

*А.М. Олейник*  
(НЦУКС МЧС России; e-mail: ma077.77@yandex.ru)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

*Исследована задача выбора наиболее эффективной системы возмещения ущерба, возникающего на производственных объектах в результате чрезвычайных ситуаций.*

*Ключевые слова: аварии, экономический ущерб, финансовые риски, возмещение ущерба.*

*A.M. Oleinik*

## **IMPROVING THE ECONOMIC SUSTAINABILITY OF INDUSTRIAL OBJECTS IN EMERGENCY SITUATIONS**

*Investigated the problem of choosing the most effective system for compensation of damages arising in production facilities in emergency situations.*

*Key words: accidents, economic damage, financial risks, compensation of damage.*

В результате аварий и травм, полученных непосредственно на производстве, в России ежегодно погибают, получают серьёзные травмы и увечья десятки тысяч человек, а сумма ущерба, причиняемого авариями и катастрофами, составляет около 0,5 % валового национального продукта [1, 2].

В процессе функционирования на производственные объекты действует множество случайных факторов, приводящих к отклонениям физико-технических и экономических показателей от нормативных. В ряде случаев эти отклонения могут носить опасный характер, когда возникает угроза потери экономической устойчивости вплоть до банкротства владельцев объекта. Существует различные подходы к достижению устойчивого экономического развития, среди которых можно выделить следующие:

- исключение источников опасного воздействия, снижение частоты их возникновения, ограничение последствий воздействия;
- разработка технологии компенсации возникающего ущерба.

Первый подход включает классические задачи повышения надёжности и безопасности объекта, который имеет глубоко разработанные подходы и методы. Второе направление со своей научной проблематикой, задачами и методами становится все более востребованным. Новые формы собственности и экономической деятельности, развитие законодательной базы ответственности перед потребителями и третьими лицами ставят проблему возмещения ущерба в разряд актуальных.

Для разных типов производственных объектов характерен различный спектр потенциально опасных событий. Соответственно, различаются и последствия от таких событий, и как следствие, можно утверждать, что для каждого класса объектов может быть выбрана наиболее рациональная технология возмещения ущерба [3].

Возмещение экономического ущерба от последствий опасных событий может производиться с использованием различных экономических и организационных технологий. Создание резерва непредвиденных расходов на отдельном объекте (объектный фонд) решает проблемы возмещения ущерба самому объекту и третьим лицам обычно в тех случаях, когда размер ущерба относительно невелик. Последствия от более редких событий, но с более высоким размером ущерба могут компенсироваться за счёт различных коллективных фондов, которые образуются по принципу отраслевой (энергетика, нефтехимия, авиация и т.д.) или территориальной (региональные экологические фонды и фонды чрезвычайных ситуаций) принадлежности. Данные фонды формируются из отчислений предприятий, потенциальных источников риска. Объектные и коллективные фонды в настоящее время играют существенную роль в проблеме возмещения ущерба, хотя и не являются наиболее эффективными с экономической точки зрения.

С начала 90-х годов в России интенсивно развивается *страховой способ возмещения ущерба*. Основная идея страхования состоит в перераспределении взносов от многих застрахованных объектов для возмещения ущерба, который возникает случайным образом и только у небольшого числа объектов. Богатый опыт развитых стран показывает, что страхование может успешно решать проблемы возмещения ущерба во многих его проявлениях (страхование собственности, ответственности, жизни и здоровья, финансовых рисков, инвестиций и пр.), существенно увеличивая размеры компенсируемого ущерба.

Если размеры ущерба превосходят возможности объектных, коллективных фондов и пределы страхового возмещения, то остаток ущерба может быть компенсирован с использованием технологии ретроактивной коллективной компенсации. Появление такого способа есть результат развития законодательной базы ответственности и имеет отношение, прежде всего, к возмещению ущерба у третьих лиц. Ретроактивное возмещение не использует специально создаваемых фондов и имеет договорную основу между потенциально опасными объектами. При превышении некоторой величины ущерба, его остаток равномерно распределяется между всеми участниками договора. Доля участия каждого объекта определяется числом объектов, размером возмещаемого ущерба, но обычно не превосходит некоторого предельного значения. В качестве примера может быть приведено использование данной технологии в системе ядерного страхования США и ФРГ.

