

УДК 631.3

СЕРЕБРОВСКИЙ А.Н.

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, г. Киев

ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНИВАНИЯ ОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО–ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Предложена технология прогнозирования техногенной опасности на потенциально–опасных объектах (ПОО). Технология основана на вычислении вероятностей аварий, которые возможны на ПОО. Главное внимание в работе направлено на вычисление вероятностей элементарных нежелательных событий. Учитываются ситуации, которые имеют место на объекте, а также наработка оборудования. Описана процедура динамического корректирования прогнозных оценок.

Введение

Предотвращение аварий и чрезвычайных происшествий (ЧП) на потенциально–опасных объектах (ПОО) является одной из наиболее актуальных проблем техногенной безопасности. Затраты на предотвращение несоизмеримо меньше чем ущерб, который наносят аварии и ЧП природе, жизненной среде, социальным и производственным объектам. Кроме того, аварии на ПОО нередко являются причинами экологических катастроф. Одним из направлений повышения эффективности предотвращения аварий являются автоматизированные технологии оценки и прогнозирования техногенной опасности.

Термин «Прогнозирование опасности» может иметь следующую интерпретацию.

Определить вероятность возникновения хотя бы одного опасного события (аварии, ЧП), возможного на ПОО в заданном интервале прогнозирования [1].

Формализованное представление данной сущности имеет следующее выражение

$$P = 1 - \prod_{i \in I} (1 - P_i) \quad (1)$$

где P_j -вероятность j – ой аварии (ЧП); J -множество индексов аварий (ЧП).

Величину P называют также техническим риском [2], которая может служить мерой прогнозируемой опасности.

Теоретической основой решения проблемы вычисления вероятностей аварий и ЧП является Вероятностный анализ безопасности (ВАБ) [3].

Потенциально-опасный объект (в дальнейшем «Система») – это объект сложной структуры, в котором четко выделены структурные элементы. Элементарные нежелательные события, происходящие на элементах системы называют *Базисными событиями (БС)*. БС представляют собой: отказы оборудования установленного на объекте; ошибки персонала; события, причинами которых являются различные явления окружающей среды. БС могут при определенных сочетаниях приводить к *системному отказу (аварии)*. Причинно–следственные связи между событиями формализуются логико-вероятностными методами моделирования «Дерево отказов» (ДО) и «Дерево событий» (ДС) [4,5].

В результате, формализованное описание отказа системы (в частности аварии), можно получить в виде дизъюнктивно-нормальной формы (ДНФ), переменными которой являются базисные события на элементах системы.

$$S = G(\{BC_i\} \quad (i = \overline{1, n})) \quad (2)$$

где S –опасное событие, вызванное отказом системы;

G – логическая функция в виде ДНФ опасного события;

$\{BC_i\}$ ($i = \overline{1, n}$) - базисные события на элементах системы E_i ;

ДНФ дает возможность представить вероятность опасного события S как аналитическую функцию, у которой аргументами являются вероятности базисных событий.

$$P(S) = Q[P(a_1), P(a_2), \dots, P(a_n)] \quad (3)$$

где $P(a_i)$ - вероятности базисных событий возможных на элементах E_i ($i = \overline{1, n}$).

Таким образом, задача оценивания вероятности аварии на заданном прогнозном горизонте $[\tau_P, \tau_P + \Delta\tau]$ сводится к решению двух задач: формирования модели аварии в виде ДО и ДС и оценки значений вероятностей БС.

Решение первой задачи достаточно апробировано и не вызывает методических трудностей, для решения второй задачи используются подходы: «Живой ВАБ» (LivingprobabilisticSafetyAssessment) (LPSA) [6]; модели отказов [7,8]; экспертные оценки [9]. Слабым местом LPSA и моделей отказов является то, что при оценке вероятностей БС не учитывается влияние конкретных причинных факторов техногенной опасности.

Цель работы: разработать автоматизированную технологию комплексного использования LPSA, экспертных знаний о причинных факторах опасности и моделей отказов оборудования на элементах ПОО для оценки опасности ПОО.

