европейской части.

Осуществляется проработка нескольких пилотных проектов. Один из них — экспорт водорода из России в Японию, в 2019 году «Русатом Оверсиз» подписал соглашение о разработке ТЭО с Министерством экономики, промышленности и инвестиций Японии.

Другой проект — применение водородных технологий на Сахалине: создание поездов на водородной тяге на базе российского поезда РА-3, а также инфраструктуры производства и поставки водорода на остров. Еще одно направление — выстраивание кооперации для формирования локальных проектов

Кстати

Искусственный интеллект уже воспринимается бизнесом и промышленностью как достаточно зрелая технология, способная приносить реальную экономическую отдачу. В Росатоме создается система предиктивной аналитики, которая способна дополнительно повысить надежность работы оборудования, увеличить объемы производства и сократить издержки. Один из многообещающих проектов, над которым работают специалисты МСЗ и «Цифрума», связан с применением искусственного интеллекта для оптимизации качества топливных таблеток. С помощью технологий машинного обучения и ИИ были созданы математические

модели производственных процессов, которые позволяют не только сокращать расходы на обслуживание и капитальный ремонт оборудования за счет уменьшения количества внеплановых остановов, но и улучшить качество готовой продукции при одновременном снижении ее себестоимости. Нынешние результаты проекта позволяют говорить о возможности широкого тиражирования такой технологии на предприятиях отрасли и за ее пределами.

Еще одно перспективное направление — нейроморфные сети. Росатом включился в работу по созданию чипа, алгоритмов и прикладных программ для самообучаю-

щейся нейроморфной системы искусственного интеллекта — проект стартовал в четвертом квартале 2020 года. Нейроморфный процессор работает по тому же принципу, что мозг высших млекопитающих. Устройство моделирует работу нейронов, отростки которых воспринимают и передают информацию с помощью контактов-синапсов, по которым проходит импульс — электрический сигнал. Такие системы можно будет использовать для быстрой обработки больших массивов данных или для создания автономных самообучающихся роботов, которые будут работать в условиях, сложных или опасных для человека.

Человек года	На фото
Текст: «Вестник атомпрома» Фото: «Страна Росатом»	Алексей Лихачев награждает Алевтину Богданову и Алексея Шляхтова (команда АО «Техснабэкспорт», номинация «Победа года — 2020»)



Новые атомные победы

В Сочи состоялась церемония вручения премий «Человек года Росатома»

Программа признания «Человек года Росатома» существует с 2013 года и нацелена на признание заслуг лучших сотрудников отрасли. Программа включает более 50 индивидуальных и командных номинаций по трем направлениям: дивизиональные профессии, общекорпоративные специальности и специальные номинации генерального директора. По итогам юбилейного года учрежден специальный приз председателя Наблюдательного совета Росатома, приуроченный к 75-летию атомной промышленности.

В мае 2021-го впервые отраслевые награды вручались сразу за два предыдущих года: в 2020-м церемония не состоялась из-за карантина. «Два года мы жили этой идеей, готовились к тому, чтобы собрать в Сочи, в олимпийской столице, лучших людей

госкорпорации», — подчеркнул генеральный директор Росатома Алексей Лихачев, открывая церемонию награждения.

Из-за большого количества лауреатов, а их было около 800, награждение проходило в течение двух дней — 26 и 27 мая. В первый день на сцене New Wave Hall чествовали призеров и победителей в дивизиональных, общекорпоративных и специальных номинациях.

Кульминацией этого дня стало вручение спецпризов председателя Наблюдательного совета Росатома Сергея Кириенко, приуроченных к 75-летию атомпрома. Награды получили восемь команд. «В сложное время пандемии необходимы примеры, как можно не только решать проблемы сегодняшнего дня, но и закладывать фундамент на будущее. Росатом показал очень важный пример, воодушевляя людей и создавая веру в завтрашний день», — отметил Сергей Кириенко, награждая победителей.

27 мая, во второй день церемонии «Человек года Росатома», было продолжено награждение в дивизиональных и общекорпоративных номинациях, а также вручены награды призерам и победителям в специальных номинациях генерального директора госкорпорации. Начиная награждение с одной из трех новых номинаций — «За укрепление международного авторитета Росатома», Алексей Лихачев подчеркнул: «В первой номинации, как в зеркале, отражается тот путь, который проходит госкорпорация, — от самого мощного, самого влиятельного, но самого закрытого советского ведомства к абсолютно прозрачной государственной компании, которая работает на всех рынках, глобальной компании».

Критериями оценки для победы в номинациях генерального директора, среди прочих, являются масштабность влияния результатов проекта для отрасли, создание новых продуктов для российского и международных рынков, тиражируемость, соответствие стратегическим целям Росатома. Так, на номинацию «Победа года» подается значительно превосходящий ожидания заказчиков или исполнителей проект, оказавший существенное влияние на развитие отрасли или дивизиона. Победа в номинации «На шаг вперед» присуждается за создание продукта или решения, опережающего предложения конкурентов и обеспечивающего ощутимый прорыв на рынке. В номинации «Эффективность» рассматриваются проекты, связанные с достижением максимального результата с наименьшими затратами ресурсов. Яркие кросс-функциональные проекты выдвигаются на специальную номинацию генерального директора «Команда года». В этот раз награды генерального директора вручались в 10 номинациях.

Цифры



>13 000
заявок

подано за 8 лет
существования программы

2626
заявок

подано на конкурс за 2020 год —
это рекордное количество

~800

лауреатов награждены
по итогам 2019 и 2020 годов

91 год

возраст самого старшего
участника программы

22 года

возраст самого младшего
участника программы





Сергей Кириенко

Первый заместитель руководителя Администрации Президента Российской Федерации, председатель Наблюдательного совета госкорпорации «Росатом»

«В 2019 и 2020 годах было много достижений, за которые хочется сказать огромное спасибо. Победители продемонстрировали, как можно открывать новые горизонты, делать то, что не делали никогда. Их всех объединяют слова «прорыв» и «рекорд», «мечта» и «будущее». В период пандемии — когда все меняется, когда непонятно, вернемся ли мы к старой жизни, сможем ли восстановить производство и сохранить

экономику, спасти жизни людей, — необходимы примеры того, что можно не просто оставаться на том же уровне, но и мечтать и реализовывать свои мечты, решать не только задачи сегодняшнего дня, но и закладывать фундамент на будущее. Это принципиально важно для атомной отрасли и для всей страны. Росатом показал очень важный пример, воодушевляя людей и создавая веру в завтрашний день».



