

А.Н. Членов¹, Т.А. Буцынская¹, А.Ф. Шакирова²
(¹Академия Государственной противопожарной службы,
²НОУ "Институт электронных систем безопасности"; e-mail: chlenov@mail.ru)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

Разработан новый подход к оценке экономической эффективности применения методов поддержки управленческих решений в системах безопасности сложных объектов.

Ключевые слова: система безопасности объекта, методы поддержки принятия решений.

A.N. Chlenov, T.A. Butcinskaya, A.F. Shakirova

EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF METHOD FOR SUPPORTING MANAGEMENT DECISIONS IN THE SECURITY SYSTEM OF OBJECT

A new approach to evaluating of economic efficiency of method for supporting management decisions in the security system of complex object are developed.

Key words: security system of object, method for supporting decisions.

В значительном числе случаев проектные решения по системам безопасности объектов (СБО) не содержат явных ошибок, но, тем не менее, не являются оптимальными. В этих случаях имеющиеся, но не обнаруженные на стадии проектирования ошибки могут проявляться на этапе эксплуатации, снижая эффективность СБО. Применение методов поддержки принятия решений (МППР) при проектировании, особенно на начальном этапе, позволяет исключить такие ошибки, обеспечив максимальную эффективность СБО.

Экономическую эффективность C СБО можно оценить отношением прибыли $C_{\text{пр}}$ в результате применения СБО к общим затратам на проектирование, монтаж и эксплуатацию C_3 с учётом социального эффекта [1, 2]:

$$C = \gamma C_{\text{пр}} / C_3, \quad (1)$$

где γ – показатель социального эффекта, $\gamma \geq 1$.

Прибыль от применения СБО характеризуется разностью между сохранёнными материальными ценностями C_c и затратами C_3 на проектирование $C_{\text{п}}$, стоимостью оборудования, монтажа и эксплуатации $C_{\text{мэ}}$ СБО с учётом затрат на ликвидацию обнаруженной СБО опасности $C_{\text{л}}$:

$$C_{\text{пр}} = C_c - C_3 = C_0 P_{\text{оп}} P_{\text{об}} \eta - (C_{\text{п}} + C_{\text{мэ}} + C_{\text{л}}), \quad (2)$$

где C_0 – общая стоимость охраняемых материальных ценностей (имущества);
 $P_{\text{оп}}$ – вероятность возникновения опасного события (несанкционированное проникновение на объект, авария, пожар и др.);

$P_{об}$ – вероятность обнаружения опасного события СБО;

η – коэффициент сохранённого имущества при ликвидации опасного события, $1 \geq \eta \geq 0$.

Снижение качества СБО выражается в уменьшении вероятности обнаружения $P_{об}$ и уменьшении коэффициента η , связанного с увеличением задержки времени начала ликвидации опасного события. Значение этого параметра особенно важно в случае возникновения пожара или проникновения нарушителя. Подставляя выражение (2) в (1), получим условие эффективности СБО:

$$C = \gamma [C_o P_{оп} P_{об} \eta / (C_{п} + C_{мэ} + C_{л}) - 1] > 1. \quad (3)$$

Использование МППР приводит к увеличению затрат на проектирование. Одновременно это должно компенсироваться увеличением качественных характеристик СБО, при котором растёт стоимость сохранённого имущества при обнаружении и ликвидации опасного события (его последствий) охраняемому объекту. Вместе с тем, количественная оценка влияния МППР на C затруднительна в связи с неявно выраженными функциональными зависимостями её влияния на параметры, входящие в выражение (3). В таком случае может быть использована экспертная оценка.

Однако, возможен другой подход к оценке эффективности применения МППР, связанный с анализом затрат на этапе проектирования СБО.

Для получения прямого экономического эффекта \mathcal{E} от применения МППР необходимо, чтобы при заданном качестве разница между суммарными затратами на проектирование СБО без применения МППР $Z_{п}$ и затратами на проектирование с применением МППР $Z_{псп}$ была положительной:

$$\mathcal{E} = Z_{п} - Z_{псп} > 0. \quad (4)$$

Затраты на проектирование СБО без применения МППР можно представить в виде суммы:

$$Z_{п} = Z_{б} + Z_{дм}, \quad (5)$$

где $Z_{б}$ – базовые (планируемые) затраты:

$$Z_{б} = \sum_{i=1}^{n+1} Z_{бi}; \quad (6)$$

$Z_{бi}$ – базовые затраты, необходимые для реализации i -го этапа проектирования, включая сдачу проекта заказчику;

n – количество этапов проектирования;

$Z_{дм}$ – максимальные дополнительные затраты на исправление ошибок в процессе проектирования и эксплуатации, которые бы не были допущены при применении МППР:

$$Z_{дм} = \sum_{i=1}^n Z_{дми}, \quad (7)$$

где $Z_{дми}$ – максимальные дополнительные затраты на исправление допущенных ошибок в процессе выполнения i -го этапа.