События с катастрофическими последствиями обычно приводят к ущербам, возмещение которых невозможно без привлечения централизованных фондов, включая федеральный бюджет. Технологии формирования и использо-

вания централизованных фондов требуют дальнейшего развития, поскольку их многообразие в развитых странах позволяет для разных типов объектов и событий подобрать наиболее эффективные технологии (например, SuperFund в США, ADAC в Германии и др.).

В общем случае перечисленные технологии возмещения не являются абсолютно независимыми, поэтому можно говорить о *системе возмещения ущерба (СВУ)*. Структура и свойства такой системы существенно зависят от свойств объектов риска и внешней организационно-экономической среды.

*Страхование* является наиболее динамичным способом возмещения ущерба. Являясь важной составляющей рыночной системы хозяйствования развитых стран, страхование выполняет несколько важных функций. *Компенсационная* составляющая является наиболее значимой, поскольку сама технология страхования направлена на компенсацию (возмещение) экономического ущерба. Превентивная функция на данном этапе развития страхового рынка России имеет относительно небольшое влияние, хотя её роль, безусловно, будет возрастать. Страховые компании законодательно имеют право часть страховых платежей тратить на предупредительные мероприятия для снижения риска.

В последние годы всё более явно проявляется не только компенсирующая, но также *регулирующая* и *индикаторная* роль страхования. Это вызвано целым рядом причин, основные из которых связаны с проявлением межрегиональных и даже глобальных проблем (прежде всего экологических) и активное участие страховой индустрии в их решении. Страхование всегда играло роль индикатора различных рисков, поскольку существование и проявление риска составляет область профессионального интереса страховых компаний.

Накопив богатый опыт в страховании классических рисков (надёжная статистика, число возможных объектов страхования велико, последствия некатастрофичны), страховая индустрия встала перед проблемой тяжелых и катастрофических рисков, которые, прежде всего, связаны с природными явлениями и сложными техническими объектами и системами. Именно здесь проявляется роль страхования как одного из способов экономического управления риском.

При достаточно высоком уровне экономического развития страхование начинает играть роль системы раннего оповещения (Early Warning Function), поскольку выполняет функции отбора рисков, приемлемых для страхования и перестрахования [3]. Страхуемость рисков (insurability) в определенной степени есть визуализация приемлемости риска, выраженная в экономической форме. Риск может быть взят на страхование, если проявление его носит случайный характер, ущерб его оцениваем, а величина ущерба сопоставима с резервами страховой компании или их объединений. Рассматривая более общий случай – совместное функционирование различных технологий возмещения ущерба в рамках единой системы, можно говорить о потенциальном проявлении в такой системе тех же функций, которые характерны для страхования, то есть компенсационной, превентивной, регулирующей и индикаторной.

На качественном уровне задача выбора рациональной технологии возмещения ущерба может быть сформулирована следующим образом: найти такую структуру СВУ и параметры связи, которые бы максимально повышали экономическую устойчивость производственных объектов и были экономически приемлемы для всех используемых уровней СВУ. Математическая постановка задачи требует рассмотрения некоторых функций, описывающих финансовое состояние объекта и уровней СВУ с учётом всего спектра опасных событий.

Пусть под финансовым состоянием объекта  $D(t)$  понимается *алгебраическая сумма всех доходов и расходов* за некоторый интервал времени  $t$ . Тогда динамика финансового состояния может быть описана уравнением:

$$D(t) = P(t) - C(t) - Y(t) + \sum_i Y_i(t), \quad (1)$$

где  $P(t)$  – условно детерминированный доход;

$C(t)$  – условно детерминированные затраты;

$Y(t)$  – полный ущерб, вызванный опасными событиями;

$Y_i$  – часть ущерба, компенсируемая  $i$ -й технологией возмещения.