Алексей Лихачев

Генеральный директор госкорпорации «Росатом»

«У нас с вами замечательные достижения этих двух лет, несмотря на сложности, с которыми столкнулась наша страна и весь мир. 100% гособоронзаказа, рекорд производства электроэнергии, рекорд перевозок по Северному морскому пути, максимальная загрузка машиностроительного дивизиона, новые станции — атомные и ветряные. В этих и других достижениях вклад ваших коллективов,

каждого из вас — сидящих в зале, и тех, кто остался на работе. Это праздник труда, праздник лучших людей госкорпорации. Мы внесли не только вклад в развитие мировой атомной отрасли, но также вклад в борьбу с пандемией — как в наших городах, так и во всей стране, даже в мире. Хочу сказать огромное спасибо за ваш труд, который не прекращался, несмотря ни на какие ограничения».



Татьяна Терентьева

Заместитель генерального директора по персоналу госкорпорации «Росатом»

«Прошедший год стал для нас во многом исключительным: настоящий, огромный вызов как для отрасли, так и для страны в целом. Несмотря на пандемию, важный для корпорации год 75-летия атомной промышленности принес много ярких производственных и профессиональных побед. Все они стали возможны благодаря нашим людям, их взаимной под-

держке, работе в команде, готовности помочь друг другу в трудную минуту, что всегда было в ДНК и культурном коде атомщиков. Это заметили и в профессиональном сообществе — и соискатели, и сотрудники: Росатом был признан лучшим работодателем в стране по итогам рейтингования крупнейшей кадровой платформы HeadHunter».

На фото

Награждение команды электроэнергетического и инжинирингового дивизионов за обеспечение рекордной выработки электроэнергии на АЭС



Специальные призы председателя Наблюдательного совета Росатома, приуроченные к 75-летию атомпрома

Команда электроэнергетического и инжинирингового дивизионов

Обеспечение рекордной выработки электроэнергии на российских АЭС

Командой установлен рекорд выработки электроэнергии — 215,75 млрд кВт·ч в 2020 году. Превзойден исторический максимум выработки атомных станций СССР 1988 года — 215,669 млрд кВт·ч. Уровень выработки 2019 года превышен более чем на 6,97 млрд кВт·ч. В денежном выражении стоимость дополнительной выработки составила 8 млрд руб. Дополнительная чистая прибыль составила 5,1 млрд руб. Достижение стало возможным благодаря обеспечению безопасной и устойчивой работы действующих АЭС.

Состав команды:

Игорь Атрошенко, директор по подготовке производства, АО «Сосновоборэлектромонтаж»
Сергей Витковский, главный инженер, Нововоронежская АЭС
Андрей Гончаров, заместитель руководителя проекта по строительной части сооружения объектов ЯО, АО «Концерн Титан-2»
Андрей Горбунов, главный инженер, Ростовская АЭС
Андрей Дементьев, заместитель генерального

директора — директор по производству и эксплуатации АЭС, АО «Концерн Росэнергоатом»

Александр Дорофеев, главный инженер, Калининская АЭС

Константин Кудрявцев, главный инженер, Ленинградская АЭС

Алексей Лещенко, главный инженер, Смоленская АЭС

Вячеслав Маслов, бригадир монтажников теплового технологического оборудования МУ-8, АО «Энергоспецмонтаж»

Юрий Носов, главный инженер, Белоярская АЭС

Алексей Ободовский, бригадир монтажников турбоустановок, ООО «ВДМУ»

Николай Петренко, исполнительный директор по управлению дочерними строительными организациями, АО АСЭ

Олег Романенко, главный инженер, Балаковская АЭС

Алексей Слободчиков, заместитель генерального директора по проектированию, главный конструктор ЭКРУ и оборудования крупномасштабной энергетики, АО «НИКИЭТ»

Александр Увакин, главный инженер, Курская АЭС

Александр Фролов, главный эксперт группы подготовки производства, АО «Атомтехэнерго»

Представители команды добровольцев — лидеров ПСР в борьбе с COVID-19



На фото

Сергей Кириенко награждает команду машиностроительного дивизиона за рекордный выпуск оборудования для АЭС

«РЕКОРД 3/18»: команда машиностроительного дивизиона

Рекордный выпуск оборудования для АЭС — три корпуса реактора и 18 парогенераторов за год

Команда установила рекорд отечественного атомного машиностроения («РЕКОРД 3/18»). В течение 2020 года были выпущены 3 корпуса реактора с внутрикорпусными устройствами и 18 парогенераторов на производственной площадке «Атоммаш» для трех АЭС в разных странах: в России, Турции, Бангладеш. Системное развертывание ПСР позволило сократить время протекания процессов изготовления парогенераторов на 52%, корпусов реактора — на 25%.

Состав команды:

Ровшан Аббасов, директор филиала «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск

Андрей Валентий, директор по производству,

«Энергомашспецсталь»

Сергей Жидков, начальник производства, филиал

«АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск

Игорь Котов, генеральный директор, «АЭМ-технологии»

Сергей Куликов, начальник цеха, филиал «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск

Александр Локтюшов, директор по производству, филиал «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск

Андрей Марченко, директор департамента качества, «АЭМ-технологии»

Владимир Пиминов, генеральный конструктор, ОКБ «ГИДРОПРЕСС»

Юлия Чижова, исполнительный директор, «АЭМ-технологии»

Антон Коробицын, старший менеджер, госкорпорация «Росатом»

Максим Кулинко, заместитель директора дирекции Северного морского пути — директор департамента развития Северного морского пути и прибрежных территорий, госкорпорация «Росатом»

Илья Лепустин, главный специалист технического отдела группы наблюдения за строительством универсальных атомных ледоколов, «Атомфлот»

Олег Малик, руководитель группы оперативного управления флотом, «Атомфлот»

Дмитрий Матвишин, начальник отдела финансово-экономического планирования, госкорпорация «Росатом»

Мария Полетаева, начальник сметного отдела, «Гидрографическое предприятие»

Юрий Фадеев, главный конструктор РУ ВВР, АО «ОКБМ Африкантов»

Команда АО «Прорыв»

Обоснование достижения радиологической эквивалентности при развитии двухкомпонентной атомной энергетики на базе тепловых и быстрых реакторов

Обоснована возможность выравнивания пожизненных радиационно обусловленных рисков (радиологическая эквивалентность) через 99 лет после наработки отходов ядерной энергетики в 2100 году при 100% вкладе РБН в установленную мощность. Показано, что уменьшение вклада РБН в установленную мощность ниже 70% в 2100 году неприемлемо по фактору

необходимости достижения радиологической эквивалентности РАО и природного уранового сырья.

