

УДК 621.3

ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ АЭС В БЕЛАРУСИ

Смоляков Е.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Новаш И.В.

Вопрос строительства Белорусской атомной электростанции поднимался еще в 1990-х годах. Было определено более 72 площадок, которые пригодны для размещения и строительства станции. Из них было выбрано 4 возможных варианта: Верходвинская, Краснополянская, Кукшиновская и Островецкая площадки. В ноябре 2008 года в результате тщательного отсеивания в качестве окончательного места для строительства АЭС была выбрана Островецкая площадка.

По данным геофизических изысканий и проведенным сейсморазведочным работам величина проектного землетрясения определена на уровне 6 баллов, что не влияет на безопасность, современные движения земной коры не превышают нормативных значений, основанием основных сооружений будут служить глинистые и песчаные грунты прочные и средней прочности. Площадка обеспечена ресурсами пресных подземных вод (для питьевых нужд). По результатам гидрологических исследований основным источником технического водоснабжения для подпитки системы охлаждения АЭС является река Вилия. Длина технических водоводов составит около 6 км. Существует источник резервного водоснабжения – водохранилище Ольховской ГЭС. Несущая способность грунтов высокая. Грунтовые воды безнапорные, залегают на глубинах более 15 м. По результатам изучения условий землепользования выявлено, что 90 % земель – сельскохозяйственные угодья. К зонам радиоактивного загрязнения указанная площадка не относится. Протяженность подъездных железнодорожных путей составит около 32 км, автомобильных дорог – 4 км от трассы Р-48. Запрещающих и неблагоприятных факторов для размещения АЭС нет.

Целесообразность строительства атомной электростанции в Республике Беларусь обусловлена следующими факторами:

- низкой обеспеченностью собственными топливными ресурсами;
- необходимостью диверсификации видов энергоносителей и замещения части импортируемых ископаемых природных ресурсов – природного газа и нефти;
- возможностью снижения себестоимости производимой энергосистемой электроэнергии; возможностью производства электроэнергии с целью экспорта;
- включение в энергобаланс Республики Беларусь ядерного топлива позволит повысить экономическую и энергетическую безопасность страны;
- замещается значительная часть импортируемых энергоресурсов (до 5,0 млн. тонн условного топлива в год) и изменяется структура топливно-энергетического баланса страны;
- введение в энергобаланс АЭС приведет к снижению себестоимости производимой энергосистемой электроэнергии за счет уменьшения затрат на топливо;
- работа атомных электростанций в значительно меньшей мере зависит от непрерывности поставок и колебаний цен на топливо, чем станций на органическом топливе;
- строительство АЭС приводит к необходимости решения вопроса включения данной станции в белорусскую энергосистему с наименьшими потерями с экономической и энергетической стороны.

С конца 1960-х годов начинается бум ядерной энергетики. В это время возникло две иллюзии, связанные с ядерной энергетикой. Считалось, что энергетические ядерные реакторы достаточно безопасны, а системы слежения и контроля, защитные экраны и обученный персонал гарантируют их безаварийную работу, а также считалось, что ядерная энергетика является «экологически чистой», т. к. обеспечивает снижение выброса парниковых газов при замещении энергетических установок, работающих на ископаемом топливе.

Иллюзия о безопасности ядерной энергетики была разрушена после нескольких больших аварий в Великобритании, США и СССР, апофеозом которых стала катастрофа на

чернобыльской АЭС. Катастрофа в Чернобыле показала, что потери при аварии на ядерном энергетическом реакторе на несколько порядков превышают потери при аварии на энергетической установке такой же мощности, использующей ископаемое топливо. В эпицентре аварии уровень загрязнения был настолько высок, что население ряда районов пришлось эвакуировать, а почвы, поверхностные воды, растительный покров оказались радиоактивно зараженными на многие десятилетия. При этом в отношении чернобыльского выброса многое остается неизвестным, и риск здоровью населения от аварийных выбросов этой АЭС существенно занижен, т. к. в большинстве стран СНГ отсутствует хорошая медицинская статистика. Рядом исследователей США было установлено, что с мая по август 1986 года, наблюдался значительный рост общего числа смертей среди населения, высокая младенческая смертность, а также пониженная рождаемость, связанные с высокой концентрацией радиоактивного йода – 131 из чернобыльского облака, накрывшего США.

