

исследование не выявило влияние государственных мер поддержки: дотаций, кредитного стимулирования, налоговых льгот и др., которые могли бы увеличить спрос на энергоэффективную архитектуру.

Исследование показало, что развитие энергоэффективности на уровне крупных девелоперов в г. Екатеринбурге не будет успешно развиваться без:

1. Удешевления энергоэффективных строительных технологий и уменьшения сроков их окупаемости;
2. Повсеместного внедрения в проектирование и строительство систем автоматизированного проектирования и управления проектами САПР;
3. Развития государственных мер регулирования на этапе выдачи задания на проектирование и строительство и поддержки на уровне дотирования энергоэффективных мероприятий в строительстве.

Список использованных источников

1. Жилой комплекс Isbjerget / Isbjerget residential development: официальный сайт проекта [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isbjerget.com/> (дата обращения 15.11.16).

2. Жилой комплекс Isbjerget / Isbjerget residential development [Электронный ресурс]. URL : <http://archi.ru/projects/world/4470/zhiloi-kompleks-isbjerget> (дата обращения 15.11.16).

УДК 621.039

СИСТЕМА СПЕЦВОДОЧИСТКИ ЭНЕРГОБЛОКА БН-800 БЕЛОЯРСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

THE SYSTEM OF SPECIAL WATER PURIFICATION OF BELOYARSKAYA NUCLEAR POWER PLANT UNIT BN-800 (FBR-800)

Бибик И. С., Вальцева А. И.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, ira.bibik.95@mail.ru

Bibik I. S., Valtseva A. I.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: Системы водоочистки АЭС являются одними из важнейших систем, влияющих на надежную, экономичную и безопасную эксплуатацию АЭС. В данной статье рассматривается новая система очистки вод для четвертого энергоблока Белоярской атомной станции, анализируются основные технологические решения системы и ее преимущества.

Abstract: The water treatment system of nuclear power plants are one of the most important systems that affect reliable, economical and safe operation of nuclear

power plants. This article discusses a new system of water purification for the fourth power unit of Beloyarskaya nuclear power plant, analyzes the main technological solutions of the system and its benefits.

Ключевые слова: атомные станции; водоподготовка; очистка воды, упаривание; жидкие радиоактивные среды; жидкие радиоактивные отходы; система фильтрации; трапные воды; радиационный контроль; ядерный топливный цикл; ресурсосбережение.

Key words: nuclear power plants; water treatment; water purification; evaporation; liquid radioactive environment; radioactive liquid waste filtration system; drainage water; radiation monitoring; nuclear fuel cycle; resource saving.

Вода – самое распространенное и универсальное химическое соединение, используемое в различных отраслях промышленности в качестве теплоносителя, в том числе и в атомной энергетике. Актуальность воды как ресурса сопровождается загрязнением окружающей среды сточными водами, что приводит к необратимым злокачественным экологическим последствиям. Таким образом, совершенствование процесса химической водоочистки не только улучшает технико-экономические показатели процесса, но и решает задачи экологической безопасности, обеспечивает водосбережение.

Системы водоочистки АЭС являются одними из важнейших систем, влияющих на надежную, экономичную и безопасную эксплуатацию АЭС. Начиная с ввода в эксплуатацию первых блоков АЭС до настоящего времени остается актуальной проблема создания и поддержания таких физико-химических свойств теплоносителей, которые бы предотвращали коррозионные повреждения конструкционных материалов оборудования и образование отложений на его поверхностях. На эксплуатируемых блоках АЭС, по существу, единственным фактором, который можно при умеренных затратах оптимизировать для повышения надежности оборудования, является водно-химический режим. И, наоборот, последствия применения необоснованного водно-химического режима могут оказать самые серьезные негативные последствия на надежность оборудования и безопасность блока АЭС в целом. Поэтому система спецводоочистки АЭС должна соответствовать высоким стандартам.