Состав команды:

Виктор Иванов, главный радиоэколог проектного направления «Прорыв», АО «Прорыв»

Александр Лопаткин, научный руководитель работ по РЭ, АО «Прорыв»

Владимир Соломатин, начальник отдела главного радиоэколога, АО «Прорыв»

Евгений Спирин, главный научный сотрудник, АО «Прорыв»

Команда добровольцев — лидеров ПСР против COVID-19

Повышение эффективности работы медучреждений и производства средств индивидуальной защиты во время пандемии

Во время распространения COVID-19 и увеличивающейся нагрузки на медицинские учреждения были реализованы проекты по увеличению пропускной способности потока работы с пациентами COVID-19 — от звонка пациента в скорую помощь до первого назначения врача в стационаре, а также по повышению производительности изготовления средств индивидуальной защиты в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде и других городах в 14 регионах.

Состав команды:

Никита Андриюшкевич, руководитель проекта, АО «ПСР»

Николай Антонов, заместитель директора по развитию ПСР — директор программы ГК «Росатом», госкорпорация «Росатом»

Константин Грабельников, директор проекта проект-

ного офиса по программе развития производственных систем в отрасли ГК «Росатом», госкорпорация «Росатом»

Наталья Дубровская, руководитель проекта, АО «ПСР»

Ирина Иващенко, заместитель генерального директора — директор блока управленческих программ развития АНО «Корпоративная Академия Росатома»

Сергей Ильин, директор проекта, АО «ПСР»

Алексей Краснобаев, директор программы по развитию производственной системы Росатом в производственных и бизнес-процессах, АО АСЭ

Александр Курников, директор программы «Повышение производственной эффективности», АО «ПСР»

Алексей Мещеряков, директор проекта, АО «ПСР»

Кирилл Прохоренков, руководитель проекта, АО «ПСР»

Дмитрий Репьев, руководитель проекта, АО «ПСР»

Иван Штригель, руководитель проекта проектного

офиса по программе развития производственных систем в отрасли, госкорпорация «Росатом»

Команда Росатома

Вклад в победу России на мировом чемпионате «WorldSkills Казань 2019»

Команда Росатома завоевала 3 золотые медали основного зачета из 14 завоеванных национальной сборной. 11 медалей завоевано в категории «Навыки будущего».

Состав команды:

Михаил Афанасьев, руководитель управления по разработке государственной единой облачной платформы, АО «КОНСИСТ-ОС»

Гульнара Биккулова, заместитель генерального директора — директор блока международных инициатив и партнерств, АНО «Корпоративная Академия Росатома»

Артур Гареев, заместитель директора по науке и инновациям, АО «НИИГрафит»

Дина Калинина, руководитель направления управления развития персонала, АО «Атомэнергомаш»

Анна Ломасова, руководитель отдела организации чемпионатов, АНО «Корпоративная Академия Росатома»

Никита Норкин, инженер-электроник по разработке приборов и систем, ПО «Маяк»

Алексей Пономаренко, директор блока инженерных компетенций, АНО «Корпоративная Академия Росатома»

Михаил Похлебаев, генеральный директор, ПО «Маяк»

Владислав Розов, инженер отдела полимерных композиционных материалов, АО «НИИГрафит»

Дмитрий Титов, ведущий специалист, филиал

АО «КОНСИСТ-ОС» «Центр перспективных разработок»

Салават Юсупов, слесарь по ремонту КИПиА, ПО «Маяк»

Два спецприза также получили команды ядерного оружейного комплекса.



Специальные номинации генерального директора Росатома

«За укрепление международного авторитета Росатома»

2019 год

Команда «Расширяя горизонты» (машиностроительный дивизион и «Русатом — Международная Сеть»)

Команда в конце 2019 года заключила уникальный, первый в истории отечественной атомной отрасли договор на поставку оборудования первого контура с реакторной установкой западного дизайна сроком на 8 лет.

- Состав команды:**
Ровшан Аббасов, директор филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск
Михаил Александров, директор по металлургии, АО «АЭМ-технологии»
Илья Дмитриев, старший менеджер проекта, АО «Русатом Оверсиз»
Максим Жидков, директор по операционной деятельности, филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск
Игорь Котов, генеральный директор, АО «АЭМ-технологии»
Алексей Лохов, заместитель директора, Росатом Западная Европа
Андрей Марченко, директор департамента качества, АО «АЭМ-технологии»
Роман Мурашов, директор по международной деятельности, АО «Атомэнергомаш»
Александр Ранцев, первый заместитель генерального директора по АЭ и НБ, АО «Атомэнергомаш»
Андрей Рождествин, директор Росатом Западная Европа — региональный вице-президент, «Русатом — Международная Сеть»
Юрий Семилетко, менеджер проектов, Росатом Западная Европа
Юлия Чижова, исполнительный директор, АО «АЭМ-технологии»

На фото

Алексей Лихачев награждает команду инжинирингового и машиностроительного дивизионов (победа в номинации «За укрепление международного авторитета Росатома — 2020»)



2020 год

Команда инжинирингового и машиностроительного дивизионов по подготовке и прохождению стресс-тестирования Белорусской АЭС в соответствии с европейскими стандартами

Команда инжинирингового и машиностроительного дивизионов доказала представителям Европейской группы регуляторов ядерной безопасности (ENSREG), что проект Белорусской АЭС отвечает высоким стандартам в области использования атомной энергии. Эта станция — первая с энергоблоками поколения III+, которую Росатом строит за рубежом. Это был первый опыт оценки устойчивости АЭС к экстремальным природным воздействиям в соответствии с техническими требованиями ENSREG.