Исходя из цели, ставятся следующие задачи:

– разработать логическую основу вычисления и корректировки вероятностей БС на заданном прогнозном интервале $[\tau_L, \tau_R]$ с учетом ситуаций, возникающих на ПОО, и износа оборудования;

–разработать этапы технологии и комплекс процедур оценивания опасности на ПОО.

Дальнейшее рассуждения проводятся в предположении, что для любого момента времени однозначно определяется наработка (продолжительность работы элемента системы). Тогда прогнозный интервал может быть интерпретирован, как интервал наработки $[t_L, t_R]$ (в дальнейшем прогнозный горизонт) где t_L - наработка элемента к моменту τ_L ; t_R - наработка элемента к моменту τ_R .

2. Логическая основа вычисления и корректировки вероятностей БС

2.1. Формализация ситуаций, возможных на объекте

Ситуация в системе представляется в виде совокупности значений причинных факторов опасности X_j ($j = \overline{1, k}$). Факторы влияют на возникновение БС независимо друг от друга. Для каждого фактора предварительно определены его возможные значения $(x_{j,1}; x_{j,2}; \dots; x_{j,L_j})$. Эти значения упорядочены по степени влияния фактора на вероятность возникновения БС, причем первое значение $(x_{j,1})$ принято считать нормой фактора (x_j^N) [9]. Ситуация «С» считается заданной, если для каждого фактора X_j ($j = \overline{1, k}$) установлено одно конкретное значение x_{j,l_j}^c .

$$"С": X_1 = x_{1,i_1}^c; X_2 = x_{2,l_2}^c, \dots, X_k = x_{k,l_k}^c \quad (4)$$

2.2. Формализация влияния ситуаций на интегральные функции распределения вероятностей БС

На элементах системы возможны n различных БС (BC_i ($i = \overline{1, n}$)) и в системе имеет место ситуация, которая описана условиями (4). Обозначим: $F_i^c(t)$ - интегральную функцию распределения (ИФР) вероятности BC_i ($i = \overline{1, n}$). Представим $F_i^c(t)$, как результат

воздействия совокупности независимых факторов на возникновение BC_i , причем влияние каждого фактора описывается отдельной специальной функцией.

Определение 1. Функция моновлиния $F_{i,j}^M(t, x_{j,l}^c)$ фактора X_j ($j = \overline{1, k}$) (при $X_j = x_{j,l}^c$) на возникновение BC_i есть ИФР вероятности BC_i при условии, когда фактор X_j принимает значение $x_{j,l}^c$, а остальные факторы равны своим нормальным значениям, т.е. при условии

$$"M": (X_j = x_{j,l}^c) \cap (\forall_{(q=\overline{1, k}, q \neq j)} X_q = x_q^N) \quad (5)$$

где x_q^N - нормальное значение фактора X_q .

Функции моновлиния факторов обладают тем свойством, что функция $F_i^c(t)$ может быть представлена в виде их суперпозиции [9]. Предположим, что ситуация в системе описывается условиями (4) и для ситуационных значений $x_{j,l}^c$ факторов X_j ($j = \overline{1, k}$) сформированы функции их моновлиния на возникновение $BC_i F_{i,j}^M(t, x_{j,l}^c)$ ($j = \overline{1, k}$). Тогда интегральная функция распределения BC_i может быть представлена выражением:

$$F_i^c(t) = 1 - \prod_{j=1}^k [1 - F_{i,j}^M(t, x_{j,l}^c)] \quad (6)$$

Определение 2. Эталонная функция BC_i есть интегральная функция распределения вероятности BC_i в ситуации, когда все причинные факторы принимают значения своих норм, т.е. при условии:

$$\forall_{(j=\overline{1, k})} X_j = x_j^N, \quad (7)$$

где $x_j^N = x_{j,1}$ - значение фактора X_j , соответствующее норме.

Связь между эталонной функцией и функцией моновлиния можно представить [9]:

$$F_{i,j}^M(t, x_{j,l}^c) = F_i^N(t) * \eta_{i,j}(x_{j,l}^c) \quad (8)$$

где $\eta_{i,j}(x_{j,l}^c)$ - характеристика степени влияния фактора X_j на BC_i при $X_j = x_{j,l}^c$.