За четыре летних месяца возросло количество смертей от пневмонии, разных видов инфекционных заболеваний, СПИДа по сравнению со средним числом смертей за этот период в 1983–85 годах. Все это с высокой статистически достоверной вероятностью связано с поражением иммунной системы чернобыльскими выбросами. Такой же точной статистики нет и для большинства других стран, исключая Германию. На юге Германии, где чернобыльские выпадения были особенно интенсивными, младенческая смертность возросла на 35 %.

Стоит отметить, что при строительстве белорусской АЭС уделено достаточно внимания вопросам безопасности самой станции. В проекте применяются самые современные средства и системы безопасности: четыре канала систем безопасности (дублирующие друг друга), устройство локализации расплава, двойная защитная оболочка здания реактора, система удаления водорода, системы пассивного отвода тепла; предусмотрена защита станции от разнообразных внешних воздействий.

Высокая степень безопасности Белорусской АЭС обеспечена множеством факторов. Основные из них – это принцип самозащитности реакторной установки, наличие нескольких барьеров безопасности и многократное дублирование каналов безопасности. Необходимо отметить также применение активных (то есть требующих вмешательства человека и наличия источника энергоснабжения) и пассивных (не требующих вмешательства оператора и источника энергии) систем безопасности.

Система безопасности современных российских АЭС состоит из четырех барьеров на пути распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду [1]. Первый – это топливная матрица, предотвращающая выход продуктов деления под оболочку тепловыделяющего элемента. Второй – сама оболочка тепловыделяющего элемента, не дающая продуктам деления попасть в теплоноситель главного циркуляционного контура. Третий – главный циркуляционный контур, препятствующий выходу продуктов деления под защитную герметичную оболочку. Наконец, четвертый – это система защитных герметичных оболочек, исключая выход продуктов деления в окружающую среду.

Однако опасность ядерной энергетики лежит не только в сфере аварий и катастроф. Даже без них около 250 радиоактивных изотопов попадают в окружающую среду в результате работы ядерных реакторов. Эти радиоактивные частицы вместе с водой, пылью, пищей и воздухом попадают в организмы людей, животных, вызывая раковые заболевания, дефекты при рождении, снижение уровня иммунной системы и увеличивают общую заболеваемость населения, проживающего вокруг ядерных установок.

Департамент общественного здравоохранения штата Массачусетс с 1990 года установил, что у людей, живущих и работающих в двадцатимильной зоне АЭС «Пилигрим», около города Плимут, в 4 раза выше заболеваемость лейкемией, чем ожидалось. Статистически заметное увеличение случаев заболеваний лейкемией и раком обнаружено в окрестностях АЭС «Троян» в городе Портленд, штат Орегон. Заболеваемость лейкемией детей в поселке около британского ядерного центра в Селлафилде в 10 раз выше, чем в

среднем по стране, и, несомненно, связана с его работой. Это стало известно в 1990 году, а недавно официально подтверждено Британским комитетом по радиологии.

Даже когда АЭС работает нормально, она обязательно выбрасывает изрядное количество радиоактивных изотопов инертных газов. Также как радиоактивный йод концентрируется в щитовидной железе, вызывая ее поражение, радиоизотопы инертных газов, в 70-е годы, считавшиеся абсолютно безвредными для всего живого, накапливаются в некоторых клеточных структурах растений хлоропластах, митохондриях и клеточных мембранах.

