

УДК 621.039

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ.
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ НА АЭС
PROBLEMS OF NUCLEAR SAFETY IN THE DEVELOPMENT OF
NUCLEAR ENERGY. PREVENTION OF ACCIDENTS AT NUCLEAR
POWER PLANTS**

Р.В. Адамчук, А.А. Казак

Научные руководители – А.Л. Буров, старший преподаватель, А.А. Павловская,
старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

burov@bntu.by, a.pawlowskaya@bntu.by

R. Adamchuk, A. Kazak

Supervisor – A. Burov, Senior Lecturer, N. Paulouskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: В работе рассмотрены проблемы безопасности на АЭС на примере уже случившихся аварий, подведены итоги, ошибки и рассмотрены современные системы, способные предотвращать такие ситуации в будущем.

Abstract: The article considers the problems of safety at nuclear power plants on the example of accidents that have already occurred, summarizes the results, errors, and considers modern systems that can prevent such situations in the future.

Ключевые слова: безопасность, атомная электростанция, авария, фильтрующие и удерживающие системы.

Keywords: safety, nuclear power plant, accident, filter and containment systems.

Введение

После демонстрации в Чикаго в 1942 году освоения атомной энергии регулирующим способом, весь мир обратил свое внимание на данную сферу. Невероятный промышленный и военный потенциал представляла собой атомная энергия, но там, где есть потенциал – есть и риск. Как в любой промышленной отрасли существует опасность аварийных ситуаций. Несмотря на это, разумное планирование, высококачественные компоненты, хорошо развитая культура безопасности способны минимизировать любые аварийные ситуации. В этом случае время жизненного цикла реакторных установок зависит от их технического обслуживания в целях поддержания необходимого уровня ядерной безопасности.

Основная часть

Одна из главных возможных опасностей – потеря охлаждения активной зоны реактора, которая привела бы к ее плавлению, а также биологическая опасность распространения радиоактивности. Были приложены большие усилия для предотвращения аварий такого типа еще на этапе проектирования первых АЭС, поскольку предполагалось, что расплавление активной зоны создаст серьезный общественный риск и, возможно, приведет к аварии с возможными множественными смертельными исходами.

В вопросах предотвращения аварий такого типа ядерная отрасль имеет значительные успехи. При наработке более 50 лет коммерческой эксплуатации ядерных энергоблоков в 32 странах мира, было только три крупных аварии на атомных электростанциях – Три Майл-Айленд, Чернобыль и Фукусима.

Обзор крупнейших аварий в мировой атомной энергетике:

– Три Майл-Айленд (США, 1979 г.), где реактор был серьезно поврежден, но утечки радиация за пределы гермооболочки не было, следовательно, отсутствовали неблагоприятные последствия для здоровья населения и окружающей среды [4].

– Чернобыль (Украина, 1986 г.), где разрушение реактора паровым взрывом и пожаром привело к крупнейшим за всю историю атомной энергетике последствия для здоровья населения, окружающей среды и экономики.

– «Фукусима» (Япония, 2011), где три реактора относительно раннего проекта (2 поколение) вместе с четвертым были выведены из эксплуатации после того, как вследствие недостаточного охлаждения активной зоны, первопричиной которого послужили землетрясение и цунами, произошли выбросы радиоактивности. Однако в результате аварии не было смертельных случаев или серьезных заболеваний из-за выбросов радиоактивности, хотя непосредственно цунами послужило причиной гибели более 19 000 человек.

Эти три крупных аварии произошли на протяжении более чем 17 000 реакторо-лет гражданской эксплуатации ядерных реакторов. Из всех несчастных случаев и инцидентов только аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима привели к тому, что дозы облучения для населения превысили радиационное воздействие естественных источников излучения. Авария на АЭС Фукусима привела к радиационному облучению рабочих на станции, но не на столько, чтобы навредить здоровью, в отличие от Чернобыля. Другие инциденты на АЭС не выходили за пределы территории станции.

Исключая аварию на АЭС в Чернобыле, большинство серьезных радиационных поражений и смертельных случаев, которые происходят ежегодно, являются результатом обращения большого количества неконтролируемых или слабо контролируемых источников ионизирующего излучения, таких как брошенное медицинское или промышленное оборудование.

Следует отметить, что реактор коммерческого типа функционально не может иметь опасность ядерного взрыва – обогащение топлива не более 5 %, а для ядерного взрыва требуется гораздо более высокое обогащение.

