

Модуль 4. Инженерные технологии в энергетике

Информационный блок

ТЕМА: Виды и классификация электростанций

Цель занятия — изучение принципов работы и классификации электростанций, а также их роли в обеспечении электроэнергией промышленных предприятий и коммунально-бытовых нужд населения.

Учащиеся познакомятся с различными типами электростанций (тепловыми, атомными, гидроэлектрическими, солнечными, ветровыми), а также с их особенностями, технологическими процессами и влиянием на окружающую среду. В ходе занятия учащиеся изучат основные функции электростанций, осознают их значение в энергетической системе, изучат различные виды электростанций, их конструктивные особенности и принципы работы, рассмотрят факторы, влияющие на выбор типа и мощности электростанций в зависимости от ресурсов и потребностей региона, оценят влияние работы электростанций на экологическую ситуацию и окружающую среду.

Электростанция представляет собой промышленное предприятие, на котором вырабатывается электрическая, а в некоторых случаях и тепловая энергия.



Основная задача электростанций — обеспечение электроэнергией промышленных предприятий и коммунально-бытовых нужд населения.

По особенностям технологического процесса преобразования энергии и видам природных источников энергии (твердое, жидкое, газообразное, ядерное

топливо, водная и другие виды энергии) электростанции подразделяются на следующие типы:

- тепловые электростанции (ТЭС), которые в свою очередь подразделяются на конденсационные (КЭС), теплофикационные (теплоэлектроцентрали ТЭЦ) и газотурбинные (ГТУЭС);
- атомные электростанции (АЭС);
- гидроэлектростанции (ГЭС) и гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС);
- солнечные, или так называемые гелиоэлектростанции (СЭС);
- дизельные электростанции;
- ветроэлектростанции.

Большую часть электроэнергии вырабатывают ТЭС, АЭС и ГЭС. Выбор мощности строящихся электростанций зависит от наличия и размещения на территории страны тепло- и гидроресурсов, от затрат на транспортирование топлива, а также от размещения потребителей электрической и тепловой энергии.

Тепловые конденсационные электростанции сооружают обычно вблизи мест добычи топлива при возможности осуществления водоснабжения и вдали от непосредственных потребителей электроэнергии.

На КЭС обычно устанавливают несколько энергоблоков (котел - турбогенератор-трансформатор) мощностью от 200 до 1200 МВт, выдающих электроэнергию в сети 220-1150 кВ энергосистемы. Особенность этих агрегатов состоит в том, что они недостаточно маневренны, а именно: пуск, разворот, включение в сеть (синхронизация) и набор нагрузки до номинальной требуют от 3 до 6 ч. Коэффициент полезного действия (КПД) КЭС находится в пределах 32-40%. КЭС обычно существенно влияют на окружающую среду (они могут значительно изменять тепловой режим источников водоснабжения и загрязнять атмосферу).

Теплоэлектроцентрали сооружают вблизи потребителей тепловой энергии (технологического пара и горячей воды). Как правило, они работают на привозном топливе. Единичная мощность агрегатов составляет 30-250 МВт. ТЭЦ по сравнению с КЭС работают экономичнее: КПД их достигает 60-70%.

Газотурбинные электростанции используют топливо в виде газа или дизельного горючего, которое подается в камеру сгорания. Туда же компрессором нагнетается сжатый воздух. Продукты сгорания отдают свою энергию газовой турбине, которая вращает компрессор и синхронный генератор. Запуск установки производится разгонным двигателем и длится всего 1-2 мин.

Для повышения экономичности газовых турбин разработаны и внедряются парогазовые установки (ПГУ), в которых топливо сжигается в топке парогенератора, откуда пар направляется в паровую турбину, а продукты сгорания в газовую турбину. Таким образом, ПГУ имеет два генератора, один из которых приводится во вращение газовой, а другой — паровой турбинами.

Разработаны ПГУ мощностью 200-250 МВт с высокими технико-экономическими показателями.

Атомные электростанции - это по существу тепловые электростанции, использующие тепловую энергию ядерных реакций. Атомные электростанции могут сооружаться в любом географическом районе страны, но обязательно при наличии источника водоснабжения. Атомные электростанции сооружаются по блочному принципу, как в тепловой, так и в электрической части. Их выгодно строить с энергоблоками большой мощности, тогда по своим технико-экономическим показателям они не уступают КЭС, а в ряде случаев и превосходят их.



