

УДК 621.658.012.531

И.В. Севриков, доцент, канд. техн. наук,**Е.К. Паньков,****А.И. Севриков***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***УТОЧНЕНИЕ КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУР ИНФОРМАЦИОННО-ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ**

Представлена модель экономической составляющей в виде относительного параметра целевой функции оптимизации структур информационно-эргатических систем контроля и защиты объектов повышенной опасности.

Ключевые слова: информационно-эргатические системы, критерии оптимизации, человек-оператор, экономическая составляющая эффективности, восстановительная стоимость, ликвидационная стоимость.

Постановка проблемы и актуальность исследования. Информационно-эргатические системы широко применяются в безопасности жизнедеятельности, охране труда, экологии и других формах контрольно-охранной деятельности. Объекты повышенной опасности, в первую очередь, взрывоопасные, радиационные, специального и военного назначения, объекты окружающей природной среды контролируются и защищаются с помощью автоматизированных и автоматических информационно-эргатических систем. В этих системах присутствуют как непосредственно, так и опосредованно действия человека (человека-оператора). Вопреки общему пониманию отсутствия действий человека в автоматических системах управления, в автоматических эргатических системах эти действия присутствуют. Поэтому эффективность действия системы в целом определяется эффективностью действия её технической части, человека-оператора и экономическими показателями.

Одни и те же объекты можно контролировать разными системами или системой одного типа разной структуры (с разными элементами). При этом будет разная эффективность контроля и защиты объектов. Очевидно, что возникает необходимость оптимизации структур информационно-эргатических систем, оптимального выбора средств контроля и защиты объектов.

Ранее, в ряде публикаций [1, 2] научной школы профессора В.В.Серикова, к которой принадлежат и авторы данной работы, предложен критерий оптимизации в виде целевой функции

$$I = f(P_T, P_Q, \Theta) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где P_T – техническая составляющая критерия в виде надёжности системы; P_Q – надёжность действий человека-оператора; Θ – экономическая составляющая критерия.

Надёжность системы выражается нормативным показателем системы в виде вероятности безотказной работы

$$P = \prod_{i=1}^n P_i = P_T \cdot P_Q, \quad (2)$$

где P_T – вероятность безотказной работы технической части системы; P_Q – вероятность безотказной работы человека-оператора.

Эти составляющие вероятности как независимые события по теореме произведения вероятностей перемножаются и дают общую вероятность безотказной работы системы.

Экономическая составляющая, в указанных публикациях, имела вид

$$\Theta = \frac{C_\Sigma}{(Z_\Sigma + V)}, \quad (3)$$

где C_Σ – приведённая суммарная стоимость контролируемого и защищаемого объектов и потерь, скорректированная с учётом вероятности (риска) возникновения опасного события, грн; Z_Σ – приведённые капитальные вложения и затраты на эксплуатацию системы (средства, устройства), грн; V – ущерб от опасного события при различных вариантах систем, грн.

При этом C_Σ и Z_Σ приводились к временному параметру в виде одного года. Для этого использовались коэффициенты дисконтирования, как по объекту, так и по системе контроля и защиты.

Целью исследования явилась необходимость уточнения и корректировка экономической составляющей критерия оптимизации с учётом рыночных отношений современной теории и практики оценки экономической эффективности.

Предлагается новый показатель составляющей целевой функции (1) в виде экономической эффективности $\Pi_{эф}$ вида

$$\Theta = \Pi_{эф} = \frac{\Delta U}{K_3 + C_{\Sigma}} = \frac{\Delta U}{3}, \quad (4)$$

где ΔU – предотвращённый ущерб в результате оснащения объекта системой контроля и защиты, грн. (предложен впервые); K_3 – затраты на создание, изготовление и оборудование объекта системой, грн; 3 – общие затраты по системе, грн; C_{Σ} – суммарные эксплуатационные затраты по системе, грн.

Экономический критерий (4) и общий критерий оптимизации (1) являются относительными, что делает их универсальными и удобными в практическом применении.