В 1957 году на международном уровне был создан орган контроля за ядерной безопасностью – МАГАТЭ. После аварии на Чернобыльской АЭС его роль значительно возросла. Специальная инспекция стала подписывать процедуры безопасности и сообщать о всех инцидентах, даже незначительных.

Оценка рисков, связанная с эксплуатацией АЭС

Как бы хорошо не обеспечивалась безопасность эксплуатации, всегда есть риск аварий. Их анализ приводит к постепенному улучшению норм безопасности, что, в свою очередь, позволяет продлевать срок эксплуатации АЭС за счет дорогостоящих модернизаций и обеспечить повышенную безопасность в новых проектах.

Безопасность рабочих – главная задача на АЭС. На станции обеспечивается биологическая защита работников, ограничивается время пребывания в зоне, со значительным уровнем радиации, в активной зоне используют оборудование дистанционного контроля. Дозы облучения каждого работника проверяются индивидуально.

Вопреки ошибочному мнению, ядерная энергетика при производстве электроэнергии не имеет аналогов по безопасности. К примеру, она не выделяет вредных газов, загрязняющих атмосферу, помимо этого, каждый год при добыче ископаемого топлива погибает несколько тысяч человек. На сегодняшний день, даже авария на АЭС Фукусима не вызвала смертельных исходов; в июне 2011 года МАГАТЭ распространило следующее сообщение: «На сегодняшний день, не сообщалось ни о каких последствиях для здоровья в результате воздействия радиационного облучения». Последующие доклады Всемирной организации здравоохранения и Научного комитета ООН по действию атомной радиации подтвердили это.

Управление тяжелыми авариями

В случае аварии на АЭС ТМ1 и Фукусима проблемы начались после заглушения реакторов – немедленно на ТМ1 и через час в Фукусиме, когда пришли волны цунами. В каждом случае требование в отводе остаточного тепловыделения от топлива не выполнялось, поэтому плавление активной зоны начиналось вскоре после начала аварии. Единственные способы охладить реактор – отвод тепла и циркуляция воды. Главная трудность заключается в прекращении подачи электроэнергии. Работа насосов становится невозможной, и надеяться приходится лишь на естественную циркуляцию. Однако, из-за высокого давления дополнительная охлаждающая вода не сможет попасть в реактор. Возникает вопрос: нужны фильтры, способные не только работать без электроэнергии, они так же должны выдержать выброс большого количества водорода и твердых веществ, при этом не блокироваться и иметь минимальный потенциал распространения вне установки. После аварии на АЭС Фукусима фильтрующие и удерживающие системы FCVS устанавливаются на все реакторы, это позволит избежать разрушений защитной инфраструктуры за счет выброса пара.

В 1979 году авария на ТМ1 продемонстрировала важность всех структур безопасности. Хоть большая часть активной зоны реактора была расплавлена, конструкция контайнмента позволила сдержать высвободившиеся радионуклиды и частично растворить их в сконденсированном паре. Причиной аварии стали ошибки персонала и отказы оборудования. Исследования после аварии привели к сосредоточению внимания на человеческом факторе в ядерной безопасности. В западных реакторах не было никаких серьезных изменений в конструкции, но контрольно-измерительные приборы были значительно улучшены, и подготовка операторов была значительно пересмотрена.

На Fukushima Daiichi в марте 2011 года три действующих реактора автоматически отключились и расхолаживались используя мощность от резервных генераторов, до тех пор, пока цунами не затопило их через час. После этого аварийные системы расхолаживания активной зоны отказали.

Позднее возникла новая проблема, так как бассейны выдержки отработанного ядерного топлива лишились охлаждающей воды.

Анализ аварии показал необходимость в новых критериях размещения АЭС, по сравнению с теми, которые применялись в 1960-х годах, необходимость увеличения разнообразия резервных источников электроэнергии, резервирования систем охлаждения после останова реакторов.

Начиная с 2007 года Комиссия по ядерному регулированию США (NRC) стала проводить исследовательскую программу, связанную с оценкой аварий реактора. Результаты были опубликованы спустя год, после аварии на Фукусиме и, как и предполагали американские исследователи, подтвердили факт того, что существующие способы предотвращения аварий способны сдерживать негативное воздействие достаточно долго, чтобы не оказать влияние на население. И даже в случае развития аварии дальше, без стороннего вмешательства и принятия дополнительных мер, радиационные излучения оказывались гораздо меньше, чем предполагалось ранее. Это было подтверждено в Фукусиме, где было достаточно времени для эвакуации – три дня – до каких-либо значительных радиоактивных выбросов.