В настоящее время на АЭС устанавливаются энергоблоки мощностью 1000-1500 МВт и вся вырабатываемая электроэнергия (за исключением расходуемой на собственные нужды) выдается в энергосистему по линиям высокого и сверхвысокого напряжения. Коэффициент полезного действия АЭС составляет 35-38%.

Гидроэлектростанции могут сооружаться там, где имеются гидроресурсы (реки, водопады и т. д.). При сооружении ГЭС обычно решается комплекс задач, а именно: выработка электроэнергии, улучшение условий судоходства, орошения и т. д.



Первичными двигателями на ГЭС являются гидрогенераторы, единичная мощность которых достигает 640 МВт. Электрическую часть ГЭС выполняют по блочной схеме с выдачей мощности в сеть высокого напряжения. Гидроагрегаты высокоманёвренны: разворот, включение в сеть и набор нагрузки занимают всего 1—5 мин; КПД ГЭС составляет 85—87%.

Гидроаккумулирующие электростанции предназначены для выравнивания суточного графика нагрузки энергосистемы. Эти электростанции имеют два бассейна верхний и нижний с определенным перепадом высот между ними. В здании ГАЭС устанавливаются так называемые обратимые гидроагрегаты. В часы минимума нагрузки энергосистемы генераторы ГАЭС переводят в двигательный режим, а турбины в насосный. Потребляя мощность из сети, они перекачивают воду по трубопроводу из нижнего бассейна в верхний. В период же максимальных нагрузок турбина вращает генератор, который выдает мощность в энергосистему. Агрегаты ГАЭС высокоманёвренны и могут быть быстро переведены из насосного режима в генераторный и наоборот; КПД ГАЭС составляет 70-75%.



Солнечные электростанции нашли применение в ряде стран, имеющих значительное число солнечных дней в году. Они могут сооружаться с паровым котлом или с кремниевыми фотоэлементами. В нашей стране строится опытная СЭС мощностью 5 МВт, а в дальнейшем будет сооружена СЭС мощностью 50 МВт; КПД таких станций может быть доведен до 20%.



Дизельные электростанции в качестве первичного двигателя используют двигатели внутреннего сгорания, работающие на жидком топливе. Эти электростанции мобильны, автономны и поэтому широко используются в труднодоступных районах, а также для снабжения электроэнергией сельскохозяйственных потребителей. Кроме того, дизельные агрегаты используются в качестве резервных аварийных источников питания АЭС.



Ветроэлектростанции небольшой мощности используются в качестве источников электроэнергии в труднодоступных районах, на метеорологических станциях, в сельских местностях и в других местах, где стабильно удерживается ветреная погода.

Обеспечение безопасности Белорусской АЭС

В основу обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации Белорусской АЭС в проекте заложен принцип глубокоэшелонированной защиты – применение системы барьеров на пути распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду и системы технических и организационных мер по защите барьеров и сохранению их эффективности.



Система глубокоэшелонированной защиты включает в себя следующие барьеры:

- топливная матрица (предотвращение выхода продуктов деления под оболочку тепловыделяющего элемента);

- оболочка тепловыделяющего элемента (предотвращение выхода продуктов деления под защитную герметичную оболочку);

- главный циркуляционный контур (предотвращение выхода продуктов деления под защитную герметичную оболочку);

