20. МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ РИСКА

В.Н.Бурков 

 Д.А.Новиков

А.В.Щепкин 

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ РИСКА

ПЛАН

I. Модель эколого-экономической системы
II. Определение риска
III. Комплекс механизмов управления риском
IV. Эколого-экономическая модель предприятия
V. Механизм штрафов
VI. Механизм платы за риск
VII. Механизм финансирования
VIII. Механизм компенсации затрат
IX. Механизм платы за риск в регионе
X. Механизм финансирования в регионе
XI. Механизм компенсации затрат в регионе
XII. Механизм продажи квот
XIII. Механизм минимизации ожидаемого ущерба
XIV. Механизм согласования интересов

ПЛАН

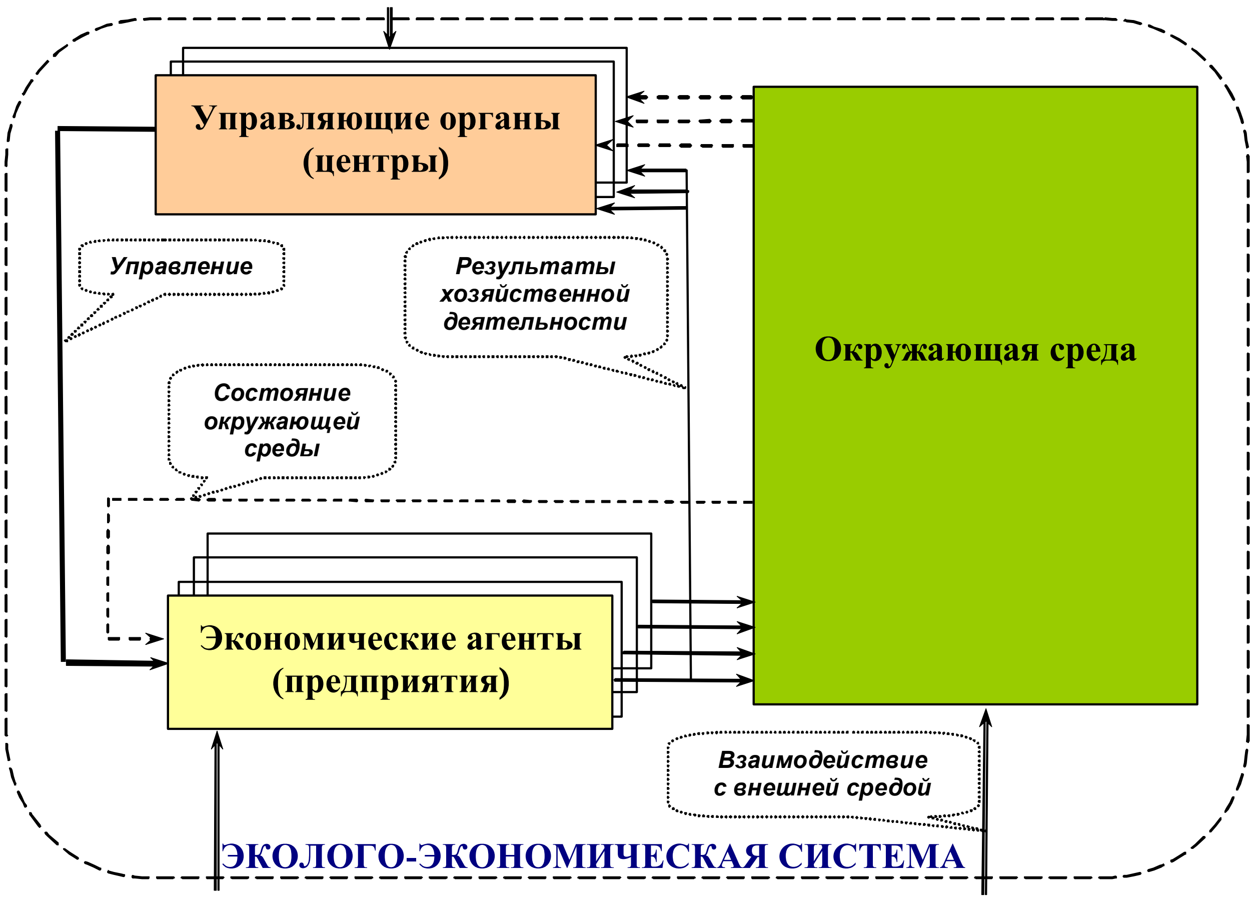
I. Модель эколого-экономической системы

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Эколого-экономическая система (ЭкЭС) – совокупность взаимосвязанных экономических, технических, социальных и природных факторов в окружающем человека мире.

СИСТЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРИРОДЫ

МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ



II. Определение риска

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА

Экологический риск – это *вероятность* наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ
«Об охране окружающей среды»

x – риск (уровень риска) – вероятность возникновения чрезвычайной ситуации.

y – уровень безопасности – вероятность безаварийного функционирования.

$$\boldsymbol{x + y = 1}$$

III. Комплекс механизмов управления риском

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ

1.Механизмы экономической ответственности.

Эта группа включает механизмы *штрафов, платы за риск, квоты.*

2.Механизмы перераспределения риска.

В основном - это механизмы *страхования (государственное, независимое и взаимное страхование).*

3.Механизмы использования бюджетных и внебюджетных фондов.

Сюда относятся механизмы *стимулирования повышения уровня безопасности механизмы компенсации затрат на снижение уровня риска.*

4.Механизмы резервирования на случай ЧС.

Это 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 чрезвычайных ситуаций.*

КОМПЛЕКС МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ

ПЛАН

IV. Эколого-экономическая модель предприятия

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ

$f_i = c_i u_i - z_i(u_i)$ - прибыль предприятия

u_i - объем продукции, выпускаемой на *i*-м предприятии;

c_i - цена продукции, выпускаемой на *i*-м предприятии;

$z_i(u_i)$ - затраты предприятия на выпуск продукции в объеме u_i.

$$z(0) = 0,\ \frac{dz(u)}{du} > 0,\ \frac{d^2 z(u)}{du^2} > 0 \qquad (1)$$

$$\left.\frac{dz(u)}{du}\right|_{u=0} = 0,\ \left.\frac{dz(u)}{du}\right|_{u\to\infty} \to \infty \qquad (2)$$

$\chi_i = \chi_i(x_i)$ - экономический механизм

$f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - \chi_i(x_i)$ - прибыль предприятия при действии экономического механизма.

$x_i = x_i(u_i, v_i)$ - уровень риска

v_i - объем средств, направляемых на снижение риска

$$x_i(0, v_i) = 0,\ \frac{\partial x_i(u_i, v_i)}{\partial u_i} > 0,\ \frac{\partial x_i(u_i, v_i)}{\partial v_i} < 0,\ \frac{\partial^2 x_i(u_i, v_i)}{\partial v_i^2} > 0 \qquad (3)$$

V. Механизм штрафов

МЕХАНИЗМ ШТРАФОВ

$$\frac{df}{du} = c - \frac{dz(u)}{du} = 0 \tag{4}$$

u^* - решение уравнения (4).

$x(u^*, 0)$ - уровень риска на предприятии

$\hat{x}$ - допустимый уровень риска.

$$x(u^*, 0) > \hat{x} \tag{5}$$

$$x(u^{**}, 0) = \hat{x} \tag{6}$$

$$f^{**} = cu^{**} - z(u^{**}) \tag{7}$$

$$\begin{cases} cu - z(u) - v \to \max\limits_{(u,v)} \\ x(u,v) \le \hat{x} \end{cases} \tag{8}$$

u' и v' решение задачи (8).

$$f' = cu' - z(u') - v' \tag{9}$$

Утверждение 1. Если в системе действует механизм сильных штрафов, справедливо (5), $v' > 0$ и $u' \neq u^{**}$ то предприятию всегда выгодно превысить объем выпуска u^{**} потратить при этом часть своих средств на снижение уровня риска.

Следствие. При выполнении условий утверждения 1 выполняется соотношение $u' \le u^*$.

МЕХАНИЗМ ШТРАФОВ

$$x(u,v)=\frac{\omega(u)}{\omega(u)+\theta(v)} \qquad (10)$$

$$\omega(0)=\left.\frac{d\omega(u)}{du}\right|_{u=0}=0,\ \frac{d\omega(u)}{du}>0,\ \frac{d^2\omega(u)}{du^2}\geq 0 \qquad (11)$$

$$\theta(0)=T,\ \left.\frac{d\theta(v)}{dv}\right|_{v=0}\neq 0,\ \frac{d\theta(v)}{dv}>0,\ \frac{d^2\theta(v)}{dv^2}\leq 0 \qquad (12)$$

$$\begin{cases} c-\dfrac{dz(u)}{du}-\dfrac{\omega'\theta}{\omega\theta'}=0 \\ \dfrac{\omega(u)}{\omega(u)+\theta(v)}-\hat{x}=0 \end{cases} \qquad (13)$$

$$c-\frac{dz(u)}{du}-\frac{1-\hat{x}}{\hat{x}}\frac{\omega'}{\left.\dfrac{d\theta}{dv}\right|_{v=v(u,\hat{x})}}=0 \qquad (14)$$

Утверждение 2. Для того чтобы уравнение (14) имело решение, достаточно, чтобы выполнялись условия (1), (2) и (11), (12).