Под условно детерминированными затратами и доходом понимается та часть рассматриваемых показателей, на величину которых не влияют или влияют слабо различные случайные факторы. Полный и компенсируемый ущербы являются случайными величинами, значения которых зависят от функции (функций) распределения ущерба, потому и финансовое состояние в момент времени  $t$  в общем случае также есть случайная величина. Структура условно детерминированных затрат может быть представлена в виде двух составляющих: затраты на функционирование в нормальном режиме и составляющая случайных затрат. Вторая составляющая может быть представлена в виде:

$$C_2(t) = \sum_i A_i, \quad (2)$$

где  $A_i$  – регулярные отчисления объекта в  $i$ -й уровень СВУ.

В случае, если система возмещения полностью компенсирует любой ущерб, связанный с опасными событиями, то можно говорить о полной регуляризации случайной составляющей финансового состояния. Естественно, что это возможно лишь в некоторых идеализированных случаях.

Аналогично (1) можно записать уравнения для оценки финансового состояния  $i$ -го уровня СВУ  $D_i > (t)$  с учётом соответствующих технологий их функционирования. Особенность оценки случайной составляющей финансового состояния  $D_i(t)$  состоит в том, что размер ущерба определяется для соответствующей области функции распределения полного ущерба  $Y(t)$ . Финансовые состояния объекта и СВУ определяются как внутренней технологии функционирования, так и параметрами связи. В данном случае, это пределы возмещения ущерба по каждому уровню СВУ ( $Y^{max}$ ) и отчисления объекта в  $i$ -й уровень СВУ ( $A_i$ ). Из всего множества возможных реализаций финансовых состояний и соответствующих пар ( $Y^{max}$ ;  $A_i$ ) интерес представляют лишь те, которые удовлетво-

ряют некоторым дополнительным ограничениям. Эти ограничения могут накладываться как на величины ожидаемых значений финансовых состояний на конец расчётного периода, так и на некоторые специальные функционалы. Одним из таких функционалов может стать вероятность разорения, понимаемая как вероятность реализации условия  $D_i(t) < b$ , где  $b$  есть барьер разорения объекта или некоторого уровня СВУ.

Сопоставление вариантов производственных объектов обычно подразумевает сравнение значения критериев, полученных для разных вариантов структуры, сценария развития или набора оптимальных параметров в зависимости от типа объекта. Обычно учёт аварийных ситуаций осуществляется через добавление математического ожидания ущерба, вызванного авариями и чрезвычайными ситуациями. Пусть в качестве критерия рассматривается *ожидаемая прибыль* (без учёта налогов):

$$F = C - MY, \quad (3)$$

где  $C$  – алгебраическая сумма условно-детерминированных доходов и затрат;  $MY$  – математическое ожидание ущерба от аварий.

Рассмотрим ситуацию, когда начинает работать некоторая технология возмещения ущерба или некоторый вариант системы возмещения ущерба (СВУ). В этом случае вид критерия (3) будет другим:

$$F = C - MY^{(H)} - \sum_i A_i. \quad (4)$$

где  $Y^{(H)}$  – некомпенсируемая часть ущерба, возмещаемая объектом;  $A_i$  – ежегодный взнос в  $i$ -й уровень СВУ.

При полной компенсации ущерба за счет СВУ (полная регуляризация аварийных затрат) выражение для критерия принимает вид:

$$F = C - \sum_i A_i, \quad (5)$$

то есть становится условно детерминированным.

При некотором диапазоне отклонений параметров, влияющих на величину эффективности СВУ, можно не выполнять оптимизационные исследования, а использовать идеологию замыкающих затрат.