Таким образом, проблема формализации влияния ситуаций на ИФР вероятности BC сводится к построению эталонных функций распределения вероятностей BC и формированию ситуационных поправок к ним. Первая составляющая создается с использованием моделей отказов и результатов испытаний оборудования в самых благоприятных (нормированных) условиях [7], а вторая - на основе экспертных оценок с применением метода анализа иерархий [10].

2.3. Правило вычисления оценок вероятностей BC

Вероятность отказа на прогнозном горизонте определяется выражением [11]:

$$P_c(BC_i \setminus [t_L, t_R]) = (F_i^c(t_R) - F_i^c(t_L)) : (1 - F_i^c(t_L)) \quad (9)$$

где $P_c(BC_i \setminus [t_L, t_R])$ - вероятность BC_i на горизонте $[t_L, t_R]$ при условиях (4);

$F_i^c(t_L), F_i^c(t_R)$ - значения функции $F_i^c(t)$ для наработок t_L и t_R .

2.4. Правило корректировки ИФР отказов элементов ПОО и границ прогнозных горизонтов при изменении ситуаций на ПОО

Определение. Износ - степень потери ресурса в результате эксплуатации оборудования.

Износ является агрегированным показателем состояния оборудования, значение которого определяется начальным ресурсом, эксплуатационными факторами и наработкой.

Начальный ресурс определяется факторами исходного состояния (ФИС): качеством проекта; качеством изготовления; качеством монтажа и наладки оборудования. Эксплуатационные факторы (ЭФ) определяются уровнем технического обслуживания и технического обеспечения, интенсивностью технологических процессов; агрессивностью среды эксплуатации оборудования. Количественной мерой износа оборудования, возникшего в результате его эксплуатации в конкретных условиях «С», может служить значение интегральной функции распределения отказов, которая соответствует этим же условиям.

$$d^c(t) = F^c(t) \quad (10)$$

где $d^c(t)$ - достигнутый износ оборудования при наработке t в условиях «С»;

$F^c(t)$ - значение ИФР отказов оборудования при наработке t в условиях «С».

Геометрически каждой ситуации (комплексу значений причинных факторов) соответствует траектория, которая описывается интегральной функцией распределения отказов оборудования эксплуатируемого в этих условиях. Ордината точки траектории соответствует износу, достигнутому при заданной наработке. Изменение значений одного или нескольких эксплуатационных факторов означает переход в другую ситуацию при сохранении достигнутого значения износа. В геометрической интерпретации это является переходом на другую траекторию в точку, у которой ордината равна значению износа в момент перехода.

Прогнозная оценка вероятности аварии, вычисляемая последовательным применением выражений (8), (6), (9), (3) является достоверной в начальный момент горизонта прогнозирования и остается таковой до тех пор, пока не произошло изменение текущего значения одного или нескольких причинных факторов. С момента изменения условий прежняя прогнозная оценка перестает быть достаточно достоверной для оперативного оценивания опасности на ПОО. Необходимо вычисление новой оценки опасности, адекватно отображающей динамику изменения условий на ПОО. Для этого необходимо рассчитать новую прогнозную траекторию. Введем обозначения:

$$\text{Исходная ситуация «a»}: X_1 = x_{1,l_a}; X_2 = x_{2,l_a}; \dots, X_k = x_{k,l_a} \quad (11)$$

$$\text{Новая ситуация «b»}: X_1 = x_{1,l_b}; X_2 = x_{2,l_b}; \dots, X_k = x_{k,l_b} \quad (12)$$

Новая прогнозная траектория имеет представление:

$$F_i^b(t) = 1 - \prod_{j=1}^k [1 - F_{i,j}^M(t, x_{j,l_b})], \quad (13)$$

$$\text{где} \quad F_{i,j}^M(t) = F_i^N(t) \times \eta_{i,j}(x_{j,l_b}) \quad (14)$$

Вследствие изменения траектории возникает необходимость пересчета границ прогнозного горизонта. Левая граница нового прогнозного горизонта (t_L^b) определяется по правилу:

$$t_L^b = \arg F_i^b(t) \setminus F_i^b(t) = F_i^a(\bar{t}) \quad (15)$$

Правая граница нового прогнозного горизонта (t_R^b) в условиях ситуации «b» определяется согласно выражению:

$$t_R^b = t_L^b + (t_R^a - t_L^a), \quad (16)$$

где t_R^a, t_L^a - левая и правая границы прогнозного горизонта в исходной ситуации «a».