Проведение стресс-тестов как ответ на вызовы безопасности

«Стресс-тесты» – широкопрофильная проверка пределов безопасности каждого энергоблока при глобальных природных катаклизмах, а также потери функций безопасности и управление тяжелыми авариями после любого иницирующего события. Они были проведены с июня 2011 года по апрель 2017 года.

Ассоциация западных европейских ядерных регуляторов (WENRA) предложила и разработала специальные требования по их проведению для каждой АЭС при различных чрезвычайных ситуациях. Они наладили тесное сотрудничество с Европейской группой регуляторов безопасности ядерных сооружений (ENSREG), независимым авторитетным экспертным органом, созданным в 2007 году Европейской комиссией, и согласовали объем и масштаб испытаний.

В объем оценки были учтены вопросы, непосредственно связанные с событиями на Фукусиме, критическим фактором стали землетрясение и наводнение. Выводы, сделанные в ходе работы, позволят предупредить и другие общие чрезвычайные ситуации, связанные с потерей охлаждения активной зоны и охлаждения отработанного ядерного топлива.

Поскольку эксплуатирующая организация несет основную ответственность за безопасность, они провели повторную оценку, и регулирующие органы затем самостоятельно проанализировали их. Это мероприятие охватило 147 атомных станций в 15 странах ЕС, в том числе Литву с ядерными реакторами типа РБМК-1500, находящимися в процессе вывода из эксплуатации, а также 15 реакторов в Украине и пять в Швейцарии.

В результате стресс-тестов было отмечено, в частности, что европейские АЭС предлагают достаточный уровень безопасности, чтобы не требовать отключения какой-либо из них. В то же время необходимы улучшения для повышения их устойчивости к экстремальным ситуациям. Например, во Франции они были введены в соответствии с требованиями ASN, которые учитывали обмены со

своими европейскими коллегами ENSREG с июля 2012 года разработал европейский план действий.

Процесс в ЕС был завершен в конце сентября 2012 года, когда Комиссар ЕС по энергетике объявил, что стресс-тесты показали, что безопасность европейских энергетических реакторов была в целом удовлетворительной, но сделал некоторые другие комментарии и прогнозы, которые несколько отличались от выводов ENSREG.

В США NRC в марте 2012 года предъявила требования по немедленному повышению безопасности после аварии на АЭС Фукусима.

В Японии аналогичные стресс-тесты были проведены в 2011 году в соответствии с предыдущими требованиями национального регулятора, однако перезапуск реакторов был отложен до тех пор, пока обновленный национальный орган по ядерному регулированию не разработает и не опубликует новые правила безопасности.

Заключение

Как факт, вне зависимости от рисков и предрассудков, использование атомной энергии является одним из выгоднейших способов получения электроэнергии, а современные системы способны свести риск возникновения опасных для жизни людей ситуаций к минимуму.

Литература

1. Enrico Fermi. Experimental Production of a Divergent Chain Reaction (англ.) // American Journal of Physics. – 1952. – Vol. 20. – P. 536.
2. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрущенко [и др.]. – М.: «Логос», 2010. – 604 с.
3. Samuel J. Walker. Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective: [англ.]. – Berkeley: University of California Press, 2004.
4. Серия изданий по безопасности No. 75-INSAG-7. Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1. INSAG-7. Доклад. Международной консультативной группы по ядерной безопасности. Международное Агентство по Атомной Энергии. Вена, Австрия 1993.
5. Авария на АЭС «Фукусима-дайти». Доклад Генерального директора МАГАТЭ Юкия Аmano. Издание GC(59)/14, Вена, Австрия, 2015. – 278 с.
6. Межведомственная информационная система по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения и проблемам преодоления последствий радиационных аварий. Федеральная целевая программа «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года». – Режим доступа: http://rb.mchs.gov.ru/mchs/radiation_accidents. – Дата доступа: 09.03.2021
7. Probabilistic Safety Analysis Procedures Guide NUREG/CR-2815 BNL-NUREG-51559.