

*Д.т.н. В.В. Соловей, к.т.н. А.А. Киреев*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Разработан метод оценки эффективности организации и применения систем мониторинга чрезвычайных ситуаций. Даны рекомендации по проектированию подобного рода систем

**Постановка проблемы, анализ последних достижений и публикаций.** Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) включает решение двух задач: расчет необходимых затрат на разработку, создание и поддержание функционирования всех узлов системы (приборы, аппаратура и их носители, обслуживающий персонал, средства связи, капитальное и жилищное строительство) и оценку эффективности системы [1-5].

Основы ТЭО системы закладываются на стадии исследований, связанных с разработкой Технических предложений на ее создание с последующим уточнением на стадиях технического и рабочего проектирования.

**Постановка задачи и ее решение.** Расчет необходимых затрат на создание СМНС (включая финансирование подготовки и проведения теоретических исследований) осуществляются на последнем этапе разработки Технических предложений. Причем, на основе предварительного обследования состояния вопроса в соответствии с поставленной целью и полученных вариантов перспективной СМНС (этих вариантов должно быть не менее двух) производится расчет необходимых затрат для каждого варианта. Окончательное решение на проведение одного из вариантов принимает Заказчик.

Во-первых, любой из вариантов содержит одно и то же качественное, но различное количественное наполнение системы техническими средствами. Каждый из всех приоритетных вариантов объединяет в себе космическую, воздушную, наземную, надводную подсистемы и подсистему связи, обеспечивающую их функционирование. Однако, распределение функции контроля, например, в наземной подсистеме может быть двояким: один вариант предусматривает использование в основном стационарных и в меньшей степени подвижных (мобильных) станций (пунктов) наблюдения и контроля, а другой наоборот: больше по количеству подвижных и незначительное число стационарных станций (лабораторий). Разумеется, что второй вариант в целом имеет ряд достоинств, особенно с позиции необходимых затрат, включая затраты на капитальное строительство.

Во-вторых, разные подходы могут иметь место и с точки зрения ориентации на техническое оснащение: создание системы с привлечением зарубежной техники или создание ее на базе отечественной.

В-третьих, техническое оснащение и связанные с ним необходимые затраты зависят от разработанных требований к пространственно-временному распределению средств контроля НС и их источников, количеству, контролируемым параметрам, точности и дискретности наблюдений.

В-четвертых, расчет необходимых затрат должен производиться с учетом использования имеющихся наработок, действующих фрагментов системы, а также ведомственных средств контроля, которые будут функционировать по единой рабочей программе, не исключая ведомственные интересы.

Таким образом, расчет необходимых затрат на проектирование и создание СМНС включает затраты на:

- разработку технических предложений, технического проекта и рабочего проекта на создание системы;
- создание космической; воздушной, наземной, надводной подсистем мониторинга НС;
- создание специализированных средств связи (приемно-передающих) системы;
- капитальное строительство для размещения стационарных объектов системы (центров мониторинга и прогнозирования НС, лабораторий, учебных полигонов и т. д.);
- жилищное строительство и фонд зарплаты;
- поддержание функционирования и развитие системы.

В связи с тем, что разработка, создание и последующее использование СМНС может рассматриваться как операция с определенной целью, то и технико-экономический анализ при ее проектировании вполне правомерно следует рассматривать как раздел исследования операций. Операция может быть проведена с большим или меньшим успехом. Для измерения успешности операции по созданию рассматриваемой системы вводится понятие эффективности, имеющей две категории: функциональную и экономическую. Несмотря на определенную связь между ними, они имеют и существенные различия.

Понятие функциональной эффективности необходимо для первоначальной оценки проектирования и создания СМНС. Под функциональной эффективностью проектируемой системы (или ее объекта) подразумевается степень соответствия прогнозируемого результата использования системы (или ее объекта) цели ее создания; функциональная эффективность имеет количественную меру, характеризуемую полезным эффектом, т.е. конкретным вкладом системы (или ее объекта) в обеспечение решения задач, связанных с мониторингом НС.

Для определения функциональной эффективности системы (ее объектов) необходимо знать величину ожидаемого полезного эффекта и вероятность его получения, а также характеристики внешних условий, в которых эксплуатируется СМНС. Поэтому при определении функциональной эффективности ( $E_\phi$ ), наряду с вектором, характеризующим технико-эксплуатационные элементы (ТЭЭ) проектируемой системы (ее объектов), вводят еще одну векторную характеристику – набор величин, определяющих условия, в которых будет эксплуатироваться система, ее звенья:

$$E_\phi = \begin{cases} Q = Q(\bar{x}, \bar{z}) \\ P(Q) = P(\bar{x}, \bar{z}, Q) \end{cases}$$

где:  $Q$  – величина полезного эффекта;  $\bar{x}$  – ТЭЭ проектируемого объекта;  $\bar{z}$  – вектор-характеристика внешних условий;  $P(Q)$  – вероятность достижения полезного эффекта системы и какие ресурсы для этого необходимы.