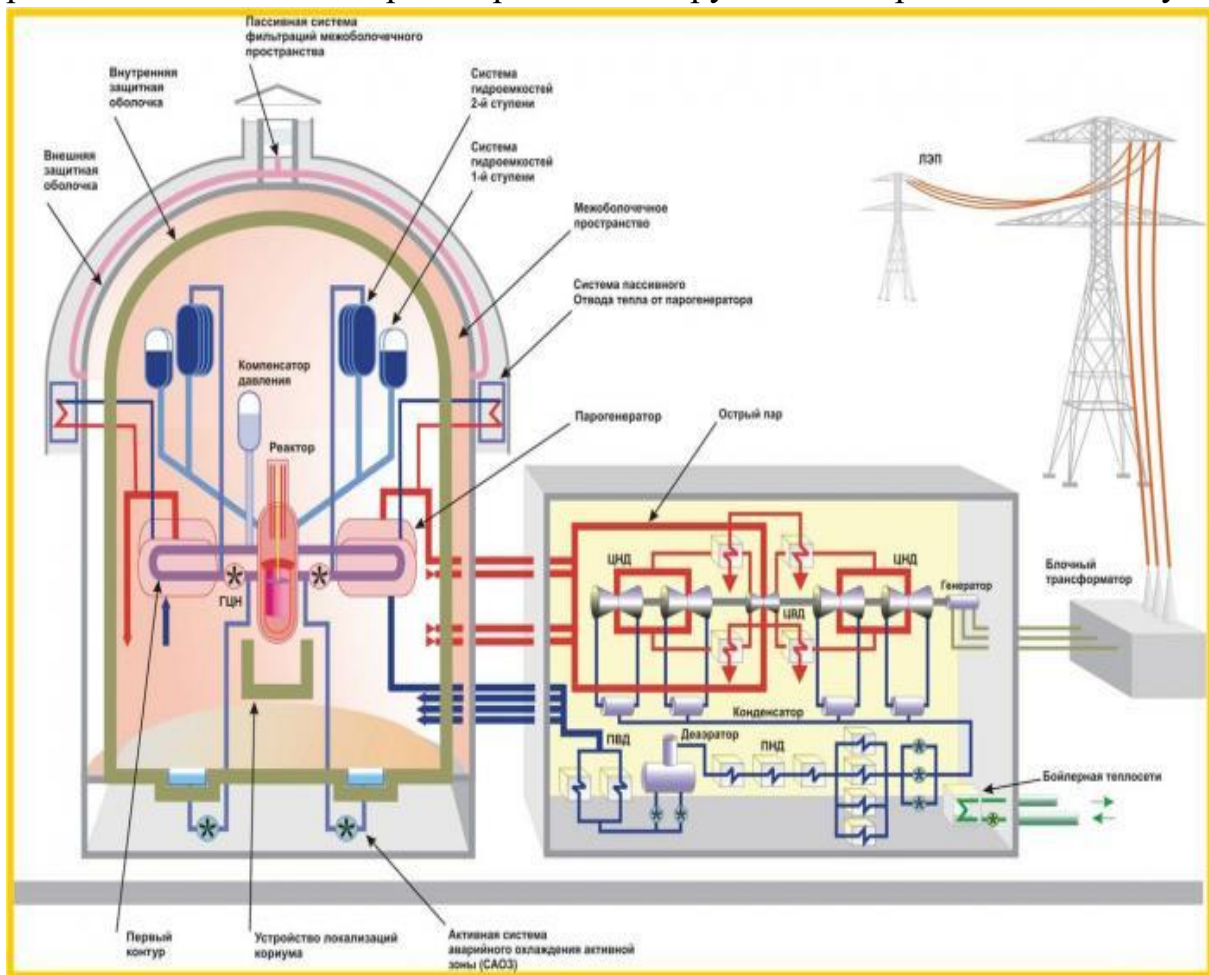
- система защитных герметичных ограждений (предотвращение выхода продуктов деления в окружающую среду).

Здание реактора является основным зданием АЭС. Реактор защищен двойной оболочкой, которая обеспечивает максимальное исключение влияния аварийных выбросов в окружающую среду.

Внешняя оболочка, представляющая собой цилиндрическую конструкцию из железобетона с полусферическим куполом, служит физической защитой для внутренней оболочки от всех внешних воздействий (ударная волна, сейсмические нагрузки, падение самолета, снеговая и ледовая нагрузка, ураганы, смерчи, торнадо).

Внутренняя оболочка – сооружение из предварительно напряженного железобетона, состоящее из цилиндрической части и полусферического купола. Внутренняя поверхность оболочки облицована углеродистой сталью для обеспечения герметичности.

Для обеспечения эффективной защиты барьеров Белорусской АЭС предусматривается несколько уровней защиты АЭС, включающие условия размещения АЭС и предотвращение нарушений нормальной эксплуатации,



предотвращение проектных аварий системами нормальной эксплуатации, предотвращение запроектных аварий системами безопасности, управление запроектными авариями.

