

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4

2001

Редакционный совет:

АЛЕКСЕЕВ Б.Н.
МЕШАЛКИН Е.А.
НОВИКОВ В.Д.
ПОРЯДИН А.Ф.
СОРОКИН Ю.Г.
УШАКОВ И.Б.
ФЕДОРОВ М.П.
ШАДРИКОВ В.Д.
ШАХРАМАНЬЯН М.А.

Главный редактор
БЕЛОВ С.В.

Зам. гл. редактора
ДЕВИСИЛОВ В.А.

Редакционная коллегия:

АНТОНОВ Б.И.
БАРИНОВ А.В.
ГЕРАСЬКИН В.И.
ЗАБЕГАЕВ А.В.
ЗЕНЦОВ И.И.
ИВАНОВ Н.И.
КРАСНОГОРСКАЯ Н.Н.
КУКУШКИН Ю.А.
ЛАПИН В.Л.
МАСТРЮКОВ Б.С.
МЕДВЕДЕВ В.Т.
ПОЛАНДОВ Ю.Х.
ПОПОВ В.М.
ПРОНИН И.С.
ПРУСЕНКО Б.Е.
РУСАК О.Н.
СИНЕВ А.В.
СОКОЛОВ Э.М.
ТИШКОВ К.Н.
ТОПОЛЬСКИЙ Н.Г.
ТУНАКОВА Ю.А.
ФАЙНБУРГ Г.З.
ЦХАДАЯ Н.Д.
ЧЕРЧИНЦЕВ В.Д.
ШВАРЦБУРГ Л.Э.
ШЛЫКОВ В.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Гражданкин А.И., Федоров А.А. К вопросу об оценке риска при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов	2
Рудаков М.Л. Основные аспекты проблемы электромагнитной безопасности человека	6
Комкин А.И. Активное гашение шума. Проблемы и перспективы	12

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Акимов М.В., Спиридонов В.С., Цегельский В.Г. Утилизация факельных газов нефтеперерабатывающих заводов с помощью струйных компрессоров	19
Ксенофонтов Б.С., Бойченко В.А. Обезвреживание почвы и грунтов от нефтезагрязнений	21
Куфтов А.Ф., Котельников Ю.В., Наумов В.Н., Глазунов А.В. Технологическое оборудование и технология для переработки и утилизации золо-шлаковых отходов мусоросжигательных заводов г. Москвы	25

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Красногорская Н.Н., Елкин Л.Г., Богуславский М.Г. Определение оптимальной стоимости единицы выбросов промышленного предприятия	28
--	----

ПРЕДСТАВЛЯЕМ ОРГАНИЗАЦИЮ

Ушаков И.Б. Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Минобороны России на службе безопасности жизнедеятельности человека в экстремальных ситуациях (к 40-летию полета Ю.А. Гагарина)	30
Иванченко А.В., Ахметзянов И.М., Миролюбов А.В., Новиков С.А., Полоник А.В., Сергеев С.Н. Средства, методы защиты и обеспечение безопасности при действии неионизирующих излучений: концепция и методология разработки	32
Скребнев С.В., Крылов Ю.В., Воробьев О.А. Проблема шума в авиации и некоторые пути ее решения	38

ОБРАЗОВАНИЕ

Иванов Б.С., Резчиков Е.А. Вопросы безопасности жизнедеятельности в дипломных проектах и работах выпускников Московского государственного индустриального университета	42
--	----

ИНФОРМАЦИЯ

Перечень основных межотраслевых и отраслевых нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования по охране труда в Российской Федерации	45
---	----

УДК 368.371.003.12

А.И. Гражданкин, аспирант,
А.А. Федоров, студент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

К вопросу об оценке риска при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов

Рассмотрены вопросы теории и практики декларирования промышленной безопасности опасных производственных объектов. Дано описание ограниченного применения некоторых методов теории надежности при оценке риска сложных систем.

