

ЭВОЛЮЦИЯ ЭНЕРГБЛОКОВ АЭС: АВТОМАТИЗАЦИЯ ВВЭР-ТОИ

EVALUATION OF THE EVOLUTION OF NUCLEAR POWER UNIT: PWR-TOI AUTOMATION

Кулакова В.А., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

Kulakova V.A., Student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Кожухов Н.Н., кандидат технических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

Kozhukhov N.N., PhD in Technical Sciences, Docent, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Аннотация. В работе рассмотрена эволюция нескольких поколений энергоблоков АЭС, выполнен анализ предшествующих этому развитию аварий, которые стимулировали прогресс. На примере энергоблока ВВЭР-ТОИ показаны технологические особенности и автоматизированная система управления, позволяющие увеличивать его устойчивость в аварийных ситуациях.

Ключевые слова: АЭС, энергоблок, ВВЭР-ТОИ, автоматизированная система управления технологическим процессом.

Abstract. In this work, the evolution of nuclear power plant unit generations was examined, along with the preceding developments and the accidents that spurred progress. The VVER-TOI power unit was also reviewed, including its technological features and automated control system, which have helped increase its resilience in emergency situations.

Keywords: nuclear power plant, generations of nuclear power plant units, PWR-TOI, automated process control system.

Одной из основополагающих проблем, волнующая большую часть населения при эксплуатации атомных электростанций является их безопасность. Аварии, происходящие на ядерных объектах, зачастую могут наносить вред не только здоровью обслуживающего персонала, но и окружающей среде и близлежащим поселениям, а также в случае крупных техногенных катастроф на таких объектах, последствия могут оказаться далеки от прогнозных значений. Задача перед проектировщиками, инженерами и оперативным персоналом состоит в обеспечении безопасной и стабильной эксплуатации ядерных объектов, учитывая все возможные события.

На атомных станциях для классификации безопасности энергоблока используют систему поколений: от I до III+. Каждому новому поколению предшествовала долгая эксплуатация, с наработкой улучшений и нововведений с систему безопасности энергоблока.

К первому поколению энергоблоков относился, например, энергоблок АМ-1 на Обнинской АЭС. Данный энергоблок был первопроходцем в области гражданской выработки

электроэнергии благодаря реакциям деления ядер урана, не только в нашей стране, но и во всем мире. Как у первой промышленной атомной электростанции в мире, при возведении энергоблока было допущено множество нарушений с точки зрения безопасности по нынешним меркам. Ядерный реактор не обладал оболочкой препятствующей, в случаях аварии и расплавлению активной зоны, загрязнению окружающей среды. Но благодаря высококвалифицированному персоналу и ответственному подходу к эксплуатации, единственный энергоблок Обнинской АЭС отработал 48 лет после ввода в эксплуатацию без серьезных аварий, и был остановлен в 2002 году.

Обратная ситуация была с энергоблоком PWR TMI-2 на АЭС Три-Май-Айленд в США, штате Пенсильвания. Данный энергоблок хоть и был более совершенен с инженерной точки зрения и относился к II поколению энергоблоков, все еще не был наделен защитной оболочкой, что и оказало большое влияние на последствия аварии 28 марта 1979 года. После проведения плановых предупредительных работ (ППР), блок был пущен в эксплуатацию с не полностью работающим оборудованием. Хронология событий показывает, что после выхода из строя одного из конденсатных насосов, активная зона начала быстро нагреваться, персонал предпринял действия к устранению аварии и подключил подачу питательной воды из аварийных насосов, но в ходе ППР данные насосы были полностью заглушены, и после окончания ППР не была поднята запорная арматура. Это привело к тому, что произошло расплавление активной зоны и безвозвратная потеря управления блоком. К аварии привело несколько факторов: некорректно проведенные ППР, отсутствие инженерных решений, которые снизили бы последствия аварии, а также неверная оценка обстановки персоналом. Таким образом, совокупность данных факторов привела к первой серьезной радиоактивной аварии.

В следующем поколении были учтены ошибки в эксплуатации предыдущего поколения, все блоки III поколения оснащаются оболочками, которые изолируют ядерный реактор и защищают его от внешнего воздействия. Также было принято решение о размещении дизель-генераторов для поддержания работы блока при авариях в энергосистеме и отключении оборудования в чрезвычайных случаях. Несмотря на продолжительную эволюцию безопасности энергоблоков, катастрофы все еще возможны. Это показывает опыт эксплуатации АЭС Фукусима, которая 11 марта 2011 года столкнулась с самой масштабной катастрофой в истории своей страны. После масштабного землетрясения в Тихом океане, последовало цунами, которое обрушилось на станцию. Несмотря на предпринятые меры при проектировании станции: волнорезы, размещение блочных насосных станций на возвышенностях и аварийные дизель-генераторы, цунами все равно разрушило дизель-генераторы и вывело из строя главные циркуляционные насосы станции. Персонал станции предпринял попытки восстановления энергоснабжения станции, но безуспешно. Энергоблоки с 1 по 4 детонировали из-за накопления паро-циркониевой смеси, а активная зона была расплавлена.