Утверждение 3. Если зависимость уровня риска от объема выпуска и размера средств на снижение уровня риска определяются выражением (10) и выполняются условия (11), то уменьшение допустимого уровня риска всегда приводит к уменьшению объема выпуска.

Следствие. При уменьшении допустимого уровня риска до $x(u^*,0)$ сначала возрастает от нуля до некоторой величины, а потом убывает до нуля.

МЕХАНИЗМ ШТРАФОВ

Если

$$z = \frac{1}{2} rq \left(\frac{u^2}{q^2} + 1 \right)$$

$$\omega(u) = wu^2, \theta(v) = pv + T$$

q - объем продукции, обеспечивающий предприятию минимальную себестоимость продукции;

r - минимальная себестоимость;

w - коэффициент, характеризующий влияние объема выпуска продукции на уровень техногенного риска;

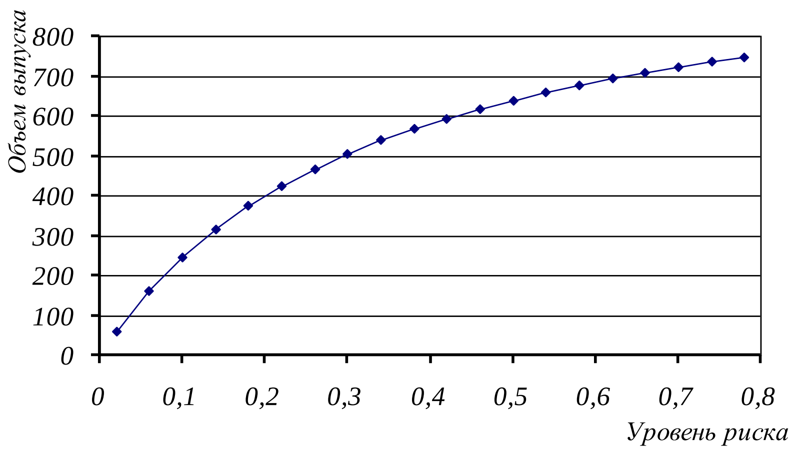
p - коэффициент, характеризующий эффективность использования средств, направляемых на снижение уровня риска;

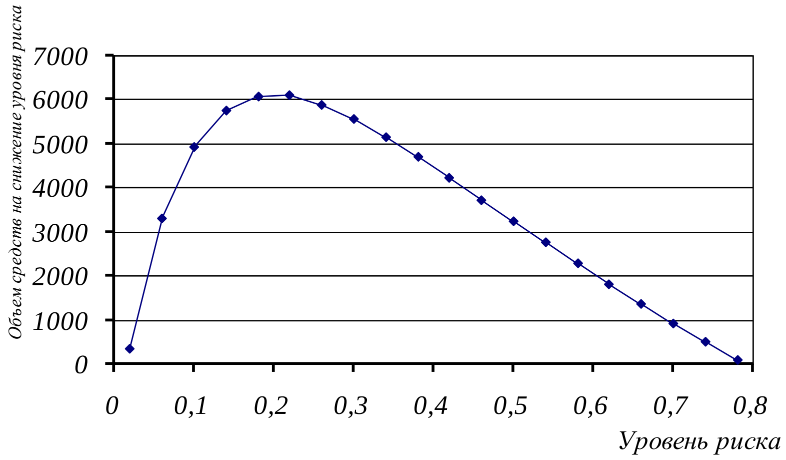
T - показатель, характеризующий безопасность производства.