Нет необходимости перечислять крупные аварии и техногенные катастрофы, произошедшие в XX веке. Все они подробно описаны и систематизированы, произведен анализ причин, которые принимаются во внимание при проектировании и эксплуатации современных опасных производственных объектов (ОПО). Сведения об известных авариях и причинах их возникновения достаточно широко представлены в отечественных и зарубежных информационных источниках [1, 5, 9, 11], в периодических журналах "Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях", "Безопасность труда в промышленности", ежегодных отчетах государственных надзорных органов и т.д. Казалось бы, накоплен солидный опыт в деле предупреждения и ликвидации аварий, проанализированы и вскрыты причины и условия их возникновения, принимаются последующие соответствующие меры безопасности на однотипных ОПО. Однако кривая роста количества и тяжести аварий и техногенных катастроф не обнаруживает заметных тенденций к качественному снижению. Основных ответов на это противоречие, по-видимому, два.

1. Научно-технический прогресс и развитие производительных сил общества приводят ко всевозрастающему насыщению техносферы рукотворными (техническими) объектами, в которых аккумулированы искусственно созданные энергетические запасы, представляющие потенциальную опасность для человека и окружающей его среды.

2. Существующий перекокс в сторону апостериорных методов над априорными в вопросах совершенствования безопасности. Большинство мер безопасности, осуществляемых на ОПО носят характер "методов пожарной команды". (Увы, эти методы имеют ярко

выраженную популистскую основу: чем крупнее авария, тем эффективнее спасение.)

Первый пункт обычно не вызывает серьезных возражений. Действительно, человек создает технические объекты из утилитарных соображений как устройства, совершающие полезную (для человека) работу. Непременным условием совершения любой работы является изменение (уменьшение) потенциала запасенной в техническом объекте энергии (или подводимой к нему). "С точки зрения энергии" едино, какую работу совершать – полезную или вредную для человека. Диссипация – одно из основных свойств энергии, другими словами, энтропия любой закрытой системы, предоставленной самой себе, согласно второму началу термодинамики, самопроизвольно увеличивается. Рукотворный технический объект направляет этот процесс в определенное, ограниченное, искусственное русло для совершения помимо диссипации и полезной с точки зрения человека работы. Любое отклонение от такого процесса "более естественно", чем искусственные рамки совершения полезной работы, что может привести, в конечном счете, к самопроизвольному высвобождению накопленной энергии из технического объекта – к аварии. Поэтому любой технический объект, имеющий или использующий искусственный запас энергии, потенциально опасен. К тому же скорость нарастания численности технических объектов в техносфере сопоставима или больше интегральной скорости увеличения их системной надежности (хотя вновь строящиеся ОПО имеют более высокую надежность, надежность эксплуатирующихся ОПО только снижается со временем).

Для рассмотрения второго пункта причин современного состояния аварийности и травматизма необходимо, прежде всего, определиться в используемых ниже понятиях и терминах. Примем в качестве рабочих следующие определения.

Опасность – возможность причинения ущерба кому- или чему-либо.

Ущерб – качественное и/или количественное изменение свойств рассматриваемого объекта в худшую сторону.

Риск – мера опасности.

Для ОПО риск R численно выражается математическим ожиданием ущерба Y при функционировании ОПО:

$$R = M[Y]. \quad (1)$$

Определим и обозначим также следующие события: Событие A – авария на ОПО (нерасчетное внезапное высвобождение энергии).

Событие C_i – реализация аварии по i -му сценарию; Событие B_i – причинение ущерба y_i ОПО или сторонним объектам.

Тогда формулу (1) можно представить в виде

$$R = M[Y] = \sum_{i=1}^n P(B_i) y_i, \quad (2)$$

где $P(B_i)$ – вероятность причинения ущерба y_i ОПО и сторонним объектам.

Формулу (2) полезно разбить на два слагаемых – аварийный R_A и штатный риск $R_{Ш}$, т.е.:

$$R = R_A + R_{Ш} = \sum_{i=1}^{n-1} P(B_i)y_i + [P(B_n) = 1] \sum_{j=1}^m \bar{y}_{nj}, \quad (3)$$

где \bar{y}_{nj} – размер средних ущербов, причиняемых ОПО и сторонним объектам при штатном функционировании ОПО. К основным из них относят убытки ОПО от деятельности других экономических субъектов $\bar{y}_{тэо}$ и платы за загрязнение окружающей среды $\bar{y}_{оос}$.

