

Где искать батарейки для человечества?

Мировой энергетический ландшафт переживает беспрецедентную трансформацию, вызванную геополитическими новеллами, необходимостью декарбонизации из-за угрозы глобального потепления, и, конечно же, технологическими инновациями.

Страны отвечают на эти вызовы по-разному. Германия, например, закрыла все атомные электростанции, а граничащая с ней Франция - наоборот, вышла в лидеры по их использованию. Большинство членов Евросоюза отказываются от ископаемого топлива, ускоряя переход к потенциалу солнца, ветра и водорода. Китай и США ■ лидируют по инвестициям в возобновляемые источники энергии, одновременно активно развивая ядерные, а также аккумулятивные технологии. Россия сочетает традиционную энергетику с развитием атомной и возобновляемой и ищет решения в сфере термоядерного синтеза...

Какой путь оптимален для нас? Этот вопрос журнал «Экономика Беларуси» адресовал заведующему отделом развития топливно-энергетического комплекса Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Вадиму Кондрусеву.

Подальше от природного газа

Вадим Юрьевич, давайте начнем с азов: достаточно ли в энергосистеме Беларуси мощности генерирующих источников? И как мы выглядим с точки зрения энерговооруженности на фоне других?

— Даже в моменты пикового потребления — в самое холодное время, когда на максимум включено отопление и работает промышленность, Беларусь выглядит очень достойно.

Минувшая зима поставила рекорд одномоментной пиковой нагрузки — 7325 МВт, то есть около половины суммарной установленной мощности нашей энергосистемы. Даже с учетом того, что не весь потенциал используется единовременно, потому что есть ремонтные циклы, располагаемая мощность превышает 9000 МВт, что, как несложно подсчитать, почти на 1700 МВт превышает достигнутый пик потребления. А чем больше резерв, тем надежнее энергоснабжение.

Имеющиеся у нас мощности разных годов постройки, поэтому в первую очередь используются для покрытия возрастающей нагрузки наиболее эффективные из них, дающие максимальный экономический эффект, то есть те, у которых наименьший удельный расход топлива на производство 1 кВт ч электроэнергии.

По этому показателю еще до введения в действие Белорусской АЭС были все основания называть нашу энергосистему одной из наиболее эффективных на постсоветском пространстве. Максимально снизить средний удельный расход условного топлива удалось за счет реализации целого ряда государственных программ и масштабной модернизации 2005-2020 годов, стоившей около 10 млрд долларов.

В 2025 году на производство 1 кВт-ч электроэнергии потребовалось 241,2 г у.т., зимой 2026 года, когда низкие температуры позволили максимально задействовать самое эффективное оборудование, — 223-224 г у.т. Это очень высокий показатель. Белстат, например, опираясь на многолетний опыт, оперирует для перевода электрической энергии в условное топливо усредненным значением в 275 г у. т./кВт-ч, а энергосистема уже демонстрирует результаты на 50 г ниже.

Белорусская энергосистема сегодня - это электрические станции суммарной установленной мощностью свыше 13 тыс. МВт, в том числе: тепловые - около 10,9 тыс. МВт,

Белорусская АЭС - 2340 МВт, гидроэлектрические - около 100 МВт, * солнечные фотоэлектрические (термоэлектрические) установки - более 270 МВт, ветроустановки - свыше 100 МВт.

Доминирующим энергоресурсом в Беларуси много лет был импортируемый из России природный газ. Как меняется ситуация?

— В начале 2000-х цена природного газа колебалась на уровне 30 долларов за тысячу кубометров, но уже к 2004-му подскочила в полтора раза, до 46 долларов. Хотя на фоне сегодняшних тарифов это смешные цифры, тем не менее импульс был достаточным, чтобы срочно искать замену. Беларусь взяла курс на местные виды топлива, включая возобновляемые источники энергии.

Мощный стимул тема получила с принятием в 2010 году закона о возобновляемой энергетике, стимулирующего инвестиции в ее производство и гарантирующего производителям подключение к государственными сетям. Параллельно, конечно, прорабатывался вопрос строительства ядерных мощностей.

Беларусь долго не решалась на строительство АЭС - очевидно, сыграл свою роль черныбыльский фактор. Но в 2011-м стоимость импортируемого газа достигла 265 долларов за тысячу кубов и не собиралась останавливаться. Это ускорило принятие окончательного решения. Дальше все развивалось быстро: в июне 2021 года введен в эксплуатацию первый энергоблок, в ноябре 2023-го — второй, сейчас оба работают на полную мощность—2340 МВт.