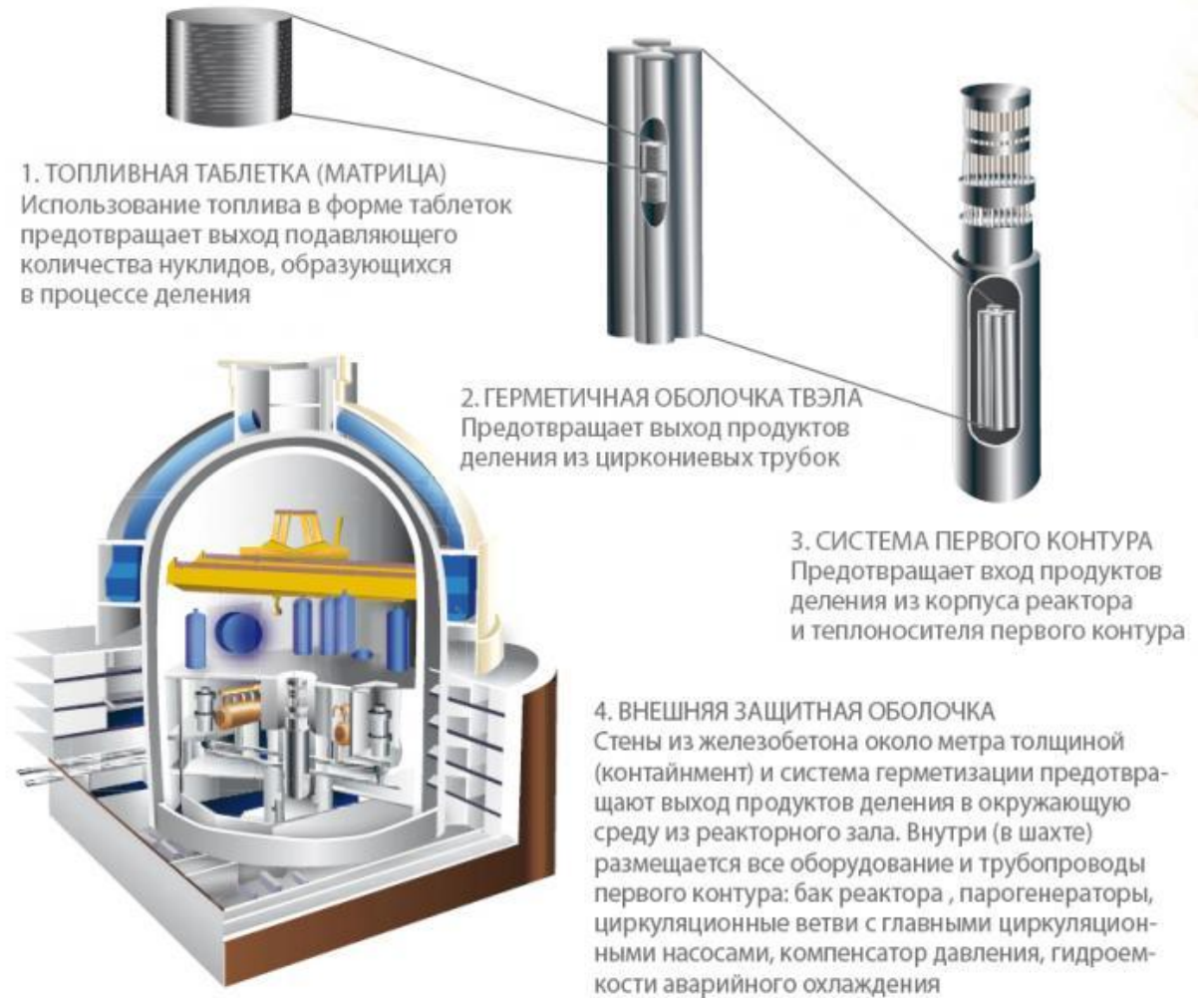
Концепция безопасности АЭС построена на активных системах безопасности, имеющих как нормальное электропитание, так и аварийное – от дизель-генератора.