На рис. 2 и 3 представлена геометрическая иллюстрация изменения прогнозной траектории и связанные с этим корректировки прогнозного горизонта. Начальная траектория обозначена точками Н,Ф, а начальный прогнозный горизонт - $[t_L^a, t_R^a]$. Точка «С» есть точка

перехода с траектории «а» на траекторию «б» при сохранении износа. На отрезке (С,D) значение износа не изменяется, т.е. отрезок (С,D) является виртуальным участком траектории. Таким образом, реальная траектория определена как (H–C)&(D–E). Прогнозный горизонт после корректировки имеет вид: $[t_L^b, t_R^b]$.

Примечание. Если на ПОО зафиксирован отказ i -го элемента ПОО, то значение вероятности БС на i -ом элементе устанавливается равным 1 и вероятность аварии пересчитывается (согласно выражению (3)) на прогнозном горизонте $[\bar{t}, \bar{t} + (t_R^a - t_L^b)]$, где \bar{t} – наработка элемента к моменту, когда на i -ом элементе произошел отказ. Если произведена замена i -го элемента ПОО, то значение $P(БС_i)$ устанавливается равным P_i^N (номинальному значению вероятности отказа i -го элемента) и затем вычисляется вероятность аварии (согласно выражению (3)).

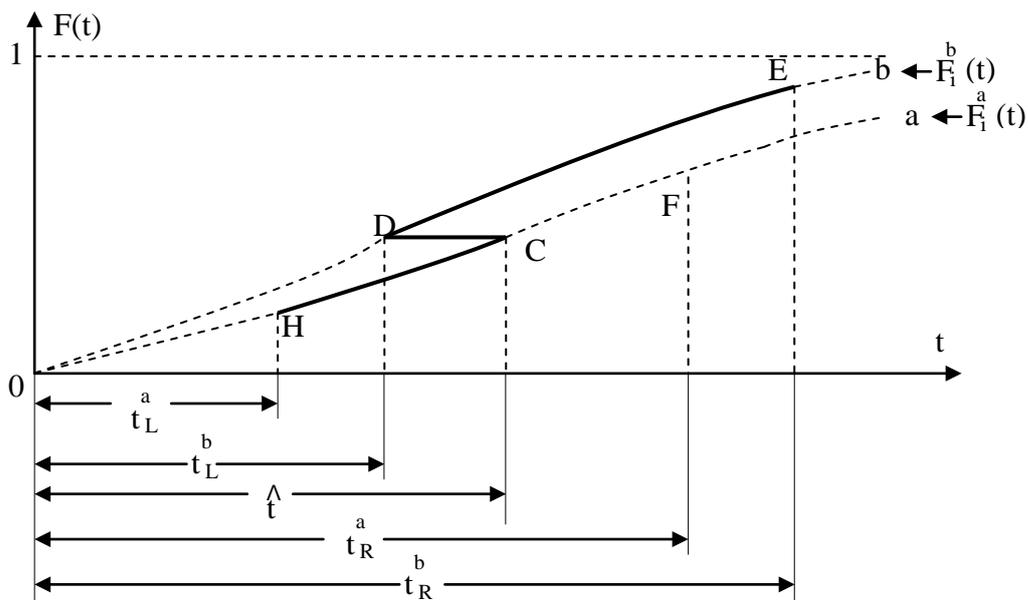


Рис 1. Переход с траектории “а” на траекторию “б”
Ситуация изменилась в сторону увеличения опасности.