Европейские эксперты получили обоснование устойчивости и безопасности АЭС при землетрясениях, наводнениях и других экстремальных погодных условиях, а также в случае полной потери электропитания и конечного теплоотвода. Кроме того, им продемонстрировали меры по управлению тяжелыми авариями.

По итогам выполнения работ российские и белорусские специалисты разработали Национальный план действий по повышению безопасности Белорусской АЭС. ENSREG дала положительную оценку выполнению приоритетных рекомендаций по обоснованию безопасности. Полученный опыт уже применяется на всех проектах с реакторами ВВЭР-1200 и ВВЭР-ТОИ, сооружаемых в России и за рубежом.

- Состав команды:**
Василий Горячев, заместитель главного инженера проекта, АО «Атомэнергопроект»
Алексей Губарев, начальник группы, АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС»
Константин Зайцев, ведущий специалист, АО «АТОМ-ПРОЕКТ»
Георгий Костров, эксперт, АО «АТОМПРОЕКТ»
Владимир Леденев, начальник отдела инженерной геологии, АО «Атомэнергопроект»
Станислав Пантюшин, начальник отдела, АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС»
Сергей Приходько, директор по проектированию Белорусской АЭС, АО «Атомэнергопроект»
Анатолий Река, начальник лаборатории, АО «АТОМ-ПРОЕКТ»
Евгений Ткачев, ведущий инженер, АО «АТОМ-ПРОЕКТ»
Евгений Толстов, главный специалист, АО «Атом-энергопроект»

На фото

Команда инжинирингового дивизиона (победа в номинации «Надежная опора — 2020»)



«Надежная опора»

2020 год

Команда инжинирингового дивизиона по ротации персонала на проекты сооружения АЭС и обеспечению стройплощадок трудовыми ресурсами в условиях пандемии

Командой организована ротация сотрудников на проекты сооружения АЭС и обеспечение российских и зарубежных строительных площадок трудовыми ресурсами в условиях пандемии COVID-19 и закрытых международных границ. Работы по строительству АЭС за рубежом не остановлены ни на один день. Отработан стандарт диагностики и оказания помощи при COVID-19 в Бангладеш, что позволило не допустить вспышку заболеваемости на площадке. Только на АЭС «Руппур» были отправлены 5500 сотрудников. Всего же обсервацию в 2020 году прошли более 20000 человек — работники Курской АЭС-2, Белорусской АЭС, АЭС «Руппур», а время обсервации и/или ожидания результатов ПЦР-тестов использовано для комплексной работы по подготовке персонала (система онлайн-оценки квалификационных знаний и навыков, курсы дистанционного обучения и адаптации для рабочих и линейных ИТР).

- Состав команды:**
Наталья Айриева, советник отдела обеспечения деятельности заграничных представителей и консульских вопросов, госкорпорация «Росатом»
Виктор Брич, заместитель директора по общим вопросам, Представительство АО ИК «АСЭ» в Республике Беларусь
Мария Калинина, заместитель директора департамента — начальник отдела вознаграждения и социальной работы, госкорпорация «Росатом»
Виктор Калугин, главный эксперт, АО АСЭ
Марина Карасева, заместитель директора проекта по сооружению Белорусской АЭС по персоналу, АО ИК «АСЭ»
Илья Кузнецов, начальник управления по работе с заграничными представителями, госкорпорация «Росатом»
Анна Мизюкова, начальник управления правового анализа, АО АСЭ
Николай Пимкин, охранник ведомственной охраны, АО «Атом-охрана»
Наталья Сорокина, эксперт департамента кадровой политики, АО АСЭ
Инна Софина, эксперт, АО АСЭ
Андрей Ступишин, начальник организационного управления, АО АСЭ
Ольга Хазова, заместитель заведующего бюро пропусков, АО «Атом-охрана»
Александр Чегодаев, директор по персоналу дочерних строительных организаций, АО АСЭ

Команда электроэнергетического дивизиона по поддержанию стабильности городов присутствия АЭС



«Устойчивое развитие»

2019 год

Команда волонтерского движения инжинирингового дивизиона по повышению социальной защищенности и благополучия населения

Активная молодежь Росатома вовлекла в волонтерские проекты более 2100 работников и студентов опорных вузов. Охват различными инициативами и адресной помощью при личном участии волонтеров — более 500 человек из различных социальных групп.

Состав команды:

Михаил Галактионов, руководитель проектного офиса по управлению корпоративной культурой и вовлеченностью, АО АСЭ

Наталья Иванова, инженер 3-й категории, «Атом-энергопроект»

Алексей Карсаков, руководитель направления, АО «РАОС Проект»

Роман Копылов, инженер 1-й категории, «Атомэнергопроект»

Михаил Кряжев, начальник управления, АО АСЭ

Алексей Романов, инженер 2-й категории, «Атом-энергопроект»

Александра Стенюшкина, художник-конструктор 3-й категории, АО «ОКБМ Африкантов»

Мария Турыгина, инженер 2-й категории, «Атом-энергопроект»

Александр Чегодаев, директор по персоналу дочерних строительных организаций, АО АСЭ

2020 год

Команда горнорудного дивизиона, реализовавшая в кратчайшие сроки инициативы, направленные на предупреждение распространения COVID-19

На имеющихся производственных мощностях и материально-сырьевой базе — без дополнительных затрат — разработан и налажен выпуск дезинфицирующих растворов и антисептических средств, соответствующих рекомендациям ВОЗ и требованиям Роспотребнадзора. 1000 баллонов кислорода, 45000 литров дезинфицирующих растворов и антисептических средств переданы медицинским учреждениям для лечения пациентов с COVID-19.

