

## Концепция обеспечения ядерной и радиационной безопасности в рамках Федерального закона "О техническом регулировании"

Н.Н. Скулкин, консультант Волжского межрегионального территориального округа Федеральной службы по атомному надзору

*Со дня вступления в силу Федерального закона "О техническом регулировании" в печати появились статьи, отражающие первую реакцию специалистов, занимающихся вопросами атомной энергетики, в организациях рассматриваются планы разработки общих технических регламентов по ядерной и радиационной безопасности, обсуждаются их первые проекты.*

*Складывается впечатление, что вместо общего технического регламента по ядерной и радиационной безопасности готовятся к выпуску документы, представляющие компиляцию из действующих нормативных документов с включением отдельных статей законов.*

*В статье представлена концепция обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии, основанная на анализе отказов оборудования и радиационных последствий, вызываемых ими, и на определении вероятности причинения вреда здоровью граждан с учетом тяжести этого вреда. Концепция предлагается для использования при разработке общего технического регламента по ядерной и радиационной безопасности.*

Федеральный закон [1] ввел ряд новых понятий, основное из которых – технический регламент (документ, устанавливающий обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования). В соответствии с [1] технические регламенты принимаются в целях защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений и др. Основным принципом технического регулирования – применение единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации,

хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или предоставлению услуг.

Технические регламенты с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие безопасность излучений, биологическую безопасность, взрывобезопасность, механическую безопасность, пожарную безопасность, промышленную безопасность, термическую безопасность, химическую безопасность, электрическую безопасность, ядерную и радиационную безопасность, электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования, единство измерений.

В законе [1] дано следующее определение риска: "Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда". Из определения риска следует, что речь идет о допустимой вероятности причинения вреда, поскольку только в этом случае может быть учтена тяжесть последнего.

В [2] имеется определение понятия риска радиационного<sup>1</sup>, который является одним из факторов, оказывающим вредное влияние на здоровье людей.

Уместно привести также определение безопасности, данное в [1]: "Безопасность продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации (далее – безопасность) – состояние, при котором отсутствует недопустимый риск<sup>2</sup>, связанный с причинением вреда жизни или здо-

<sup>1</sup> Риск радиационный – вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

<sup>2</sup> Не превышает риск.

ровью граждан, ....".

Определение содержит в себе условие обеспечения безопасности – отсутствие недопустимого риска. Недопустимый риск – это тоже риск. Государственные стандарты допускают применение уточняющих слов в используемых определениях, если это вносит большую ясность, подчеркивает отдельные стороны термина.

Поскольку техническое регулирование осуществляется в соответствии с принципом применения единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации и т.д., риск представляет собой базовую характеристику, на основе которой могут быть разработаны такие правила.

Причинение вреда имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений может быть возмещено страховыми компаниями и государством в соответствии с законодательством. Государство может ввести обязательное страхование для таких случаев, определить страховые компании, действующие в этой сфере, установить размеры страховых взносов в зависимости от степени риска и т.д. Установление допустимых значений риска причинения такого рода ущерба не является принципиальной проблемой. В общих технических регламентах могут быть указаны лишь общие подходы к решению этих вопросов.

При рассмотрении фактора радиационного воздействия принимается, что степень риска причинения вреда прямо пропорциональна эффективной дозе, полученной человеком. Для определения соотношения между степенью риска причинения вреда жизни и здоровью населения и вероятностью отказов<sup>3</sup> объектов технического регулирования (оборудования, систем, элементов, изделий и т.д., далее по тексту – элементов или элемен-

<sup>3</sup> Под отказом понимается отказ элемента в процессе нормальной эксплуатации с соблюдением требований технологических регламентов и инструкций, являющийся следствием стохастической природы некоторых процессов и характеристик, имеющих место при изготовлении, контроле, техническом обслуживании и эксплуатации и не учитываемых при проектировании.

