

Матвеев Ю.Н., Стукалова Н.А., Стукалов Д.О. Методы прогнозирования аварийных ситуаций. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVIII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2018. – С. 43-47.

УДК 004.9

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ю.Н. Матвеев, Н.А. Стукалова, Д.О. Стукалов

METHODS OF PREDICTION OF CONTINGENCY SITUATIONS

Yu.N. Matveev, N.A. Stukalova, D.O. Stukalov

Аннотация. В статье рассмотрено решение некоторых важных задач, связанных со снижением ущерба, т.е. с изменением состояния здоровья человека в результате аварийного воздействия. Статья посвящена теории безопасности, или теории риска, пришедшей на смену технике безопасности. Если техника безопасности ставит своей целью не допускать никаких аварий, что отвечает концепции абсолютной безопасности техногенного объекта, то теория риска исходит из того, что ничто нельзя сделать абсолютно надежным. Необходимо знать вероятность аварии и прогноз ущерба от аварии.

Ключевые слова: аварийная ситуация, чрезвычайная ситуация, принятие решений, токсичное воздействие, стандарт относительной безопасности.

Abstract. In article the solution of some important tasks connected about decrease in damage i.e. with change of the state of health of the person as a result of the emergency influence is considered. Article is devoted to the theory of safety, or the theory of risk which succeeded the accident prevention. If the accident prevention sets as the purpose not to assume any accidents that answers the concept of absolute safety of a technogenic object, then the theory of risk recognizes that nothing can be made absolutely reliable. It is necessary to know an accident risk, the forecast of damage from accident.

Keywords: contingency situation, emergency situation, decision making, toxiferous influence, standard of the relative safety.

Авария определяется как несанкционированное высвобождение массы или энергии, которое причиняет или способно причинить ущерб реципиенту риска. При этом масса или энергия выступает в качестве источника аварийной опасности. Определение характеристик источника опасности возможно исключительно методами математического моделирования. Это объясняется тем, что аварийную ситуацию невозможно организовать или повторить. Математическая модель должна адекватно описывать возникновение и развитие источника опасности. Исследование модели позволяет определить условия, при которых эмиссия опасной субстанции возможна, и рассчитать параметры процесса эмиссии.

Какой бы совершенной ни была технология и какими бы передовыми ни были средства контроля, техногенный объект будет представлять собой опасность [1].

Понятие «опасность, порождаемая объектом» имеет несколько аспектов. Первый аспект связан с количественной характеристикой уровня опасности. Всякий промышленно значимый объект представляет определённую опасность для жизнедеятельности человека, для окружающей природной среды. С точки зрения уровня порождаемой опасности промышленные объекты отличаются друг от друга количественными показателями. Если количественные показатели не достигают критических значений, то уровень опасности считается приемлемым.

Сложившийся уровень безопасности характеризуется определённой степенью риска как от катастроф (природных и техногенных), так и от накопления медленно текущих негативных явлений, приводящих со временем к взрывам (экология, социальные конфликты). Основным требованием к системе предупреждения и ликвидации последствий ЧС является обеспечение допустимого уровня риска возникновения ЧС.

Количественная оценка уровня опасности представляется относительно конкретного реципиента риска и конкретной меры ущерба. В качестве реципиента риска выступают представители животного мира или биотическая среда в целом. Если в качестве реципиента риска выступает человек, то ущерб характеризует реакцию человека на внешнее воздействие. В дальнейшем изложении ограничимся анализом ущерба относительно человека [2].

Мера ущерба отражает изменения состояния здоровья человека в результате аварийного воздействия. Выбор меры ущерба, определяемый в первую очередь требованиями, предъявляемыми к прогнозированию, зависит от типа воздействия (токсическое, тепловое, механическое и т.д.) на реципиента риска при аварии или катастрофе. В качестве меры ущерба может быть принят, например, определённый уровень поражения глаз, уровень заболевания раком легких, уровень потери трудоспособности среди выделенных групп населения и т. д.

Токсическое воздействие

Экспериментально установлено, что зависимость между дозой вещества, полученной организмом, и реакцией организма («эффектом») выражается S-образной кривой [2].

Обычно S-образная зависимость трансформируется в линейную. При этом вероятность наступления «эффекта» определяется пробит-функцией, имеющей вид

$$Pr(D) = \alpha_1 + \alpha_2 \ln D,$$

где Pr – вероятностная единица (пробит), α_1, α_2 – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида воздействия и свойств вещества.

Для нахождения вероятности «эффекта» можно воспользоваться стандартными пробит-таблицами или уравнением

$$U(D) = \Phi(Pr - 5),$$

где D – эффективная доза, воздействующая на организм, $\Phi(z)$ – нормальная функция распределения:

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du = \frac{1 + \operatorname{erf}(z/\sqrt{2})}{2}.$$

Часто для практических расчётов используется зависимость вероятности поражения непосредственно от дозы. Наибольшее распространение в практике получила логарифмически-нормальная зависимость $P(D)$

$$P(D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^X \exp\left\{-\frac{\lambda^2}{2}\right\} d\lambda,$$

где $X = \frac{\ln(D(x)/LD_{50})}{\sigma_d}$, $\sigma_d = \ln(1/b)$ – дисперсия токсичности, b – параметр про-

бит-уравнения, связывающего токсический эффект вещества (доля поражённых людей в группе) с воздействующей на данную группу дозой, LD_{50} – среднесмертельная ингаляционная доза для рассматриваемого токсического вещества [3].

Термическое воздействие

Величина ущерба при термическом воздействии даётся выражениями

$$U(I,t) = \Phi(Pr), \quad Pr = -14,9 + 2,56 \cdot \ln(I^{4/3} \cdot t \cdot 10^{-4}),$$

где I характеризует действующий на человека тепловой поток ($\text{Дж}/\text{м}^2\text{с}$), t – длительность воздействия (с).

Барическое воздействие

Модель ущерба при взрыве $U(\Delta p) = \Phi(Pr)$, отвечающая вероятности поражения человека (летальный исход) при воздействии избыточного давления на фронте ударной волны Δp , выражается через пробит-функции

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln \Delta p$$

или

$$Pr = -2,44 \ln(7380/\Delta p + 1,9 \cdot 10^9/(I \cdot \Delta p)),$$

где Δp – избыточное давление (Па), I – импульс ($\text{Н}/\text{м}^2\text{с}$).

Единственным подходом к прогнозированию последствий антропогенных катастроф на объектах, по которым отсутствует достоверная статистическая информация, является подход, основанный на результатах компьютерного прогнозирования. При этом процесс возникновения и развития источника опасности при антропогенной аварии может быть описан в рамках физико-математической модели. Реакция реципиента риска на аварийное воздействие также может быть описана соответствующей математической моделью. Компьютерный эксперимент, построенный на основе моделей, позволяет прогнозировать характеристики источника опасности, динамику распространения аварийных воздействий на реципиентов риска и последствия воздействий для реципиентов риска.

Библиографический список

1. Матвеев Ю.Н., Стукалова Н.А. Автоматизированное оперативное управление техногенными химико-технологическими объектами при возникновении запроектных аварийных ситуаций // Труды Института системного программирования РАН. 2015. Т. 27. № 6. С. 395-408.

2. Матвеев Ю.Н., Стукалова Н.А., Михальцов Н.Г. Оценка поражающих факторов чрезвычайной ситуации // Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: сб. статей VII Международной научно-технической конференции. Пенза, 2017. С. 75-79.

3. Матвеев Ю.Н., Стукалова Н.А. Обоснование и выбор методики моделирования аварийного загрязнения атмосферы. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. статей XVI Международной научно-технической конференции. Пенза, 2016. С. 182-186.

Матвеев Юрий Николаевич

Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

E-mail: matveev4700@mail.ru

Стукалова Наталия Александровна

Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

Стукалов Дмитрий Олегович

Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных
технологий, механики и оптики,
г. Санкт-Петербург, Россия

Matveev Yu.N.

Tver State Technical University,
Tver, Russia

Stukalova N.A.

Tver State Technical University,
Tver, Russia

Stukalov D.O.

Saint Petersburg State
National Research University
of Information Technologies,
Mechanics and Optics,
St. Petersburg, Russia