Как результат, доля природного газа в производстве тепловой и электрической энергии с величины свыше 90% до 2020-го снизилась до 65,4% в 2024 году, а в валовом потреблении топливно-энергетических ресурсов: с 60 % с лишним — до 52,9 %.

Обратная сторона АЭС

Белорусскую АЭС можно отнести к зеленой энергетике?

— Да. В классическом понимании зелеными принято считать источники

энергии, использующие энергию солнца, ветра, воды, биомассы, биогаза. Однако в 2022 году Европарламент расширил линейку, включив в нее и ядерную энергетику. Инвестиции в эту отрасль, по мнению экспертов Евросоюза, не навредят окружающей среде и будут способствовать достижению климатической нейтральности к 2050 году.

Третий энергоблок Белорусской АЭС, решение о строительстве которого уже принято, даст импульс дальнейшему снижению газовой зависимости примерно на 6—7%. Точные цифры назвать сложно, поскольку они зависят от длительности в каждом конкретном году обязательных планово-предупредительных ремонтных циклов энергоблоков по регламенту эксплуатации оборудования.

Есть ли у Белорусской АЭС обратная сторона медали?

— Основные проблемы возникают в связи с очень большой единичной мощностью энергоблоков. До 2020 года в стране самыми крупными и эффективными энергоисточниками были парогазовые установки на 400 МВт. Их всего три — на Березовской и Лукомльской ГРЭС и ТЭЦ-5 в поселке Дружный под Минском. А установленная мощность каждого из двух блоков Белорусской АЭС втрое больше.

Это актуализирует создание резервных мощностей. По правилам обеспечения надежности работы энергосистемы, в быстродействующем резерве должны быть мощности не меньше самого крупного включенного в сеть блока. Ранее резервирование 400 МВт обеспечивалось просто за счет режимных мероприятий — происходило распределение горячего резерва, как мы его называем, по станциям высокого давления, включенные энергоблоки которых были частично недогружены и в любой момент могли выдать нужную дополнительную мощность.

С появлением в энергосистеме блоков АЭС по 1200 МВт неминуемо возникает вопрос о резервировании еще 800 МВт. Размещение столь крупного горячего резерва на включенных энергоблоках привело бы к значительному ухудшению технико-экономических показателей их работы. Решением проблемы стало

строительство дополнительных 800 МВт пиково-резервных мощностей, которые могут находиться в холодном, то есть неработающем, состоянии и при необходимости достичь номинала мощности через 15 минут после включения, как того требуют нормативы.

Вторая проблема — суточная неравномерность нагрузок. По понятным причинам в вечернее и особенно ночное время суток снижается потребление электричества предприятиями, организациями и населением, а в утренние часы начинает расти, достигая пика днем.

В итоге на спадах возникает ситуация, когда выработка энергии от атомных мощностей, ТЭС, а также от всех возобновляемых источников, выкуп которой остается обязательным, может значительно превысить ее потребление. И поскольку невозможно выдать мощность больше, чем ее готовы использовать, нужно ограничивать генерацию, в том числе до минимума, при котором существенно снижается КПД, либо останавливать ее вовсе. Такие неэффективные режимы приводят к перерасходу топлива и быстрому износу оборудования, ведь металл имеет свойство скорого старения при перепадах температур.

Технологии ядерных блоков ВВЭР-1200 Белорусской АЭС не позволяют маневрировать — их разгрузка, при условии сохранения необходимых параметров безопасности, возможна не более чем до 80 % от номинальной мощности. Но при этом экономически нецелесообразна, поскольку максимальная загрузка АЭС обеспечивает скорейшую окупаемость значительных инвестиций в ее строительство. Ограничение возобновляемых источников запрещено законом. Таким образом, для сглаживания суточных дисбалансов остаются доступными только ТЭС (конденсационные и тепловые) со шлейфом минусов в виде перерасхода топлива и ускоренного износа оборудования.

Традиционно проблема решается при помощи пиково-резервных источников. То есть если мы прогнозируем нехватку, например, 100 МВт мощностей, то нет нужды запускать целый блок, растапливая его сутками. Можно просто включить

пиковые резервные мощности, которые технологически рассчитаны на частые пуски и остановки.

Кроме этого, были заранее предусмотрены электродоты, позволившие снизить разгрузку ТЭС за счет увеличения потребления электроэнергии в ночные часы. Их планировалось около 1116 МВт — 916 в системе ГПО «Белэнерго» и 200 в сторонних организациях. Энергетики выполнили свои обязательства к концу 2020 года. Это оборудование вырабатывает тепловую энергию, притом с КПД очень близким к 100 %, потому что потери там минимальные. А потом тепловая энергия расходуется либо на собственные нужды станции, либо накапливается в баках-аккумуляторах, работающих по принципу термоса. Ночью тепло копят, а днем, когда возрастает потребность, отдают в сеть.

