

МАТРИЦА РАДИАЦИОННОГО РИСКА КАК ИНСТРУМЕНТ РАНЖИРОВАНИЯ АВАРИЙ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

© 2012 К.И. Ильин

Научно-исследовательский технологический институт
Ульяновского государственного университета

Поступила в редакцию 20.11.2012

В рамках данной работы предложен вариант классификации ядерных и радиационных рисков аварийных ситуаций для объектов использования атомной энергии в форме матрицы, который основывается на требованиях международных и отечественных нормативных документов. После нанесения на матрицу данных о рисках возможных аварийных ситуаций для рассматриваемого объекта можно судить об его уровне безопасности. Характеризующие безопасность объекта значения параметров могут быть получены на основе анализа статистических данных или оценок экспертной группы. Ключевые слова: анализ риска, радиационная безопасность, радиационно опасные объекты, матрица риска.

Понятие риска из сферы математического анализа теории вероятности и обыденной жизни (рисковый человек, рискованная операция и др.) прочно утвердилось в научно-практической сфере деятельности.

Процедура лицензирования опасной деятельности введена на предприятиях Росатома в соответствии с федеральными законами [1-3] в целях управления параметрами риска, связанного с этой деятельностью. Важнейший компонент этой процедуры – декларирование безопасности опасных производственных объектов (ОПО), которое невозможно без анализа риска и его классификации.

В настоящее время разработано большое количество методов оценки риска на опасных производственных объектах [4], существуют методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов [5]. Однако работы по классификации рисков полученных после анализа находятся в настоящее время лишь на стадии развития. Важность проведения корректирующих мероприятий для той или иной рассмотренной аварийной ситуации основывается в основном на экспертных оценках, которые опираются в большинстве случаев на субъективную точку зрения специалистов, проводящих анализ, и не имеют единой обоснованной концепции. Это в большинстве случаев приводит к недостаточной степени проработанности результатов оценок риска и, соответственно, либо к неоправданным затратам на повышение безопасности в случаях, когда опасность изначально пренебрежимо мала, либо к отсутствию действий на предотвращение аварийных ситуаций, вероятность которых мала,

но последствия являются катастрофическими.

Поэтому разработка методологии, опирающейся на единую обоснованную концепцию, позволит принимать наиболее рациональные решения при обеспечении безопасности, является актуальной задачей.

Построение диаграммы (матрицы) с вероятностью возникновения аварийной ситуации на одной оси и тяжестью последствий на другой – один из способов наглядного отображения совокупности данных об имеющихся на объекте рисках.

В рамках данной работы предложен вариант классификации ядерных и радиационных рисков аварийных ситуаций для объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) в форме матрицы (рис. 1).

ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦЫ

По оси абсцисс матрицы отложены вероятности возникновения аварийных ситуаций рассматриваемых при проведении обоснования безопасности ОИАЭ. Шкала является логарифмической с ограниченным диапазоном от 10^{-7} до 1 год^{-1} . Первое граничное значение продиктовано общепринятой концепцией минимально значимой вероятности проявления опасности, а второе – недопустимостью возникновения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах чаще 1 год^{-1} .

По оси ординат отложена возможная тяжесть последствий аварий в соответствии с Международной шкалой ядерных событий (INES) [6]. Шкала INES применима к любому событию, связанному с радиоактивным материалом и/или радиацией, и к любому событию во время транспортировки радиоактивных материалов. По шка-

*Ильин Кирилл Игоревич, аспирант кафедры «Физическое материаловедение», младший научный сотрудник.
E-mail: kirill40184@list.ru*