Тогда

$$x(u,v) = \frac{wu^2}{wu^2 + pv + T}$$

МЕХАНИЗМ ШТРАФОВ





Изменение объема выпуска в зависимости от предельно допустимого уровня риска

Изменение размера средств на поддержание уровня безопасности в зависимости от предельно допустимого уровня риска

VI. Механизм платы за риск

МЕХАНИЗМ ПЛАТЫ ЗА РИСК

$f = cu - z(u) - \lambda x(u,v) - v$ - прибыль при действии механизма платы за риск

$$\begin{cases} \dfrac{\partial f}{\partial u} = c - \dfrac{dz(u)}{du} - \lambda \dfrac{\partial x(u,v)}{\partial u} = 0 \\ \dfrac{\partial f}{\partial v} = -\lambda \dfrac{\partial x(u,v)}{\partial v} - 1 = 0 \end{cases} \qquad (15)$$

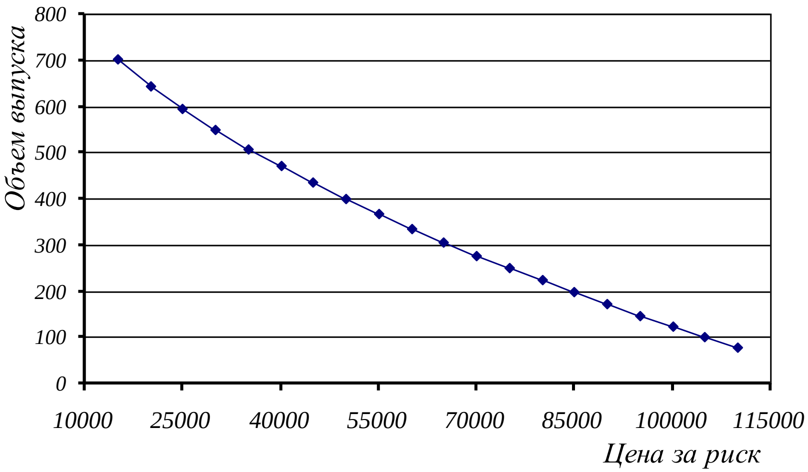
Утверждение 4. Если u'' и v'' - решение системы (15) то есть обеспечивают получение максимальной прибыли предприятию, то увеличение цены риска всегда приводит к уменьшению объема выпуска.

Следствие. При увеличении цены за риск, объем средств, направляемых на снижение риска сначала возрастает от нуля до некоторой величины, а потом убывает до нуля.

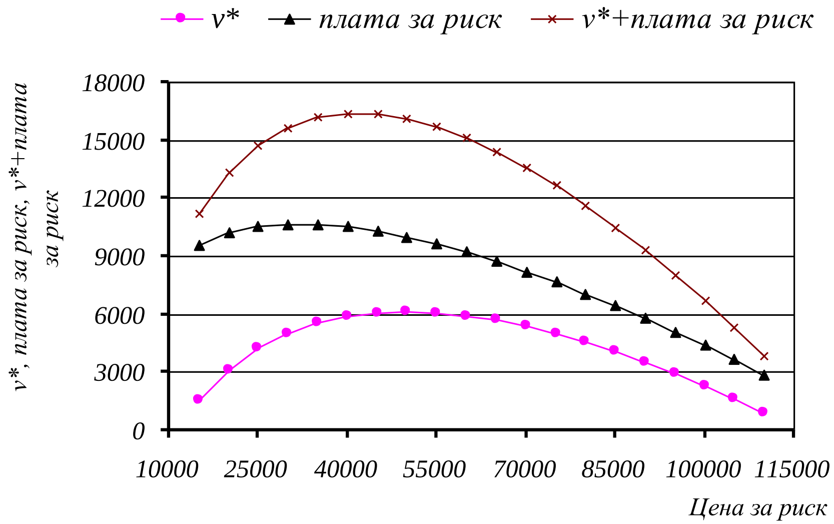
$$\lambda x(u,v) = \lambda \frac{\omega(u)}{\omega(u) + \theta(v)} \qquad (16)$$

Утверждение 5. С ростом цены λ плата за риск сначала увеличивается, а потом уменьшается.

МЕХАНИЗМ ПЛАТЫ ЗА РИСК



Изменение объема выпуска в зависимости от цены за риск



Изменение средств на поддержание уровня безопасности в зависимости от цены за риск

ПЛАН

VII. Механизм финансирования

Механизм финансирования мероприятий по снижению уровня риска основываются на распределении средств централизованного фонда.

V – объем средств, выделенных из Центра на снижение риска.

$$\begin{cases} c - \dfrac{dz(u)}{du} - \dfrac{\omega'(u)\theta(v+V)}{\omega(u)\theta'(v+V)} = 0 \\ \dfrac{\omega(u)}{\omega(u)+\theta(v+V)} - \hat{x} = 0 \end{cases} \qquad (17)$$

Легко показать, что объем средств, направляемых предприятием на снижения риска, уменьшается на величину V при действии механизма платы за риск и механизма штрафов.

