

А.А. МИЛЬЯНЕНКО, студент гр. 10608124 (БНТУ)

Е.В. БАСКАКОВ, студент гр. 10604124 (БНТУ)

Научный руководитель А.Г. ГЕРАСИМОВА, к.т.н., доцент (БНТУ)

г. Минск

БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Одним из важнейших аспектов атомной энергетики является безопасность станций, так как в случае крупных аварий может происходить выброс радиоактивных веществ в окружающую среду. С самого появления атомной энергетики ученые и инженеры разрабатывают новые технологии и устройства, повышающие безопасность станций.

Одним из самых безопасных проектов ядерных реакторов является АСТ-500, который собрал в себе большое количество уже апробированных и перспективных технологий, повышающих его безопасность. Но они не сводят вероятность аварий к нулю, но максимально снижают их вероятность. Атомные станции теплоснабжения (АСТ) были не достроены и законсервированы не из-за проблем проекта и реакторов, а из-за негативного мнения об атомной энергетике, вызванного аварией на Чернобыльской АЭС, и тяжелой экономической ситуацией, наступившей во время строительства станций.

Из-за того, что АСТ по проекту должны располагаться в непосредственной близости (5 и более километров) от населенных пунктов, станции наделены дополнительными мерами безопасности. А так как станция используется для подогрева воды на горячее водоснабжение и отопление, температура и давление теплоносителя значительно ниже, чем у стандартных АЭС. Все это уменьшает риск и тяжесть аварий.

Для изучения степени безопасности АСТ при аварийных ситуациях необходимо рассмотреть самые тяжелые из вероятных ситуаций и их последствия для окружающей среды и персонала станции.

Одной из серьезнейших аварий на любой из атомных станций теплоснабжения является разгерметизация первого контура, в котором, при любой конструкции реактора, циркулирует радиоактивный теплоноситель. Благодаря конструкции реактора и станции при разгерметизации первого контура шанс выхода радиоактивных веществ в окружающую среду практически равен нулю. Это происходит благодаря наличию страховочного корпуса реактора, железобетонной защитной оболочке, промежуточному контуру или герметичных помещений станции, в зависимости от места прорыва первого контура и его тяжести.

Выброс радиоактивных веществ в окружающую среду возможен только если при разгерметизации произойдет дополнительный отказ систем безопасности, но вероятность таких событий составляет $10^{-4} - 10^{-5}$ в год или один раз в 10-100 тысяч лет.

Еще одной из опаснейших проектных аварий является разрыв трубы теплообменника с одновременным незакрытием клапана. В таком случае радиоактивность из первого контура проходит во второй и далее через бак барботер и фильтры. При наихудших из возможных условий (погодные условия, состояния оборудования и т.д.) радиоактивная доза будет около 0,5 мбэр. Вероятность подобной аварии менее 10^{-4} в год (один раз в 10000 лет).

Но при проектировании атомных станций также прорабатываются запроектные аварии, которые не предусмотрены стандартными правилами. К ним относится разгерметизация первого контура (возможна разгерметизация реактора) с одновременным выходом из строя двух систем безопасности. В таком случае выброс в окружающую среду составит не более 1 мбэр. Такая авария может с вероятностью 10^{-6} или один раз в миллион лет. [1]

Таким образом аварии с набором ошибок и наложением отказов, чья вероятность чрезмерно мала, даже на расстоянии 1 километра от АСТ выпустит в окружающую среду дозу радиоактивности, сравнимую с 3-часовым перелетом на авиалайнере. Несмотря на радиоактивную безопасность станции во время аварий, устранение их причин и последствий потребует большого количества денежных средств и времени.

Но существует еще один тип аварии, который является самым опасным по количеству выбрасываемой радиоактивности из возможных для АСТ. Это гипотетическая авария. В данном сценарии развития событий к предыдущим неисправностям добавляется повреждение большей части оболочек ТВЭлов (нарушается 3 барьера безопасности из 6). В данной ситуации в зоне 5 километров от станции радиоактивная доза составит менее 400 мбэр. При этом изначальное допустимое значение дозы внешнего облучения при проектировании АСТ было заложено в 3 бэра. Таким образом ни одна из возможных аварий не потребует эвакуацию местного населения, даже непосредственного живущего у станции. В некоторых случаях потребуется проведение санитарно-массовых мероприятий. Даже при самой тяжелой аварии в километровой зоне от станции радиоактивность аварийного выброса не превысит одного бэра. Вероятность самой тяжелой гипотетической аварии с последовательными ошибками и отказами различных систем составляет всего 10^{-10} или 1 авария на 10 млрд. лет. [1]

Таким образом даже самые тяжелые из возможных аварий по радиоактивным выбросам незначительны и не превышают ежегодную дозу для населения страны, равную 300 мбэр.