тов ядерных установок) можно воспользоваться формулой из [2] для индивидуального пожизненного риска возникновения стохастических эффектов. После замены интеграла суммой и некоторых других замен формула может быть представлена в следующем виде:

$$r = \sum P_E r_E E \leq 5 \cdot 10^{-5}, \quad (1)$$

где  $r$  – индивидуальный пожизненный риск;

$E$  – индивидуальная эффективная доза, получаемая населением в результате выхода радиоактивных веществ за установленные границы при отказе элемента ядерной установки (объекта, комплекса ядерных установок и т.д.), Зв;

$P_E$  – вероятность отказа элемента ядерной установки, в результате которого уровень радиационного воздействия составляет величину  $E$ , 1/год;

$r_E$  – коэффициент пожизненного риска сокращения длительности периода полноценной жизни в среднем на 15 лет на один стохастический эффект, равный для облучения населения  $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2}$  1/чел.Зв при  $E < 200$  мЗв/год;

$5 \cdot 10^{-5}$  – предел индивидуального пожизненного риска в условиях нормальной эксплуатации для техногенного облучения в течение года для населения.

Суммируются элементы, отказы которых приводят к увеличению уровня радиационного воздействия на население.

Если объект содержит один элемент, то для него допустимая вероятность отказа составит:

$$P_E \leq 5 \cdot 10^{-5} / (r_E E). \quad (2)$$

Уровень радиационного воздействия непосредственно определяет риск вреда жизни и здоровью людей. Таким образом, можно говорить о допустимой вероятности отказов элементов ядерных установок.

Данное соотношение отображено на рисунке в координатах  $P_E$  и  $E$  в логарифмическом масштабе. Размерность параметра  $E$  принята в мЗв. Оно представляет линию, проходящую через точку с координатами  $E = 1$  мЗв и  $P_E = 1$  /год. Здесь же проведена линия, соответствующая безусловно приемлемому риску,

равному  $10^{-6}$ /год. Линии разделяют поле рисунка на области: безусловно приемлемого риска, оптимизации и недопустимого риска.

Если объект содержит большое количество элементов, обладающих разной надежностью, отказы которых могут приводить к различным последствиям по уровню радиационного воздействия на население и окружающую среду, то суммируя по всем элементам, можно определить риск причинения вреда здоровью граждан. Отдельный элемент может быть показан кружочком на рисунке. При оценке безопасности эксплуатации объекта в первом приближении можно группировать отдельные элементы, последствия отказов которых близки, и рассматривать эквивалентную точку, с координатой  $P_E$ , равной сумме вероятностей их отказов. Эта точка не должна попадать в область недопустимого риска, где пожизненный риск для населения превышает величину  $5 \cdot 10^{-5}$ /год.

На рисунке показана такая группа элементов. Строго говоря, здесь каждая точка определяет интегральные характеристики элементов (математические ожидания). Например, отказ трубопровода первого контура реактора может иметь различные последствия по выходу радиоактивных веществ, в зависимости от степени разрушения, которой соответствует определенная вероятность.

Можно построить аналогичный рисунок, характеризующий соотношение между степенью риска причинения вреда здоровью персонала в результате радиационного воздействия и вероятностью отказа элементов ядерных установок. Для этого в формулах (1) и (2) следует заменить предел индивидуального пожизненного риска в условиях нормальной эксплуатации для техногенного облучения в течение года для населения и коэффициент пожизненного риска на соответствующие величины для персонала ( $1,0 \cdot 10^{-3}$ /год и  $r_E = 5,6 \cdot 10^{-2}$  1/чел.-Зв).

Однако необходимо иметь в виду следующее:

1. При отказе того или иного оборудования уровень радиационного воздействия на население и на персонал может значительно отличаться. Для персонала в тех же случаях он будет зави-

сеть не только от его обязанности исполнения функций, определенных инструкциями, но и от эффективности предпринимаемых действий, допускаемых при этом ошибок, наличия людских резервов и других факторов.

2. Отказы отдельного оборудования ядерной установки могут приводить к выходу радиоактивных веществ и выбросам через сбросную трубу спецвентиляции и по другим каналам, оказывая воздействие на население и окружающую среду и не оказывая дополнительное радиационное воздействие на персонал, и имеется оборудование, отказы которого могут приводить к облучению лишь персонала комплекса ядерных установок или отдельной установки.