ПЛАН

VIII. Механизм компенсации затрат

МЕХАНИЗМ КОМПЕНСАЦИИ ЗАТРАТ

$f = cu - z(u) - \lambda x(u,v) - bv$ -прибыль при действии механизма компенсации, $0 \le b \le 1$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial f}{\partial u} = c - \dfrac{dz(u)}{du} - \lambda \dfrac{\partial x(u,v)}{\partial u} = 0 \\ \dfrac{\partial f}{\partial v} = -\lambda \dfrac{\partial x(u,v)}{\partial v} - b = 0 \end{cases} \qquad (18)$$

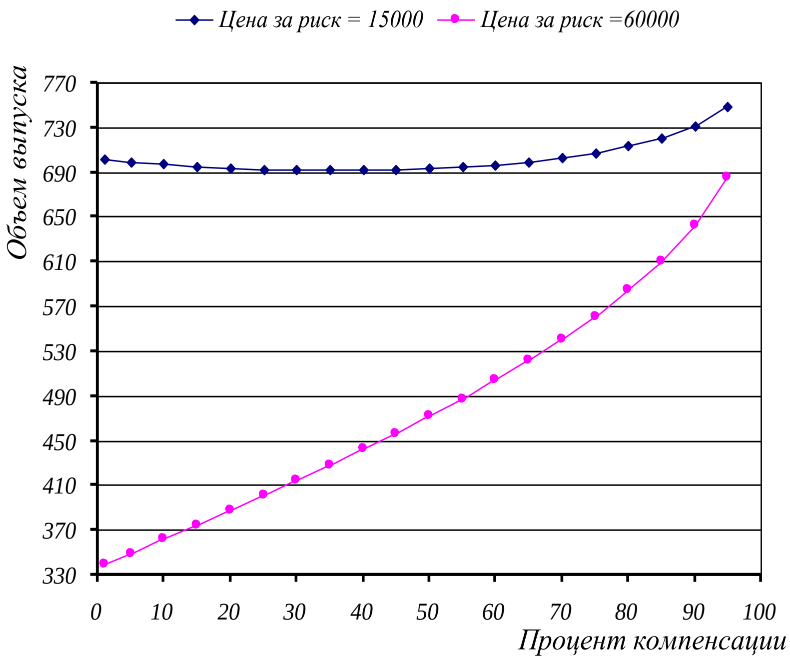
u_b и v_b решение задачи (18).

Утверждение 6. Чем большая часть средств компенсируется Центром, тем больше средств выделяет предприятие на снижение уровня риска.

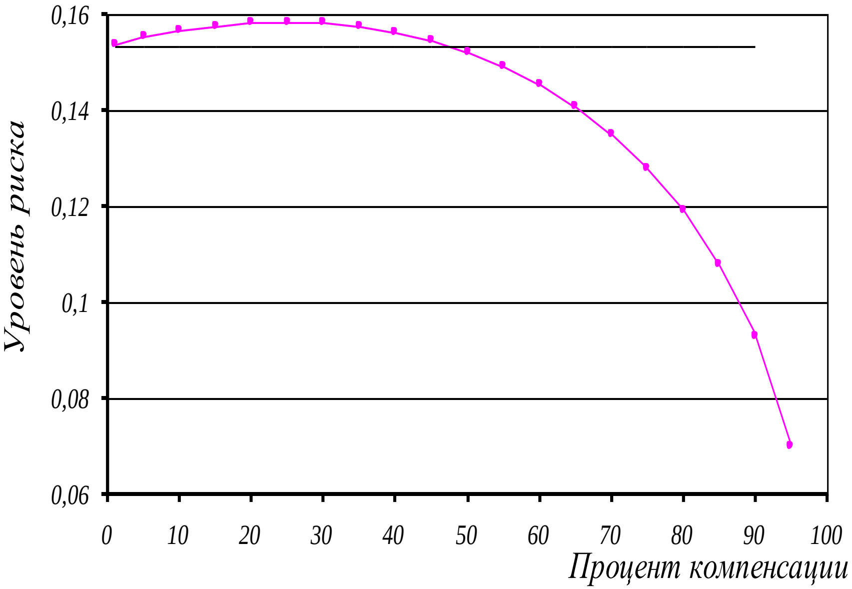
Следствие 1. Если справедливо (10), то увеличение или уменьшение выпуска продукции в зависимости от b определяется знаком разности $\omega(u_b) - \theta(v_b)$. Если $\omega(u_b) - \theta(v_b) > 0$, то объем выпуска с уменьшением b падает. А если $\omega(u_b) - \theta(v_b) < 0$, то объем выпуска с уменьшением b растет.