Пусть  $R$  представляет собой вектор параметров, связанных с функцией распределения ущерба и системой возмещения ущерба, для которого были определены оптимальная структура СВУ и величины  $A_i$ . Тогда при изменении вектора  $R$  на величину  $\Delta R$  выражение для критерия сопоставления будет иметь вид:

$$F(R + \Delta R) = C(R + \Delta R) - MY^{(H)}(R + \Delta R) - \sum_i \left\{ A_i(R) + \sum_j a_{ij} \Delta R_j \right\}, \quad (6)$$

где  $a_{ij}$  – замыкающие затраты (двойственные оценки) в  $i$ -й уровень СВУ при изменении  $j$ -й составляющей вектора  $R$ .

Суммирование по  $j$  в фигурных скобках формулы (6) осуществляется только по тем компонентам вектора  $R$ , в которых произошли ненулевые изменения.

В качестве примера рассмотрим случай, когда при фиксированной функции распределения ущерба и неизменном числе объектов риска произошло изменение пределов ответственности в различных уровнях СВУ. Здесь необходимо отметить, что СВУ является замкнутой системой относительно величины пределов ответственности. Это означает, что изменение пределов ответственности хотя бы в одном уровне СВУ автоматически влечет за собой изменение всех остальных величин  $y_i$ , поскольку функция распределения ущерба является нормированной. В этом случае выражение для критерия (7) будет иметь вид:

$$F(y + \Delta y) = C(y + \Delta y) - MY^{(H)}(y + \Delta y) - \sum_i \left\{ A_i(y_i) + (y + \Delta y) \frac{\partial A_i}{\partial y_i} \Big|_Z \right\}, \quad (7)$$

где  $\frac{\partial A_i}{\partial y_i} \Big|_Z$  – замыкающие затраты в  $i$ -й уровень СВУ относительно изменения пределов ответственности  $y_i$  при фиксированных остальных характеристиках СВУ, определяемых вектором  $Z$ . В состав вектора  $Z$ , в частности, могут входить вероятность разорения, начальные резервы, число объектов риска и ряд других параметров.

Отметим, что различные уровни СВУ, работая с функцией распределения ущерба от аварий на производственных объектах, всегда определяют перечень событий, которые связаны с процедурой возмещения ущерба. По существу, когда мы говорим о функции распределения ущерба объекта, мы имеем в виду обобщенное распределение, включающее последствия от различных событий (отказы, аварии, пожары, действия третьих лиц и др.), то есть, можно говорить о выборе того или иного набора рисков для возмещения. В принципе, можно предположить существование такого варианта СВУ, который будет выбирать не только предел ответственности  $y_i$ , но также и свой перечень рисков для возмещения. По существу это означает, что функция распределения ущерба также будет меняться.

В задачах анализа последствий от аварий и исследования эффективности различных технологий возмещения ущерба необходимо ответить на несколько вопросов:

- какие отклонения от режимов нормальной эксплуатации могут происходить с производственным объектом, как часто, с какими материальными и экономическими последствиями;
- какие существуют способы эффективного возмещения ущерба.

Обычно анализ надёжности и безопасности ограничен рассмотрением первых трёх проблем.

Таким образом, для решения проблемы возмещения ущерба требуется решить несколько взаимосвязанных задач, которые включают:

- анализ статистических данных с точки зрения экономического риска, который включает построение функций распределения (зависимости "частота-последствия" и "частота-ущерб") для всего диапазона возможных событий;

- разработка моделей для оценки финансового состояния производственного объекта и различных технологий возмещения ущерба с учётом отклонений от режима нормальной эксплуатации;

- выбор наиболее эффективной структуры системы возмещения ущерба, включая оценку величины регулярных взносов и приемлемых пределов ответственности за возмещение ущерба различными уровнями СВУ.

### **Литература**

1. *Ежегодный* Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, МЧС России, 1997-2003 гг.

2. *Концепция* II этапа работы по ГНТП "Безопасность" / Махутов Н.А., Грацианский Е.В., Шкловская И.Ю. и др. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1996, № 4. С. 4-21.

3. *Haller M.* Societal Risk Problems – the Early Warning Function of Insurance / The 1995 Annual Meeting of the Society for Risk Analysis – Europe, Stuttgart, 23 May, 1995.