Источником отходов системы химводоочистки (далее – ХВО) являются сточные воды, образующиеся в результате регенерации ионообменных смол в фильтрах, и сами смолы после истечения срока службы. Сброс данных отходов в окружающую среду приводит к ее загрязнению.

Компоновка рассматриваемой в данной статье системы спецводоочистки КРФ30, предполагает использование гидроциклона, на стадии предварительной водоочистки, как достойную альтернативу ионообменному фильтру, что позволит существенно снизить токсичные отходы.

На конечной стадии обессоливания используются ионообменные фильтры доочистки, но их технико-экономические и экологические показатели были улучшены. Регенерационные и промывочные сточные воды, которые образуются после регенерации и взрыхляющих перемивок, направляются на нейтрализацию, а затем возвращаются обратно в цех исключая вредные водные выбросы в окружающую среду.

Так как в настоящее время мировое сообщество реализует проект замыкания ядерного топливного цикла, а также освоения критических и сверхкритических параметров в атомной энергетике, которые позволят разрешить проблему топливного голода, объемы использования водного ресурса увеличатся.

Согласно энергетической стратегии РФ на период до 2020 года развитие атомной энергетике предусматривает введение в эксплуатацию реакторов на быстрых нейтронах БН-800 и БН-1200. С пуском реакторов такого типа связаны надежды на замыкание ядерного топливного цикла на основе сжигания оружейного плутония смешанным с ураном МОХ-топливом. Производство такого топлива вскоре должно быть налажено, а в 2020 году возможна демонстрация замкнутого ядерного цикла. К этому времени может быть построена серия быстрых реакторов, которая за счет модернизации активных зон позволит выбрать самый перспективный вариант реактора с коэффициентом воспроизводства нового топлива, достаточным для развивающейся атомной энергетике. Можно сказать, что проблема утилизации оружейного плутония инициировала работы по замыканию ядерного топливного цикла на основе быстрого реактора, имеющего к этому наивысшую технологическую готовность [1, с. 3].

Реактор БН-800 представляет собой двухцелевой реактор интегральной компоновки на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем, который предназначен для выработки тепловой энергии, с целью последующего ее преобразования в электрическую энергию в составе энергоблока, и наработки вторичного ядерного топлива.

В процессе эксплуатации АЭС образуются жидкие радиоактивные среды (далее – ЖРС) и жидкие радиоактивные отходы (далее – ЖРО), которые подлежат переработке на установках спецводоочистки и хранению получаемых ЖРО в отвержденном (кондиционированном) виде. Система КРФ30 предназначена для очистки трапных вод методом выпаривания в сочетании с дальнейшей доочисткой дистиллята на ионообменных фильтрах. Является уникальной в технологических решениях (имеет высокую степень автоматизации, исключен человеческий фактор ошибки), и не имеет аналогов на Российских станциях [2, с. 14]. Технологическая схема такова: вода, нуждающаяся в очистке, поступает на гидроциклоны, где под действием центробежных сил происходит очистка от механических примесей. Осветленная вода подается в баки перелива, где производится подготовка воды к переработке на выпарной установке. Из бака перелива подготовленный раствор подается в

греющую камеру выпарного аппарата, где за счет восходящего движения воды и тепла, отдаваемого греющим паром она нагревается и вскипает.