Все затраты на проектирование СБО с применением МППР можно представить в виде суммы:

$$Z_{\text{псп}} = Z_{\text{б}} + Z_{\text{МППР}} + Z_{\text{д}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{МППР}}$ – затраты, связанные с применением МППР;

$Z_{\text{д}}$ – дополнительные затраты на исправление ошибок в процессе проектирования и эксплуатации:

$$Z_{\text{д}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{ди}}. \quad (9)$$

Преимущество применения МППР заключается в уменьшении количества допущенных ошибок на величину $Z_{\text{ди}}$:

$$Z_{\text{ди}} = Z_{\text{дм}} - Z_{\text{д}} > 0. \quad (10)$$

Из выражения (8) следует, что для оценки эффективности системы СБО необходим учёт затрат, связанных с применением МППР, которые складываются из затрат на разработку самих методов, непрерывном поддержании на высоком уровне их информационного обеспечения, а также развитием, обеспечивающем большое количество обращений к ним в процессе проектирования $Z_{\text{псп}}$:

$$Z_{\text{МППР}} = Z_{\text{к}} + Z_{\text{т}} + Z_{\text{р}}, \quad (11)$$

где $Z_{\text{к}}$ – капитальные затраты на создание МППР;

$Z_{\text{т}}$ – текущие затраты на поддержание МППР;

$Z_{\text{р}}$ – затраты на развитие МППР.

Так как затраты представляют собой вполне определённые величины, имеющие уже изначально конкретные значения, выражение (11) может быть рассмотрено как функция от m – **числа обращений к МППР**. При этом будем считать, что:

- в общем случае затраты $Z_{\text{би}}$, $Z_{\text{МППР}}$, $Z_{\text{дк}}$ взаимно независимы;
- величина капитальных затрат $Z_{\text{к}}$ не зависит от числа m ;
- затраты на создание и поддержание МППР $Z_{\text{т}}$ постоянны и не зависят от числа m .

Затраты на развитие МППР с ростом их качества и сложности, связанных с числом m , возрастают. Выражение этой зависимости в явном виде достаточно сложно, так как в неё входит стоимость получения информации, стоимость разработки новых интеллектуальных методов её обработки, затраты на расширение функциональных возможностей МППР, вызванных развитием техники и технологии формирования систем безопасности.

Если считать затраты на единичное увеличение числа обращений к МППР на любом этапе одинаковыми и пропорциональными m :

$$Z_{\text{р1}} = Z_{\text{р2}} \dots = Z_{\text{рj}} = Z_{\text{рn}},$$

то суммарные затраты на развитие МППР будут:

$$Z_{\text{р}} = m \cdot n \cdot Z_{\text{рj}}, \quad (12)$$

где $Z_{\text{рj}}$ – затраты на расширение МППР для i -го этапа проектирования.

Затраты на дополнительные работы, связанные с устранением ошибок, обратно пропорциональны количеству обращений m к МППР. Действительно, реальная ошибка, снижающая качество всего этапа возникает обычно при решении одной или нескольких задач. При этом, чем большее количество задач включено в этап, тем больше затрат необходимо для исправления, учитывая, что исправлять надо не только неверно выполненные работы, но и правильно реализованные с учётом их взаимного влияния. Вместе с тем, количество задач, при решении которых возможны ошибки, обратно пропорционально количеству обращений к МППР [3].

Допустим, что на некотором i -м этапе, состоящем из K задач, допущено низкое качество выполнения l задач. Плотность вероятности такого события $P(l)$ соответствует биномиальному закону распределения:

$$P(l) = C_K^l P^l (1 - P)^{K-l}. \quad (10)$$

Отсюда следует, что чем больше K для одного и того же значения l , тем больше вероятность данного события, следовательно, тем больше затраты на устранение ошибок. Если считать, что затраты прямо пропорциональны вероятности $P(l)$, а количество задач, решенных без ошибок, $(K - l) \sim 1/m$, то

$$Z_d \sim Z_{dl} / m. \quad (11)$$

Отсюда можно записать следующую зависимость для Z_d от m :

$$Z_d = Z_{dm} / (1 + Q m), \quad (12)$$

где Q – усреднённый коэффициент пропорциональности, характеризующий влияние одного обращения к МППР на величину затрат.