Оценка величины $\bar{y}_{оос}$ на стадии проектирования проводится с помощью процедуры ОВОС (оценка воздействия предполагаемой деятельности на окружающую среду), а на стадии эксплуатации – с помощью действующих индивидуальных нормативно-разрешительных документов ОПО – томов ПДВ, ПДС и лимитов размещения отходов. Оценка величины $\bar{y}_{тэо}$ на стадии проектирования проводится с помощью процедуры ТЭО (технико-экономического обоснования намечаемой деятельности), а на стадии эксплуатации – с помощью процедуры аудита финансово-экономического характера. Более не будем останавливаться на методах определения величин, составляющих штатный риск $R_{Ш}$, так как это выходит за рамки настоящей статьи.

Оценка же величины аварийного риска $R_A = \sum_{i=1}^{n-1} P(B_i)y_i$ как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации ОПО проводится в рамках процедуры декларирования промышленной безопасности ОПО.

Члены произведения первого слагаемого формулы (3) отличаются от аналогичных членов второго слагаемого тем, что величины вероятностей очень малы, а величины ущербов очень высоки.

Условимся далее под термином "риск" или "техногенный риск" понимать риск R_A при нештатном функционировании ОПО, что принято во многих публикациях [см., например, 9, 11].

Подробнее остановимся на методах оценки техногенного риска R_A . Для этого сначала определим событие B_i через события A и C_i (определения см. выше):

$$B_i = A \cap C_i. \quad (4)$$

Так как события A и C_i являются совместными, то искомая вероятность события, связанного с причинением ущерба y_i сторонним объектам, определяется как

$$P(B_i) = P(A \cap C_i) = P(A)P(C_i|A). \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в формулу (3), получим

$$R = R_A + R_{Ш} = \sum_{i=1}^{k=(n-1)} P(A)P(C_i|A)y_i + \bar{y}_{оос} + \bar{y}_{тэо} \quad (6)$$

или в более сжатом виде для техногенного риска R_A :

$$R_A = \sum_{i=1}^k P(A)P(C_i|A)y_i = [P(A)] \left[\sum_{i=1}^k P(C_i|A)y_i \right]. \quad (7)$$

Первый член $[P(A)]$ произведения (7) описывает причинные составляющие техногенного риска R_A , а второй член $\left[\sum_{i=1}^k P(C_i|A)y_i \right]$ – последствия возможной аварии. Оценка последствий возможных аварий на ОПО (т.е. нахождение в выражении (7) второго члена) в настоящее время достаточно изучена – существуют многочисленные методики оценок последствий, которые хорошо зарекомендовали себя на практике [6, 7, 8 и др.]. В большинстве своем они базируются на методах анализа "деревьев сценариев развития аварии". На рис. 1 приведен пример одного из таких "деревьев".

Таким образом, анализ последствий возможных аварий привязан к конкретному объекту и отражает его индивидуальную специфику (место расположения, энергетические запасы, особенности технологии и т.д.).

Сложнее обстоит дело с оценкой величины вероятности возникновения самой аварии $P(A)$. Существующие методики оценки величины $P(A)$ сложны, громоздки и трудоемки в основном из-за отсутствия, неточности и неопределенности исходных данных. Поэтому на практике обычно величину $P(A)$ принимают как среднестатистическую по отрасли для данного типа ОПО, что, к сожалению, не отражает специфику декларируемого ОПО. К тому же из рассмотрения выпадает целый класс причин возникновения аварий и соответственно становится затруднительным рекомендовать индивидуальные меры безопасности, направленные на снижение вероятности возникновения аварии для конкретного ОПО, хотя, как показывает практика, меры по снижению вероятности аварии на 2...3 порядка эффективнее мер, направленных на снижение возможных ущербов по критерию "затраты – результаты".