Состав команды:

Антон Бодров, главный инженер центральной научно-исследовательской лаборатории, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Константин Бутин, руководитель группы материально-технического снабжения, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Елена Вотинцева, руководитель группы лицензирования и страхования, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Вячеслав Галинов, руководитель группы, ООО «АРМЗ Сервис»

Валерий Журавлев, руководитель официального представительства администрации, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Александр Морозов, директор по науке — начальник Центральной научно-исследовательской лаборатории, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Александр Пицевич, энергетик цеха, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Татьяна Постникова, ведущий инженер-технолог, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Алина Устюжанина, начальник центра научно-технических инноваций, ООО «Ремонтно-механический завод»

Татьяна Федотова, заместитель руководителя официального представительства администрации, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»

Общепромышленная команда координаторов волонтерской деятельности

За период с апреля по июнь к волонтерскому движению присоединилось более 1000 сотрудников Росатома. Во время пиковой нагрузки весной 2020 года волонтерами Росатома обработано более 11000 заявок на оказание помощи в 41 городе присутствия госкорпорации.

Состав команды:

Лилия Баландова, руководитель направления управления предприятиями ЗСЖЦ, госкорпорация «Росатом»

Виктория Долина, руководитель направления корпоративной социальной ответственности и нефинансовой отчетности, АО «Атомредметзолото»

Татьяна Жукова, руководитель проекта, АО «Атом-энергомаш»

Елена Ключева, руководитель направления по корпоративной культуре, АО «ТВЭЛ»

Александра Лебедева, руководитель проекта по внутренним коммуникациям, ФГУП «Атомфлот»

Елена Маршалова, руководитель проектного офиса по развитию кадрового научного потенциала, ЧУ «Наука и инновации»

Юлия Осипенко, главный специалист управления по работе с персоналом ЯОК, госкорпорация «Росатом»

Анна Суслова, главный специалист управления развития корпоративной культуры департамента повышения эффективности, АО «Концерн Росэнергоатом»

Константин Фокин, главный эксперт, АО «Атомстрой-экспорт»

Ольга Шкабардня, руководитель направления проектного офиса по внутренним коммуникациям и КСО, госкорпорация «Росатом»

Команда электроэнергетического дивизиона по поддержанию стабильности городов присутствия АЭС

Командой обеспечено поддержание стабильности городов присутствия АЭС, здоровья и благополучия сотрудников и всех жителей с целью обеспечения безопасного функционирования объектов АЭС. Улучшены 20 объектов социальной инфраструктуры. Оказана поддержка лечебным учреждениям, организовано регулярное тестирование работников

дивизиона и вакцинация в городах АЭС. За 14 дней с начала карантина была создана система удаленных рабочих столов для 7000 человек в разных точках России. Все ключевые проекты проведены в онлайн-формате с охватом 23000 сотрудников отрасли.

Состав команды:

Сергей Васильев, главный эксперт, АО «Консист-ОС»

Андрей Веревкин, начальник отдела по социальной работе, АО «Концерн Росэнергоатом»

Мария Калинина, заместитель директора департамента — начальник отдела вознаграждения и социальной работы, госкорпорация «Росатом»

Наталья Конон, заместитель директора департамента повышения эффективности — руководитель Управления развития корпоративной культуры, АО «Концерн Росэнергоатом»

Ольга Кононова, главный специалист-координатор по работе с молодежью, АО «Концерн Росэнергоатом»

Александр Куданов, главный эксперт департамента кадровой работы, организации труда и мотивации персонала, АО «Концерн Росэнергоатом»

Николай Лебедев, главный эксперт департамента управления ИТ-проектами и интеграцией, АО «Концерн Росэнергоатом»

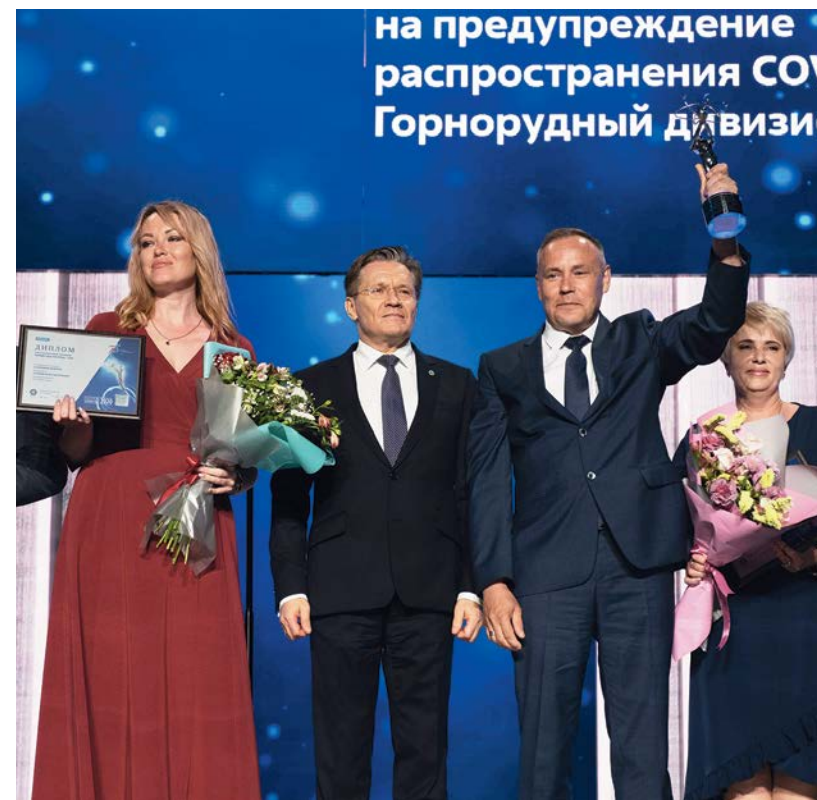
Елена Русакова, руководитель проекта управления развития корпоративной культуры, АО «Концерн Росэнергоатом»

Джумбери Ткебучава, первый заместитель Генерального директора по корпоративным функциям, АО «Концерн Росэнергоатом»

Борис Яремин, председатель первичной профсоюзной организации, профком АО «Концерн Росэнергоатом»

На фото

Алексей Лихачев награждает членов команды горнорудного дивизиона за реализацию инициатив, направленных на предупреждение распространения COVID-19





«Восходящая звезда»

2019 год

Диана Киджи, стажер старшего помощника капитана а/л «50 лет Победы», «Атомфлот»

В 24 года Диана Киджи стала вторым помощником капитана. В 2019 году на конференции RAO/CIS Offshore-2019 представила доклад по теме «Об особенностях обеспечения ледовой навигации в зимний период на морском канале п. Сабетта». Научно-квалификационная работа Дианы Киджи «Азимутальные методы определения места судна» стала победителем международных конкурсов научно-исследовательских работ по развитию Арктики.