Следствие 2. Если справедливо (10), то возможна ситуация, когда с увеличением процента компенсации затрат увеличивается и уровень риска на предприятии.

МЕХАНИЗМ КОМПЕНСАЦИИ ЗАТРАТ



Изменение объема выпуска в зависимости от процента компенсации



Изменение уровня риска в зависимости от процента компенсации

IX. Механизм платы за риск в регионе

МЕХАНИЗМ ПЛАТЫ ЗА РИСК В РЕГИОНЕ

$$f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - \lambda^* x_i(u_i, v_i) - v_i \underset{u_i, v_i}{\to} max \tag{19}$$

λ^* - общая цена.

$x_i(\lambda^*)$ -уровень риска.

$[1 - x_i(\lambda^*)]$ -уровень безопасности.

$$\prod_{i=1}^{n} \left[1 - x_i\left(\lambda^*\right)\right] = P_0 \tag{20}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda^* x_i\left(\lambda^*\right) = \lambda^* \sum_{i=1}^{n} x_i\left(\lambda^*\right) = Q_0 \tag{21}$$

Утверждение 7. Если с ростом цены λ хотя бы на одном предприятии региона уменьшается плата за риск , то для любой цены $\lambda^* \in [\lambda_н, \lambda_в]$, при которой уровень безопасности в регионе составляет величину P_0, а суммарная плата за риск всех предприятий региона равна Q_0, всегда найдется такой вектор цен $\{\lambda_i\}$, что уровень безопасности в регионе не уменьшается, а суммарная плата за риск падает.

X. Механизм финансирования в регионе

МЕХАНИЗМ ФИНАНСИРОВАНИЯ В РЕГИОНЕ

$\hat{x}$ - допустимый уровень риска для каждого предприятия.

g_i - планируемый объем собственных средств для снижения уровня риска

s_i - планируемый объем выпуска.

$\hat{x}_i(s_i, g_i)$ - предельно допустимый уровень риска *i-го* предприятия.

$D = \{ \ i: \ \hat{x}_i(s_i, g_i) < \hat{x} \ \}$

$$V_i = \begin{cases} 0, & \text{если} \quad i \notin D \\ \dfrac{g_i}{\sum\limits_{j \in D} g_j} R, & \text{если} \quad i \in D \end{cases} \qquad (22)$$

Утверждение 8. Если для предприятий региона не ввести ограничения на планируемый объем средств на снижение уровня риска, то предельно допустимый уровень риска, определяемый для каждого предприятия индивидуально, в пределе стремится к первоначально установленному предельно допустимому уровню риска.

XI. Механизм компенсации затрат в регионе

МЕХАНИЗМ КОМПЕНСАЦИИ ЗАТРАТ В РЕГИОНЕ

R – фонд

$$V_i = \frac{v_i}{\sum_{j=1}^{n} v_j} R \quad . \qquad (23)$$

$V_i < v_i$ – частичная компенсация;

$V_i = v_i$ – полная компенсация;

$V_i > v_i$ – полная компенсация со стимулированием.

$$f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - v_i + \frac{v_i}{\sum_{j=1}^{n} v_j} R \qquad (24)$$

$$v_i = \frac{n-1}{n^2} R \qquad (25)$$

$$V_i = \frac{R}{n} \qquad (26)$$

$$V_i - v_i = \frac{R}{n^2} \qquad (27)$$

XII. Механизм продажи квот

МЕХАНИЗМ ПРОДАЖИ КВОТ

X - требуемый уровень безопасности региона.

$1\text{-}x_i$ - уровень безопасности, связанный с деятельностью i-*го* предприятия

$\prod_{i=1}^{n}(1-x_i)$ - уровень безопасности региона.

$$\prod_{i=1}^{n}(1-x_i) \geq X \qquad (28)$$

$$f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - \lambda x_i(u_i, v_i) - v_i \underset{(u_i, v_i)}{\longrightarrow} \max \qquad (29)$$

u_i^* и v_i^* - решение (29)

$s_i = x_i(u_i^*, v_i^*)$, $i=1,\dots,n$ - заявки на квоты.