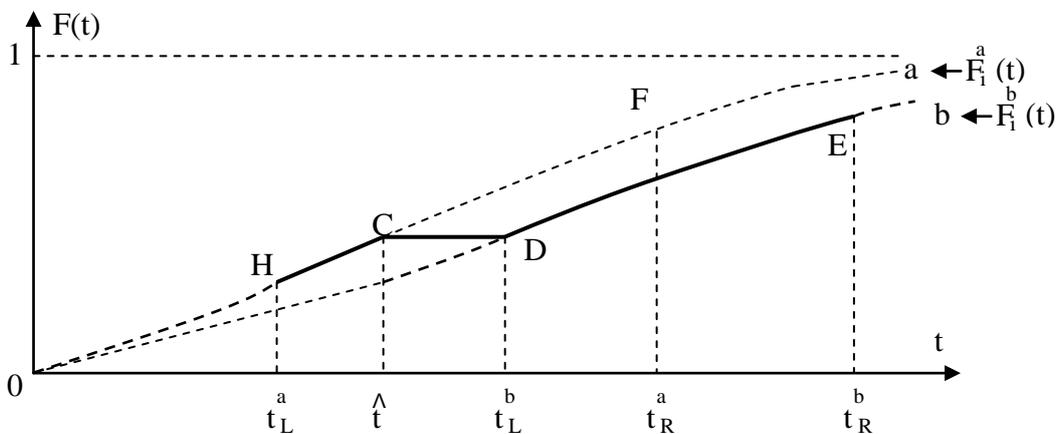


Рис2. Переход с траектории “а” на траекторию “б”
Ситуация изменилась в сторону уменьшения опасности.

3. Этапы технологии и комплекс процедур контроля опасности на ПОО

В предлагаемой технологии оценки опасности ПОО выделяются две компоненты: предварительное формирование базы знаний необходимой для решения вычислительных задач и контроль опасности объекта.

3.1. Формирование базы знаний, необходимой для решения задачи оценок вероятностей аварий

Содержательными элементами БЗ являются: формализованные описания аварий, возможных на ПОО, в виде ДНФ, переменными которых являются БС; описание причинных факторов; характеристики влияния факторов на БС (см. п.2.2); характеристики и правила вычисления эталонных ИФР вероятностей BC_i

$$F_i^N(t) = Z_i^N(t, \mu, \nu) \quad (17)$$

где Z_i – вид эталонной функции распределения (модель отказов) для BC_i ; μ, ν – оценки параметров масштаба и формы; t – наработка.

3.2. Контроль опасности ПОО, основанный на оценках вероятности аварии.

3.2.1. Целевая установка на прогнозную оценку (выполняется пользователем).

Указание прогнозируемой аварии (S); указание границ прогнозного интервала τ_L, τ_R ; описание ситуации и наработок оборудования в начальный момент контроля.

3.2.2. Подготовительный этап: определение начального прогнозного горизонта $[t_L, t_R]$ на основании прогнозного интервала $[\tau_L, \tau_R]$; выбор из БЗ правил расчетов эталонных ИФР тех BC_i , которые влияют на возникновение аварии S ; выбор из БЗ ситуационных поправок (характеристик влияния факторов на BC_i ($i = \overline{1, n}$)).

3.2.3. Вычисление вероятности возникновения аварии S на ПОО и оценка опасности.

Вычислительный процесс основывается на нескольких описанных ниже процедурах.

Процедура А1. Вычисление вероятности аварии в заданной ситуации на заданном прогнозом горизонте.

Входные данные: прогнозный горизонт $[t_L^C, t_R^C]$; описание ситуации «С» (см. (4)); описание аварии в виде ДНФ (см. (3)).

Результат процедуры А1: значение вероятности аварии на прогножном горизонте в заданной ситуации и качественная оценка опасности.