Доза облучения при нормальной эксплуатации и авариях различной степени тяжести указаны в таблице 1.

Таблица 1

Доза облучения при нормальной эксплуатации и авариях различной степени тяжести на АСТ. [1]

Состояние станции	Максимальная доза облучения, мбэр		Допустимая доза облучения по государственным нормам	
	Расстояние до АСТ			
	1 км	5 км		
Нормальная эксплуатация (в течение года)	0,01	0,005		
Проектная авария (происшествие с дополнительным отказом оборудования)	1	0,5	При нормальной эксплуатации до 20 мбэр	
Запроектная авария (появление дополнительных отказов)	2	1		
Гипотетическая авария (самая тяжелая из возможных аварий)				
Внешнее облучение	210	105	3000 мбэр	
Внутреннее облучение	120	60	10000 мбэр	

Радиоактивные выбросы в случае аварий на АСТ настолько малы, что для населения и окружающей среды большую опасность представляют ТЭЦ на органическом топливе.

Рассмотрим радиационные выбросы при работе недостроенных Воронежской и Горьковской АСТ.

Воронежская АСТ (ВАСТ) имеет контаймент как у энергоблоков с реакторами ВВЭР. На рисунках 1 и 2 обозначены дозы облучения при штатной работе станции и наихудшей из возможных аварий.

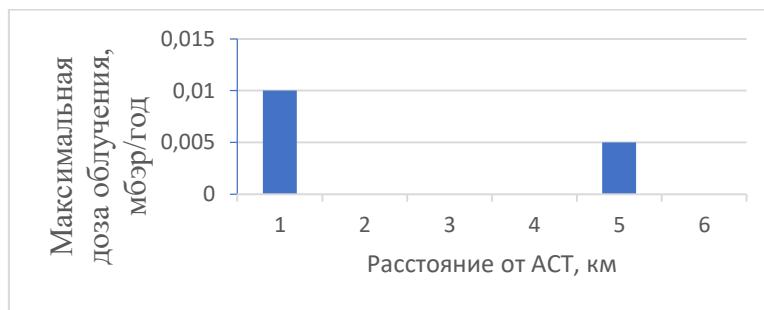


Рис. 1. Доза облучения при работе в штатном режиме ВАСТ

При стандартной эксплуатации радиационный фон, создаваемый ВАСТ был бы в 10 тысяч раз ниже естественных значений, так как допустимая доза равняется 20 мбэр/год. Незначительный радиоактивное излучение присутствует за счет наличия инертных газов.

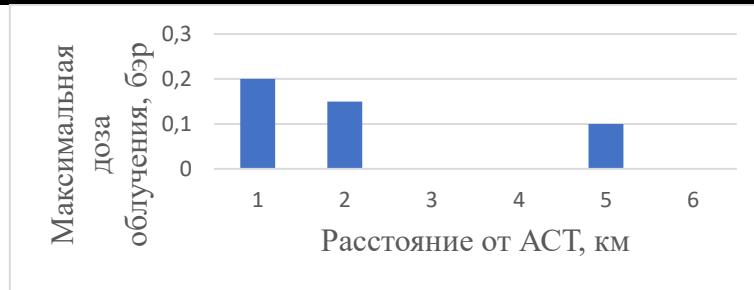


Рис. 2. Доза облучения при наиболее тяжелой аварии из возможных на ВАСТ

При максимально тяжелой аварии доза радиоактивности на близлежащие население будет не более 100 мбэр, что не представляет серьезной опасности человеческому организму.

Горьковская АСТ (ГАСТ) не имела контейнера, но была с вентиляционной трубой как энергоблоки с реакторами РБМК (реактор большой мощности канальный). Рисунки 3 и 4 указывают дозы облучения при штатной работе станции и наихудшей из возможных аварий.