Радиоизотопы газов вызывают и такой феномен как столбы ионизированного воздуха над АЭС. Эти образования могут наблюдаться с помощью обыкновенных радиолокаторов на расстоянии в сотни километров от любой АЭС. Одним из основных выбрасываемых инертных газов является криптон-85. Уже сейчас ясна его роль в изменении электропроводности атмосферы. Количество криптона-85 в атмосфере (в основном за счет работы АЭС) увеличивается на 5 % в год. Уже сейчас количество криптона-85 в атмосфере в миллионы раз выше, чем до начала атомной эры. Этот газ в атмосфере ведет себя как тепличный газ, внося тем самым вклад в антропогенное изменение климата Земли. Криптон трудно улавливается фильтрами и очень подвижен в атмосфере (в том числе и потому, что не поглощается ни Мировым океаном, ни почвами). Масштабы образования криптона-85 при работе реактора на несколько порядков выше, чем всех остальных радионуклидов. Криптон как химический элемент не вовлекается в биологические процессы. Однако он поглощается тканями тела при дыхании и хорошо растворяется в жировых тканях человека и животного, блокируя электропроводность тканей. Малые дозы облучения криптоном-85 повышают частоту рака кожи, он очень опасен для беременных. Количество криптона-85 в атмосфере ежегодно увеличивается. Сейчас содержание криптона-85 в атмосфере в миллионы раз выше, чем до «начала атомной эры».

Нельзя не упомянуть и проблему другого бета-излучателя, образующегося при всякой нормальной работе АЭС, трития, или радиоактивного водорода. Доказано, что он легко связывается с протоплазмой живых клеток и тысячекратно накапливается в пищевых цепочках. Кроме того, надо добавить загрязнение тритием грунтовых вод практически вокруг всех АЭС. Ничего хорошего от замещения части молекул воды в живых организмах тритием ждать не приходится. Когда тритий распадается (период полураспада 12,3 года), он превращается в гелий и испускает сильное бета-излучение. Это особенно опасно для живых организмов, так как может поражать генетический аппарат клеток.

Тритий может замещать водород во всех соединениях с кислородом, серой, азотом. А эти элементы входят в животных организмов. Доказано, что он легко связывается протоплазмой живых клеток и накапливается в пищевых цепях. Когда тритий распадается, он превращается в гелий и испускает бета-излучение. Эта трансмутация должна быть очень опасной для живых организмов, т. к. при этом поражается генетический аппарат клеток.

Любая АЭС наносит биосфере и населению существенный вред, обусловленный выбросами образующихся в реакторе радионуклидов. Это и детская лейкемия, и повышенный уровень младенческой смертности, и рак груди, и многие другие беды жителей, живущих недалеко от АЭС, подтвержденные исследовательскими центрами с мировым именем.

В процессе работы АЭС образуются жидкие, газообразные, аэрозольные и твердые радиоактивные отходы. Причем, часть газообразных не улавливается полностью очистными системами и попадает в окружающую среду. Реактор типа ВВЭР образует в год около 40000 Ки газообразных радиоактивных отходов.

В мире быстрыми темпами растет стоимость вывоза, переработки и захоронения облученного ядерного топлива (ОЯТ). Российский соответствующий «сервис» стоит уже около 1000 долларов за килограмм! В других странах – еще дороже. К тому же многие страны вообще запретили ввоз на свою территорию чужих ядерных отходов.

Имеющиеся хранилища облученного ядерного топлива рассчитаны на сроки эксплуатации, которые в десятки раз короче сроков активности помещенных туда отходов. Они уже ненадежны, но никто и нигде не знает, что делать с ними дальше. Ответственность перекладывается на плечи будущих поколений.

Для любой электростанции, вне зависимости от того, на каком топливе она работает, по умолчанию предпочтительна работа в базовом режиме несения нагрузки. Дело в том, что работа в переменном графике неизбежно снижает суммарное число часов использования установленной мощности и, как следствие, ухудшает ключевые показатели экономической эффективности.

Но в энергосистемах большинства стран мира в базовом режиме работают, как правило, АЭС. У атомных станций доля топливных затрат в себестоимости ниже, чем у газовых и угольных ТЭС, но их строительство обходится дороже – при прочих равных эти факторы делают работу АЭС в маневренном режиме менее выгодной с экономической точки зрения. В последнее время взгляд на то, каким должен быть оптимальный режим работы АЭС, постепенно меняется. Хотя средняя доля атомной генерации в энергобалансе, например, России составляет 20 %, в некоторых частях энергосистемы страны вклад АЭС значительно выше (в ОЭС Центра – более 42 %, Северо-Запада – 36 %, Средней Волги – 31 %) [2]. Это означает, что вопрос функционирования энергоблоков АЭС в маневренном режиме для обеспечения стабильной работы энергосистемы необходимо рассматривать уже сейчас.