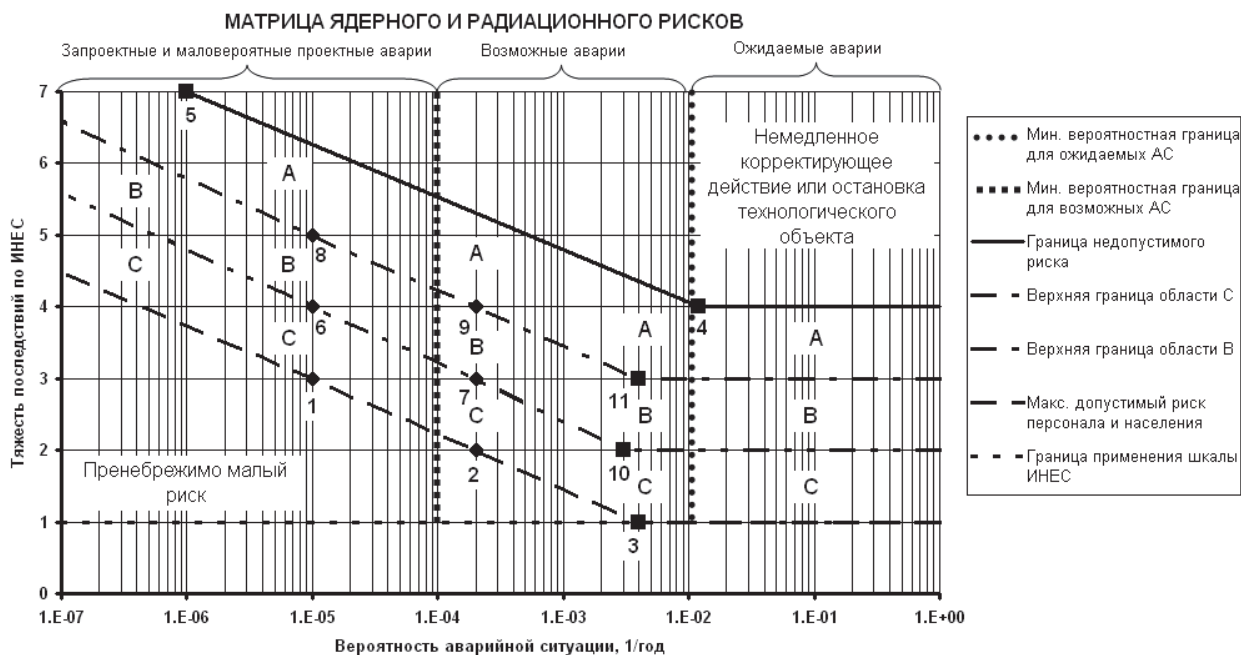


Рис. 1. Матрица ядерного и радиационного рисков

ле не классифицируются промышленные аварии или другие события, не связанные с ядерными или радиационными процессами [6].

В рамках шкалы события классифицируются по семи уровням: в верхних уровнях (4–7) они называются авариями, а в нижних уровнях (1–3) – инцидентами. События, не существенные с точки зрения безопасности, классифицируются ниже шкалы с нулевым уровнем и называются отклонениями. События, не имеющие отношения к безопасности, не входят в шкалу и считаются вне шкалы. Структура шкалы показана на рис. 2 с ключевыми словами, которые здесь не претендуют на точность или строгую определённость.

Предполагается, что каждый уровень шкалы отличается от предыдущего на порядок, а основные деления оси ординат отстоят друг от друга на одинаковую величину.

ПРОЕКТНЫЕ И ЗАПРОЕКТНЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ

В соответствии с [6] исходные события аварийных ситуаций по частоте их возникновения можно разделить на:

- Ожидаемые: исходные события, наступление которых ожидается один или несколько раз за весь срок эксплуатации установки;
- Возможные: исходные события, которые не «ожидаются», но их предполагаемая вероятность за срок эксплуатации превышает уровень около 1% (т.е. около $3 \cdot 10^{-4}$ 1/год);
- Маловероятные: исходные события, рассматриваемые в проекте установки, которые менее вероятны, чем предыдущие.

– Запроектные: исходные события с очень малой частотой, которые, как правило, не включаются в обычный анализ безопасности установки. Если все же вводятся системы защиты от таких исходных событий, то они не обязательно должны иметь тот же уровень резервирования или разнородности, как меры защиты от проектных аварий.

Данные сведения помогают выделить наиболее важные с точки зрения необходимости первичного рассмотрения аварийные ситуации, поэтому на рис. 1 определены минимальные границы вероятности возникновения «ожидаемых» и «возможных» исходных событий аварийных ситуаций для объекта с проектным сроком эксплуатации 50 лет.

ПРИЕМЛЕМЫЙ (НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ) И НЕДОПУСТИМЫЙ РИСК

В настоящее время уровень безопасности той или иной человеческой деятельности выражают через единую меру – вероятную частоту гибели людей, т.е. через индивидуальный (либо обобщенный) риск гибели людей в пересчете на год жизни.

