



МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

А. В. Толстых

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Рассмотрены вопросы построения моделей экономических механизмов обеспечения безопасности при техногенных и природных катастрофах. На примере линейного механизма платы за снижение риска описаны методы анализа механизмов управления безопасностью с учетом активности лиц, принимающих решения.

ВВЕДЕНИЕ

В России наблюдается устойчивая тенденция роста числа и тяжести последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера, масштабы которых в ряде случаев таковы, что приводят к необратимым изменениям окружающей природной среды, сказываются на экономике и безопасности государства. Суммарный экономический ущерб становится сопоставимым со среднегодовым валовым внутренним продуктом страны. Средний индивидуальный риск населения на два порядка превышает уровни, допустимые в развитых странах мира.

Учитывая возрастающие масштабы прямого ущерба от ЧС, затрат на их ликвидацию и реабилитацию пострадавшего населения и территорий, можно сделать вывод, что в ближайшей перспективе по ряду показателей экономика страны будет не в состоянии восполнять потери от ЧС. В подобной ситуации устойчивое развитие страны становится нереальным без принятия эффективных предупредительных мер, уменьшающих опасность, масштабы и последствия ЧС. Поскольку многие катастрофы и стихийные бедствия предотвратить нельзя, то решение задач уменьшения ущерба от них становится важным элементом государственной политики страны.

Фактически требуется реализация оптимальной стратегии целенаправленного воздействия на социальную систему в целом и на ее отдельные составляющие. При этом наука дает новые знания о природе опасностей, указывает пути и средства необходимого технического и технологического развития. Роль экономики и права состоит в переводе жизнедеятельности на язык установленных государством норм и требований, методов и форм управления, в совокупности представляющих собой государственную политику, осуществляемую органами государственной власти по регулированию безопасности.

Достижение целей безопасности сопряжено со значительными материальными затратами и в условиях ограниченности ресурсов возможно лишь путем научно обоснованной разработки и осуществления комплекса

взаимосвязанных правовых, экономических и политических мер.

Переход от концепции “абсолютной” безопасности к концепции “приемлемого” риска определил появление принципиально нового подхода к управлению развитием общества, состоящего в том, что удовлетворение материальных и духовных потребностей населения (качества жизни) должно осуществляться при соблюдении обязательных требований по обеспечению безопасности человека и окружающей его среды.

В решении проблем безопасности исключительно важна экономическая составляющая. И дело даже не в том, чтобы правильно посчитать или спрогнозировать ущерб от аварий и катастроф, хотя это, конечно, необходимо уметь делать. Гораздо важнее построить и ввести в действие эффективные экономические механизмы стимулирования практической деятельности по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций и привлечения требующихся для этого немалых инвестиций.

1. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Анализ отечественного и зарубежного опыта в области разработки и применения экономических механизмов для предупреждения и ликвидации ЧС показал, что существует достаточно большое число экономических механизмов, направленных на снижение риска возникновения ЧС. Все эти механизмы поддаются естественному разделению на однородные группы [1]. Внутри каждой такой группы механизмы отличаются друг от друга лишь некоторыми модификациями, поэтому приводимое здесь описание будет отражать лишь принципиальные особенности экономических механизмов, входящих в каждую группу. Примем, что структура системы, в которой действует экономический механизм, двухуровневая. Верхний уровень занимает орган управления уровнем безопасности (природоохранный орган, орган местной или центральной власти). Кроме того, на верхнем уровне могут находиться одна или несколько страховых организаций. Нижний уровень этой системы занимают

объекты, деятельность которых несет в себе потенциальную угрозу возникновения ЧС. Выделим основные (базовые) экономические механизмы управления уровнем безопасности (обеспечения безопасности).