Способность АЭС участвовать в регулировании нагрузки энергосистемы – один из решающих факторов развития атомной энергетики в стране, а также продвижения российского предложения на мировом рынке. В связи с этим в отрасли задумались, как сделать блоки АЭС, особенно вновь вводимые или перспективные, например, ВВЭР-ТОИ, более маневренными при том же уровне надежности и безопасности.

Маневренность электростанций играет очень важную роль в моменты просадок потребления. График потребления электроэнергии изменяется в течение дня, что требует перевода отдельных электростанций на пониженную мощность выработки, так как излишек энергии невозможно накапливать. Это значит, что выработка электроэнергии зависит от потребления в данный момент времени.

Регулирование мощности в энергосистеме может осуществляться в четырех основных режимах. Работа в базовом режиме предполагает, что поддерживается номинальная мощность энергоблока при незначительных отклонениях.

Первичное регулирование частоты энергосети – это автоматическое регулирование, основанное на изменении локальной частоты в сроки от нескольких секунд, чтобы установить баланс между производством и нагрузкой, а также ее стабилизации.

Вторичное регулирование частоты энергосети, ручное или автоматическое, производится на объекте генерации для восстановления частоты и полезной мощности до их стационарных значений в течение нескольких минут. Режим суточного регулирования мощности подразумевает использование программы изменения мощности, предусматривающей несколько (как правило, одно или два) изменений мощности энергоблока в течение суток.

С технической точки зрения работа энергоблоков АЭС в маневренном режиме возможна, что неоднократно было продемонстрировано на практике в различных странах мира. Наибольший опыт в этом направлении имеет Франция, где еще в 1970-х годах была сделана ставка на атомную генерацию как основу энергобаланса страны. Предсказуемо встал вопрос о начале практических исследований маневренных возможностей АЭС с легководными реакторами под давлением (PWR, аналог российских ВВЭР), из которых в настоящий момент на 100 % состоит французский атомный парк [3].

В результате работа атомной генерации в режиме слежения за нагрузкой во Франции была обоснована и успешно отработана. Четвертое поколение энергоблоков французских АЭС электрической мощностью 1400 МВт с реакторами проекта N4 изначально

разрабатывалось с учетом возможности изменения мощности в диапазоне от 30 до 100 % в течение суток. При уменьшении мощности АЭС со значения, близкого к номинальному, до нуля или до уровня нагрузки собственных нужд наблюдается так называемое отравление реактора и возникает опасность попадания в «йодную яму». Снижение эффективного коэффициента размножения может оказаться настолько глубоким, что реактор станет на некоторое время подкритичным и введение его в работу окажется возможным только через несколько часов после остановки. Для увеличения же запаса реактивности необходимы сложные дорогостоящие меры. Влияние отравления реактора на маневренные характеристики АЭС наиболее значимо в конце рабочей кампании, когда запас реактивности мал.

Полный суточный график нагрузки энергетической системы складывается из графиков отдельных потребителей. Кроме того, учитываются расход электроэнергии на собственные нужды электростанций и потери в электрических сетях. Конфигурация суточных графиков энергосистемы в основном определяется особенностями графиков нагрузки различных потребителей, долями в суммарной нагрузке коммунально-бытового сектора, одно-, двух-, трехфазных и непрерывно работающих предприятий. Методика определения проектно-расчетных и плановых показателей по расходу топлива на тепловых электростанциях при наличии энергетических характеристик оборудования и с учетом оптимальных режимов его использования (оптимальных суточных графиков нагрузки) изложена в инструкции и методических указаниях по нормированию удельных расходов топлива на тепловых электростанциях. Эти вопросы изучаются в курсе «Организация, планирование и управление производством».