Содержание процедуры А1

а1) вычисление $F_i^C(t_L^C), F_i^C(t_R^C)$, ($i = \overline{1, n}$) (обращением к процедуре A_0 при $t = t_L^C; t = t_R^C$);

а2) вычисление вероятностей BC_i ($i = \overline{1, n}$) (подстановкой результата п. а1 в выражение (9));

а3) вычисление вероятности аварии $P(S)$ (подстановкой результата п. а2 в выражение (3));

а4) оценка опасности выполняется проверкой условия (18)

$$|P(S) - P_{TH}| \leq \varepsilon \quad (18)$$

где P_{TH} - пороговое значение вероятности аварии; ε - априорная мера эквивалентности. Выполнение данного условия означает возникновение реальной опасности на ПОО. В этом случае выдается сообщение об опасности и происходит переключение на блок анализа и поддержки принятия решений по предотвращению аварии (последнее выходит за рамки данной работы). Невыполнение условия (18) означает отсутствие опасности и процедура А1

переходит в режим ожидания до момента, пока на ПОО не будет зафиксировано изменение ситуации. После этого производится корректировка границ прогнозного горизонта, (обращением к процедуре B_0), а затем оценка опасности для новой ситуации (обращением к процедуре A_1).

Примечание. Опасность нескольких аварий оценивается расчетом вероятностей этих аварий (с использованием описанной технологии) и последующим вычислением технического риска (согласно выражению (1)).

Процедура B_0 . Корректировка границ прогнозного горизонта при изменении ситуации на ПОО.

Входные данные: наработка i -го ($i = \overline{1, n}$) оборудования в момент изменения ситуации (\bar{t}); описание новой ситуации "b" (см. (12)); границы прогнозного горизонта t_L^C, t_R^C до изменения ситуации; ситуационные поправки $\eta_{i,j}(x_{j,l_j}) \{i = \overline{1, n}, j = \overline{1, k}\}$ для ИФР $BC_i (i = \overline{1, n})$ до изменения ситуации.

Результаты процедуры B_0 : границы нового прогнозного горизонта t_L^b, t_R^b после изменения ситуации на ПОО.

Содержание процедуры B_0 :

- вычисление значения $F_i^C(t) (i = \overline{1, n})$ в момент изменения ситуации, (выполняется обращением к процедуре A_0 , при этом $t = \bar{t}$), результат - $F_i^C(\bar{t})$;

- решение уравнения

$$t_L^b = \arg F_i^b(t) \setminus F_i^b(t) = F_i^C(\bar{t}) \quad (19)$$

Решение выполняется многошаговым вычислением значений $F_i^b(t)$. На каждом шаге значение t наращивается (с заданным приращением) и производится обращение к процедуре A_0 . После каждого вычисления $F_i^b(t)$ выполняется проверка условия:

$$|F_i^b(t) - F_i^C(\bar{t})| \leq \varepsilon \quad (20)$$

(где ε - априорная мера эквивалентности).

Значение наработки, при котором выполняется данное условие, является решением уравнения (19) т.е. левой границей нового прогнозного горизонта t_L^b ;

- вычисление правой границы прогнозного горизонта t_R^b

$$t_R^b = t_L^b + (t_R^C - t_L^C) \quad (21)$$

Процедура A_0 . Вычисление ИФР $BC_i (i = \overline{1, n})$ для заданной наработки i -го оборудования (t) в заданной ситуации "C".

Входные данные: заданная наработка i -го ($i = \overline{1, n}$) оборудования (t); описание ситуации «C»(см. (4)); данные об эталонных ИФР $BC_i (i = \overline{1, n})$ и ситуационных поправках.

Результат процедуры A_0 : Значение ИФР $BC_i (i = \overline{1, n})$ при наработке $t (F_i^C(t))$.

Содержание процедуры A_0 :

- вычисление значения $F_i^N(t)$ (эталонной ИФР $BC_i (i = \overline{1, n})$) подстановкой значения t в выражение $Z_i^N(t, \mu, \nu)$ (см. (17));

- выбор ситуационной поправки $\eta_{i,j}(x_{j,l_j})$, удовлетворяющей условию $x_{j,l_j} = x_j^c$, где x_j^c - значение фактора X_j в ситуации «C»;

- вычисление значений функции моновливания фактора X_j ($j = \overline{1, K}$) для заданной наработки t , в ситуации «С», (используется выражение (8) и результаты предыдущих пунктов процедуры A_0);
- вычисление $F_i^c(t)$ ($i = \overline{1, n}$) подстановкой в выражение (6) полученных значений функций моновливания.)