Ксения Ларина, главный специалист, «Атомтех-энерго»

В качестве руководителя проекта Ксения Ларина создала ИТ-систему управления ПНР, ориентированную на развитие зарубежной деятельности. Сократила трудозатраты на разработку модулей системы,

по проекту достигнута экономия в размере 10 млн руб. Разработала комплексный паспорт проекта по созданию SCADA-системы современного дизайна для российского и зарубежных рынков. В 2019 году участвовала в реализации ПСР-проекта по цифровизации, в результате которого вдвое сократилось время протекания процесса сбора данных и выявления отклонений от графика выполнения ПНР.

2020 год

Ильнур Ляпин, младший научный сотрудник, АО «НИИГрафит»

Ильнур Ляпин разработал технологию получения композиционных материалов на основе карбида кремния с применением аддитивной печати на стадии формования заготовок: создал композицию для формования заготовок методом LDM-печати, позволяющую получать изделия с минимальным формоизменением на последующих стадиях обработки.

«Наставник года»

2019 год

Валентин Смирнов, научный руководитель, ЧУ «Наука и инновации»

При поддержке Сергея Кириенко в 2012 году Валентин Смирнов основал Высшую школу физики госкорпорации «Росатом» — отраслевой механизм развития научных школ в области экспериментальной и теоретической физики и подготовки научных лидеров, который до сих пор успешно реализуется.

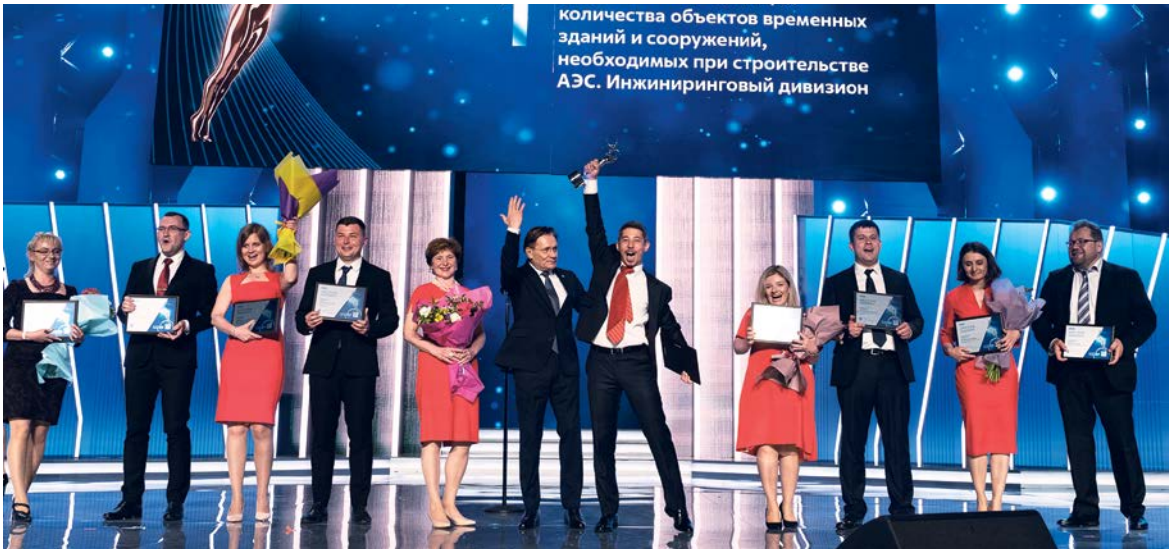
2020 год

Андрей Морозов, ведущий научный сотрудник отделения теплофизики, АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»

Андрей Морозов разработал и успешно применяет на практике собственную систему наставничества и подготовки научных специалистов высшей квалификации для атомной отрасли, начиная со школьной скамьи в рамках ранней профориентации. Она включает в себя: работу с одаренными детьми в ОЦ «Сириус», их привлечение к проектам, реализуемым в рамках партнерских образовательных программ Росатома, а также дальнейшее сопровождение и консультативную помощь при их поступлении в опорные вузы атомной отрасли, отбор студентов МИФИ и их привлечение к выполнению научных работ. В результате через 5–6 лет работы под руководством наставника формируется высококвалифицированный специалист-исследователь в области безопасности АЭС, готовый обеспечивать продвижение технологии ВВЭР на международном рынке.

На фото

Команда по оптимизации количества объектов временных зданий и сооружений, необходимых при строительстве АЭС (победа в номинации «Эффективность-2019»)



«Эффективность»

2019 год

Команда инженерингового дивизиона по оптимизации количества объектов временных зданий и сооружений, необходимых при строительстве АЭС

Благодаря вкладу команды отрасль получила инструмент для снижения себестоимости и сроков строительства АЭС: срок сооружения пионерной базы — с 7 до 3 месяцев; строительно-монтажной базы — с 5 до 3 лет; стоимость дорог, проездов и площадок — до 40–45%.

Состав команды:

Елена Артемьева, начальник оперативного отдела службы безопасности, АО «АККУЮ НУКЛЕАР»
Игорь Борко, главный специалист Центра трансфера технологий, АО АСЭ
Татьяна Василевич, советник Департамента имущественного комплекса, госкорпорация «Росатом»
Николай Виханский, вице-президент по капитальному строительству, АО АСЭ
Мария Зубкова, советник Дирекции Северного морского пути, госкорпорация «Росатом»
Юлия Коваленко, советник департамента международного бизнеса, госкорпорация «Росатом»
Александр Смирнов, инженер 1-й категории группы управления проектом АЭС «Аккую», АО «Атомэнергопроект»
Валентина Смирнова, эксперт управления капитального строительства по проектам сооружения АЭС, АО АСЭ
Роман Суворов, начальник управления серверной инфраструктуры, АО АСЭ
Игорь Табаев, руководитель Центра трансфера технологий, АО АСЭ

2020 год

Сборная команда постоянных улучшений по снижению затрат в горнорудном дивизионе

Команда добилась сокращения затрат уранодобывающих предприятий на 1,2 млрд руб. и снижения производственной себестоимости урана почти на 10%. Результат достигнут путем разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности добычи урана: применение узкозахватной техники, оптимизация горных работ, внедрение новых методов восстановления производительности и ремонтов технологических скважин.