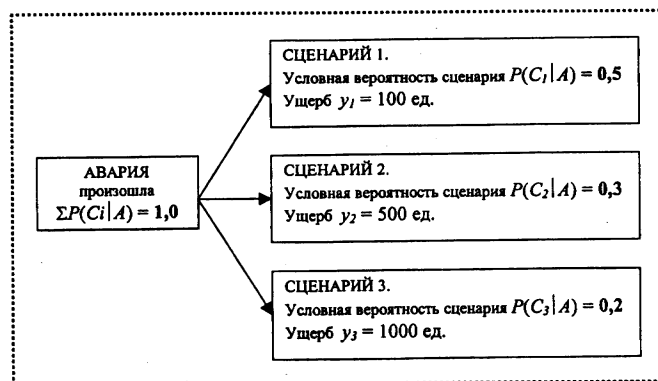


Рис. 1. Дерево исходов аварии



Одним из возможных решений создавшейся проблемной ситуации является оценка вероятности возникновения происшествия $P(A)$ с помощью имитационного моделирования (ИМ) процесса возникновения происшествия в системе "Оператор – Оборудование – Рабочая среда". Такое моделирование в известной степени является компромиссным решением между неопределенностью исходных данных и точностью получаемых оценок. Кроме того, с помощью ИМ можно оптимизировать применение комплекса мер безопасности, направленных на снижение $P(A)$, т.е. предупреждения аварий на конкретном ОПО (подробнее см. "Безопасность жизнедеятельности". 2001, № 2. С. 6–10).

К сожалению, в силу объективных и субъективных причин величина $P(A)$ не применяется широко на практике специалистами по промышленной безопасности как количественная характеристика для анализа риска ОПО. К объективным причинам можно отнести высокую трудоемкость точной оценки $P(A)$, так как объект исследования ОПО является сложной дискретной системой. Одной из основных субъективных причин является механическое распространение методов теории надежности, применимых к отдельным узлам и элементам, для использования в анализе риска ОПО в целом, которые являются сложными системами. Некорректность такого подхода проявляется в том, что теория надежности [см. напр., 3, 10, 11], как и любая другая теория, имеет свою область применения, которая ограничена успешным решением поставленных задач только для отдельных простых элементов и технических узлов, но никак не для сложных систем. Во-первых, сложная система не есть простая сумма отдельных элементов [2, 4 и др.]. А во-вторых, даже если в первом приближении представить ОПО как простую сумму отдельных узлов, то закономерности возникновения отказов для ОПО и составляющих его узлов будут качественно различаться, так как вид функции распределения суммы случайных величин стремится к нормальному, независимо от вида функций распределения составляющих случайных величин (в нашем случае для элементов ОПО время между восстанавливаемыми отказами распределено по экспоненциальному закону).

Другой субъективной причиной некорректного использования величины вероятности возникновения происшествия $P(A)$ при оценке риска ОПО является "привычка" некоторых специалистов по промышленной безопасности оперировать и использовать "знакомые" и "удобные" им количественные характеристики из теории надежности – надежность, безотказность, наработка на отказ и пр. Как уже отмечалось выше, эти показатели строго применимы только для анализа "простых" (бинарных: отказ есть – нет¹) систем – клапан, задвижка, насос и т.п., и в явном виде, конечно, не применяются, но все это отложило отпечаток на

¹ В сложных системах отказы отдельных элементов не всегда приводят к отказу всей системы, кроме того, у сложных систем есть целый спектр состояний – гомеостазис, нарушение равновесия, адаптации, опасные и критические ситуации и, наконец, авария.

размерность применяемых при анализе риска ОПО количественных характеристик².

Наиболее часто при анализе риска ОПО употребляется термин "вероятность (частота) аварии", который используется с размерностью 1/год. Попробуем выяснить основные причины его появления, а также корректность употребления в различных случаях. Условимся далее обозначать величину, характеризующую повторяемость события-аварии, как λ (1/год).

