

УДК 614.8.086.4

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА РИСКА ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА ПРИ АВАРИЯХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Козлитин А.М.

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов,  
e-mail: kammov@gmail.com*

***Аннотация.** В статье раскрыты методы анализа риска аварий на предприятиях нефтехимической промышленности. Представлены математические модели параметрических и координатных законов токсического поражения человека. Получена система функций распределения вероятностей для полной группы событий токсического поражения человека.*

***Ключевые слова:** Риск, авария, безопасность, потенциальный риск, индивидуальный риск, трехпараметрическое распределение Вейбулла, параметрический закон поражения, координатный закон поражения.*

Безопасность техносферы трактуется в научной и нормативной литературе, как степень защищенности реципиента (человека, материальных объектов, экосистем) от чрезмерной опасности, исходящей от созданных и функционирующих сложных технических систем при возникновении и развитии аварийных ситуаций. В этой связи, для определения уровня безопасности реципиента, автором используется [1, 2, 3] интегрированный риск непосредственного воздействия чрезмерной опасности, отражающий конечный предполагаемый эффект в виде ожидаемого ущерба  $R(Y_{\Sigma}) = R(Y_C) + R(Y_M) + R(Y_{\text{Э}})$ , выраженный в едином стоимостном эквиваленте и объединяющий (интегрирующий) в себе риски социального  $R(Y_C)$ , материального  $R(Y_M)$  и экологического  $R(Y_{\text{Э}})$  ущербов. Основой для вычисления показателей интегрированного риска является распределение потенциального риска по территории – поле потенциального риска в пределах круга вероятного поражения (КВП). Характер поля потенциального риска вокруг опасного производственного объекта (ОПО) существенно зависит, как от типа опасности, так и от вида реципиента. При этом вероятность поражения реципиента определяется принятым в расчетах параметрическим законом поражения, зависящего от характера процесса и параметров поражающего фактора в рассматриваемой области пространства.

Остановимся на последовательности количественной оценки риска социальных последствий возможных аварий, связанных с людскими потерями в ре-

зультате токсического поражения. На этапе количественной оценки потенциального риска рассматриваются события, связанные с воздействием поражающих факторов аварии на людей в пределах зоны острых воздействий. В качестве таковой для токсического поражения при авариях на опасных производственных объектах рассматривается территория, ограниченная изолинией с пороговыми значениями токсодозы PCt – количество ядовитого вещества, вызывающего при попадании в организм начальные признаки поражения. При уровнях воздействия  $\geq PCt$  возможны с определенной вероятностью необратимые изменения в состоянии здоровья, требующие немедленного прекращения человеческой деятельности в пределах указанной территории.

На данной территории, поскольку последствия токсического воздействия на человека могут быть разнообразными, ожидаемый социальный ущерб является величиной векторной и определяется следующими категориями токсического поражения человека: смертельный исход, тяжелая, средняя и легкая степени тяжести поражения. При этом в качестве числовых характеристик различных последствий токсического воздействия рассматриваются вероятности возникновения соответствующего уровня поражения. Вероятности токсического поражения человека различной степени тяжести определяются величиной токсодозы и принятым в расчетах параметрическим законом поражения.

**Параметрический закон токсического поражения.** Как известно, поражение человека при получении им определенной токсодозы, величина, которой зависит от массы аварийного выброса, расстояния до места аварии, метеорологических и топографических особенностей местности, времени экспозиции, носит случайный характер и описывается параметрической зависимостью «доза-эффект».

В качестве функции «доза-эффект», на основе исследований ВНИИ ГО и ЧС и Института токсикологии МЗ РФ [4] в области токсического поражения человека различными аварийно химически опасными веществами (АХОВ), автором предложена, обоснована и используется модификация аппроксимации параметрического закона токсического поражения человека трехпараметрическим распределением Вейбулла. Распределение Вейбулла является в настоящее время одним из наиболее распространенных распределений при описании экстремальных величин. Многие задачи оценки показателей промышленной безопасности могут быть сведены к моделированию распределения Вейбулла. Это, прежде всего, связано с большим разнообразием форм, которые могут принимать распределения Вейбулла. Трехпараметрическое распределение Вейбулла случайной величины токсодозы  $D$ , определяющей вероятность токсического поражения человека в рассматриваемой точке пространства, имеет вид:

$$P(D) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{D - PCt}{\sigma} \right)^\gamma \right]; \quad D \in (LCt_{100\%}; PCt), \quad (1)$$

где  $P(D)$  – вероятность токсического поражения человека соответствующей степени тяжести;  $D$  – текущее значение поглощенной токсодозы в рассматриваемой точке пространства;  $\sigma$ ,  $\gamma$ ,  $PCt$  – параметры трехпараметрического распределения Вейбулла для рассматриваемого ядовитого вещества и соответствующей степени тяжести поражения;  $LCt_{100\%}$  – абсолютно-смертельная токсодоза;  $PCt$  – пороговая токсодоза.