Состав команды:

Евгений Гурулёв, заместитель главного инженера — главный геолог, АО «Хиагда»
Алексей Драчев, заместитель исполнительного директора — директор департамента по производственно-экономическому планированию и контроллингу, АО «Атомредметзолото»
Сергей Дунаев, главный горняк, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»
Камол Кадыров, первый заместитель генерального директора — директор по производству, АО «Далур»
Николай Луценко, начальник производственного отдела — заместитель директора по производству, АО «Далур»
Анатолий Михайлов, первый заместитель генерального директора — главный инженер, АО «Хиагда»
Александр Михайловский, руководитель направления, АО «Атомредметзолото»
Анна Плоскова, заместитель директора департамента — начальник управления по экономике горных производств, АО «Атомредметзолото»
Александр Рабольт, первый заместитель генерального директора — главный инженер, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»
Артем Шипилов, руководитель направления, АО «Атомредметзолото»

Человек года	На фото	Как подать заявку на участие
	Награждение за победу в номинации «На шаг впереди — 2020» 	 Маргарита Быкова Руководитель проекта, проектный офис по внутренним коммуникациям и корпоративной социальной ответственности госкорпорации «Росатом» В этом году мы провели самую масштабную церемонию награждения за всю историю конкурса. За два дня в Сочи были награждены 800 финалистов в 130 индивидуальных и командных номинациях сразу за два года — 2019 и 2020. Предложения по номинациям и развитию отраслевой программы признания текущего года традиционно собираются со всех организаций отрасли с июля по сентябрь. Сбор заявок происходит в конце года. Если у вас есть значимое достижение, не бойтесь заявить о нем на всю отрасль, награда обязательно найдет своего героя! Контакты для связи и ваших предложений: konkurs@rosatom.ru 8 (499) 949–49–02

«На шаг впереди»

2019 год

Команда горнорудного дивизиона по запуску серийного производства горно-шахтной техники на литийонных батареях

Состав команды:
Зуффар Акчурин, главный инженер Дирекции по поддержке производства, ООО «АРМЗ Горные машины»
Алексей Горяев, руководитель направления «Электротранспорт», ООО «РЭНЕРА»
Никита Масляков, руководитель проектов, ООО «АРМЗ Горные машины»
Игорь Мерескин, заместитель главного инженера по энергомеханическим вопросам, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»
Алексей Невский, директор по управлению основными фондами и технической политике, АО «Атомредметзолото»
Денис Перегудов, директор по коммерции и развитию, ООО «РЭНЕРА»
Олег Проскуряков, первый заместитель генерального директора по развитию, ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»
Игорь Семенов, исполнительный директор, ООО «АРМЗ Горные машины»

2020 год

Команда «Атомэнергопроект» и «АККУЮ НУКЛЕАР» по внедрению полимерных ПКМ для сооружения АЭС

Команда инициировала, разработала и внедрила техническое решение по замене стальных трубопроводов на трубопроводы из полимерных конструкционных материалов в системах техводоснабжения АЭС «Аккую». Общий экономический эффект от внедрения на всем жизненном цикле АЭС оценивается в сумму более 3 млрд руб.

Состав команды:
Павел Варлашкин, эксперт, «Атомэнергопроект»
Сергей Миназетдинов, заместитель начальника турбинного цеха по эксплуатации, АО «АККУЮ НУКЛЕАР»
Тюркел Ренгин, инструктор 2-й категории отдела подготовки оперативного персонала, АО «АККУЮ НУКЛЕАР»
Кутлу Севиль, специалист турбинного цеха, АО «АККУЮ НУКЛЕАР»
Алексей Соловьев, главный специалист, «Атомэнергопроект»
Вера Сурнина, начальник ПТОГТС, «Атомэнергопроект»

«Победа года»

2019 год

Команда Топливной компании «ТВЭЛ» и «Русатом — Международная Сеть», обеспечившая сохранение поставок российского топлива на европейский рынок на новый долгосрочный период

Команда смогла обеспечить подписание ряда взаимовыгодных контрактов с европейскими партнерами на поставки ядерного топлива для АЭС.

Состав команды:
Ольга Буравченко, главный специалист, АО «ТВЭЛ»
Олег Григорьев, старший вице-президент по коммерции и международному бизнесу, АО «ТВЭЛ»
Андрей Зирюков, главный специалист, АО «ТВЭЛ»
Юрий Кукушкин, главный специалист, АО «ТВЭЛ»
Татьяна Курбатова, руководитель проекта Департамента международного бизнеса, госкорпорация «Росатом»
Евгений Петренко, заместитель директора департамента по странам Азии и Африки, АО «Техснабэкспорт»
Павел Пименов, начальник отдела по сотрудничеству со странами СНГ и Восточной Европы, АО «ТВЭЛ»
Федор Соколов, директор департамента, АО «ТВЭЛ»
Вадим Титов, президент, ЧУ «Русатом — Международная Сеть»
Александр Угрюмов, вице-президент по научно-технической деятельности и качеству, АО «ТВЭЛ»

2020 год

Команда АО «Техснабэкспорт», обеспечившая подписание поправки к СПАР

Подписание поправки к Соглашению о приостановлении антидемпингового расследования (СПАР) позволяет продлить Соглашение до 2040 г. В результате переговоров госкорпорации «Росатом» и Министерства торговли США была решена ключевая задача: установлены предсказуемые правила доступа российской урановой продукции на рынок США на стратегическую перспективу.