- **Механизмы экономической ответственности.** Эта группа механизмов включает в себя систему стандартов (норм, нормативов, квот), отклонение от которых ведет к определенным экономическим санкциям (от штрафов до остановки производства, запрещения строительства и др.). Соответствующие стандарты касаются, в первую очередь, применяемых технологий производства (или строительства), организационно-технических мер по обеспечению безопасности производства, ограничений на предельно допустимые концентрации, выбросы или сбросы. К этой же группе механизмов отнесем механизмы экспертизы (проектов, предприятий), в которых оценка уровня безопасности (риска) производится экспертной комиссией, и экономическая ответственность определяется в зависимости от результатов экспертизы.
- Важный класс составляют механизмы возмещения ущерба, в которых экономическая ответственность прямо связана с размером ущерба от возникновения ЧС.
- **Механизмы перераспределения риска.** В основном, это механизмы страхования (государственное, независимое и взаимное страхование). Главная проблема при разработке механизмов страхования — определение страховых взносов.
- **Механизмы формирования и использования бюджетных и внебюджетных фондов.** Здесь, на наш взгляд, наиболее слабое звено связано с распределением фондов. Эффективные механизмы распределения фондов должны опираться на систему комплексного оценивания уровня безопасности в регионе.
- **Механизмы стимулирования повышения уровня безопасности (снижения ожидаемого ущерба).** Сюда относятся механизмы льготного налогообложения, а также льготного кредитования мероприятий по повышению уровня безопасности (снижения риска).
- **Механизмы резервирования на случай ЧС.** Сюда относятся механизмы образования резервов трудовых ресурсов (пожарные, спасатели и др.), материальных ресурсов (запасы продовольствия, сырья, медикаментов, транспорт и др.), мощностей для быстрой организации производства продукции, необходимой для ликвидации или уменьшения потерь от ЧС.

В отличие от первых четырех групп механизмов, направленных в основном на повышение уровня безопасности или снижение риска, механизмы резервирования направлены на создание условий для скорейшей ликвидации чрезвычайной ситуации и уменьшения потерь от нее.

Инерционность действия экономических механизмов, связанная с периодом адаптации к ним, предопределяет важность предварительной оценки их эффективности. В основе такой предварительной оценки лежит прогноз поведения активных элементов системы в условиях заданной совокупности экономических механизмов [2]. Достоверность и точность такого прогноза во многом определяется точностью описания системы motivating элементов. Имея в виду хозяйственно самостоятельные организации в условиях рыночной экономики, мы вправе принять в качестве доминантной мо-

тивации такую экономическую категорию как прибыль организации за вычетом налогов, штрафов, платы за загрязнение, выбросы, сбросы и другие платежи с добавлением субсидий и прочих средств, получаемых из централизованных, общественных и других фондов. Эту прибыль назовем остаточной и примем стремление к максимизации остаточной прибыли в качестве главной цели хозяйственной организации.

Рассмотрим этапы функционирования системы управления уровнем безопасности.

I этап. Сбор информации. На этом этапе орган управления осуществляет сбор и обработку информации, необходимой для определения параметров системы экономических механизмов. Эта информация связана, в первую очередь, с оценкой уровня безопасности в регионе и затратами хозяйственных организаций на уменьшение их отрицательного воздействия на этот уровень. Важно отметить, что источник информации о затратах на уменьшение вредного воздействия или на уменьшение опасности возникновения ЧС есть само предприятие, т. е. источник потенциальной опасности. В силу наличия собственных экономических интересов предприятие может исказить сообщаемые данные, что приведет к ошибкам в выборе типа и параметров экономических механизмов.

II этап. Выбор (изменение) экономических механизмов. На этом этапе производится изменение системы экономических механизмов, что может включать в себя как существенное изменение типа применяемых механизмов (например, замена механизма платы за выбросы механизмом ограничений на выбросы), так и изменение параметров механизма без изменения его типа (изменение принципов распределения квот, платежей и т. д.).

III этап. Функционирование региона в условиях действия системы экономических механизмов. Исходя из своих экономических интересов на этапе функционирования предприятия выбирают ту или иную стратегию действий. При обоснованном выборе системы экономических механизмов действия предприятия будут направлены на повышение уровня безопасности производства, уменьшение его вредного воздействия на уровень безопасности региона и, как следствие, будет достигнута поставленная цель — обеспечить требуемый уровень безопасности региона, и при этом условия — высокая экономическая эффективность.

Если система экономических механизмов выбрана неудачно, то действия предприятий приведут либо к нарушению установленных норм и квот, превышению отрицательных воздействий и уменьшению уровня безопасности, либо к обеспечению требуемого уровня, но слишком дорогой ценой — путем существенного снижения уровня жизни.

Как видно из описания этапов функционирования активное поведение предприятий проявляется на первом этапе (сообщение информации) и на третьем этапе (выбор действий).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ

Для построения модели экономического механизма и анализа функционирования объекта при действии этих механизмов будем рассматривать регион, в котором функционируют n хозяйственных объектов (например, предприятий). Хозяйственная деятельность предприятий



оказывает отрицательное воздействие на уровень безопасности региона.

Обозначим через y_i уровень безопасности i -го предприятия или вероятность его безаварийного функционирования, через x_i — уровень риска — вероятность возникновения ЧС на предприятии. Очевидно, $x_i + y_i = 1$.