Во-первых, λ легко вычислить для некоторой отраслевой совокупности действующих объектов, если известна статистика аварий по отрасли за несколько последних лет:

$$\lambda = \frac{\text{Число аварий}}{(\text{Число объектов}) \cdot (\text{Период рассмотрения})} \quad (8)$$

Отметим, что говорить об устойчивости величины λ не приходится, так как интенсивность зависит от периода рассмотрения и в общем случае имеет существенные колебания в силу редкости событий-аварий и ограниченности средней продолжительности эксплуатации ОПО, составляющей около 50 лет. Статистическая устойчивость величины λ является приемлемой только для некоторых типов ОПО, например, для линейной части магистральных трубопроводов вследствие их большой протяженности (т.е. "много объектов" по отрасли).

Оцененная подобным образом среднеотраслевая характеристика $\bar{\lambda}_{отр}$ не отражает индивидуальность конкретного ОПО, а поэтому затруднительно ранжировать ОПО по степени опасности и, следовательно, рекомендовать внедрение конкретных (адресных) мер безопасности на определенных ОПО в первую очередь, т.е. в конечном счете, эффективно расходовать и распределять ресурсы на совершенствование безопасности.

Но возвратимся к самому факту применения на практике величины, характеризующей повторяемость аварий на ОПО λ (1/год), что приводит к некоторым неточностям, недопониманиям и искажениям. Например, ГОСТ 12.1.010–76 устанавливает вероятность взрыва на нефтяном промысле как величину, равную $1 \cdot 10^{-6}$ (1/год). В ГОСТ Р 12.3.047–98 "Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля" также используются аналогичные величины.

² На выбор размерности показателей безопасности повлияли также объективные трудности процедуры статистической обработки данных об аварийности и травматизме в промышленности СССР и РФ – достаточно вспомнить неизвестные коэффициенты обязательной отчетности: коэффициенты частоты и тяжести аварийности и травматизма K_{λ} и K_{μ} .

* Если бы для какого-либо конкретного ОПО можно было легко по данным статистики оценить λ , то такое ОПО необходимо немедленно закрывать – слишком много аварий.



Такую же размерность имеет и средняя интенсивность аварий на ОПО, которая линейно зависит от средней интенсивности выполняемых на ОПО работ (I_n). Так как для "идеального" ОПО¹ $P(A) = \text{const}$ в силу свойства устойчивости частоты, то

$$\lambda = P(A)I_n. \quad (9)$$

В качестве временного периода усреднения обычно принимают 1 год. Это связано как с редкостью аварийных событий, так и с периодичностью представления отчетов надзорными органами.

Теперь рассмотрим вопрос о величине повторяемости аварий (1/год) как о плотности распределения вероятности, что отражено в упомянутых выше ГОСТах. Такой подход является "наследием" теории надежности², в которой вероятность отказов отдельных элементов оценивается с помощью математического аппарата случайных величин теории вероятностей. В качестве случайной величины выбирается момент времени наступления отказа t или интервал времени между двумя последовательными отказами Δt (оценивается в часах для простых элементов). Имея статистические оценки этих случайных величин, легко вычислить другие важные в теории надежности показатели – безотказность, наработка на отказ и др.

Установив функцию распределения этих случайных величин t или Δt , можно вычислить вероятность наступления отказа за какой-то промежуток времени³. Рассмотрим характерные плотности распределения вероятностей случайных величин t или Δt для простого элемента (узла) и для ОПО как сложного объекта.

Известно, что вероятность $P_k(\Delta t)$ наступления ровно k событий-отказов для простого элемента (узла) за интервал времени Δt выражается законом распределения Пуассона:

$$P_k(\Delta t) = \frac{(\lambda \Delta t)^k}{k!} e^{-\lambda \Delta t}. \quad (10)$$

Из (10) следует, что функция плотности вероятности случайной величины Δt для простейшего потока событий-отказов имеет вид показательного (экспоненциального) распределения с параметром λ :

$$f(\Delta t) = \lambda e^{-\lambda \Delta t}, \quad (11)$$

¹ Именно поэтому наблюдалось "снижение аварийности" в России в середине 90-х годов.

² Например, В. Маршалл [5] трактует надежность как "величину, обратную риску", а риск – как "темп реализации опасностей", т.е. как интенсивность аварий.