Строго говоря, при использовании формулы (1) для определения индивидуального пожизненного риска<sup>4</sup> следует учитывать особенности технологий конкретных объектов, на которых работает соответствующий персонал, радиационное влияние других объектов при отказах систем и элементов на них, возможные каналы распространения радиоактивных веществ.

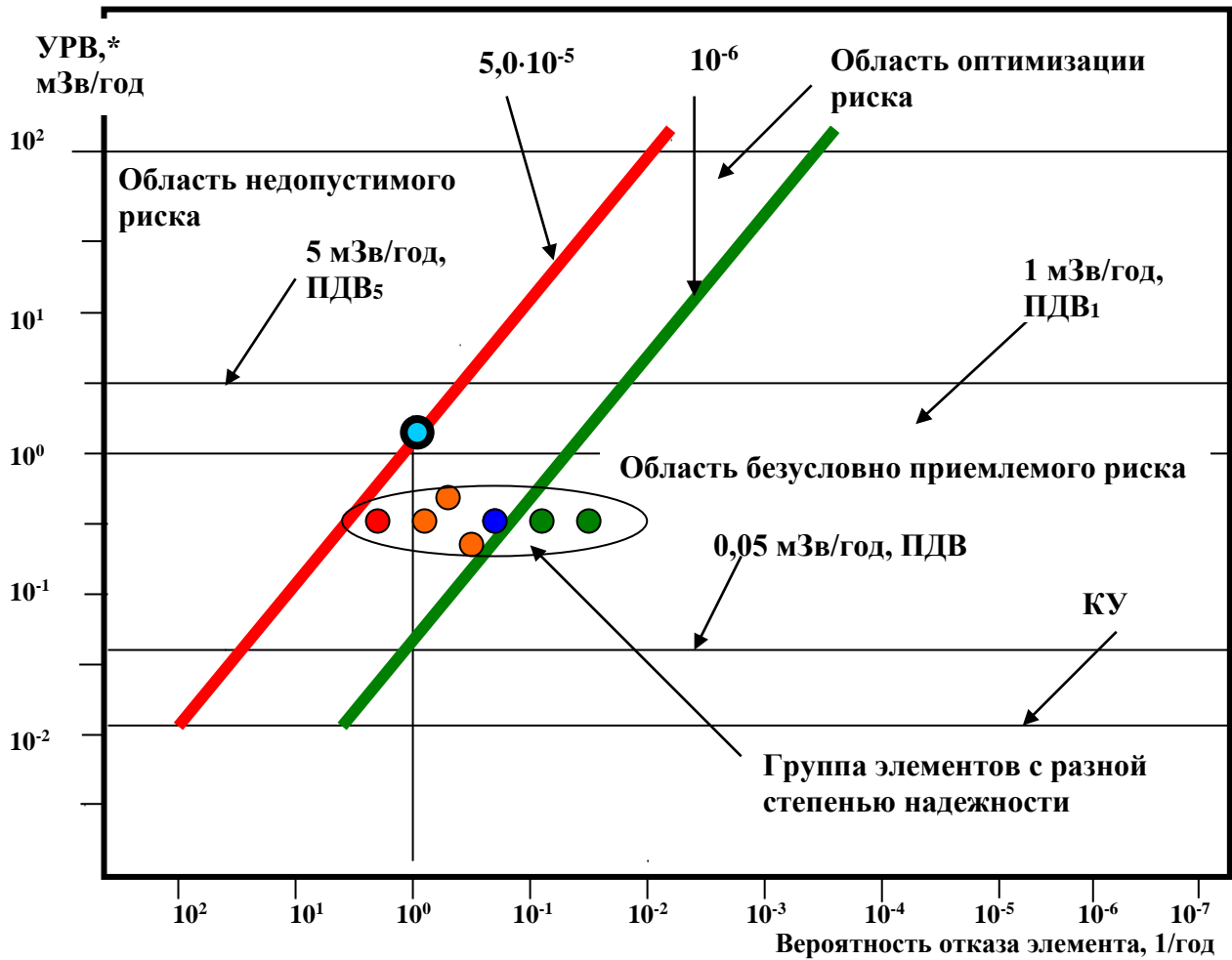
Чтобы учесть принцип оптимизации, установленный в [2]<sup>5</sup>, можно продифференцировать соотношение (1) по стоимости затрат на снижение риска. Тогда в самом общем виде система уравнений примет вид:

$$r = \sum P_E r_E E \leq (5 \cdot 10^{-5} \text{ для населения или } 10^{-3} \text{ для персонала}); \quad (3)$$

$$\Delta r / \Delta S = \sum (P_E r_E E + P_E r_E E) \geq (\Delta r / \Delta S)_{\min}, \quad (4)$$

<sup>4</sup> В самом общем случае, при определении индивидуального пожизненного риска формула (1) должна учитывать, кроме радиационных, биологические, химические и другие риски, связанные с эксплуатацией ядерных установок. Это замечание справедливо и при оценке индивидуального пожизненного риска для населения. Суммирование должно вестись по всем таким факторам в пределах стохастических эффектов.

<sup>5</sup> Поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения.



Соотношение между уровнем радиационного воздействия на население и окружающую среду (тяжестью вреда) и вероятностью отказов объектов технического регулирования:

- КУ** - контрольный уровень;
- ПДВ** - предельно допустимый выброс РВ, соответствующий установленной квоте облучения населения;
- ПДВ<sub>1</sub>** - предельно допустимый выброс (мощность выброса) в предположении, что при таком выбросе облучение населения за год не превысит 1 мЗв;
- ПДВ<sub>5</sub>** - предельно допустимый выброс (мощность выброса) в предположении, что при таком выбросе облучение населения за год не превысит 5 мЗв;
- УРВ** - уровень радиационного воздействия

\* Должно быть исключено облучение людей дозой выше потенциально опасной (200 мЗв).

где  $\Delta S$  – стоимость затрат в рублях на снижение риска на величину  $\Delta r$ ;

$P'_E, E'$  – производные по стоимости затрат;

$(\Delta r/\Delta S)_{\min}$  – экономически целесообразное минимальное снижение риска на 1 руб. затрат.

Учет экономических и социальных факторов можно считать реализованным, если при установлении допустимых рисков и величин  $(\Delta r/\Delta S)_{\min}$  будет обеспече-

но участие представителей общественных и профессиональных объединений и местных органов власти, что должно быть отражено в заключаемых между сторонами соглашениях.

Теоретически любые действия в отношении потенциально опасных объектов могут оцениваться по их влиянию на риск здоровью граждан с учетом экономических и социальных факторов. Влияние на риск может служить критерием оценки значимости организационных и технических мероприятий. Например, с помощью расчета рисков может быть объективно оценена достаточность компенсирующих мероприятий при работе объекта с теми или иными отступлениями от требований нормативных документов.

В идеальном случае может быть разработана законодательная база, регулирующая отношения между персоналом, населением, работодателями и государственными органами власти, при которой будут в полной мере учтены интересы работников и населения, подвергающихся риску. Если при этом за дополнительный риск будет обеспечена материальная компенсация, то работники и население будут заинтересованы в выявлении непредусмотренных рисков, будут более активно участвовать в деятельности производственных и общественных объединений, в обеспечении неформального социального контроля. Роль надзорных органов в этом случае может быть сведена к контролю за наличием договоров и их выполнением сторонами.

Данный подход реально применим для оценки необходимости и эффективности сертификации, лицензирования, государственного надзора и т.д.

На практике эксплуатирующие организации не определяют области риска, в которых находятся их объекты. Это является следствием несовершенства действующего законодательства в области использования атомной энергии. Другая причина – отсутствие данных о надежности большинства элементов и систем, используемых на ядерных установках, и методик для оценок показателей надежности. В тех случаях, когда имеются статистические данные об отказах элемен-

тов, то, как правило, они не увязаны с последствиями этих отказов.