Запланировано, что на станции будет два энергоблока с реакторами типа ВВЭР-1200 (В-491) мощностью до 1200 МВт каждый. Проектируемая мощность АЭС составляет 2,4 тыс. МВт. Поколение 3 – усовершенствованные реакторы повышенной безопасности и надежности. На основе усовершенствованных реакторов третьего поколения будет развиваться мировая ядерная энергетика в нынешнем столетии. Белорусской АЭС заложено максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) 8 баллов по шкале MSK-64, а также защита от разнообразных внешних воздействий, не считая цунами. В проекте также предусмотрена двойная защитная оболочка здания реактора, система удаления водорода, системы пассивного отвода тепла. Данный проект соответствует современным международным требованиям по ядерной и радиационной безопасности.

Сегодня вся страна потребляет 36–37 миллиарда киловатт-часов (кВт·ч) электроэнергии в год. Практически полностью мы обеспечиваем себя этим электричеством сами, вырабатывая его более чем на 95 % из российского газа. Почти половину белорусской электроэнергии сегодня генерируют две крупные ГРЭС – Лукомльская и Березовская. Остальное в основном производится на ТЭЦ, которые, кроме электричества, снабжают белорусов и теплом. Запуск двух реакторов АЭС к 2020 году добавит к этому еще 18 миллиардов кВт·ч – то есть плюс почти 50 % от того, что Беларусь потребляет. Базовых путей выхода из ситуации – три: продавать излишки, потреблять больше электричества или выключать какие-то из существующих мощностей.

У России и Украины достаточно своего электричества, на наших границах у них даже есть свои АЭС – Смоленская и Ровенская. Остаются западные соседи, и с ними начинаются проблемы.

Избытка в энергосистеме быть не может, электроэнергию пока нельзя накапливать. Если мы не найдем нового применения электричеству с АЭС, придется снижать мощность существующих электростанций – ГРЭС или ТЭЦ, потому что работать не на полную мощность сама атомная станция не может.

Артем Быстрик прогнозирует, что выключать придется блоки Лукомльской ГРЭС. А скорее – переводить их на горячий резерв – то есть держать «на подхвате» у реактора АЭС на случай экстренного выхода его из строя. Дело в том, что атомной станции все равно будут нужны такие альтернативные мощности в горячем резерве, чтобы в случае чего заменить

один из реакторов. Мощность каждого из них – 1200 МВт. Мощность всей Березовской ГРЭС меньше, а значит, переводу в режим горячего резерва, судя по всему, подвергнут Лукомльскую.

Однако и это не решит проблемы избытка энергии, если не получится выполнить планы ученых и нарастить электропотребление. Что-то придется отключать. Но здесь начинаются новые проблемы. Во-первых, под существующие станции проведена вся логистика – линии электропередач. Во-вторых, обе ГРЭС – градообразующие предприятия для Новолукомля и Белоозерска, на них работают тысячи человек. Посчитать социальные и экономические последствия такого сценария едва ли возможно.

Вопрос перехода на атомную энергию в Беларуси остается открытым для обсуждения. Есть множество факторов, как за строительство атомной электростанции, так и против. Строительство АЭС влечет за собой множество трудностей, как с экономической, так и с технической точек зрения. Необходимо решить вопрос переизбытка электроэнергии и разгрузки других электростанций, так как при мощности блоков белорусской атомной электростанции в 1110 МВт процесс изменения ее нагрузки становится затруднительным для энергосистемы. Экологическая сторона вопроса также является спорной, ведь атомная электростанция требует наличия высококвалифицированных специалистов, свободных обслуживать блоки и саму станцию, что ставит перед нами задачу подготовки кадров за кратчайшие сроки.

Литература

1. РУП «Белорусская атомная электростанция»: [Электронный ресурс]. Минск, 2010-2018. – Режим доступа : <http://belaes.by>. – Дата доступа : 18.04.2018.
2. Андрищенко, А.И. Оптимизация режимов работы и параметров тепловых электростанций / А.И. Андрищенко, Р.З. Амиров. – М. : Высшая школа, 1983. – 255 с.
3. Атомная энергетика в структуре мирового энергетического производства в XXI веке // Энергия. – № 1. – 2006. – С. 2–10.