Так как в регионе могут находиться различные предприятия и от аварий на этих предприятиях могут быть различные потери, то важно учитывать не просто вероятность возникновения ЧС, а ожидаемый ущерб от этих ЧС.

Обозначим через U_i возможные потери при возникновении ЧС на i -м предприятии, тогда ожидаемый ущерб можем определить как

$$M_i = U_i x_i = U_i(1 - y_i).$$

Естественно предположить, что ожидаемый ущерб Y в регионе равен сумме ожидаемых ущербов предприятий

$$Y = \sum_{i=1}^n U_i(1 - y_i).$$

Будем считать, что обеспечение уровня безопасности y_i требует от предприятия определенных затрат $z_i = \varphi_i(y_i)$, где φ_i — возрастающая функция y_i .

Эти затраты включают в себя две составляющие. Первая связана с переходом на новый уровень безопасности (смена технологии, закупка более совершенных систем контроля, обучение персонала и др.), а вторая — с поддержанием этого уровня в течение рассматриваемого периода времени (повышенные издержки при новой более безопасной технологии, затраты на обслуживание систем контроля и др.). Очевидно, что затраты на снижение риска ухудшают финансовое положение предприятия.

В условиях крайнего дефицита средств и тяжелого экономического положения многих российских предприятий маловероятно, что угроза чрезвычайной ситуации заставит предприятие тратить деньги на снижение риска. Это подтверждается и существующей практикой.

Поэтому необходимы механизмы прямого воздействия уровня безопасности (риска) на экономику предприятия таким образом, чтобы снижение риска обеспечивало предприятию экономический эффект в рассматриваемом периоде так же, как и мероприятия, связанные с повышением эффективности производства. К таким механизмам и относятся экономические механизмы обеспечения безопасности.

В качестве примера рассмотрим линейный механизм платы за снижение риска $S = \lambda x = \lambda(1 - y)$. В этом случае при проведении мероприятий, обеспечивающих уровень безопасности y , предприятие получает эффект (материальную прибыль) в размере

$$f(y) = \lambda(y - y_0) - \varphi(y - y_0) = \lambda(x_0 - x) - \varphi(x_0 - x),$$

где $y_0(x_0)$ — существующий уровень безопасности (риска).

Зададимся вопросом, какой уровень безопасности (риска) экономически выгоден для предприятия?

Предположим сначала, что в силу ограниченности собственных средств предприятие берет кредит по процентной ставке ρ . В этом случае оптимальный уровень

безопасности определяется из условия максимума величины

$$\lambda(y - y_0) - (1 + \rho) \times \varphi(y - y_0). \quad (1)$$

Если мероприятия по повышению уровня безопасности проводятся на собственные средства, то оптимальный уровень безопасности также определяется из условия максимума выражения (1), где ρ — маржинальная рентабельность мероприятий по повышению экономической эффективности производства.

Этот вывод достаточно прозрачен. Предприятие будет повышать уровень безопасности до тех пор, пока это будет давать экономический эффект (в виде снижения платы за риск) не меньший, чем мероприятия по повышению эффективности производства.

В дальнейшем для упрощения записи примем начальный уровень безопасности $y_0 = 0$, а функцию $(1 + \rho) \times \varphi(y)$ будем обозначать как $\varphi(y)$.

Примем, что функции затрат предприятий известны органу управления (Центру) с точностью до некоторого параметра r_i , т. е. $\varphi_i(y_i) = \varphi_i(y_i, r_i)$. Относительно r_i Центру известен только отрезок его возможных значений $r_i \in [d_i, D_i]$, $i = 1, \dots, n$. На этапе выбора параметров механизма платы за риск каждое предприятие сообщает Центру оценку s_i параметра r_i . Получив эту информацию, Центр решает задачу назначения требуемого уровня безопасности y_i для каждого предприятия так, чтобы

$$\sum_{i=1}^n U_i(1 - y_i) = Y \quad (2)$$

при условии, что при выбранном нормативе λ каждому предприятию устанавливается планируемый уровень безопасности y_i , минимизирующий сумму платы за риск и затрат на достижение уровня y_i

$$\lambda(1 - y_i) + \varphi_i(y_i, s_i). \quad (3)$$

Далее будем предполагать, что функция φ_i является выпуклой, возрастающей, непрерывно дифференцируемой функцией y_i , причем $\left. \frac{\partial \varphi_i(y_i, r_i)}{\partial y_i} \right|_{y_i=0}$ для всех $i = 1, \dots, n$,