³ Принципиальным отличием ОПО как сложных систем от отдельных простых элементов (узлов) состоит в том, что нас не очень интересует, когда (в какой именно момент t) наступит авария, так как такие события редки, а интересует частота этих событий как статистическая оценка вероятности аварийного события.

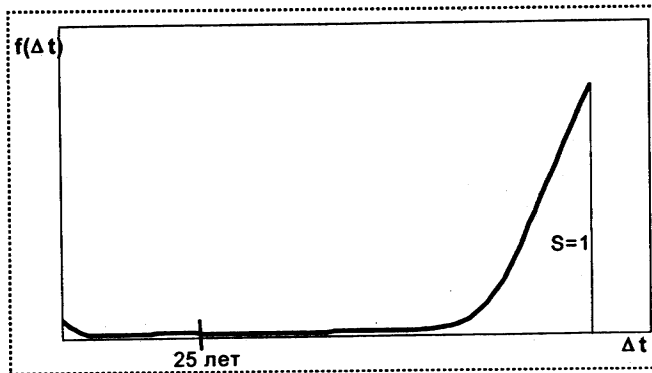


Рис. 2. Плотность вероятности интервалов времени между авариями для ОПО (S – площадь под кривой)

где λ трактуется как интенсивность (плотность) потока событий-отказов.

Если предположить, что аналогичное распределение характерно и для ОПО, то область ординат, принимаемых в рассмотрение при анализе риска ОПО, будет находиться очень близко к началу координат. При условии известной малости величин интенсивности λ и вероятности аварий $P(A)$ можно пренебречь видом функции "плотности вероятности" $f(\Delta t)$ на интересующем нас участке и принять ее постоянной, т.е. $f(\Delta t) = \lambda$. Тогда справедливы следующие соотношения:

$$P_{\Delta t}(A_t) = \lambda [\Delta t \approx 1 \text{ год}], \quad (12)$$

где $P_{\Delta t}(A_t)$ – это вероятность события A_t , т.е. наступления аварии в течение года.

Заметим, что $P_{\Delta t}(A_t)$ – безразмерная величина и численно совпадает с интенсивностью аварий на ОПО λ^4 . Но, как мы выяснили выше, нам всегда известна функция плотности вероятностей интервалов времени между отказами – она постоянна и равна λ^5 . Поэтому необходимость использования аппарата случайных величин необоснованна и, более того, "вредна", так как создается "научная" путаница в понятиях и терминах, используемых в промышленной безопасности. Если уж идти этим путем, то необходимо учитывать, что для ОПО, как сложной системы, функция плотности вероятности $f(\Delta t)$ не является экспоненциальной и скорее, выглядит так, как представлено на рис. 2, т.е. функция плотности распределения интервалов между временем наступления аварии $f(\Delta t)$ на ОПО для интересующего участка (время жизни ОПО, в среднем равное 25 годам) несколько не помогает нам в определении вероятности аварии⁶, а только лишь указывает на то, что необходимо каким-то образом оценивать интенсивность аварий λ .

⁴ Именно поэтому их часто путают.

⁵ При $\lambda \Delta t < 0,01$ формула (12) преобразуется в $f(\Delta t) = \lambda \Delta t$.

⁶ Так как функция плотности вероятности случайной величины постоянна, то она не несет никакой дополнительной информации кроме значения λ и необходимость ее использования отпадает сама собой.



Величину же интенсивности аварий λ^1 можно легко оценить опираясь на соотношение (9).

В качестве обобщающего итога приведем краткие выводы по обсуждаемой проблеме.

1. Риск есть мера опасности и численно выражается математическим ожиданием ущерба при функционировании ОПО (подобно тому, как в механике масса тела является мерой инертности).