Поэтому для полного суждения об успешности операции, насколько удачен проект, необходимо еще ввести и категорию экономической эффективности.

Под экономической эффективностью понимается соотношение между достигаемым полезным эффектом, его вероятностью и затратами ресурсов на достижение этого эффекта. При этом необходимо подчеркнуть, что под экономической эффективностью следует понимать именно соотношение степени соответствия, а не отношение затрат к эффекту или обратное, которое; не лучшим образом характеризует экономическую эффективность.

Экономическая эффективность характеризуется тремя показателями: величиной полезного эффекта; вероятностью его достижения; затратами ресурсами на достижение этого эффекта с заданной вероятностью.

При детерминированной постановке задачи функциональная эффективность измеряется непосредственно величиной полезного эффекта (он всегда материален и является аналогом работы), получаемого за операцию, а экономическая эффективность – соотношением между этим полезным эффектом и затратами на его достижение, в этом связь между этими категориями.

Таким образом, оценку экономической эффективности ( $E_e$ ) можно выразить следующими функциональными зависимостями

$$E_e = \begin{cases} Q = Q(\bar{x}, \bar{z}) \\ P(Q) = P(\bar{x}, \bar{z}, Q) \\ S(Q, P) = S(\bar{x}, \bar{z}, Q, P, \bar{y}) \end{cases},$$

где:  $S(P, Q)$  – затраты на достижение заданной величины полезного эффекта с вероятностью  $P$ ;  $\bar{y}$  – вектор параметров технических решений (ПТР).

В системе (1) первые два показателя представлены в зависимости от технико-эксплуатационных характеристик проектируемой системы, т.е. вектора ТЭЭ ( $\bar{x}$ ), а третий ( $S(Q, P)$ ) в зависимости от вектора ТЭЭ и параметров технических решений – вектора ПТР ( $\bar{y}$ ). Под ТЭЭ понимается совокупность количественных характеристик, определяющих эксплуатационные свойства системы (объектов).

Таким образом, в общем задача технико-экономического обоснования сводится к соизмерению затрат на реализацию вариантов системы и выбору на этом основании лучшего из возможных вариантов по принятому критерию. Под критерием оптимальности понимается условия экстремума некоторого показателя, характеризующего функционирование системы, т.е. показатель, по величине которого судят о ее эффективности, сравнивают альтернативные варианты и принимается решение, какому варианту проекта создаваемой системы отдать предпочтение.

Выбор критерия – весьма важное мероприятие. Попытка рекомендовать на все случаи жизни или на достаточно широкий класс задач технико-экономического обоснования какой-то один определенный критерий заведомо бесполезна. Практически выбор критерия осуществляется и обосновывается в соответствии с определенной целью и в зависимости от поставленной задачи. Исследователь выбирает, формирует и обосновывает критерий, а именно:

- критерий, прежде всего, должен отражать основное назначение системы (объектов), цели ее создания, или, иначе, критерий должен адекватно отражать цель операции. Критерий в рамках проектирования и создания системы должен отражать общегосударственные, ведомственные и другие интересы;

- критерий должен быть однозначной, вычисляемой функцией всех варьирующих параметров;

- критерий и постановка задачи должны удовлетворять принципу иерархичности;

- критерий должен обеспечивать сопоставимость вариантов на всем множестве значений варьируемых параметров.

Разработка технико-экономического обоснования связана с проблемой неопределенности, когда при проектировании системы преследуется несколько целей и когда нельзя наперед определить важность каждой из них и веса критериев, отражающих степень достижения поставленных целей, а также нельзя задать наперед значения входящих неуправляемых параметров модели и законы их распределения.

В настоящее время нет строгого, научного доказанного метода раскрытия неопределенности, "более того, не будет". Имеют место

лишь некоторые подходы, опирающиеся на допущения, построенные, исходя из здравого смысла, и позволяющие получить более или менее удовлетворительные решения. Видный специалист в области исследования операций Томас Саати писал, что из большого числа определений он отдает предпочтение следующему: "Исследование операций представляет собой искусство давать плохие ответы на практические вопросы, на которые даются еще худшие ответы другими способами". Это изречение весьма ярко подчеркивает сущность подходов к решению задач в условиях неопределенности.

Задачи с неопределенностью, обусловленной непредсказуемостью ситуации, решаются как многокритериальные. Любой критерий, определенный применительно ко всей Системе, в целом будет нечувствителен, или, как говорят, не критичен к изменениям ТЭЭ отдельного проектируемого элемента или объекта, а сама задача, которая объединяет решение разработки и построения разнородной техники наблюдения и передачи информации, станет невероятно громоздкой и необозримой.