Для различных аварийно химически опасных веществ параметры трехпараметрического распределения Вейбулла  $\sigma$ ,  $\gamma$  и  $PCt$  имеют различные значения. Значения указанных параметров распределения, рассчитанные автором по методике [1, 2], в соответствии с данными специальных медико-биологических исследований Института токсикологии МЗ РФ и ВНИИ ГО и ЧС [4] и отнесенные к среднестатистическому составу населения приведены, в качестве примера, для ряда химических веществ в табл. 1

Табл. 1. Параметры трехпараметрического распределения Вейбулла для АХОВ

Вещество	Параметр		Степень тяжести поражения человека			
			Легкая	Средняя	Тяжелая	Летальный исход
	PCt, мг·мин/л	$\gamma$	2,5	3,8	4,4	5,0
Аммиак	15	$\sigma$ , мг·мин/л	1,873	60,531	94,441	148,399
Водород цианистый	0,2		0,025	2,542	3,996	6,336
Сероводород	1		0,125	6,204	9,717	15,34
Хлор	0,6		0,075	2,421	3,778	5,936

Примечание: токсические свойства веществ приняты по [5].

Для выполнения практических расчетов ожидаемых потерь при авариях на нефтехимических объектах техносферы приняты следующие категории поражения: смертельный исход, тяжелая, средняя и легкая степени поражения.

Для рассматриваемых категорий  $k$ -й степени тяжести токсического поражения человека покажем, в качестве примера, график функции  $P_k(D)$  трехпараметрического распределения Вейбулла, описывающий зависимость вероятности поражения человека хлором от величины полученной им ингаляционной токсодозы  $D$ , рис. 1.

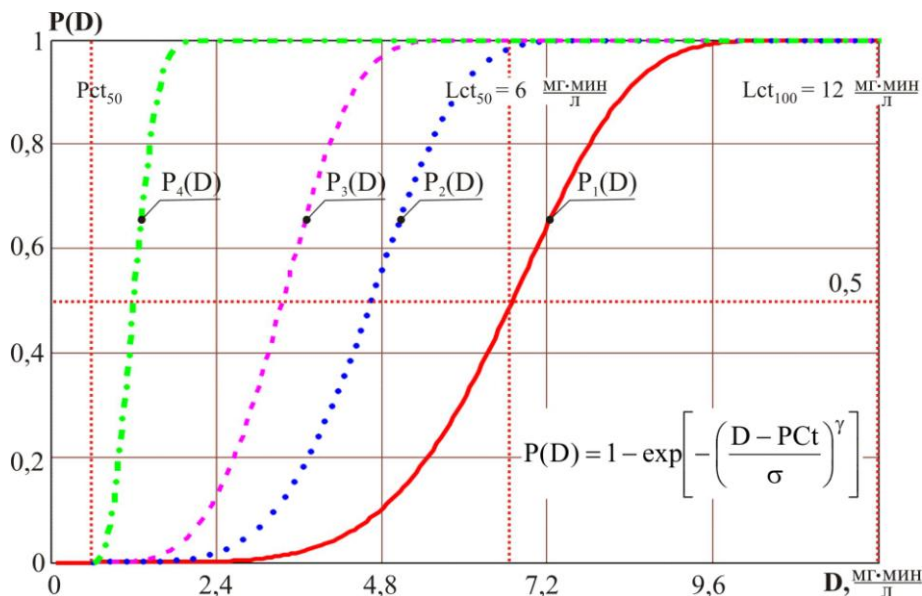


Рис.1. Трехпараметрическое распределение Вейбулла для оценки вероятности поражения человека хлором

$P_1(D)$  – летальный исход;  $P_2(D)$  – тяжелые поражения;  
 $P_3(D)$  – поражения средней тяжести;  $P_4(D)$  – легкие поражения

**Параметрический закон токсического поражения для полной группы ожидаемых потерь.** Рассматриваемые события токсического поражения человека (смертельный исход, тяжелая, средняя и легкая степени поражения) являются несовместными событиями, так как человек при получении определенной токсической дозы не может одновременно погибнуть и получить поражение той или иной степени тяжести.

Однако, полученная система функций распределения вероятностей токсического поражения человека  $P_k(D)$  в представленном виде на рис.1 не позволяет решить задачу расчета числовых характеристик различных последствий токсического воздействия, определяющих структуру ожидаемых потерь на прилегающей к объекту территории. Это объясняется тем, что вероятности рассматриваемых событий  $P_k(D)$  (смертельный исход, тяжелая, средняя и легкая степени поражения) и результаты операций над ними относятся к разным пространствам элементарных событий.

Как следствие, при выполнении расчетов можно получить несуразный результат, когда сумма  $n$ -мерного вектора вероятностей рассматриваемых несовместных событий превысит единицу. В этой связи возникает необходимость в конкретизации решаемой задачи и определении системы вероятностей рассматриваемых несовместных событий  $P_k(D)$  и результатов операций над ними на одном и том же основном пространстве элементарных событий  $\Omega$ .

Рассмотрим последовательность решения данной проблемы. Так как индивидуум не может одновременно погибнуть, быть раненым и остаться не пораженным, то эти события несовместны и образуют полную группу событий. Необ-

ходимо определить функции распределения вероятностей для полной группы событий: летальный исход, поражения различной степени тяжести (тяжелые, средние, легкие), отсутствие поражения индивидуума при получении им определенной токсодозы. Рассмотрим функции распределения вида  $FP_i(D) = 1 - P_i(D)|_{i=1, \dots, \eta}$ , где  $\eta$  – число степеней поражения (рис. 2).

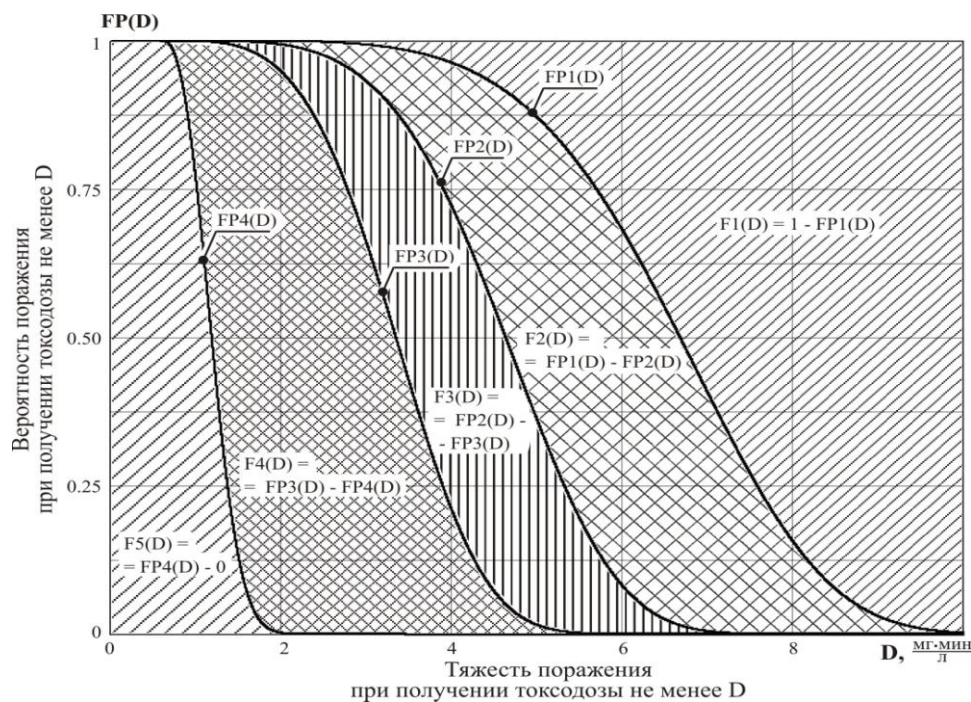


Рис.2. Графики распределения вероятностей нанесения поражения индивидууму не менее рассматриваемой степени

Дополнение  $P_i(D)$  до единицы дает вероятность того, что случайная величина токсодозы превысит значение  $D_i$ , соответствующее данной степени поражения. Следовательно, функции  $FP_i(D)$  характеризуют распределения вероятностей нанесения поражения индивидууму не менее рассматриваемой степени тяжести:

- $FP_1(D) = 1 - P_1(D)$  - распределение вероятности поражения индивидуума не менее летального исхода;
- $FP_2(D) = 1 - P_2(D)$  - распределение вероятности поражения индивидуума не менее тяжелой степени;
- $FP_3(D) = 1 - P_3(D)$  - распределение вероятности поражения индивидуума не менее средней степени;
- $FP_4(D) = 1 - P_4(D)$  - распределение вероятности поражения индивидуума не менее легкой степени.

Определим функции распределения вероятностей получения индивидуумом рассматриваемой степени тяжести поражения: летальный исход, тяжелая степень поражения, средняя степень поражения, легкая степень поражения, отсутствие поражения индивидуума при получении им определенной токсодозы.

$$F_1(D) = 1 - FP_1(D) = P_1(D) - \text{смертельное поражение};$$

$$F_2(D) = FP_1(D) - FP_2(D) = P_2(D) - P_1(D) - \text{тяжелое поражение};$$

$$F_3(D) = FP_2(D) - FP_3(D) = P_3(D) - P_2(D) - \text{поражение средней тяжести};$$

$$F_4(D) = FP_3(D) - FP_4(D) = P_4(D) - P_3(D) - \text{легкое поражение};$$

$$F_5(D) = FP_4(D) - 0 = 1 - P_4(D) - \text{отсутствие любого поражения}.$$

График параметрического закона поражения для полной группы событий на случай четырех составляющих ожидаемых потерь приведен на рис.3.

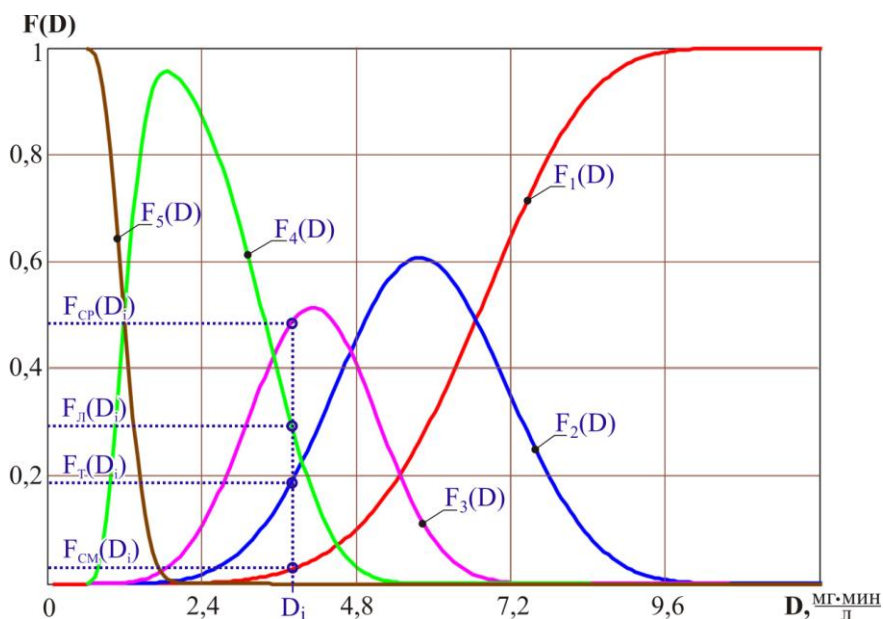


Рис.3. График параметрического закона поражения для полной группы событий ожидаемых потерь

$F_1(D)$  – смертельный исход,  $F_2(D)$  – тяжелая степень поражения,  
 $F_3(D)$  – средняя степень поражения,  $F_4(D)$  – легкая степень поражения,  
 $F_5(D)$  – отсутствие поражения

Полученная система функций  $F_k(D)$  для полной группы событий в представленном виде на рис.3 позволяет решить задачу расчета числовых характеристик различных последствий токсического воздействия (смертельный исход, тяжелая, средняя и легкая степени поражения, отсутствие поражения) на прилегающей к объекту территории. При этом сумма вероятностей для полной группы рассматриваемых событий равна  $F_1(D)+F_2(D)+F_3(D)+F_4(D)+F_5(D) = 1$ .

**Координатный закон токсического поражения.** Однако, зная параметрический закон поражения человека  $P(D)$ , мы не можем судить о характере распределения потенциального риска на прилегающей территории.

Для решения данной задачи необходимо знать, как изменяется вероятность поражения человека по мере удаления от источника опасности, то есть от параметрического закона мы должны перейти к координатному закону токсического поражения человека  $P(\Gamma)$ .

Для перехода от параметрического закона поражения  $P(D)$  к координатному  $P(\Gamma)$  используем метод обратных функций распределения, в основу которого положены элементы теории функциональных преобразований случайных функций. Для этого, с привлечением методик прогнозирования последствий химических аварий, например, [5, 6], позволяющих установить функциональную связь расстояния  $\Gamma$  от источника опасности до рассматриваемой элементарной площадки территории с  $ij$ -координатами и случайной величиной токсодозы  $D$  в пределах этой площадки, находится функциональная зависимость  $\Gamma = \varphi(D)$ . В пределах круга вероятного поражения зависимость  $\Gamma = \varphi(D)$  является монотонно убывающей функцией на всем интервале значений непрерывного случайного аргумента  $D$ , плотность распределения  $f(D)$  которого известна. На основе полученной зависимости и с учетом плотности распределения  $f(D)$  случайного аргумента  $D$ , плотность распределения функции случайной величины  $\Gamma$ , в соответствии с теорией вероятностей, определяется следующим соотношением

$$g(\Gamma) = f[\varphi(\Gamma)] \cdot \left| \frac{d[\varphi(\Gamma)]}{d\Gamma} \right|; \quad 0 < \Gamma \leq \Gamma_{Pct}, \quad (2)$$

где  $\varphi(\Gamma)$  – функция, обратная функции  $\varphi(D)$ ;  $\Gamma_{Pct}$  – радиус круга вероятного поражения для рассматриваемого ядовитого вещества.

Используя полученную зависимость (2) определим координатный закон токсического поражения человека  $P(\Gamma)$  для зоны химического заражения сильно действующими ядовитыми веществами

$$P(\Gamma) = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 < \Gamma \leq \Gamma_{LCt_{100\%}} \\ 1 - \exp \left[ - \left( \frac{\varphi(\Gamma) - Pct}{\sigma} \right)^\gamma \right] & \text{при } \Gamma_{LCt_{100\%}} < \Gamma \leq \Gamma_{Pct} \end{cases} \quad (3)$$

В пределах зоны абсолютной смертности  $0 > \Gamma \leq \Gamma_{LCt_{100\%}}$ , при получении человеком токсодоз  $\varphi(\Gamma) \geq LCt_{100\%}$  превышающих абсолютно смертельную для рассматриваемого ядовитого вещества, летальный исход можно считать достоверным событием с вероятностью  $P(\Gamma) = 1$ .

Учитывая тот факт, что при заданном времени экспозиции существует граничный (пороговый) уровень концентрации ядовитого вещества в объеме воздуха, ниже которого вероятность летального исхода при токсическом поражении индивидуума пренебрежимо мала, в уравнение (3) нами введен параметр граничного, порогового воздействия  $Pct$  – пороговая токсодоза для рассматриваемого ядовитого вещества [1, 2]. В качестве примера, на рис.4 показаны результаты расчетов распределения вероятностей летальных исходов вследствие токсического поражения человека на прилегающей к объекту территории (координатные законы поражения), при реализации максимальной гипотетической аварии с выбросом сжиженного хлора на реальном химически опасном объекте. Из сравнительного анализа координатных законов, представленных на рис.4 можно видеть, что

функция вероятностей летальных исходов  $P(\Gamma)$ , учитывающая параметр порогового воздействия  $PCt$ , стремится к нулю, при асимптотическом приближении к внешней границе круга вероятного поражения. В другом случае, при  $PCt = 0$ , вероятность летальных исходов, в результате токсического воздействия паров хлора остается значимой и за пределами КВП, что приводит, по нашему мнению, к необоснованному завышению уровня опасности объекта.

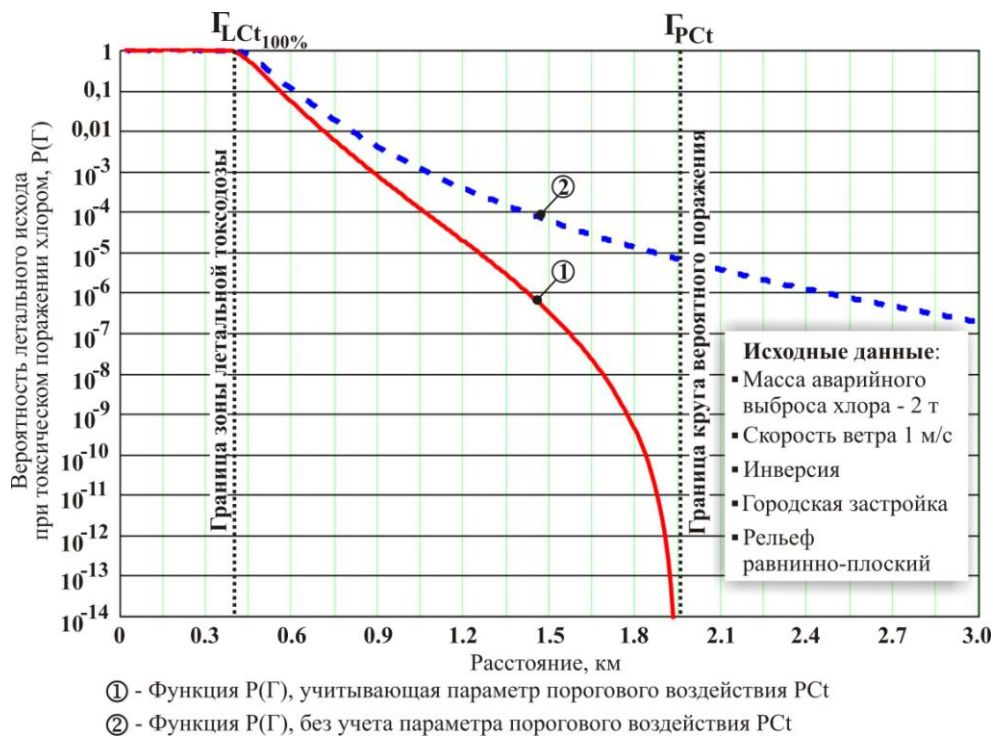


Рис.4. Координатные законы распределения вероятностей летальных исходов при поражении человека хлором на прилегающей к объекту территории

Поскольку в пределах КВП последствия токсического воздействия на человека могут быть разнообразными (смертельный исход, тяжелая, средняя и легкая степени тяжести поражения), для выполнения практических расчетов ожидаемых потерь при авариях на нефтехимических объектах техносферы рассматриваются координатные законы токсического поражения человека различной степени тяжести.

В качестве примера, на рис.5, показаны результаты расчетов распределения вероятностей для рассматриваемых категорий  $k$ -й степени тяжести токсического поражения человека на прилегающей к объекту территории – координатные законы поражения  $P_k(\Gamma)$  при реализации максимальной гипотетической аварии с выбросом сжиженного хлора на реальном химически опасном объекте.



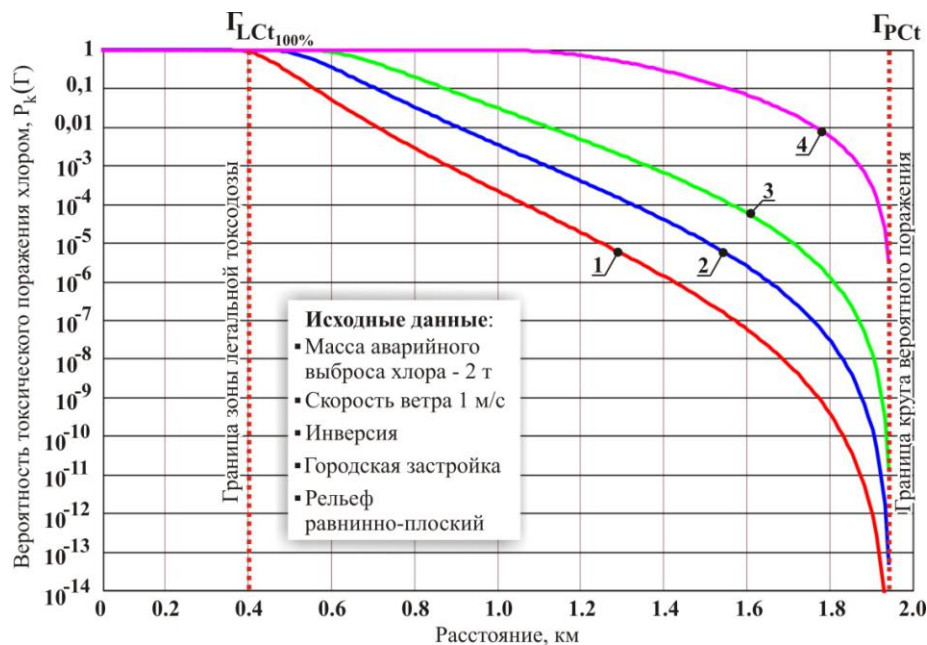


Рис.5. Координатные законы распределения вероятностей поражения человека хлором на прилегающей к объекту территории  
 1 – летальный исход; 2 – тяжелые поражения;  
 3 – поражения средней тяжести; 4 – легкие поражения

Полученные координатные законы токсического поражения (3) характеризуют вероятность поражения не защищенного, открыто расположенного человека в рассматриваемой точке прилегающей к объекту территории.

**Координатные законы токсического поражения человека для различных типов укрытий.** Различного типа укрытия – жилые и промышленные здания, общественные здания культурно-бытового и административного назначения, а также транспорт защищают людей от воздействия ядовитых паров при авариях на химически опасных производственных объектах [6, 7, 8].

Защитные свойства различного типа укрытий от попадания внутрь их ядовитых примесей принято оценивать коэффициентом проникания  $K_{\text{ГП}} = \frac{C_{\text{В}}}{C_{\text{Н}}}$ , показывающим какую долю составляет концентрация ядовитых веществ внутри помещения  $C_{\text{В}}$  относительно концентрации этих веществ в наружном воздухе  $C_{\text{Н}}$ . Величина коэффициента проникания для рассматриваемого типа укрытия в значительной степени зависит от времени нахождения данного укрытия в зараженном воздухе. Анализ и соответствующая математическая обработка экспериментальных данных [7, 8] о величине  $K_{\text{ГП}}$  для различных типов укрытий и времени их нахождения в зараженном воздухе, позволили построить регрессионную модель изменения коэффициента проникания во времени

$$K_{\text{ГП}}(t) = \frac{t}{a \cdot t + b}, \quad (4)$$

где  $K_{\text{ГП}}(t)$  – коэффициент проникания для рассматриваемого типа укрытия в функции времени  $t$  нахождения данного укрытия в зараженном воздухе;  $a, b$  – коэффициенты регрессионной модели, зависящие от типа укрытия [1, 2].

Координатный закон токсического поражения человека для различных типов укрытий и времени их нахождения в зараженном воздухе характеризуется двумерной функцией распределения  $P_u = f(\Gamma, t)$  и представлен следующим выражением

$$P_u(\Gamma, t) = \begin{cases} 1 & \text{при } K_{\text{ГП}}(t) \cdot \psi(\Gamma) \geq LCt_{100\%} \\ 1 - \exp\left[-\left(\frac{K_{\text{ГП}}(t) \cdot \psi(\Gamma) - PCt}{\sigma}\right)^\gamma\right] & \text{при } LCt_{100\%} > K_{\text{ГП}}(t) \cdot \psi(\Gamma) \geq PCt. \end{cases} \quad (5)$$

В качестве примера, на рис.6, приведены координатные законы летальных исходов вследствие токсического поражения человека для различных типов укрытий (жилых и общественных зданий, промышленных зданий, для транспорта) при фиксированном времени (60 мин.) их нахождения в зараженном воздухе при реализации максимальной гипотетической аварии с выбросом сжиженного хлора на реальном химически опасном объекте.

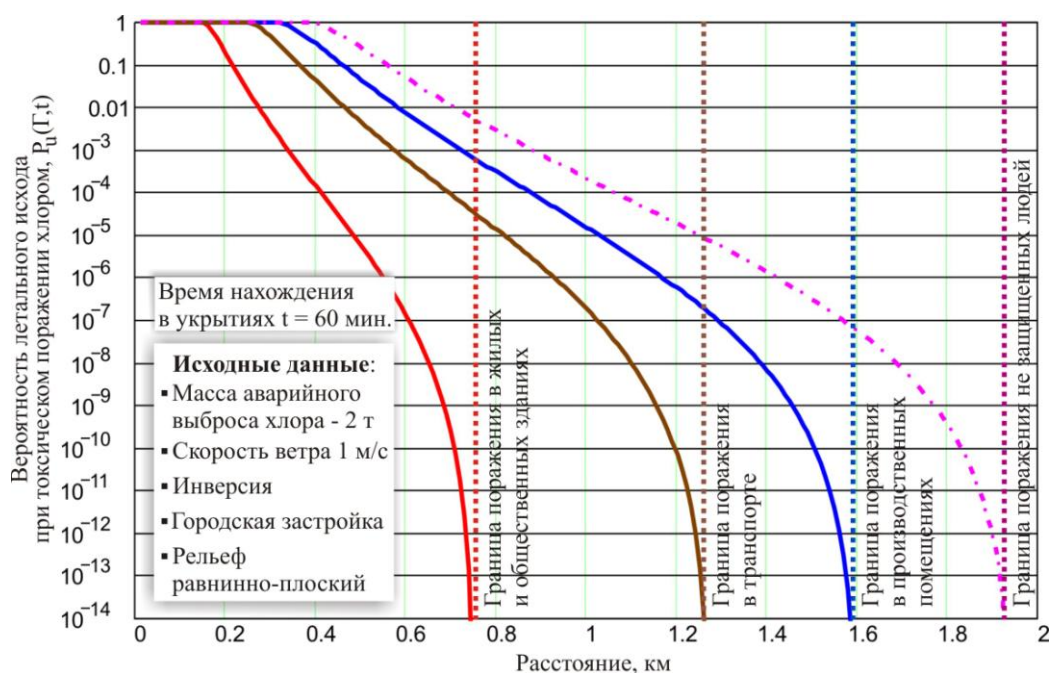


Рис. 6. Координатные законы летальных исходов при токсическом поражении человека хлором для различных типов укрытий

При анализе уровня безопасности населения на прилегающей потенциально опасному объекту территории важно иметь данные о динамике изменения вероятности поражения человека в укрытиях различного типа вследствие нарастания концентрации паров АХОВ внутри помещений при их аварийном выбросе.

## Выводы

Предложен, обоснован и применяется в качестве параметрического закона токсического поражения человека при количественной оценке риска последствий возможных аварий на предприятиях нефтехимической отрасли трехпараметрический закон распределения Вейбулла. Используя метод обратных функций распределения, в основу которого положены элементы теории функциональных преобразований случайных функций, автором обоснован и выполнен аналитический переход от параметрических законов поражения человека к координатным законам, позволяющим получить распределение потенциального риска на прилегающей к потенциально опасному объекту территории. Полученные параметрические и координатные законы токсического поражения человека, являясь базовой основой стохастических моделей потенциального, индивидуального и коллективного риска, позволяют при количественном анализе риска в нефтехимической отрасли ранжировать прилегающую территорию по уровню опасности. На основе полученных данных определяются зоны и территории, где уровни риска достигают или превышают значения, при которых необходимо ужесточение контроля или принятия определенных мер по снижению риска и обеспечению нормативной безопасности производственного персонала и населения.

## Литература

1. Козлитин А. М. Интегрированный риск техногенных систем. Теоретические основы, методы анализа и количественной оценки: монография // Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. 260 с.
2. Козлитин А.М. Теория и методы анализа риска сложных технических систем: монография. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2009. 200 с.
3. Козлитин А.М, Попов А.И., Козлитин П.А. Теоретические основы и практика анализа техногенных рисков. Вероятностные методы количественной оценки опасностей техносферы: монография. Саратов: СГТУ, 2002. 180 с.
4. Методика расчета токсодоз и вероятностного прогнозирования поражений сильнодействующими ядовитыми веществами. М.: ВНИИ ГОЧС, 1993. 56 с.
5. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ: РД 03-26-2007: Сборник документов. Серия 27. Вып. 2. М.: ЗАО НТЦ «Промышленная безопасность», 2010. С 123-206.
6. Козлитин А.М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка: детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: учеб. пособие; под ред. А.И. Попова. Саратов: СГТУ, 2000. 124 с.

7. Методическое пособие по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях / Исаев В.С. и др. М.: ВНИИ ГОЧС, 1994. 105 с.

8. Сысоев А.А., Мастрюков Б.С. Распределение токсикантов внутри помещений при проникновении загрязненного воздуха // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 2002. Вып.3. С.107-114.

**METHODS OF THE ANALYSIS OF RISK OF TOXIC AFFECTING ON THE  
PERSON AT ACCIDENT ON ENTERPRISES  
OF A PETROCHEMICAL INDUSTRY**

A.M. Kozlitin

*Saratov State Technical University named after Gagarin Yu. A.  
e-mail: kammov@gmail.com*

**Abstract:** *The methods of the analysis of risk of accident on enterprises of a petrochemical industry are developed. Mathematical models of parametrical and coordinate laws of toxic defeat of the person are presented. The system of distribution functions of probability for a complete group of events of toxic defeat of the person is gained.*

**Keywords:** *Risk, accident, safety, potential risk, individual risk, three-parameter Weibull, parametrical law of defeat, coordinate law of defeat.*

**References**

1. Kozlitin Anatoly. The integrated risk of technogenic systems. Theoretical bases, analysis and quantitative assessment methods: the monography / Anatoly Kozlitin. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. 260 p.
2. Kozlitin A.M. Theory and methods of the analysis of risk of complicated engineering systems: the monography / A.M. Kozlitin. Saratov: SSTU, 2009. 200 p.
3. Kozlitin A.M. Theoretical bases and practice of the analysis of technogenic risks. Probability methods of a quantitative assessment of hazards of a technosphere: the monography / A.M. Kozlitin, A.I. Popov, P.A. Kozlitin. Saratov: SSTU, 2002. 180 p.
4. Design procedure of toxic doses and probability forecasting of defeats by strong toxic agents. M: All-union scientific research institute GOCHS, 1993. 56 p.
5. Methodical directions for to an estimation of aftereffects of emergency emissions of hazardous matters: ПД 03-26-2007//the Accumulator cell of deeds. A serial 27. Вып. 2. M: Scientific and technological centre Joint-Stock Company «Industrial safety», 2010. P. 123-206.
6. Kozlitin A.M. Emergency situation of technogenic nature. Forecasting and an estimation: the determined methods of a quantitative assessment of hazards of a technosphere: Studies. The grant / A.M. Kozlitin., B.N. Jakovlev; under the editorship of A.I. Popov. Saratov: SSTU, 2000. 124 p.

7. The methodical grant on forecasting and an estimation of a chemical situation in emergency situations / V.S. Isaev, N.M. Ivanteeva, V.N. Kononenko, etc. M: All-union scientific research institute GOCHS, 1994. 105 p.

8. Sysoyev A.A. Allocation of toxic matters in putting at polluted air infiltration / A.A. Sysoyev, B.S. Mastryukov//Safety Problems at emergency situations. 2002. Discharge 3. P.107-114.