Критерий (4), в отличие от ранее предложенного (3), в большей степени соответствует современной трактовке экономической эффективности как отношению результатов к затратам. В качестве результата выступает предотвращённый ущерб ΔU . При его оценке предлагается не использовать показатель вероятности возникновения опасного события (риска), как принималось ранее. Это обусловлено тем, что защиту объектов повышенной опасности и более ценных объектов необходимо планировать на случай, если опасное событие всё же произойдёт. Доказательством этому являются статистические данные, согласно которым Украина вышла на одно из первых мест в мире по аварийности и травматизму с летальным исходом. В противном случае, предотвращённый ущерб скорректированный вероятностью возникновения опасного события, может оказаться столь незначительным, по сравнению со стоимостью надёжной системы и эксплуатационными затратами по ней, что возможен ошибочный вывод о нецелесообразности подобной защиты, либо о целесообразности использования менее дорогостоящей, а следовательно и менее надёжной системы контроля и защиты.

Также предлагается при определении $\Pi_{эф}$ учитывать фактор времени, который оказывает влияние на стоимостные показатели в результате инфляции, упущенной выгоды и ряда других факторов [3]. Для этого экономические составляющие выражения (4) целесообразно привести к периоду, в течение которого предполагается контроль и защита объекта системой, т.е. к нормативному сроку службы системы T_H (что является также новым). Используя метод дисконтирования, для ужесточения требований к системе, что правомерно в отношении защиты объектов повышенной опасности, в качестве года приведения можно выбрать последний год нормативного срока службы системы. Такой подход ужесточения требований связан с тем, что суммарные эксплуатационные затраты будут максимальными. Так как при рассмотрении вариантов систем предотвращённый ущерб меняется незначительно при росте их надёжности, а затраты значительно возрастают, то показатели экономической эффективности будут минимальны. В этом и заключается ужесточение требований к информационно-энергетическим системам.

Выражение коэффициента дисконтирования имеет вид

$$\alpha_i = (1+r)^{T_H-i}, \quad (5)$$

где r – норматив дисконтирования ($r=0,1$); i – порядковый номер рассматриваемого года.

С учётом дисконтирования предотвращённый ущерб будет равен

$$\Delta U_{\delta} = \Delta U \cdot 1,1^{T_H-T_n} = \Delta U; \quad (6)$$

где ΔU_{δ} – дисконтированный предотвращённый ущерб, грн; n – порядковый номер года.

Предотвращённый ущерб ΔU , при наличии на объекте системы защиты и постепенном развитии опасности (например, пожара), в полной форме, определяется по выражению [4]

$$\Delta U = (C_{\delta} - C_{\lambda} + \sum_{i=1}^N 3_{\Sigma i}) \left\{ 1 - \frac{1}{t_{\Sigma}^2} [t_1^2 + E(2t_1 t_2 + t_2^2)] \right\}, \quad (7)$$

где C_{δ}, C_{λ} – соответственно восстановительная и ликвидационная стоимость объекта (его части); 3_{Σ} – суммарные затраты, потери, ущербы и штрафы в результате проявления опасного события; t_{Σ} – время от момента наступления опасного события до окончательного безвозвратного выхода из строя защищаемого объекта при отсутствии системы защиты; t_1 – время от возгорания до срабатывания системы; t_2 – время от срабатывания (включения) системы до ликвидации горения; E – степень занижения опасности при функционировании системы на объекте (при ликвидации опасности $E \leq 1$ и определяется на основании практических данных).

При мгновенном развитии опасности (взрыве) предотвращенный эффект определяется по выражению

$$\Delta Y = C_{\epsilon} - C_{\lambda} + Z_{\Sigma}. \quad (8)$$

Затраты на создание и эксплуатацию системы с учётом дисконтирования, определяются по формуле

$$Z_{\phi} = \sum_{i=1}^{T_H} (K_i + C_{\phi i}) \cdot 1,1^{T_H-i}, \quad (9)$$

где K_i – затраты на создание, изготовление и оборудование объекта системой в i -ом году, грн (в основном для K_i принимается $i = 1$); $C_{\phi i}$ – эксплуатационные затраты по системе в i -ом году, грн.

С учётом (6), (9) выражение (4) принимает вид

$$P_{\phi} = \frac{\Delta Y_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{\Delta Y}{\sum_{i=1}^{T_H} (K_i + C_{\phi i}) \cdot 1,1^{T_H-i}}. \quad (10)$$

В выражении (8) определение затрат не представляет большой сложности. Они могут быть определены с использованием достаточно подробно представленных в экономической литературе методов: нормативного, удельных весов, удельных затрат, агрегатного, бального, параметрического. Расчёт же предотвращённого ущерба и других показателей в выражениях (9), (10) представляет определённую сложность, что вызывает необходимость дополнительного совершенствования методологии их определения.