Для определения границы приемлемого риска при эксплуатации ОИАЭ на матрице риска были использованы значения обобщенного риска (произведение вероятности события, приводящего к облучению, и вероятности смерти, связанной с облучением) утвержденные в [7] и описания уровней шкалы INES (рис. 2):

Точка 1. вероятность облучения населения [7]: более $1,0 \cdot 10^{-5}$, год⁻¹

уровень по шкале INES: «Уровень 3. Облу-

Вид аварии	Сфера воздействия		
	Воздействие за пределами площадки	Воздействие на площадке	Ухудшение глубокоэшелонированной защиты
7 Крупная авария	Крупный выброс: крупномасштабные воздействия на здоровье и окружающую среду		
6 Серьёзная авария	Значительный выброс: вероятно, требуется полное осуществление предусмотренных планом контрмер		
5 Авария с риском за пределами площадки	Ограниченный выброс: вероятно, требуется частичное осуществление предусмотренных планом контрмер	Тяжёлое повреждение активной зоны реактора / радиологических барьеров	
4 Авария без значительного риска за пределами площадки	Незначительный выброс: облучение населения на уровне величин, сравнимых с установленными пределами	Значительное повреждение активной зоны реактора / радиологических барьеров / смертельное облучение персонала	
3 Серьёзный инцидент	Очень малый выброс: облучение населения на уровне долей установленных пределов	Обширное распространение загрязнения / острые лучевые поражения персонала	Событие близко к аварии – уровней (эшелонов) защиты не осталось
2 Инцидент		Значительное распространение загрязнения / переоблучение персонала	События со значительными нарушениями мер обеспечения безопасности
1 Аномалия			Отклонение от разрешённого режима эксплуатации
0 Отклонение	Несущественно для безопасности		

Рис. 2. Основная структура шкалы INES [6]

чение населения на уровне долей установленных пределов»

Точка 2. *вероятность переоблучения персонала [7]: $2,0 \cdot 10^{-4}, \text{год}^{-1}$*

уровень по шкале INES: «Уровень 2. Переоблучение персонала».

Через точки 1 и 2 была проведена прямая, характеризующая верхнюю границу приемлемого риска (на рис. 1 «Макс. допустимый риск персонала и населения»). Полученная прямая в точке 3 имеет перегиб и идет параллельно оси абсцисс по уровню 1 шкалы INES, т.к. нет необходимости выполнения каких-либо действий для устранения события, не существенных с точки зрения безопасности. Область ниже полученной ограничительной линии представляет собой область пренебрежимо малого риска, где дополнительные меры безопасности практически не приводят к уменьшению риска.

При определении границы недопустимого риска был применен принцип недопущения повышения риска естественной смерти из-за эксплуатации опасного производственного объекта:

Точка 4. *вероятность естественной смерти людей [8]: $1,2 \cdot 10^{-2}, \text{год}^{-1}$*

уровень по шкале INES: «Уровень 4. Смертельное облучение персонала».

Используя значение пренебрежимо малой вероятности исходного события аварийной ситуации [6], характеризующей запроектные аварии, и максимальный уровень шкалы INES была получена точка 5:

Точка 5. *пренебрежимо малая вероятность исходного события [7]: $1 \cdot 10^{-6}, \text{год}^{-1}$*

уровень по шкале INES: «Уровень 7. Крупномасштабные воздействия на здоровье и окружающую среду».

Через точки 4 и 5 была проведена прямая, ха-

рактирующая нижнюю границу недопустимого риска (на рис. 1 «Граница недопустимого риска»). Полученная прямая в точке 4 имеет перегиб и идет параллельно оси абсцисс по уровню 4 шкалы INES, т.к. никакими документами не регламентирована необходимость более жесткого установления границы. Область выше ограничительной линии представляет область недопустимо высоких рисков, где требуется проведение немедленных мер безопасности или остановка работы объекта.

КОРИДОР РИСКОВ

Область, ограниченная линиями приемлемого (рис. 1 - «Максимальный допустимый риск персонала и населения») и недопустимого (рис. 1 - «Граница недопустимого риска») рисков, обозначает коридор рисков, в котором необходимо планирование и проведение соответствующих корректирующих действий, направленных на снижение вероятности возникновения исходных событий аварийных ситуаций и/или тяжести их последствий.