Состав команды:
Алевтина Богданова, менеджер по развитию бизнеса Департамента по странам Америки, АО «Техснабэкспорт»
Мария Владимирова, заместитель генерального директора по коммерции, АО «Техснабэкспорт»
Игорь Евпланов, директор Департамента по странам Америки, АО «Техснабэкспорт»
Алексей Заботкин, начальник Управления сопровождения коммерческой деятельности Юридического департамента, АО «Техснабэкспорт»
Андрей Шляхтов, директор по правовым и корпоративными вопросам, директор Юридического департамента, АО «Техснабэкспорт»
Валерий Юматов, старший руководитель направления Управления сопровождения коммерческой деятельности Юридического департамента, АО «Техснабэкспорт»



«Команда года»

2019

Команда электроэнергетического дивизиона, обеспечившая ввод в промышленную эксплуатацию первого ЦОД данных в сети дата-центров мощностью 48 МВт

Первый Центр обработки данных в сети дата-центров мощностью 48 МВт построен и введен в промышленную эксплуатацию на площадке Калининской АЭС. Центр является крупнейшим в России и Европе, в нем функционируют узлы связи различных телеком-операторов, обеспечивая быструю и надежную связь со всем миром.

Состав команды:

Алексей Гусев, начальник отдела сопровождения строительства и организации эксплуатации ЦОД и инфраструктуры, АО «Концерн Росэнергоатом»

Роман Доронин, директор филиала АО «КОНСИСТ-ОС» «Калининский»

Алексей Егоров, заместитель директора по капитальному строительству — начальник управления капитального строительства, Калининская АЭС

Михаил Лысачев, генеральный директор, АО «КОНСИСТ-ОС»

Денис Меринов, начальник электрического цеха, Калининская АЭС

Сергей Мигалин, заместитель генерального директора по экономике и финансам, АО «Концерн Росэнергоатом»

Сергей Модин, начальник отдела ЭИС, филиал АО «КОНСИСТ-ОС» «Калининский»

Сергей Немченков, директор департамента, АО «Концерн Росэнергоатом»

Салават Рахматуллин, руководитель проекта отдела инжиниринга и развития ЦОД и продуктов, АО «Концерн Росэнергоатом»

Владимир Стручков, главный эксперт отдела технико-экономического анализа и сопровождения договоров, АО «Концерн Росэнергоатом»

2020

Кросс-дивизиональная команда по включению в энергосистему Республики Беларусь первого в Европе энергоблока поколения III+ Белорусской АЭС (инжиниринговый, электроэнергетический дивизионы)

Впервые за пределами Российской Федерации — на территории Республики Беларусь, включен в сеть энергоблок №1 Белорусской АЭС поколения III+, который был возведен по проекту АЭС-2006. Длительность сооружения энергоблока №1 Белорусской АЭС от даты ключевого события «Первый бетон» до даты включения энергоблока в сеть составила 84 месяца.

Состав команды:

Константин Баенков, директор филиала, Представительство АО «Энергоспецмонтаж» в Республике Беларусь

Наталья Бакушкина, заместитель директора проекта по сооружению Белорусской АЭС по экономике и финансам и корпоративным вопросам, АО ИК «АСЭ»

Игорь Богомолов, заместитель директора по производству и эксплуатации АЭС по новым блокам — руководитель управления обеспечения готовности, АО «Концерн Росэнергоатом»

Андрей Горонков, заместитель главного конструктора по насосному оборудованию, АО «ЦКБМ»

Александр Ермаков, заместитель главного конструктора оборудования обращения с топливом, АО «ОКБМ Африкантов»

Андрей Залозный, директор представительства, АО «Атомэнергоремонт» в Республике Беларусь

Николай Комогоров, начальник управления авторского надзора и рабочего проектирования Белорусской АЭС, АО ИК «АСЭ»

Олег Мамолин, директор департамента качества, АО «Концерн Росэнергоатом»

Андрей Марченко, директор департамента качества, АО «АЭМ-технологии»

Руслан Масагутов, заместитель директора по тепломонтажным работам реакторного отделения, Представительство АО ИК «АСЭ» в Республике Беларусь

Илья Попов, начальник управления поставок №4, АО ИК «АСЭ»

Вячеслав Соковых, заместитель главного инженера — начальник цеха тепловой автоматики и измерений, АО «Атомтехэнерго»

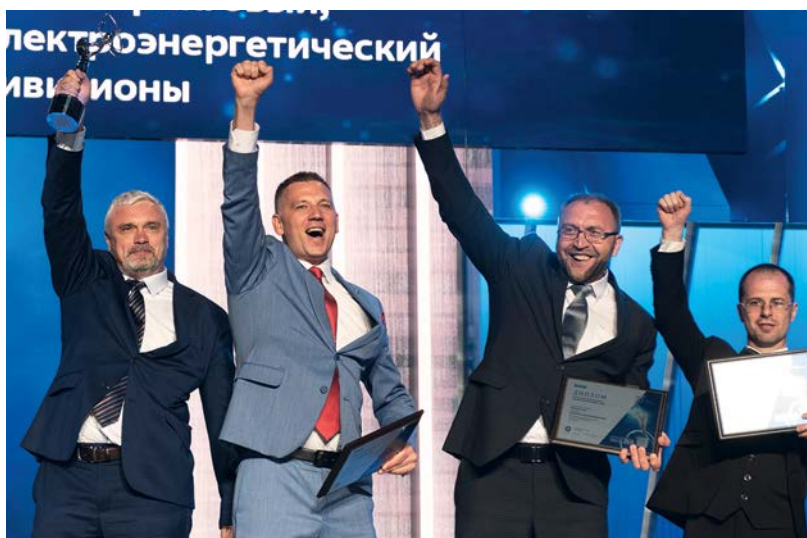
Михаил Щелин, руководитель проектного офиса по новым блокам, АО «Концерн Росэнергоатом»

Евгений Юркевич, начальник отдела календарно-сетевого планирования, АО ИК «АСЭ»

Также были вручены награды за 2019 и 2020 годы в специальной номинации «Вклад в обороноспособность России».

На фото

Награждение победителей в номинации «Команда года — 2020»



Арктические проекты: взгляд в будущее