Для предотвращения тяжелых аварий или смягчения их последствий предусмотрены пассивные системы (аварийного охлаждения активной зоны, отвода тепла из активной зоны через парогенераторы, отвода тепла от защитной оболочки, локализации расплава материалов активной зоны, удаления водорода из защитной оболочки, противопожарной защиты), функционирование которых не требует вмешательства персонала АЭС и не требует электроэнергии.

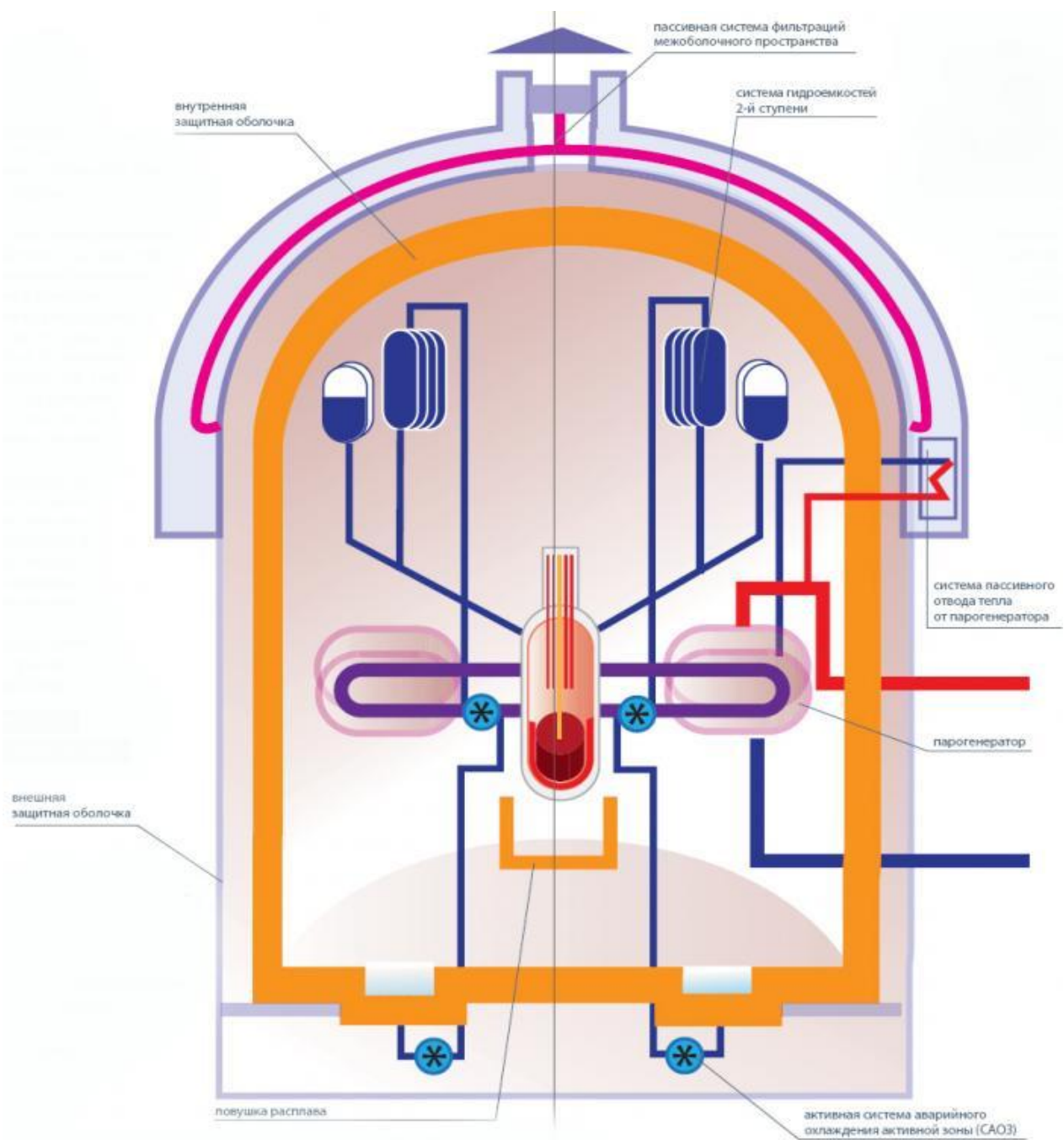
В состав систем безопасности АЭС входят защитные, локализирующие и обеспечивающие системы безопасности. Системы безопасности проектируются устойчивыми против отказов и способными выполнять функции при потере электроснабжения.