Заключение

Предложена технология оценивания техногенной опасности ПОО, основанная на вычислении вероятностей аварий, возможных на ПОО. При вычислениях учитываются ситуации, имеющие место на ПОО, и наработка оборудования. Технология является комбинационной: используются экспертные знания; статистические данные; логико-вероятностные и аналитические методы. В центре внимания находятся процедуры вычисления вероятностей элементарных нежелательных событий, которые возникают на ПОО. Предлагаемая технология не противоречит существующим методам оценки опасности, а дополняет их новыми возможностями.

Новизна работы:

- прогнозные траектории формируются с учетом совокупного влияния причинных факторов техногенной опасности;
- формирование функций моновливания сводится к построению эталонных функций распределения вероятностей (с использованием моделей отказов) и формированию ситуационных поправок к ним (с использованием экспертных оценок и метода анализа иерархий);
- автоматический пересчет характеристик опасности при изменении условий эксплуатации выполняется с учетом новых условий и достигнутой наработки оборудования.

Практическое значение:

- в оценках опасности учитываются особенности конкретных ситуаций, которые имеют место на объекте в момент прогнозирования, что повышает достоверность оценок;
- возможность динамического корректирования прогнозных оценок при изменении ситуаций на ПОО позволяет использовать эти оценки как инструмент своевременного предупреждения техногенной и экологической опасности.

1. Вишняков Я.Д, РадаевН.Н. Общая теория рисков. М.: Изд. Академия, 2008. – 368 с.
2. Мушик Э. Методы принятия технических решений. Пер. с нем. М.: Мир, 1990. –206 с.
3. Integrated Reliability and Risk Analysis System (IRRAS). Basic Training Course. NRC: Washington; 1995.
4. Вероятностный анализ безопасности атомных станций (ВАБ) [В.В. Бегун, О.В. Горбунов, И.Н. Каденко и др.] – К. НТУУ «КПИ», 2000. – 568с.
5. СеребровскийА.Н., ПилипенкоВ.Г., СитниченкоЛ.П.. О дополнении Гост 12.1.004-91 «Пожарная безопасность» моделью Дерева отказов//Техногенно–екологічна безпека та цивільний захист. –2010,Вип. 2–С.75–80.
6. Living Probabilistic Safty Assessment (LPSA) IAFA Vienna 1999 IAFA TECDOC – 1006 ISSN. – 48 pp.
7. Надежность в технике. Модели отказов. Основные положения : ГОСТ 27.005-97- [Введен в действие 05.12.1997] – К., Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 45с. (Межгосударственный стандарт).
8. Стрельников В.П. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем / В.П Стрельников, А.В. Федухин – К.: Логос. 2002. – 486с.
9. Serebrovsky O. M.. Technology for Probability Assessment of Elementary Hazard Events// Journal of Scientific Research & Reports/-2 (1): 324-336, 2013; Article No. JSRR.2013.021.

10. Серебровский А.Н. Метод анализа иерархий при создании базы знаний экспертных систем техногенной опасности // Математические машины и системы. – 2008, №3. – С.62–67.
11. Серебровский А.Н. Методы оценки вероятностей отказов в процессах прогнозирования техногенных чрезвычайных происшествий// Математические машины и системы. –2007,№2. –С.111–116.

Серебровський О.М.

ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ НЕБЕЗПЕКИ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Запропоновано технологію прогнозування техногенної небезпеки на потенційно-небезпечних об'єктах (ПОО). Технологія заснована на обчисленні ймовірностей аварій, які можливі на ПОО. Головна увага в роботі направлено на обчислення ймовірностей елементарних небажаних подій. Враховуються ситуації, які мають місце на об'єкті, а також напрацювання обладнання. Описана процедура динамічного коригування прогнозних оцінок.

Serebrovsky A.N.

TECHNOLOGY FOR RISK ASSESSMENT OF POTENTIALLY HAZARDOUS FACILITIES

The hazard predictive technology at potentially hazardous facilities (PHF) is proposed. The technology is based on a calculation of the probability of accidents that are possible at PHF. The main focus of the work is aimed at probabilities calculating of elementary adverse events. The situations that occur at the facility are taken into account as well as the operating time. The procedure for dynamically adjusting of the predictive estimates is described.