Несмотря на долгую историю развития и эксплуатации ядерной промышленности, перед инженерами постоянно стоит задача улучшения систем безопасности и противодействия авариям. На данный момент поставленные задачи решают современные блоки поколения III+, которые оборудуются системами пассивной защиты, обеспечивают

устойчивость природным катаклизмам и оснащаются ловушками расплава активной зоны. Первым блоком данного поколения был 6 энергоблок НВАЭС ВВЭР-1200, введенным в эксплуатацию в 2016 году. Он обладает системой защиты от перегрева блока, путем оснащения теплообменниками, которые в случае полного отключения от энергосистемы и не работающих дизель-генераторов, способны поддерживать оптимальную температуру в активной зоне.

Вся эволюция поколений энергоблоков АЭС ставила перед собой задачу улучшения уровня безопасности и осознанности персонала, для предотвращения и упреждения аварийных ситуаций. Последним на данный момент пущенным в эксплуатацию энергоблоком в нашей стране является ВВЭР-ТОИ (ВВЭР-типовой оптимизированный и информатизированный) Курской АЭС 2. Данный энергоблок является доработанной и оптимизированной версией энергоблока ВВЭР-1200, способный показывать номинальную мощность в 1255 МВт. Данный энергоблок является одной из ступеней к решению проблем с ядерным топливом в России, используя его совместно с энергоблоком БРЕСТ-ОД-300, в опытно-демонстративном комплексе в городе Северске будет продемонстрирован полный замкнутый ядерный топливный цикл.

Для безопасной работы энергоблоков любых типов рост уровня технической безопасности обязательно должен быть сопряжен с высокой квалификацией обслуживающего персонала. Ведь одной из причин появления серьезных аварий на АЭС является вовсе не система или защита, а человеческий фактор. Несмотря на подготовку персонала и постоянные тренинги, и повышение квалификации, в случае возникновения чрезвычайной ситуации даже опытный персонал способен неверно оценивать ситуацию, и принятые им решения могут только усугублять ситуацию. Внедрение в производственный процесс автоматизированной системы управления в технологических процессах (АСУТП), позволит избежать ошибок, вызванных человеком, и повысит уровень безопасности.

Энергоблок ВВЭР-ТОИ, как наиболее современный тип блока, обладает наиболее развитой и продвинутой системой автоматизации. По сравнению с более старыми поколениями блоков, новое поколение обладает следующими особенностями:

1) Основным способом индикации показателей и управления блока является дисплейный способ. Он дает возможность управления блоком дистанционно, позволяет задавать режим работы оборудования и регуляторов, а также автоматизировать управление оборудованием в нормальных условиях.

2) За счет глубокой самодиагностики АСУТП, система исключает необходимость периодического технического обслуживания

3) Использование экрана коллективного пользования, обеспечивающий донесение до всего персонала обобщенных данных по технологическим параметрам блока и фиксированных отклонениях при эксплуатации.

4) Повышение общего уровня автоматизации по сравнению с прошлыми поколениями за счет реализации функционально-группового управления.

В заключении отметим, что в атомной промышленности постоянно продолжается поиск новых инженерных решений как в области проектирования блока, так и в увеличении

способов автоматизации управления, для исключения ошибок, связанных с человеческим фактором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные подходы к созданию АСУТП ВВЭР нового поколения / В. А. Горбаев, А. Е. Калинушкин, Ю. М. Семченков [и др.] // Атомная энергия. – 2010. – Т. 109, Вып. 5. – С. 267-271.
2. Алпеев, А. С. Автоматизированное управление и безопасность АС / А. С. Алпеев // Атомная энергия. – 2001. – Т. 90, Вып. 2. – С. 96-101.
3. Практика и задачи научного обеспечения работ по ядерному наследию / Л. А. Большов, И. И. Линге, А. А. Саркисов, С. С. Уткин // Атомная энергия. – 2016. – Т. 120, Вып. 4. – С. 201-207.
4. Роль АЭС в электроэнергетике России с учетом ограничений выбросов углерода / Е. О. Адамов, Д. А. Толстоухов, С. А. Панов [и др.] // Атомная энергия. – 2021. – Т. 130, Вып. 3. – С. 123-131.
5. О стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 г / П. Н. Алексеев, В. Г. Асмолов, А. Ю. Гагаринский [и др.] // Атомная энергия. – 2011. – Т. 111, Вып. 4. – С. 183-196.

REFERENCES

1. Modern Approches to Creation automated process control System of New Generation ВВЭР / V. A. Gorbalev, A. E. Kalinushkin, Yu. M. Semchenkov [et al.] // Atomic energy Journal. – 2010. – Vol. 109, Iss. 5. – P. 267-271.
2. Alpeev, A. S. Automated Control and NPP Safety Ensuring / A. S. Apleev // Atomic energy Journal. – 2001. – Vol. 90, Iss. 2. – P. 96-101.
3. Scientific Support for Nuclear Legacy Sites: Experience Gained and Future Talks / L. A. Bolshov, I. I. Linge, A. A. Sarkisov, S. S. Utkin // Atomic energy Journal. – 2016. – Vol.120, Iss. 4. – P. 201-207.
4. Role of Nuclear Power Plants in the Russian Power Industry to Meet the Carbon Emissions Requirements / E. O. Adamov, D. A. Tolstoukhov, S. A. Panov [et al.] // Atomic energy Journal. – 2021. – Vol. 130, Iss. 3. – P. 123-131.
5. On Russia's Nuclear Energy Strategy to 2050 / P. N. Alekseev, V. G. Asmolov, A. Yu. Gagarinsky [et al.] // Atomic energy Journal. – 2011. – Vol. 111, Iss. 4. – P. 183-196.