

Егоров Д. Е., канд. пед. наук, доц.,
 Радоуцкий В. Ю., канд. техн. наук, доц.,
 Шаттала В. Г., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ НА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

zchs@intbel.ru

В статье приведена стратегия деятельности ВУЗа по оптимальному распределению ограниченных ресурсов, между различными мерами защиты, с целью достижения минимального уровня риска чрезвычайных ситуаций на основе понятий теории игр.

Ключевые слова: риск, чрезвычайная ситуация, экономический анализ, ущерб, теория игр, эффективность, стратегия, модель, экономический ущерб.

Важным направлением управления рисками чрезвычайных и кризисных ситуаций в образовательных учреждениях высшего профессионального образования является их экономический анализ.

Эффективная деятельность по предупреждению и ликвидации техногенных чрезвычайных ситуаций невозможна без выявления всех причин их возникновения, в том числе экономических. Основными экономическими причинами чрезвычайных ситуаций в образовательных учреждениях выступают:

- значительная степень износа материальной базы ВУЗов (зданий, сооружений, инженерных сетей, оборудования и т.д.);

- недостаточность финансовых ресурсов для создания системы безопасности, а также обеспечение безопасной деятельности ВУЗов.

Использование экономических показателей включает в себя необходимость оценки экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций.

Экономический ущерб – это величина, характеризующая размер негативных экономических последствий от чрезвычайных ситуаций, выраженная в процентах стоимости оцениваемого объекта или в денежных единицах. Категория ущерба является наименее разработанной в научном и практическом плане. Причина этого кроется в сложной структуре категории ущерба.

Величина экономического ущерба учитывается при определении риска чрезвычайных и кризисных ситуаций.

Наиболее общим показателем риска считается математическое ожидание (среднее значение) ущерба от опасного события за год.

Если в течение года может произойти $N > 1$ опасных событий, то показателем риска служит сумма ущербов от всех событий:

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^N w_i = a(\Delta t) \bar{w}.$$

где w_i – ущерб от i -го опасного события; \bar{w} – средний ущерб при реализации опасного события; $a(\Delta t)$ – математическое ожидание числа событий за год.

Таким образом, наиболее общим показателем риска, применимым для любых N , является:

$$\begin{aligned} \text{Показатель риска} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{время}} \right] &= \\ &= \text{Частота} \left[\frac{\text{событие}}{\text{время}} \right] \times \text{Средний ущерб} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{событие}} \right]. \end{aligned}$$

Здесь в квадратных скобках указана размерность величин.

Таким образом, независимыми переменными, по которым оценивается риск, являются время t и ущерб w , а для оценки (прогноза) риска необходимо определять частоты реализаций опасных событий и ущерб от них.

Создание и функционирование систем безопасности объектов требует больших затрат. По разным оценкам затраты на обеспечение коммерческих предприятий и банков составляют до 25% прибыли.

Система обеспечения безопасности должна полностью выполнять стоящие перед ней задачи и в то же время затраты на ее создание и функционирование не должны превышать положительного материального эффекта от ее использования. В связи с этим первостепенное значение приобретает задача структурной и параметрической оптимизации системы безопасности, направленной на достижение наибольшей социально-экономической эффективности системы безопасности при заданных нормативных и финансовых ограничениях [1-3].

В качестве критерия эффективности системы безопасности может быть принята разность ее положительного экономического эффекта E и общих затрат на устройство и эксплуатацию системы безопасности:

$$\Xi = E - Z.$$

Экономическую оценку эффективности системы безопасности целесообразно дополнить вероятностными оценками, включающими в себе вероятности реализации угроз, вероятности пресечения террористических и криминальных проявлений, предотвращения ЧС техногенного характера и т.д.

На предупреждение чрезвычайных ситуаций в высших учебных заведениях выделяются бюджетные и внебюджетные средства. В связи с ограниченным объемом этих средств возникает необходимость оптимального их распределения между различными направлениями профилактической работы.

Математическая модель, позволяющая найти оптимальное распределение ресурсов в условиях неопределенности, может быть построена на основе понятий теории игр.

Возникновение чрезвычайной и кризисной ситуации в высшем учебном заведении является случайным событием, которое может произойти по n различным сценариям.

Профилактика наступления чрезвычайной и кризисной ситуации также должна вестись по различным направлениям. Предположим, что число этих направлений или защитных мероприятий равно m .

В зависимости от распределения сил и средств между этими мероприятиями, существуют различные смешанные стратегии деятельности ВУЗа по обеспечению безопасности учебного процесса. Главным элементом этой деятельности является оптимальное распределение ограниченных ресурсов между различными мерами защиты с целью достижения минимального уровня риска, какой только возможен в данных условиях.

Основными исходными данными для разработки модели являются:

- перечень источников опасности и сценариев их перерастания в чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера ЧС_{*j*}, $j = 1, 2, \dots, n$ с указанием величины комплексного показателя риска PP_j для каждой ЧС;
- перечень превентивных мер защиты ПМ_{*i*}, $i = 1, 2, \dots, m$ с указанием их эффективности E_{ij} в случае возникновения ЧС_{*j*}.