Если $\prod_{i=1}^{n}(1-s_i) \geq X$, то $\hat{x}_i = s_i$

МЕХАНИЗМ ПРОДАЖИ КВОТ

Если
$$\prod_{i=1}^{n}(1-s_i) < X$$
то для определения размера квот Центр определяет, во сколько раз продаваемая квота будет меньше запрашиваемой. Для этого Центром решается задача

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \lambda a_i s_i \to \max\limits_{\{a_i\}} \\ \prod_{i=1}^{n}(1-a_i s_i) = X \\ 0 < a_i \le 1 \end{cases} \qquad (30)$$

Последнее неравенство означает, что при заданной цене предприятию не может продаваться больший размер квоты, чем само предприятие запросило для себя.

МЕХАНИЗМ ПРОДАЖИ КВОТ

Аналитически задачу (30) решить сложно. Получить аналитическое решение можно следующим образом.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \lambda a_i s_i \to \max_{\{a_i\}} \\ \prod_{i=1}^{n} (1 - a_i s_i) = X \end{cases} \qquad (31)$$

Ее решение имеет вид

$$a_i^{(1)} = \frac{1}{s_i}\left(1 - X^{\frac{1}{n}}\right)$$

Обозначим через Q множество номеров предприятий находящихся в регионе, соответственно,

$$Q_1 = \left\{ i \middle| a_i^{(1)} > 1 \right\}$$

МЕХАНИЗМ ПРОДАЖИ КВОТ

Очевидно, что если $Q_1=0$, то размер квоты, предназначенной *i-му* предприятию, $i=1,\ldots,n$, будет равен

$$\hat{x}_i = a_i^{(1)} s_i = 1 - X^{\frac{1}{n}}$$

Если же $Q_1 \neq 0$, то для всех $i \in Q_1$, размер квоты определяется выражением.

$$\hat{x}_i = s_i$$

Пусть m - количество элементов, содержащихся в множестве Q_1. Тогда для оставшихся $(n-m)$ предприятий задачу определения квот следует записывать в виде

$$\begin{cases} \sum\limits_{i \in Q \setminus Q_1} \lambda a_i s_i \to \max\limits_{\{a_i\}} \\ \prod\limits_{i \in Q \setminus Q_1} \left(1 - a_i s_i\right) = \dfrac{X}{\prod\limits_{i \in Q_1} \left(1 - s_i\right)} \end{cases} \qquad (32)$$

МЕХАНИЗМ ПРОДАЖИ КВОТ

Обозначим $Q_2 = \left\{ i \middle| a_i^{(2)} > 1 \right\}$, тогда если $Q_2=0$, то размер квоты, предназначенной *i-му* предприятию для $i \in Q \backslash Q_1$, будет равен

$$\hat{x}_i = 1 - \left(\frac{X}{\prod_{i \in Q_1} (1 - s_i)} \right)^{\frac{1}{n-m}}$$

Если же $Q_2 \neq 0$, то для всех $i \in Q_2$, размер квоты определяется выражением.

$$\hat{x}_i = s_i$$

Пусть m_1 - количество элементов, содержащихся в множестве Q_2. Тогда для оставшихся $(n\text{-}m\text{-}m_1)$ предприятий задачу определения квот следует записывать в виде

МЕХАНИЗМ ПРОДАЖИ КВОТ

Пусть m_1 - количество элементов, содержащихся в множестве Q_2. Тогда для оставшихся $(n\text{-}m\text{-}m_1)$ предприятий задачу определения квот следует записывать в виде

$$\begin{cases} \sum\limits_{i \in Q \setminus [Q_1 \cup Q_2]} \lambda a_i s_i \to \max\limits_{\{a_i\}} \\ \prod\limits_{i \in Q \setminus [Q_1 \cup Q_2]} (1 - a_i s_i) = \dfrac{X}{\prod\limits_{i \in Q_1 \cup Q_2} (1 - s_i)} \end{cases}$$

Итерации продолжаются до тех пор, пока не получаем

$$Q_k = \left\{ i \middle| a_i^{(k)} > 1 \right\} = 0$$

Таким образом, решение поставленной задачи записывается следующим образом.