кроме того, будем считать, что возможные потери от возникновения ЧС на предприятиях региона, примерно одинаковы, т. е. $U_1 = U_2 = \dots = U_n = U_0$, тогда условие (2) можно переписать в виде

$$\sum_{i=1}^n y_i \geq \tilde{Y}, \quad \text{где } \tilde{Y} = n - Y/U_0.$$

В этом случае условия минимума (3) можно записать как

$$\frac{\partial \varphi_i(y_i, r_i)}{\partial y_i} = \lambda, \quad i = 1, \dots, n. \quad (4)$$

Разрешая эти уравнения относительно y_i , получим

$$y_i = \xi_i(\lambda, s_i), \quad i = 1, \dots, n.$$

А из уравнения $\sum_{i=1}^n \xi_i(\lambda, s_i) = \tilde{Y}$ определяем норматив

λ , обеспечивающий не превышение допустимого ущерба в регионе Y .

Заметим, что норматив λ определяется на основе информации, получаемой от всех предприятий. В этом случае достаточно обоснованной представляется следующая гипотеза (слабого влияния): при принятии решения о том, какую оценку сообщать, предприятия не учитывают влияния этой оценки на норматив λ .

В этом случае описанный механизм обладает двумя замечательными свойствами:

- каждое предприятие заинтересовано в предоставлении Центру достоверной информации о функции затрат;
- установленные плановые уровни безопасности $\{y_i\}$ минимизируют суммарные затраты предприятий на поддержание допустимого уровня ожидаемого ущерба Y .

Докажем эти два свойства. При гипотезе слабого влияния предприятия сообщают оценку s_i , которая обеспечит им получение планового уровня y_i , минимизирующего их целевую функцию $\lambda(1 - y_i) + \varphi_i(y_i, r_i)$.

Условие минимума этой функции имеет вид

$$\frac{\partial \varphi_i(y_i, r_i)}{\partial y_i} = \lambda.$$

Сравнивая его с условием (4), мы видим, что, сообщая $s_i = r_i$, предприятие обеспечивает минимум целевой функции при любом нормативе λ_i . Второе свойство следует из того, что при $s_i = r_i$, $i = 1, \dots, n$, условие (4) переходит в условие минимума суммы затрат предприятий на достижение требуемого уровня региональной безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени стало очевидно, что проблема безопасности имеет не только технические, но и социальные аспекты. Разрушить окружающую среду проще, а главное, намного дешевле, чем ее восстановить [3]. Поэтому поддержание стабильности является основной задачей управления безопасностью. Моделирование и исследование экономических механизмов обеспечения безопасности позволяет сократить затраты и время на разработку эффективных предупредительных мер, уменьшающих вероятность возникновения ЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В. Н., Щепкин А. В. Моделирование экономических механизмов обеспечения безопасности // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. — 2000. — № 6. — С. 55–67.
2. Бурков В. Н., Грацианский Е. В., Дзюбко С. И., Щепкин А. В. Модели и механизмы управления безопасностью. — М.: СИНТЕГ-ГЕО, 2001. — С. 157.
3. Осипов В. И. Концептуальные основы экологической политики / Сб. избранных статей и докл. 2-й Междунар. конф. "Безопасность и экология горных территорий". — Владикавказ, 1995.

☎ (095) 336-69-63

E-mail: rost1@orc.ru



V Международная конференция "ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ"

Москва 30 января — 2 февраля 2006 г.

Заседания конференции будут проходить в Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, по адресу: Россия, 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 65.

Председатель конференции — **И. В. Прангишвили**.

Председатель Международного программного комитета — **В. А. Лотоцкий**.

Председатель Национального Организационного комитета — **И. В. Прангишвили**.

Тематика конференции

- Общие проблемы системных методологий
- Математические проблемы теории управления
- Системы управления с идентификатором
- Параметрическая идентификация
- Непараметрическая идентификация
- Структурная идентификация и разведочный анализ данных
- Идентификация и исследование моделей процессов выбора и принятия решений
- Идентификация организационных систем
- Методы и процедуры получения и анализа экспертных оценок

- Нейронные сети и проблемы идентификации
- Теория нечетких множеств и проблемы идентификации
- Идентификация систем для целей диагностики
- Моделирование систем
- Имитационное моделирование
- Методическое и программное обеспечение идентификации и моделирования
- Верификация и проблемы качества программного обеспечения сложных систем
- Глобальные сетевые ресурсы поддержки процессов идентификации, управления и моделирования
- Методики обучения методологии и технологии идентификации
- Научно-биографические исследования
- Когнитивные аспекты идентификации

Интернет-страница: <http://www.sicpro.org>

Оргкомитет: e-mail: sicpro@ipu.ru

тел./ факс +7 (095) 334-89-90