В полученном коридоре рисков выделены области (категории), где:

С – рекомендуется проведение анализа риска и принятие мер безопасности (например, корректирующие действия в течение 24 месяцев);

В – желателен детальный анализ риска, требуются меры безопасности (например, корректирующие действия в течение 12 месяцев);

А – обязателен детальный анализ риска, требуются оперативные меры безопасности для снижения риска (например, корректирующие действия в течение 3 месяцев).

Верхние границы областей В и С получены исходя из предположения повышения тяжести последствий для персонала и населения при неизменной вероятности возникновения неблагоприятных воздействий, т.е.:

Точка 6. вероятность переоблучения населения: более $1,0 \cdot 10^{-5}$, год⁻¹

уровень по шкале INES: «Уровень 4. Облучение населения на уровне величин, сравнимых с установленными пределами».

Точка 7. вероятность переоблучения персонала: более $2,0 \cdot 10^{-4}$, год⁻¹

уровень по шкале INES: «Уровень 3. Острые лучевые поражения персонала».

Точка 8. вероятность переоблучения населения: более $1,0 \cdot 10^{-5}$, год⁻¹

уровень по шкале INES: «Уровень 5. вероятно, требуется частичное осуществление предусмотренных планом контрмер».

Точка 9. вероятность переоблучения персонала: более $2,0 \cdot 10^{-4}$, год⁻¹

уровень по шкале INES: «Уровень 4. Смер-

тельное облучение персонала».

Через точки 6 и 7, 8 и 9 были проведены прямые, характеризующие верхние границы областей С и В (на рис. 1 «Верхняя граница области С», «Верхняя граница области В», соответственно). Полученные прямые в точках 10 и 11 имеют перегибы. Перегиб в точке 10 характеризует допустимое однократное в течение года облучение работника из числа персонала эффективной дозой до 50 мЗв [7]. А перегиб в точке 11 - недопущение переоблучения персонала дозой свыше 1 Гр, вызывающей детерминированные последствия, проявляющиеся в виде поражения всего организма (острая лучевая болезнь) или отдельных его частей (катаракта хрусталика глаза, временная или постоянная стерилизация и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенного исследования стал обоснованный вариант классификации ядерных и радиационных рисков аварийных ситуаций для объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) в форме матрицы, который основывается на требованиях международных и отечественных нормативных документов.

После нанесения на матрицу данных о рисках возможных аварийных ситуаций для рассматриваемого объекта можно судить об его уровне безопасности. Характеризующие безопасность объекта значения параметров могут быть получены на основе анализа статистических данных или оценок экспертной группы.

Данная работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон: [принят Гос. Думой 20 июня 1997 г.: по состоянию на 1 января 2010 г.].
2. Российская Федерация. Законы. Об использовании атомной энергии: федер. закон: [принят Гос. Думой 20 октября 1995 г.: по состоянию на 1 января 2010 г.].
3. Российская Федерация. Законы. О лицензировании отдельных видов деятельности: федер. закон: [принят Гос. Думой 13 июля 2001 г.: одобр. Советом Федерации 20 июля 2001 г.].
4. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем: ГОСТ Р 51901 1-2002. Изд. 2005 с Изм. 1 (ИУС 8-2005). Введ. впервые; введ. 07.06.2002.
5. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: РД 03-418-01: утв. Федеральным горным и промышленным надзором России 10.07.2001: введ. в действие с 01.10.2001.

6. Жук Ю.К. Международная шкала ядерных событий (ИНЕС): руководство для пользователей: [пер. с англ.]. IAEA-INES, 2001.
7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Гигиенические нормативы. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 2009.
8. Анализ безопасности установок и технологий: методическое пособие по проблемам регулирования риска. Часть 1 / под общ. ред. канд. техн. наук С.В. Петрина. Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2006. 167 с.

MATRIX OF RADIATION EXPOSURE AS A TOOL FOR RANKING ACCIDENTS AT RADIATION-DANGEROUS FACILITIES

© 2012 K.I Ilyin

Technological Research Institute
of Ulyanovsk State University

In this work the proposed version of the classification of nuclear and radiation risks of emergency situations for objects of use of an atomic energy in the form of a matrix, which is based on the requirements of the international and national regulatory documents.

After application of the matrix data about the risks of possible emergency situations on the object in question can be judged on its level of security. Characterizing the object safety settings can be obtained on the basis of the analysis of statistical data or assessments of the expert group.

Key words: risk assessment, nuclear and radiation safety, radiation-dangerous objects, radiation accidents, risk matrix.