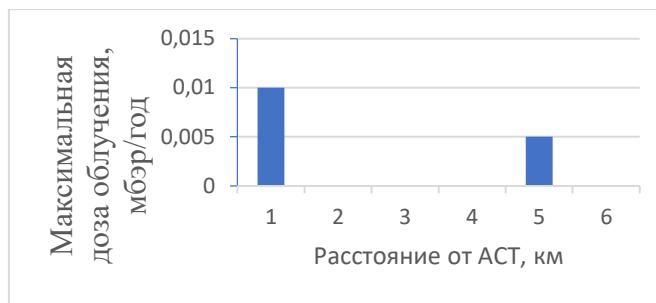


Рис. 3. Доза облучения при работе в штатном режиме ГАСТ

Из диаграммы можно сделать вывод, что при штатной эксплуатации данные станции имели бы одинаковую радиоактивность за счет одинаковых реакторов и однотипных систем безопасности.

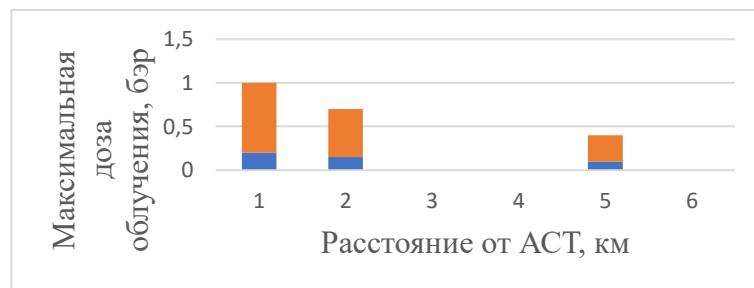


Рис. 4. Доза облучения при наиболее тяжелой аварии из возможных на ГАСТ

На диаграмме 4 синим цветом обозначены выбросы через вентиляционную трубу (данные выбросы происходят в связи с отказом систем

безопасности, следящими за уровнем радиоактивности в вентиляционной трубе, из-за чего она остается открытой), а оранжевым цветом выбросы, выходящие в обход вентиляционной трубы.

Аварийная доза, приходящая на городское население, не превышает 400 мбэр. Радиологические последствия самой тяжелой аварии ограничены уровнем флуктуации естественного фона на Земле (500-2000 мбэр).

В итоге можно сказать, что атомные станции теплоснабжения безопасны в плане радиоактивных выбросов. Намного опаснее них являются угольные ТЭЦ и котельные, так как при сжигании угля выделяется большое количество вредных и радиоактивных веществ, которые изначально содержались в угле. В зависимости от месторождения в углях находится различное количество различных токсичных и радиоактивных веществ, которые выделяются при сгорании угля. АСТ же не выделяют в окружающую среду радиоактивных веществ при нормальной эксплуатации. При штатной эксплуатации АСТ выделяют дозу радиации в сотни и тысячи раз меньшую, чем природный радиационный фон. Даже при авариях, от проектных до гипотетических, радиационный фон в радиусе от 1 до 5 километров от станции будет в пределах нормы и понадобиться провести только некоторые санитарно-массовые мероприятия, чтобы оказать первую помощь и т.д.

Необходимо проводить культурно-массовые мероприятия, чтобы информировать людей о радиоактивной безопасности атомной энергетике и опасности сжигания угля.

Список литературы:

1. Что такое атомная станция теплоснабжения: / О.Б. Сомойлов [и др.] ; под ред. д.т.н. проф. О. Б. Самойлова, к.т.н. В. С. Кууля. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 96 с. – ISBN 5-283-03573-5.

2. Дементьев, Б. А. Ядерные энергетические реакторы: учеб. пособие / Б. А. Дементьев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. – ISBN 5-283-03836-X.

Информация об авторах:

Мильяненко Александр Александрович, студент гр. 10608124, БНТУ, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, sasha_2006_09_07@mail.ru

Баскаков Евгений Викторович, студент гр. 10604124, БНТУ, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, д. 65, ebaskakov1304@gmail.com

Герасимова Алина Георгиевна, к.т.н., доцент, БНТУ, Республика Беларусь, 220013, г. Минск, пр-т Независимости, д. 65, gerasimova@bntu.by