2. При анализе риска используются понятия "интенсивность", "частота" и "вероятность" аварии, которые в силу редкости событий-аварий численно совпадают, но имеют различные размерности:

- интенсивность аварий λ (1/год) – плотность потока событий-аварий во времени, прямо пропорциональна интенсивности работ I_n с коэффициентом пропорциональности, равным $P(A)$;
- частота аварии (безразмерная величина) – статистическая оценка вероятности аварии, равная отношению интенсивности аварий λ к интенсивности работ I_n на ОПО;
- вероятность аварии $P(A)$ (безразмерная величина) – числовая характеристика уровня опасности конкретного ОПО; одна из основных составляющих техногенного риска.

3. Величина вероятности события, что "отказ произойдет за определенный период времени" $P_{\Delta t}(A)$, которая широко используется в теории надежности для анализа отказов простых элементов и узлов, неприменима в анализе риска сложных систем (ОПО), так как в последнем случае исследователей интересует сам факт аварийного события, и в меньшей степени – конкретный момент времени наступления отказов как случайная величина Δt .

4. Сомнительно использование в полном объеме методов теории надежности для анализа риска сложных систем. Например, функция плотности интервалов

¹ Так как именно этой величиной в основном оперируют многие специалисты по промышленной безопасности.

времени между двумя последовательными авариями $f(\Delta t)$ для ОПО вряд ли имеет экспоненциальное распределение. К тому же знание этого распределения несколько не помогает в определении вероятности аварии на конкретном ОПО, так как значения $P(A)$ реально очень малы, а поэтому и математический аппарат случайных величин теории вероятностей в данном случае малоэффективен.

5. Численное значение вероятности аварии на ОПО можно оценить с помощью имитационного моделирования процесса возникновения происшествий в системе "Оператор – Оборудование – Рабочая среда".

Список литературы

1. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. Киев: КМУ ГА. 1997. 426 с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука. 1978.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Высшая школа. 1998. 576 с.
4. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. М.: АНВИК. 1998. 427 с.
5. Маршалл В. Основные опасности химических производств: Пер. с англ. М.: Мир. 1989. 672 с.
6. Методика оценки последствий химических аварий "Токси" – 2-я редакция от 19.11.1998 г. // В сб. Методик № 1. М.: Госгортехнадзор России. 1999. С. 85–112.
7. Отраслевое руководство по анализу и управлению риском, связанным с техногенным воздействием на человека и окружающую природную среду при сооружении и эксплуатации объектов добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородного сырья с целью повышения их надежности и безопасности. 1-я редакция. М.: РАО "Газпром". 1996. 209 с.
8. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах: Серия 27. Вып. 1 / Колл. авт. М.: НТЦ "Промышленная безопасность". Госгортехнадзор России. 2000. 96 с.
9. Управление в чрезвычайных ситуациях: проблемы теории и практики / Порфирьев Б.Н. // Проблемы безопасности: чрезвычайные ситуации. М.: ВИНТИ. 1991. Т. 1. 192 с.
10. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Часть 2. М.: Мир. 1967.
11. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. М.: Машиностроение, 1984.

УДК 537.531

М.Л. Рудаков, д-р техн. наук, проф., Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ"

Основные аспекты проблемы электромагнитной безопасности человека

Отражено современное состояние проблем, связанных с анализом электромагнитной обстановки и обеспечением защиты человека от электромагнитных полей (ЭМП) техногенных источников. Рассмотрены вопросы терминологии, основных направлений медико-биологических исследований, нормирования ЭМП, математического моделирования, измерения параметров ЭМП, методов защиты. Основное внимание уделено тенденциям развития прикладных исследований.

Введение

За последние десятилетия существенно расширилась сфера применения электромагнитной энергии в самых различных областях жизни человека. Появляются и разрабатываются новые электротехнологические и радиотехнические устройства, увеличивается их количество. Косвенным результатом этого является то, что на сегодняшний день большинство населения как на производстве, так и в быту подвергаются воздействию электромагнитных полей самых различных интенсивностей, частот и пространственно-временных характеристик, а уровни ЭМП техногенных (антропогенных) источников значительно превосходят интенсивности ЭМП естественных источников (электрического и магнитного полей Земли, космических источников, атмосферного электричества, биологических объектов). Актуальность проблемы электромагнитной безопасности не вызывает сомнений (об этом, например,