Пиково-резервные источники и электродоты используются достаточно эффективно и не утратят актуальности после строительства третьего энергоблока либо второй АЭС.

Такси как индикатор выгоды

Как может изменить ситуацию третий блок АЭС?

— Накануне принятия решения о строительстве АЭС, исходя из достигнутых темпов роста экономики в двух предыдущих пятилетках, предполагалось, что уже к 2020-му стране понадобится не менее 47 млрд кВт-ч. При таком уровне электропотребления не потребовалось бы создание дополнительных условий увеличения спроса. Пока имеем на 4 млрд меньше. Но восходящий тренд уже задан при помощи тарифной политики и других мероприятий, стимулирующих применение электронагрева для отопления и горячего водоснабжения зданий, электротехнологий в производстве и развитие электротранспорта. Имеем за прошлую пятилетку плюс 5 млрд кВт-ч. Правительство уже ставит цель увеличить к 2030 году количество электротранспорта на наших дорогах до 300 тыс., притом что в конце 2025 года курсировало около 50 тыс. Наблюдаем, как таксисты пересаживаются на

электромобили — верный индикатор выгоды использования электротранспорта в стране.

Кроме того, Белкоммунмаш в последние годы собирает троллейбусы с автономным ходом, а МАЗ — автобусы на электрической тяге. Можем закрывать внутренние потребности, не покупая технику за рубежом. Не исключена возможность создания новых производств с широким использованием электротехнологий. Целые массивы жилья строятся с электроотоплением — минские «Северный Берег» (вторая и третья очереди), «Зеленый Бор», дома в Гродно, Могилеве. Растет потребность в электроэнергии у владельцев частных домов и дач, особенно при отсутствии газовой инфраструктуры. Тарифы на электроотопление невысокие, и первое время энергетики переживали бум обращений строителей, домовладельцев и дачников.

Но, к сожалению, сети у нас рассчитывались исходя из советских стандартов, что жилой дом должен потреблять до 4 кВт электрической мощности. Освещение, телевизор, утюг, стиральная машина, и то не все бытовые приборы одновременно. А для электродомов надо не менее 12 кВт, а лучше 15 или даже 20 кВт. Но сечение провода старое, трансформатор под эту нагрузку не рассчитан. Возникают сложности — сети надо менять, одномоментно это сделать невозможно.

Но работа ведется, энергетики поставили себе на следующую пятилетку амбициозные задачи. Программа комплексной модернизации энергетической сферы на 2021-2025 годы предусматривала строительство, начиная с 2022-го, 2,7 тыс. км энергосетей в год. Задача выполнена, хотя и требовала напряженной работы. В программе на следующую пятилетку — по 3,5 тыс. км в год. Уверен, и эти показатели будут выполняться, энергетики у нас дисциплинированы и обязательны. Поэтому доступность электроснабжения будет возрастать.

В нынешней пятилетке стране более чем хватает генерирующих источников, достаточно только реконструкции мощностей, пришедших в негодность в

результате износа из-за длительной эксплуатации.

Исходя из сложившихся тенденций можно прогнозировать, что к 2030 году потребление электроэнергии в стране достигнет 47 млрд кВт-ч, а к 2035 году — превысит 50 млрд кВт-ч. Если все пойдет согласно прогнозам и планам, то и с пуском за горизонтом 2035 года третьего энергоблока АЭС энергия будет востребована. Ясно одно: от использования природного газа надо уходить как от исчерпаемого ресурса, за который будут бороться потребители, взвинчивая цены.

Зеленый потенциал Беларуси

Поговорим о неисчерпаемых ресурсах. Природа была щедра к некоторым странам: в Таджикистане быстрые и полноводные реки, и 92% генерирующих мощностей страны — это гидроэлектростанции. В Дании ветрено, и доля ветроэнергетики в национальном энергобалансе — более 56 %. Какими возобновляемыми энергоресурсами богата Беларусь?

— У нас, увы, нет горных рек, а на водохранилищах при строительстве ГЭС приходится создавать водный поток, формируя обширные бетонные ложа. Это трудо- и ресурсозатратно.