Численный пример. Ёмкость с бензином объёмом $V = 5000 \text{ м}^3$ защищается автоматической системой пенного пожаротушения. Исходные данные (денежное исчисление 1990 года): стоимость объекта с бензином $C_{об} = 893\,000$ руб.; масса металла ёмкости $M = 233,2 \text{ т}$; стоимость чёрного металла в 1990 году (при 15 коп. за 1 кг) $C_{м} = 34830$ руб.; временные характеристики $t_1 = 2$ мин; $t_2 = 15$ мин (нормативные); $t_{\Sigma} = 60$ мин; нормативный срок службы системы $T_H = 10$ лет; восстановительная стоимость $C_{\epsilon} = C_{об} = 893\,000$, ликвидационная стоимость $C_{\lambda} = 34830$ руб и суммарные затраты в результате проявления опасного события 900 руб (по данным [4] при исключении затрат по штрафам, ущербам, потерям и другому в результате их малости); капитальные затраты по установке пенного тушения 15680 руб; годовые эксплуатационные затраты 1646 руб (по справочным данным).

При возникновении опасности на объекте возможны две ситуации: 1 – медленное развитие пожара (обычное диффузионное горение); 2 – взрывное горение (мгновенный взрыв с разрушением объекта).

Принимая 1-ю ситуацию, и используя выражение (7), имеем:

$$\Delta Y = (893000 - 34830 + 900) \left\{ 1 - \frac{1}{60^2} [2^2 + (2 \cdot 2 \cdot 15 + 15^2)] \right\} = 790433,4 \text{ руб.}$$

Подставляя данные примера в (10), получаем

$$P_{\phi} = \frac{790433,4}{756804 \cdot 1,1^9 + 1646(1,1^9 + 1,1^8 + \dots + 1,1^0)} = \frac{790344,4}{63294} \cdot 1,0 = 12,5.$$

Принимая 2-ю ситуацию, и, используя (8) и (10) имеем

$$P_{\phi} = \frac{867170}{63294} = 13,7.$$

Из примера следует, что при второй ситуации значение экономической эффективности P_{ϕ} больше чем при первой ситуации. Это соответствует логике событий при предотвращении ущербов при пожаре и взрыве с помощью эргатической системы.

Выводы

1. Представлена уточнённая расчётная модель экономической составляющей целевой функции оптимизации структур информационно-эргатических систем и оптимального выбора средств контроля для объектов повышенной опасности.

2. Составляющая затрат целевой функции оптимизации структур систем не вызывает затруднения в её определении с использованием существующих методов широко представленных в экономической литературе.

3. Определение предотвращённого ущерба для объектов, оснащённых информационно-эргатическими системами, требует дальнейшего методологического совершенствования.

Перспективой дальнейших исследований является уточнение критерия оптимизации структур информационно-энергетических систем контроля и защиты объектов повышенной опасности, включая объекты окружающей природной среды, с учётом их особенностей и разработка методик оценки критериальных составляющих (показателей).

Библиографический список

1. Севриков В.В. Оценка надёжности и эффективности автоматических установок (систем) пожаротушения при их разработке и проектировании. Рекомендации / В.В. Севриков, И.В. Севриков, А.П. Евдаков. — М.: Изд-во ВНИИПО МВО СССР, 1990. — 47с.
2. Касьянов Н.А. Оптимизация надёжности и эффективности автоматических установок пожаротушения и проектирования / Н.А. Касьянов, И.В. Севриков. — К.: Об-во «Знание» УССР, 1989. — 17 с.
3. Мельник Л.Г. Екологічна економіка / Л.Г. Мельник. — Сумы: Университетская книга, 2003. — 346 с.
4. Экономическая составляющая целевой функции оптимизации структур энергетических систем / И.В. Севриков, Ю.А. Хашин, Е.К. Паньков, А.И. Севриков // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — Севастополь, 2009. — Вып. 97. — С. 150–153.

Поступила в редакцию 16.11.2009 г.