Поэтому остается другой путь технико-экономического решения обосновать задачу создания Системы путем такого выбора и формирования критериев, при которых установленный на каждом уровне порядок предпочтения вариантов сохранился бы и при переходе на более высокий уровень.

Общий и детальный анализ опасностей дают качественную картину проблем безопасности и их решения. Одна проблема все-таки остается. Это — выбор альтернатив, которые бы обеспечили наибольшую безопасность при заданных ограничениях бюджета. Эта проблема не возникала бы, если бы одна из выбранных альтернатив обеспечивала желаемый уровень безопасности при наименьших затратах. Но это разные проблемы. Дело в том, что желательно, чтобы аварии вообще были исключены, но для этого потребовались бы бесконечно большие затраты. Следовательно, единственно реальная постановка задачи содержит ограничения возможных затрат. Это не препятствует одновременному рассмотрению нескольких возможных ограничений бюджета, что дает лицу, принимающему решение, большую широту при распределении бюджета.

Исходной информацией для анализа затраты — эффективность служат результаты детального анализа опасностей. Данные эти получены с помощью качественных заключений, которые должны быть основаны на широком участии работников службы обеспечения безопасности и руководителей производства. В этой главе не делалось попыток получить количественные результаты, которые могли бы трактоваться как оптимальные при заданных ограничениях. Приведенная выше процедура является для лица, принимающего решение, средством выработки наилучшего качественного решения, учитывающего согласования различных мнений.

Основная цель анализа затраты — эффективность также не только в получении оптимальных решений. Это инструмент рационального мышления. И как существуют десятки способов проведения анализа опасностей, так, вероятно, можно предположить сотни способов выполнения анализа затраты — эффективность. Здесь будет дан один из вариантов, применимый к специфическим условиям безопасности.

Для оценки экономической эффективности существенны две особенности.

1. Должны существовать альтернативные средства увеличения безопасности системы.

2. В задаче должны быть сформулированы разумные ограничения.

Вообще говоря, на любом уровне развития системы всегда имеются две альтернативы: применить некоторую контрмеру или оставить систему работать без изменений. Если контрмера неприемлема, то вопрос ставится так: функционировать системе или нет, т.е. осталась одна альтернатива. Но чаще может быть предложено несколько контрмер тогда целесообразна оценка их экономической эффективности.

В связи с рассмотрением ограничений финансового характера обсуждались и другие ограничивающие критерии. Большинство систем не является только системами обеспечения безопасности, они существуют не ради безопасности. И, если считать, что «безопасность — наша главная задача», то все остальные системы просто не нужны. Рассматривая соотношение между финансовым риском и риском в отношении безопасности для систем, с которыми мы имеем дело, важен риск безопасности, поэтому принимаемое решение будет наилучшим тогда, когда при заданных ограничениях бюджета риск будет наименьшим. Исключение нереальных целей и разумное объединение целей безопасности с другими целями системы поможет более обоснованному принятию решений по вопросам безопасности.

Очень часто ограничения определяются самой системой. То, что считается недопустимым для производственных условий, может оказаться вполне привычным для условий эксплуатации, риск военных операций несравним с риском операций производственных.

**Выводы:** чтобы учесть эти различия, следовало бы рассматриваемую ниже процедуру оценивания соотношения затраты-эффективность объединить с общим анализом экономической эффективности системы. Но это выходит за рамки одной статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Акимов В.А., Гудыно П.В., Потапов Б.В., Радаев Н.Н. Расчет риска технологических катастроф, инициированных природными яв-

лениями // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2000. – вып. 1. – С. 38 – 48.

2 Вишняков Я.Д., Авраменко А.А., Астафьева О.Е. и др. Разработка и внедрение нормативной методической базы оценки интегральных показателей рисков возникновения ЧС и методов проведения социологических исследований их восприятия для оценки социальных последствий // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2004. – № 2. – С. 16 – 38.

3 Дзекцер Е.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И. Экспертная система как инструмент оперативного принятия решений в ЧС подтопления зданий и инженерных сооружений // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 1998. – вып. 12. – С. 53 – 62.

4 Мартынюк В.Ф., Лисанов М.В., Кловач Е.В., Сидоров В.И. Анализ риска и его нормативное обеспечение // Безопасность труда в промышленности. – 1995. – № 11. – С. 55 – 62.

5 Щепкин А.В., Зинченко В.И., Павлов М.Л. Построение комплексной оценки уровня экологической безопасности региона // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2003. – вып. 3. – С. 88 – 98.