Наиболее приемлемые скорости ветра только на больших высотах, поэтому Новогрудская и другие мощные ветроэлектростанции республики имеют очень высокие мачты (80 м). Энергетики оперируют таким показателем, как коэффициент использования установленной мощности (КИУМ). Для таких установок в Беларуси он составляет около 0,3, то есть потенциал используется на 30 %, но на более низких высотах он существенно ниже. Кроме того, строить такие ветряки недешево, и по истечении срока их эксплуатации встает проблема утилизации отработавших лопастей и гондол, изготовленных из стекловолокна.

С солнцем тоже непросто: ясных солнечных дней у нас около 30 в год, еще примерно 150 — с переменной облачностью. И КИУМ фотоэлектрических станций значительно ниже, чем у других возобновляемых источников энергии. Да,

низкопотенциальные фотоэлектрические станции могут питаться и от лунного света, но их КИУМ меньше 0,1, у полноценной фотоэлектрической станции — вдвое больше. Гораздо более высокая отдача от гелиоколлекторов — устройств для нагрева воды. Энергию солнца удобно и эффективно аккумулировать. Простейшая вещь, летом многие дачники получают таким образом горячую воду. Однако в условиях Беларуси использование этих установок в промышленных масштабах неоправданно.

Хотя парадокс в том, что с момента принятия закона о развитии возобновляемых источников энергии у нас интенсивное развитие получили использующие солнце и ветер, имеющие самый низкий потенциал. А мировые лидеры в зеленой энергетике всегда опираются на свои сильные стороны.

В результате мы получаем не только низкую отдачу, но и проблемы: примерно к 2040 году придется решать, куда деть 20 тыс. т отработанных солнечных панелей и 33 тыс. т композитных лопастей ветряков — отходов, разлагающихся сотни лет.

Недооцененным, на наш взгляд, остался такой источник, как биогаз, то есть метан, получаемый от разложения без доступа воздуха органических отходов. В Беларуси 1683 молочных и 100 свиноводческих комплексов, 20 птицефабрик и 24 птицеводческих хозяйства, которые ежегодно генерируют миллионы тонн органических отходов. Из них можно получить 1,2 млрд куб. м биогаза, что эквивалентно 0,95 млн т условного топлива. Причем побочный продукт производства биогаза — экологически чистое органическое удобрение, благодаря высоким температурам очищенное от сорняков.

Для использования этого потенциала необходимо нарастить мощность биогазовых установок до 350 МВт — более чем в 16 раз. Но проблема в том, что они не очень дешевы, первоначальные капитальные затраты оцениваются примерно в 3 тыс. долларов на 1 кВт Установленной мощности. Затраты можно снизить, если бы удалось локализовать производство необходимых газопоршневых установок в Беларуси. Около 20 лет назад их пытались создавать,

даже опытные образцы появились, но дальше дело не пошло. Есть над чем поработать нашим ученым, ведь если производить обогатование на родине, капитальные затраты снизятся вдвое.

А еще лес, раскинувшийся более чем на 9,7 млн га (40% площади страны), остается нашим огромным зеленым капиталом. Даже при умеренном уровне переработки (4,5 млн кубометров в 2024 году) ежегодно образуется более 500 тыс. куб. м древесных отходов, а это готовое топливо. Чтобы превратить их в электричество, необходимо нарастить мощности мини-ТЭЦ на древесном сырье до 230 МВт — больше чем вдвое.

Будет ли это выгодно с экономической точки зрения?

— Хороший вопрос. Использование древесины эффективно в производстве электрической энергии, но есть важное условие — оптимальное плечо подвоза. Чтобы доставить щепу, нужно погрузить в лесу отходы рубки, использовать топливо для работы транспорта, перевезти, разгрузить, перемолоть. Если радиус доставки до 30 км, есть смысл заниматься. Для крупных энергоисточников плечо доставки может быть несколько больше.

В Беларуси немногие крупные электростанции работают на щепе — на Жодинской ТЭЦ установлен котел паропроизводительностью 60 т/ч, на Вилейской уже втрое меньше мощностей... Но даже для таких объемов доставка сырья съедает экономический эффект. Выгоднее иметь небольшие источники генерации в лесистых местах, недалеко от мест рубки и деревообработки. Это позволит локально уходить от использования природного газа.

Торф — тоже местный энергоресурс. Беларусь по его добыче занимает 3-е место в мире после Финляндии и Германии (более 2 млн т ежегодно). Но, во-первых, он не относится к числу возобновляемых, есть опасность использовать его быстрее, чем образуется. Во-вторых, топить торфом в условиях роста в мире спроса на плодородный грунт из-за истощения почв равносильно сжиганию валюты. Наиболее перспективным направлением использования торфа является его комплексная глубокая переработка и

получение продукции с высокой добавленной стоимостью.