Таким образом, экономическая эффективность применения МППР будет определяться экономией, создаваемой МППР с учётом затрат на их создание и эксплуатацию:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= Z_{п} - Z_{псп} = Z_{дм} - Z_d - Z_{МППР} = \\ &= Z_{дм} - Z_{дм} / (1 + Q m) - [(Z_k + Z_r) + m n Z_{pj}]. \end{aligned} \quad (12)$$

Анализ выражения (12) показывает, что при отсутствии обращений ($m = 0$) величина $\mathcal{E}|_{m=0}$ имеет отрицательный знак:

$$\mathcal{E}|_{m=0} = - (Z_k + Z_r). \quad (13)$$

Следовательно, необходимым условием наличия положительного эффекта, будет значение m , определяемое из неравенства:

$$(Z_k + Z_r) < m n Z_{pj} - Z_{дм} Q m / (1 + Q m). \quad (14)$$

Из характера зависимости (12) следует, что значение экономической эффективности \mathcal{E} имеет максимум, по которому может быть определено оптимальное значение $m_{опт}$, обеспечивающее требуемое высокое качество проектируемой СБО (рис. 1).

Таким образом, полученные выражения могут быть использованы для оценки экономической эффективности МППР, а также оптимального количества обращений к МППР.

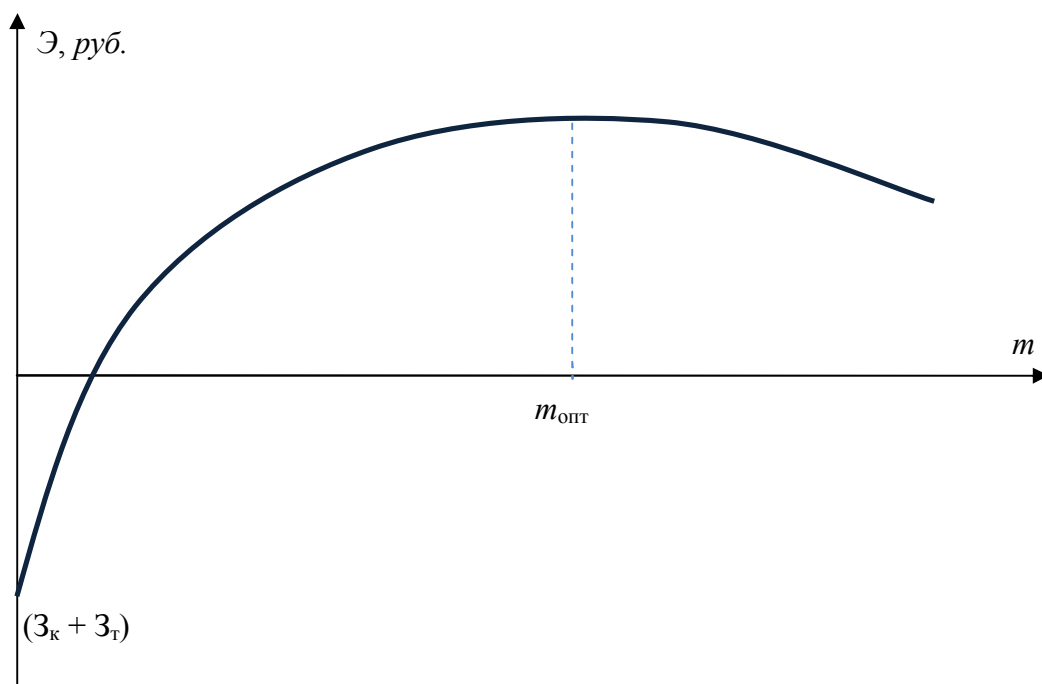


Рис. 1. Зависимость величины экономического эффекта и его составляющих от количества обращений к МППР в процессе проектирования СБО

Литература

1. **Шаровар Ф.И.** Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации. М.: Стройиздат, 1983.
2. **Членов А.Н.** Оценка качества систем охранно-пожарной сигнализации на этапах жизненного цикла // Матер. седьмой междунар. конф. "Системы безопасности" – СБ-98. М.: МИПБ МВД России, 1998. С. 228-229.
3. **Топольский Н.Г., Членов А.Н.** Вероятностно-статистический подход к решению задач создания сложных систем безопасности объектов // Матер. XV науч.-практ. конф. "Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков". М.: ВНИИПО МВД России, 1999. С. 141, 142.