Защитные системы безопасности предназначены для предотвращения или ограничения повреждения ядерного топлива, оболочек тепловыделяющих элементов, оборудования и трубопроводов, содержащих радиоактивные вещества. Их основные функции: аварийная остановка реактора и поддержание его в подкритическом состоянии; аварийный отвод тепла от реактора; удержание радиоактивных веществ в установленных границах.

Защитные барьеры АЭС



Локализующие системы безопасности предназначены для предотвращения или ограничения распространения выделяющихся при авариях радиоактивных веществ и излучений за установленные проектом границы и выхода их в окружающую среду. В проекте такой границей является защитная оболочка. Их основные функции: предотвращение или ограничение распространения выделяющихся радиоактивных веществ за границы зоны локализации аварии; защита от внешних воздействий окружающей среды систем и элементов, отказ которых может привести к выбросу радиоактивных веществ, превышающему проектное значение утечки; ограничение выхода ионизирующего излучения за границы зоны локализации аварии; снижение давления и температуры в объеме зоны локализации аварии при прохождении проектных аварийных режимов и другое.



К обеспечивающим системам безопасности относятся **системы:**

1. Аварийного энергоснабжения;
2. Технического водоснабжения систем безопасности;
3. Пассивной противопожарной защиты.

Система аварийного электроснабжения энергоблока предназначена для электроснабжения потребителей системы безопасности энергоблока; обеспечивающих систем безопасности энергоблока; систем, осуществляющих управление и контроль работы указанных систем, включая датчики системы контроля реакторной установки. При обесточивании системы собственных нужд энергоблока указанная система обеспечивает электроснабжение потребителей системы безопасности от автономных резервных дизель-генераторов и аккумуляторных батарей, обеспечивая проектное функционирование системы безопасности.

Система охлаждающей (технической) воды ответственных потребителей предназначена для отвода тепла от системы промконтура охлаждения этих потребителей, предназначенного для подачи охлаждающей воды и отвода тепла от оборудования реакторной установки, вспомогательных систем реакторной установки и систем, обеспечивающих безопасность АЭС, к конечному поглотителю в режимах нормальной эксплуатации, нарушений условий нормальной эксплуатации. Функция безопасности, выполняемая указанной системой, заключается в отводе остаточных тепловыделений и в охлаждении потребителей, участвующих в ликвидации аварий.

Система элементов пассивной системы противопожарной защиты пожарных зон предназначена для локализации пожара в пределах пожарной зоны, где он возник. Указанная система применяется для решения следующих задач:

- исключить одновременное воздействие пожара на оборудование и элементы основного и резервного вариантов безопасного аварийного останова и расхолаживания реакторной установки и, тем самым, обеспечить выполнение этими системами проектных функций в процессе и после пожара;

- обеспечить, при необходимости, локализацию и контроль радиоактивных выбросов в окружающую среду при пожаре;

- защитить персонал/население от превышения установленных доз облучения.

Для осуществления контроля за соблюдением норм радиационной безопасности на АЭС предусматривается система радиационного контроля (СРК), предназначенная для:

- обеспечения радиационной безопасности эксплуатационного персонала и населения, проживающего в районе расположения АЭС;

- повышения надежности АЭС за счет раннего обнаружения отклонений от нормальных режимов функционирования технологического оборудования с радиоактивными средами;

исключения неконтролируемого выхода радиоактивных веществ за установленные границы.

Таким образом, реализация концепции многоуровневой защиты, наличие активных и пассивных систем безопасности, автоматизированных систем радиационного контроля в проекте Белорусской АЭС обеспечивает безопасность эксплуатации атомной электростанции и позволяет минимизировать возможное негативное влияние АЭС на персонал, население и окружающую среду.

Состояние, задачи и перспективы развития энергетики

Республики Беларусь

Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года является механизмом реализации положений Концепции энергетической безопасности и описывает базовый сценарий развития **Объединенной энергетической системы (ОЭС)**.