Комплексный показатель риска определяется по формуле

$$PP_j = \frac{R_j}{R} \quad (1.1)$$

где $R_j = W_j Y_j$, $R = \sum_{j=1}^n R_j$, W_j – частота j -ой ЧС,

измеряемая средним количеством случаев возникновения данной ЧС в течение года, Y_j – прогнозируемый денежный эквивалент ущерба, включая потери работоспособности, здоровья и гибель людей.

Величина комплексного показателя риска изменяется в пределах от 0 до 1.

Эффективность мер защиты E_{ij} представляет собой долю предотвращенного ущерба в результате применения i -ой меры защиты в j -ой ЧС. В денежном выражении предотвращенный ущерб в результате применения i -ой защитной меры в j -ой ЧС равен:

$$a_{ij} = PP_j \cdot E_{ij} \quad (1.2)$$

Эффективность всего комплекса мер защиты характеризуется матрицей A :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (1.3)$$

Величины PP_j и E_{ij} , необходимые для вычисления a_{ij} , определяются на основе статистических данных, а также с помощью методов экспертных оценок.

Потенциальные возможности обеспечения безопасности ВУЗа могут быть исследованы с помощью специальной таблицы, структура которой приведена в таблице 1.

Деятельность по обеспечению защищенности учебного процесса можно представить в виде игры ВУЗа против неопределенных обстоятельств, приводящих к кризисным и чрезвычайным ситуациям. Матрицей этой игры является $A = (a_{ij})$.

Опыт показывает, что требуемая безопасность функционирования ВУЗа может быть достигнута лишь с помощью комплекса различных мероприятий, т.е. путем применения смешанных стратегий. Смешанной стратегией называется применение превентивных мер защиты ПМ₁, ПМ₂, ..., ПМ_{*m*} с частотами пропорциональными числам p_1, p_2, \dots, p_m , имеющим смысл вероятностей применяемых защитных мероприятий:

$$p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1 \quad (1.4)$$

Таблица 1

Таблица потенциальных угроз и превентивных мер защиты

ЧС _j \ ПМ _i	ЧС ₁ Взрывы, пожары	ЧС ₂ Обрушения зданий	...	ЧС _n Стихийные бедствия
ПМ ₁	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
ПМ ₂	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
ПМ _m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

В случае применения смешанной стратегии (p_1, p_2, \dots, p_m) в j -ой ЧС средний предотвращенный ущерб $\overline{ПУ}_j$ может быть найден как математическое ожидание:

$$\overline{ПУ}_j = a_{11}p_1 + a_{21}p_2 + \dots + a_{m1}p_m \quad (1.5)$$

Согласно теореме Неймана, каждая конечная игра имеет, по крайней мере, одно оптимальное решение, возможно, среди смешанных стратегий [4]. Применительно к рассматриваемой задаче оптимальное решение означает оптимальное сочетание защитных мер, которое выражается вектором $(p_1^*, p_2^*, \dots, p_m^*)$. Характерной особенностью оптимальной стратегии управления рисками является то, что средняя величина предотвращенного ущерба при возникновении любой из рассматриваемых ЧС остается не меньшей некоторой величины v , которая называется ценой игры.

$$\begin{aligned} a_{11}p_1 + a_{21}p_2 + \dots + a_{m1}p_m &\geq v \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 + \dots + a_{m2}p_m &\geq v \\ \dots &\dots \\ a_{1n}p_1 + a_{2n}p_2 + \dots + a_{mn}p_m &\geq v \end{aligned} \quad (1.6)$$

Разделив обе части соотношений (1.4) и (1.6) на v , сведем нахождение оптимального сочетания превентивных мер защиты, при которых средняя величина предотвращенного ущерба будет наибольшей к следующей задаче линейного программирования:

$$\begin{aligned} Z = x_1 + x_2 + \dots + x_m &\rightarrow \min \\ \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m \geq 1 \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{m2}x_m \geq 1 \\ \dots \\ a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{mn}x_m \geq 1 \end{cases} & (1.7) \\ x_1, x_2, \dots, x_m &\geq 0 \end{aligned}$$

где $x_i = P_i / v$.

Решение задачи, т.е. Z_{\min} и соответствующие значения переменных $x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*$, можно найти симплекс-методом. Зная Z_{\min} можно найти цену игры

$$v = \frac{1}{Z_{\min}}$$

а также значения чисел p_i :

$$p_i = x_i \cdot v$$

Оптимальное распределение выделенной для поддержания безопасности ВУЗа суммы средств S имеет вид:

$$S(\text{ПМ}_i) = S \cdot p_i$$

где $S(\text{ПМ}_i)$ – сумма, выделяемая на осуществление (развитие) i -ой превентивной меры безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ Минобразования России от 12.01.2004 № 31 № «Об утверждении и реализации программы «Безопасность образовательного учреждения».
2. Письмо министра образования РФ от 21.09.99 № 38-55-45/38-02 «О мерах по противодействию терроризму в учреждениях образования».
3. Письмо заместителя руководителя Федерального агентства по образованию РФ от 15.02.2005 № 16-55-42 ин/05-07 «О финансировании мероприятий по обеспечению противопожарной и антитеррористической безопасности».
4. Венцель Е.С. Исследование операций. Задача, принципы, методология. – М.: Наука, 1990. – 378 с.