Федеральный закон [1] при обеспечении безопасности на первое место ставит требование отсутствия недопустимого риска. Из закона следует, что данная проблема и возникающие при этом отношения в области использования атомной энергии должны быть урегулированы общим техническим регламентом по ядерной и радиационной безопасности.

Требования, обеспечивающие безопасность излучений, биологическую безопасность, взрывобезопасность, механическую безопасность, пожарную безопасность, промышленную безопасность, термическую безопасность, химическую безопасность, электрическую безопасность, электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования, единство измерений, должны устанавливаться в соответствующих общих технических регламентах. В общем техническом регламенте по ядерной и радиационной безопасности могут быть на них ссылки.

Указанный регламент должен решать с самых общих позиций вопросы возмещения вреда, страхования, пределов доз облучения, требований к обязательной сертификации, лицензированию и т.д., а также решать вопросы технического регулирования, которые до его принятия разрешались в соответствии с Федеральными законами "Об использовании атомной энергии" и "О радиационной безопасности населения".

Общие технические регламенты должны определять минимальные требования, обеспечивающие достижение поставленных законом [1] целей. Каким путем эксплуатирующие организации будут добиваться этих целей – это их право и внутреннее дело.<sup>6</sup> Например, организация может в несколько раз увеличить численность персонала и тем самым снизить дозовые нагрузки на персонал в процессе эксплуатации объектов. Организация может увеличить надежность оборудования или применить дополнительные системы безопасности для со-

<sup>6</sup> Эксплуатирующая организация по закону несет за все ответственность.

кращения выхода радиоактивных веществ за установленные границы и снижения дозовых нагрузок на персонал и население, может перенести производство в редконаселенные районы страны и т.д. Организация может использовать оборудование общепромышленного назначения, если ее устраивают частые остановки для проведения его ремонта и восстановления показателей надежности, и т.д.

Технические регламенты не должны затрагивать вопросы, являющиеся внутренними для организации, например, определять программы экспериментальных работ, устанавливая сроки модернизации или реконструкции и т.д. Технический регламент не должен содержать требований к конструкции и исполнению – это также внутреннее дело организации. Важно, чтобы в любой момент времени организация могла доказать, что риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, не превышает допустимых значений, установленных регламентами.

В основу общего технического регламента могут быть положены разработки по безопасности нормативных документов, однако следует иметь в виду, что действующие правила имеют серьезные недостатки, касающиеся установления требований к обеспечению безопасности и надежности систем и элементов ядерных установок.

Нормативные документы должны быть переработаны с учетом предлагаемой концепции обеспечения безопасности. Такие понятия, как эксплуатационные пределы, пределы и условия безопасной эксплуатации и др., должны быть переосмыслены.

Например, определение пределов безопасной эксплуатации могло бы представлять следующий вид: пределы безопасной эксплуатации – установленные проектом значения параметров технологического процесса, отклонения от которых могут привести к превышению допустимого риска для персонала или населения.

Установленные правилами критерии отнесения элементов к различным классам не определяют единого подхода к формированию требований к оборудо-

ванию, обеспечивающего безопасность с учетом риска вреда жизни и здоровью людей.

Предлагаемый подход к оценке безопасности позволяет обойтись без введения классификации элементов систем для установления к ним адекватных требований к качеству и надежности.

Концепция обеспечения ядерной и радиационной безопасности дает возможность перейти к принципу добровольного выполнения действующих в настоящее время норм и правил, отказаться от требования к обязательной сертификации используемой продукции.

Чтобы избежать при разработке технических регламентов недостатков, присущих нормативным документам, представляется допустимым в данном случае применить экономические стимулы за счет федерального бюджета для побуждения граждан вносить свои предложения и выявлять недостатки в проектах регламентов.

### Выводы

Предлагаемая концепция обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии, основанная на оценках вероятности отказов оборудования и радиационных последствий, определяемых ими, может быть использована при разработке общего технического регламента по ядерной и радиационной безопасности. Концепция также позволяет создать систему применения единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или предоставлению услуг.

### Литература

1. Федеральный закон “О техническом регулировании”, №184-ФЗ, 27.12. 2002 г.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99).