В Государственной программе «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026 — 2030 годы намечено укрепление энергетической самостоятельности Беларуси с учетом максимально возможного вовлечения местных энергоресурсов, в том числе возобновляемых, и выработки до 17,9 млрд кВт-ч в год на Белорусской АЭС.

Предусматривается ввод в эксплуатацию 48 энерго-источников на местных ресурсах суммарной тепловой мощностью до 250 МВт, в том числе на 22 объектах за-планирована установка пеллетных котлов.

Как уживаются в других странах атомная и зеленая энергетика? Не вступают ли в противоречие?

— Отнюдь. Более того, есть закономерность: страны, активно развивающие атомную энергетику, уделяют очень много внимания использованию возобновляемых ресурсов. Семь стран из топ-10 по развитию атомной энергетики одновременно находятся в десятке лидеров по использованию возобновляемых энергоресурсов. Так что наша государственная политика в энергетике находится в русле мировых тенденций.

Если заглянуть еще дальше, за 2035 год — за счет каких ресурсов будет удовлетворяться растущий спрос на электроэнергию?

— Понятно, что электропотребление будет расти. Вскоре наступит время износа имеющихся газовых мощностей, и неминуемо возникнет вопрос, нужно ли вкладываться в такие же либо строить атомные электростанции.

Беларусь и сегодня по установленной мощности АЭС на душу населения занимает 6-е место на фоне стран из топ-10 по развитию атомной энергетики, обойдя Китай, Японию, Россию и другие страны. Нам нужна еще одна АЭС?

— Но ведь можно строить энергоблоки гораздо меньшей мощности. Благо, технологии уже есть, атомный ледокольный флот России работает на

реакторах мощностью до 55 МВт. Атомоходы в России активно эксплуатируются более 60 лет, и все эти годы судовые реакторные установки постоянно совершенствовались. Сегодня ГК «Росатом» предлагает заказчикам атомные станции малой мощности в наземном и плавучем исполнении.

Возможность выбора мощности с шагом в 55 МВт позволяет оптимизировать АЭС под условия электропотребления и структуру генерации в каждом конкретном случае, это одно из преимуществ. Кроме того, для станций небольших размеров проще найти подходящие площадки с соблюдением требований безопасности и водоснабжения. Несколько можно построить в разных регионах, и они станут точками роста, создадут рабочие места, привлекут высококвалифицированный персонал.

Есть и другие преимущества: распределенная генерация повышает надежность энергосистемы и снижает потери при передаче. Строительство можно вести поэтапно, по мере роста спроса на электроэнергию и в требуемых объемах. А небольшой срок сооружения малых атомных станций — 4 года — дает возможность оперативно принимать решения.

И наконец, маневренность реакторов РИТМ-200Н и время набора мощности (6% в минуту) позволяют блокам разгружаться до 30 % от номинала и возвращаться не более чем за 12 минут, что на 3 минуты меньше времени выхода из отключенного состояния на номинальную мощность пиково-резервных энергоисточников. Это дает возможность маневрировать в большом диапазоне суточной неравномерности нагрузок, исключая необходимость строительства дополнительных пиково-резервных энергоисточников, электрокотлов и накопительных систем.

Но сможем ли мы обеспечить безопасность растущего количества атомных станций?

— Уровень радиационной безопасности малых реакторов сопоставим с ВВЭР-1200, Белорусской АЭС. В России, к слову, уже есть не только ледоколы с атомными реакторами, но и плавучая

передвижная атомная электростанция, и в отдаленных северных районах реализуются проекты по строительству малых АЭС. Узбекистан тоже строит станцию с малыми блоками — 6 реакторов по 55 МВт каждый.

Но ядерное топливо также исчерпаемо, тем более если все страны начнут переходить на его использование?

— Все в итоге конечно, но запасов урана гораздо больше, чем природного газа и нефти. К слову, как-то Жоресу Алферову во время выступления в Национальной академии наук Беларуси задали вопрос, каким он видит будущее энергетики. Он ответил однозначно: солнце!

Но в Беларуси мало солнца!

— Скажем так: просто пока нет высокоэффективных технологий преобразования солнечной энергии. Но они очень быстро развиваются, другого пути просто нет. Газ и нефть закончатся до конца столетия, ядерное топливо — за сотни лет...

Р.С. Это последнее интервью Вадима Юрьевича Кондрусева. Редакция журнала «Экономика Беларуси» выражает соболезнование родным и близким скоропостижно ушедшего из жизни ученого.

Вадим КОНДРУСЕВ