При определении направлений развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей в Республике Беларусь проанализированы основные тренды мировой электроэнергетики в прогнозируемом периоде.

Установленная мощность Белорусской энергосистемы на 01.01.2019 составила 10 068,68 МВт. в том числе электрическая мощность составила:

- трех КЭС 4 704,2 МВт;
- 14 ТЭЦ более 50 МВт – 3 856,2 МВт;
- ТЭЦ менее 50 МВт – 237,7 МВт;
- мини-ТЭЦ и реконструированных котельных – 22,8 МВт;
- ГЭС и Ветрогенераторы – 97,8 МВт;

-локальных источников, не входящих в состав ГПО «Белэнерго», – 1 130,3 МВт.

Начиная с 2006 года проводится системная модернизация основных производственных активов, а с 2016 года реализуется комплекс мероприятий, позволяющий эффективно интегрировать АЭС в энергосистему.

Для определения направлений развития энергосистемы разработаны прогнозные балансы электрической и тепловой энергии.

Планируется рост электропотребления до уровня 43,7 млрд. кВт·ч в 2025 году и 47,2 млрд. кВт·ч в 2030 году, уровень выработки тепловой энергии на энергоисточниках организаций ГПО «Белэнерго» в прогнозируемом периоде будет постоянным и составит около 34 млн. Гкал, объемы роста его потребления будут компенсироваться внедрением мероприятий по энергоэффективности.

В прогнозируемом периоде с учетом существующих объемов установленных мощностей, необходимости возврата кредитных средств, затраченных на модернизацию, и вероятного установления ценовых паритетов на природный газ в рамках рынка ЕАЭС целесообразно:

оптимизировать состав оборудования генерирующих источников с учетом необходимости поддержания нормативных резервов в энергосистеме и соблюдения требуемых индикаторов энергетической безопасности;

пересмотреть подходы к поддержанию в эксплуатации изношенного и (или) не востребованного котельного оборудования, особенно в части пиковых водогрейных котлов с учетом ввода электрокотлов в крупных теплофикационных системах;

осуществлять поддержку и развитие инфраструктуры электрических сетей с учетом возможности расширения экспорта электрической энергии.

Системообразующая сеть ОЭС Беларуси сформирована на напряжении 220 – 750 кВ. При этом реализуется концепция отказа от класса напряжения 220 кВ. Анализ износа линий электропередачи указывает на необходимость модернизации линий 110 кВ.

Ключевым направлением развития распределительных электрических сетей напряжением является их автоматизация, реализуемая в рамках реконструкции.

При отделении энергосистем Балтии и Украины сохранение надежной работы ОЭС Беларуси без отключения потребителей в случае одновременного аварийного отключения двух энергоблоков Белорусской АЭС возможно только путем дополнительного сетевого строительства с ЕЭС России (при экономической целесообразности) или организации ВПТ на других межгосударственных связях с возможностью использования по ним аварийного резерва мощности.

Развитие и модернизацию систем теплоснабжения и тепловых сетей планируется осуществлять с учетом минимизации эксплуатируемого оборудования тепловых электрических станций и котельных энергосистемы при условии сохранения отпуска тепловой энергии потребителям.

Для поддержания уровня износа на уровне 40% необходимый объем ежегодной замены тепловых сетей в ГПО «Белэнерго» должен составлять 250 – 280 км в однотрубном исчислении. Поскольку в 2016 – 2018 годах объем замены тепловых сетей составлял 130 – 150 км в год, необходимо нарастить темп замены с доведением до необходимого объема уже в 2025 году.

Основным направлением в развитии систем теплоснабжения станет их комплексная автоматизация с формированием единых информационных систем при использовании технологий интеллектуальных сетей, ориентированных на автоматизацию организационных и технологических процессов централизованного теплоснабжения городов.

Развитие законодательной и нормативной базы функционирования энергетической системы Республики Беларусь будет осуществляться с учетом принятых и планируемых к принятию в ЕАЭС и иных международных объединениях документов.

Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года обеспечивает комплексный и системный подход к развитию электроэнергетической сферы, нацеленность на реализацию задач и параметров энергетической безопасности, устойчивое экономическое развитие страны.