Парожидкостная смесь из греющей камеры поступает в сепаратор, где происходит отделение пара от упаренного раствора. Упаренный раствор, за счет естественной циркуляции, из нижней части сепаратора вновь поступает в греющую камеру, где смешивается с исходной водой и вскипает. Пар из сепаратора подается на ситчато-клапанные тарелки, орошаемые флегмой, и проходит очистку. Конденсат пара собирается в баке сбора конденсата, откуда насосом откачивается через фильтры доочистки в контрольные баки. После контроля качества конденсат выпарной установки подается в бак собственных нужд АЭС. Упаренный раствор из выпарного аппарата самотеком поступает в греющую камеру доупаривателя, где происходит его дальнейшее концентрирование. При достижении допустимой концентрации солей упаренный раствор периодически сбрасывается в бак промежуточного хранения ЖРО. Вторичный пар доупаривателя после конденсации в конденсаторе сбрасывается в бак перелива. Неконденсирующиеся газы из конденсаторов вторичного пара удаляются в систему спецгазоочистки. В результате переработки получается чистый конденсат, повторно используемый на собственные нужды (вода собственных нужд) и на подпитку третьего контура атомной станции. Поддержание водно-химического режима, влияющего на безопасную, надежную и экономичную эксплуатацию АЭС, является приоритетной задачей. КРФ30 способна обеспечить достаточно высокую степень очистки различных видов стационарных вод загрязненных нуклидами и ЖРО, разнообразных по их радиоактивности, объемам и периодичности образования.

Данная система имеет связи со многими системами АЭС, предназначенными для контроля, хранения и утилизации ЖРО, ЖРС, системой радиационного контроля и т. д. Например, система переработки воды спецпрачечной КРФ40 и данная система переработки являются взаимозаменяемыми в случае выхода одной из них из рабочего режима. Для предотвращения коррозионного растрескивания, коррозионно-эрозионного износа конструкционных материалов, и облучения персонала проектом системы предусматривается возможность промывки оборудования и трубопроводов, содержащих радиоактивные среды, и пропарки трубопроводов-содержащих кристаллизующиеся среды.

Экономически оправдано использование на первом этапе очистки гидроциклона для удаления механических примесей. Такое технологическое решение позволяет окупить систему ХВО в течение трех лет, после ввода ее в эксплуатацию. Для сравнения, на Балаковской АЭС первый этап спецводоочистки осуществляется ионообменными фильтрами, которые в качестве фильтрующего материала используют катионит. Затраты на закупку реагентов иностранного производства вместе со стоимостью фильтров оказываются выше, чем расходы электроэнергии на собственные нужды

гидроциклона. Также отсутствуют технологические решения по минимизации токсичных отходов, которые были рассмотрены выше для системы КРФ30.

ЖРО, при обработке воды в системе КРФ30, имеют минимальный объем по сравнению с другими методами, что делает ее экономически выгодной для безопасного для экологии захоронения. Автоматизированная система управления и контроля КРФ30 обеспечивает высокую стабильность работы и служит для защиты системы при нарушениях нормального режима эксплуатации и авариях. Система КРФ30 и ее компоненты сохраняют работоспособность и выполняют свои функции при сейсмических воздействиях до ПЗ включительно. Данная система относится к классу ремонтируемых, восстанавливаемых изделий. Срок службы корпусного и емкостного оборудования 40 лет.

Электроэнергетика – крупнейший потребитель пресной воды. На ее долю приходится около 77,7 % (30,7 млн км³/год) общего объема свежей воды, используемой промышленностью России. Технологический прогресс, появление новых и наращивание существующих мощностей сохранят тенденцию к увеличению потребления водных ресурсов и, как следствие, их загрязнения. Система КРФ30 отвечает принципам и критериям экологической безопасности, продемонстрировав оправданность безреагентного метода водоочистки на главных этапах, при использовании которого не образуются токсичные отходы, приводящие к необратимым последствиям загрязнения окружающей среды, сбережению водных ресурсов.

Список использованных источников

1. Асмолов В. Г. Российская ядерная энергетика сегодня и завтра // Теплоэнергетика. 2007. № 5. С. 2–6.
2. Полтараков Г. И., Водянкин Р. Е., Кузьмин А. В. Замыкание ядерного топливного цикла в преодолении мирового дефицита энергоресурсов. Ч. 1. Современные оценки энергопотребления и энергоресурсов // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4. С. 13–16.

УДК 624.9

ПРИМЕНЕНИЕ ПИНЧ-АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

THE APPLICATION OF PINCH ANALYSIS FOR IMPROVING THE ENERGYEFFICIENCY

Бойко Е. Г., Муслина Д. Б., Романюк В. Н.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь