

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ УЩЕРБА ПРИ ОЦЕНКЕ И СРАВНЕНИИ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ АВАРИИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Ю.С. Литвинов
(представил проф. А.В. Королёв)

Рассмотрен подход определения функции ущерба в плоскости принятия эффективных управленческих решений в области обеспечения промышленной безопасности при решении задач по оценке и сравнению степени опасности аварии на опасных производственных объектах. Делается вывод о целесообразности применения при определении функции ущерба метода имитационного моделирования. Дается общая схема имитационной модели.

Постановка проблемы в общем виде. Обоснованный выбор качественных и/или количественных показателей крайне важен для программно-целевого планирования и управления сложными процессами, к которым можно отнести и обеспечение промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО). Такие показатели позволяют не только оценить действительное положение дел, но и рационально использовать имеющиеся ресурсы для решения проблемных ситуаций. Приоритет при этом должен отдаваться количественным показателям, поскольку эффективное управление предполагает только точное определение цели. Поэтому задача определения количественной оценки возможного ущерба является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций. Наиболее полно предъявляемым требованиям к показателям системы обеспечения безопасности, качества, надежности и результативности функционирования сложных систем удовлетворяют вероятностно-возможностные показатели. Данная группа количественных показателей выражает интегральные характеристики сложных систем, в которых процессы и явления, как известно, сопряжены с многочисленными неопределенностями. Этот вопрос рассмотрен и проанализирован в статье [1]. Очень часто аварию на ОПО по физической природе происходящих процессов можно сопоставить со взрывом. Анализу поражающих факторов, сопровождающих взрыв, посвящена работа [2]. В данной работе приводятся основные ана-

литические зависимости, описывающие природу взрыва. Боевая эффективность вооружения зависит от большого числа факторов, а их учет представляет иногда большие трудности. Здесь на помощь приходит ЭВТ, позволяющая применять более сложные и точные методы расчетов и тем самым учитывать большее число факторов, влияющих на боевую эффективность. В [3] проведено обобщение и систематизация как известных, так и новых аналитических методов расчета боевой эффективности вооружения, указаны условия их применения. Рассмотрению понятийного аппарата, используемого в настоящее время в области промышленной безопасности, посвящена статья [4]. Дается толкование таким терминам, как «авария», «ущерб», «опасность», «риск», «безопасность». Законодательные акты по рассматриваемой проблеме, как правило, толкование термину «ущерб» не дают, что вызывает определенные трудности при постановке задач по оценке последствий аварий на ОПО.

Цель статьи. Обосновать выбор функции ущерба как зависимость между вероятностью разрушения (выхода из строя) объекта и уровнем его ущерба при возникновении аварии на ОПО.

Обобщенное теоретическое решение задачи. В общем случае объекты ОПО представляют собой сложную функционирующую систему с различного рода связями между элементами, обладающую определенной степенью живучести. Основными показателями качества системы обеспечения промышленной безопасности могут быть различные числовые характеристики, как правило, случайных величин. Сегодня в практике промышленной безопасности в качестве показателя опасности производственных объектов чаще всего выступает величина ожидаемого ущерба (вреда), как основная количественная мера опасности промышленной аварии. Показатель опасности – ожидаемый ущерб (вред) от аварии, может использоваться как в явном, так и опосредованном представлении [1].

Рассмотрим подход к решению задачи оценки уровня ущерба объекту ОПО при возникновении аварии, повлекшей за собой взрыв. Абстрактно данную задачу можно свести к задаче оценки эффективности некоторого боеприпаса (БП) при нанесении удара по заданному объекту ОПО.

Поражение объекта определяется величиной ущерба, наносимого ему в результате взрыва. Ущерб обычно оценивается степенью снижения интенсивности функционирования объекта, выражаемой степенью разрушения.

Эффективность взрыва определяется его мощностью, а также расстоянием до объекта поражения. В общем случае расстояние до объекта можно считать случайной величиной, так как случаен источник взрыва [2].

Большинство объектов уничтожается на некотором удалении от

центра взрыва. В этом случае говорят о дистанционном воздействии взрыва. Пусть в точке с координатами x, y произошел взрыв. Обозначим через $G(x, y)$ вероятность поражения (получения заданного повреждения) объекта ОПО. Рассматриваемую зависимость $G(x, y)$ вероятности поражения объекта от координат точки взрыва дистанционного действия называют координатным законом поражения [3].

Как показали исследования, координатные законы поражения имеют разный вид в зависимости от прочностных и геометрических характеристик объекта, мощности взрыва и других условий. При рассмотрении этих зако-

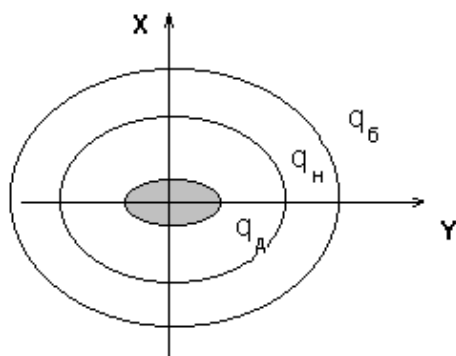


Рис. 1. Области поражения

нов можно выделить три различные области, расположенные вокруг центра объекта (рис.1). Одна из этих областей (q_d) характеризуется тем, что взрыв в любой ее точке приводит к поражению объекта. Эту область называют областью достоверных поражений. За ней следует область (q_n), где взрыв не обязательно приводит к поражению объекта. Такую область называют областью недостоверных поражений. Затем располагается область (q_b), в которой взрыв не наносит ущерба объекту; ее называют областью безопасного взрыва.

Определим функцию ущерба как зависимость уровня ущерба от вероятности поражения объекта. Для количественной оценки уровня ущерба введем порядковую шкалу, для которой методом экспертизы сопоставим нахождение объекта в рассмотренных зонах с фиксированными числами [4]. Для конкретности положим: зоне (q_d) поставим в соответствие число 3, зоне (q_n) – 2, зоне (q_b) – 1.

Каждая степень поражения наступает с некоторой вероятностью. При рассмотрении конкретного объекта и заданного взрыва значения указанных вероятностей будут определяться расстоянием точки взрыва R до объекта. Введем обозначения:

- $P_d(R)$ – вероятность нахождения в зоне (q_d);
- $P_n(R)$ – вероятность нахождения в зоне (q_n);
- $P_b(R)$ – вероятность нахождения в зоне (q_b).

Рассмотрим случайную величину G , принимающую значения 3, 2, 1

с вероятностями $P_d(R)$, $P_n(R)$, $P_0(R)$.

Определим математическое ожидание G .

$$M[G] = 3P_d(R) + 2P_n(R) + 1P_0(R).$$

Математическое ожидание $M[G]$ характеризует уровень ущерба объекта в зависимости от вероятности его поражения. Используем зависимость $M[G]$ для определения функции ущерба

$$L = 3P_d(R) + 2P_n(R) + 1P_0(R).$$

В случае поражения группы объектов функция ущерба будет представлять суммарное значение ущерба по всем объектам

$$L = \sum_{i=1}^n L_i,$$

где n – число одиночных объектов.

Таким образом, оценку ущерба, причиняемого взрывом, можно свести к определению точки взрыва, нахождению расстояния R и расчету $P_d(R)$, $P_n(R)$, $P_0(R)$ для заданного объекта поражения.

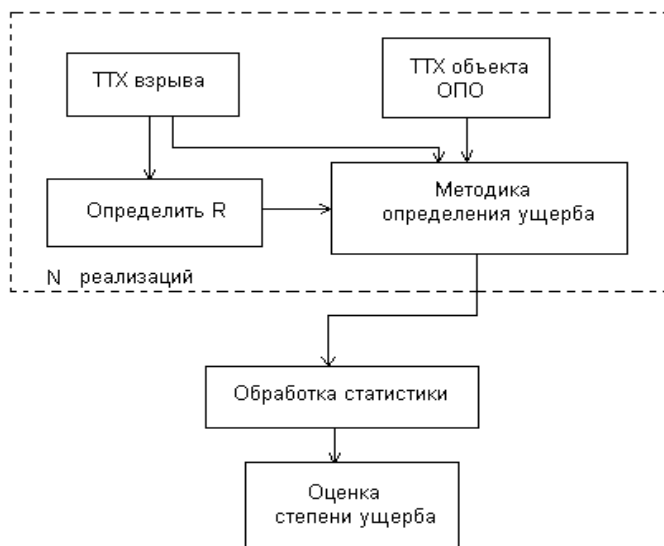


Рис. 2. Схема имитационной модели оценки уровня ущерба

Определение зависимостей $P_d(R)$, $P_n(R)$, $P_0(R)$ аналитически представляется сложной задачей. Поэтому предлагается использовать метод статистического моделирования. В имитационном моделировании

предполагается, что систему можно описать в терминах, понятных вычислительной системе. Ключевым моментом при этом является выделение и описание состояний системы. Система характеризуется набором переменных, каждая комбинация значений которых описывает ее конкретное состояние. Следовательно, путем изменения значений переменных можно имитировать переход системы из одного состояния в другое. Таким образом, имитационное моделирование – это представление динамического поведения системы посредством ее продвижения от одного состояния к другому в соответствии с хорошо определенными операционными правилами.

На рис. 2 представлена схема имитационной модели оценки уровня ущерба при взрыве для объектов ОПО.

В имитационной модели в N реализациях каждый раз после нахождения R как случайной величины с нормальным законом распределения с учетом ТГХ взрыва и объекта ОПО для последнего по методике определения ущерба определяется степень поражения. Выполнив N реализаций, в блоке обработки статистики находятся оценки вероятностей

$$P_d(R), P_n(R), P_0(R).$$

Далее, в блоке оценки уровня ущерба высчитывается функция ущерба L .

Выводы. Таким образом, используя метод имитационного моделирования в сочетании с апробированными методиками оценки воздействия взрыва, определяется функция ущерба, лежащая в основе эффективных управленческих решений в области обеспечения промышленной безопасности при решении задач по оценке и сравнению степени опасности аварии на опасных производственных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гражданкин А.И., Дегтярев Д.В., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Основные показатели риска аварии в терминах теории вероятностей // *Безопасность труда в промышленности*. – 2002. – № 7. – С. 35 – 39.
2. Покровский Г.В. *Взрыв*. – М.: Воениздат, 1980. – 192 с.
3. Фендриков Н.М., Яковлев В.И. *Методы расчетов боевой эффективности вооружения*. – М.: Воениздат, 1971. – 224 с.
4. Гражданкин А.И. *Опасность и безопасность // Безопасность труда в промышленности*. – 2002. – № 9. – С. 41 – 43.

Поступила 19.05.2003

ЛИТВИНОВ Юрий Семёнович, начальник НИЛ научного центра при ХВУ. Окончил Ленинградскую ВА связи им. С.М. Будённого в 1987 году. Область научных интересов – эффективность сложных систем.