Для $\quad i \in Q \setminus [Q_1 \cup Q_2 \cup \ldots \cup Q_{k-1}]$

МЕХАНИЗМ ПРОДАЖИ КВОТ

$$a_i = \frac{1}{s_i}\left[1-\left(\frac{X}{\prod\limits_{j\in Q_1\cup Q_2\cup\ldots\cup Q_{k-1}}\left(1-s_j\right)}\right)^{\frac{1}{n-m-m_1-\ldots-m_{k-2}}}\right]$$

и, соответственно,

$$\hat{x}_i = 1-\left(\frac{X}{\prod\limits_{i\in Q_1\cup Q_2\cup\ldots\cup Q_{k-1}}\left(1-s_i\right)}\right)^{\frac{1}{n-m-m_1-\ldots-m_{k-2}}}$$

Для $i \in Q_1 \cup Q_2 \cup \ldots \cup Q_{k-1}$ $a_i = 1$ и, соответственно, $\hat{x}_i = s_i$

Утверждение 9. Результат, полученный с помощью этого алгоритма, является решением задачи (30).

ПЛАН

XIII. Механизм минимизации ожидаемого ущерба

МЕХАНИЗМ МИНИМИЗАЦИИ ОЖИДАЕМОГО УЩЕРБА

Модель. Предприятие выбирает свои действия – объем производства $u \geq 0$, и размер затрат на природоохранные мероприятия $v \geq 0$, которые неизбежно приводят к ущербу $W_0 = W_0(u, v)$. Реализовавшаяся величина ущерба $W \geq W_0$ является случайной величиной, параметры распределения которой зависят от W_0. Центр осуществляет мониторинг за деятельностью предприятия и имеет возможность налагать на последнего штраф $\chi(W)$, зависящий от величины фактического ущерба.

Математическое ожидание целевой функции предприятия:

$$f(u, v, \chi(\cdot)) = c\,u - z(u) - v - \int \chi(W)\, p(W_0(u,v), W)\, dW$$

зависит от выбираемой центром системы штрафов $\chi(\cdot)$ и действий u и v самого предприятия.

Предприятие выберет действие из множества $P(\chi(\cdot)) = \text{Arg} \max\limits_{u,v\geq 0} f(u, v, \chi(\cdot))$ действий, доставляющих максимум математическому ожиданию его функции полезности.

Задача центра заключается в выборе системы штрафов $\chi(\cdot)$, максимизирующей математическое ожидание критерия центра $\Phi(u, v, W)$:

$$\max_{(u,v)\in P(\chi(\cdot))} E_W\, \Phi(u, v, W) \to \max_{\chi(\cdot)} .$$

Фиксируем детерминированный уровень ущерба $w_0 \geq 0$. Вычислим действия предприятия, максимизирующие его выигрыш при условии непревышения этого уровня и соответствующий выигрыш:

$$S(w_0) = \text{Arg} \max_{\{u\geq 0, v\geq 0 | W_0(u,V)=w_0\}} [c\,u - z(u) - v],\;\; f_0(w_0) = \max_{\{u\geq 0, V\geq 0 | W_0(u,v)=w_0\}} [c\,u - z(u) - v].$$

Задача принятия решений предприятием, фактически, свелась к выбору того уровня ущерба w_0, на который оно будет ориентироваться

$$P_0(\chi(\cdot)) = \text{Arg} \max_{w_0\geq 0} [f_0(w_0) - \int_{w_0}^{+\infty} \chi(W)\, p(\alpha, w_0, W)\, dW\,].$$

ЗАКОН ПАРЕТО И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЕТО

Закон Парето, отражающий неравномерность распределения характеристик экономических и социальных явлений и процессов, свойства природных и техногенных катастроф, распределение ущерба от них и т.д.:

- 20 % населения владеют 80 % капиталов (первоначальная формулировка самого В. Парето);
- 80 % стоимости запасов на складе составляет 20 % номенклатуры этих запасов;
- 80 % прибыли от продаж приносят 20 % покупателей;
- 20 % усилий приносят 80 % результата;
- 80 % проблем обусловлены 20 % причин;
- за 20 % рабочего времени работники выполняют 80 % работы;
- 80 % работы выполняют 20 % работников и т.д.

Распределение Парето случайной величины W, $W \geq W_0 > 0$, характеризуемое двумя параметрами – минимально возможным значением W_0 и показателем степени $\alpha > 0$:

$$p(\alpha, W_0, W) = \frac{\alpha}{W_0}\left(\frac{W_0}{W}\right)^{1+\alpha}.$$

Плотности распределения $p(\alpha, W_0, W)$ соответствует интегральная функция распределения

$$F(\alpha, W_0, W) = 1 - \left(\frac{W_0}{W}\right)^{\alpha}.$$

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ШТРАФОВ

Линейная система штрафов:

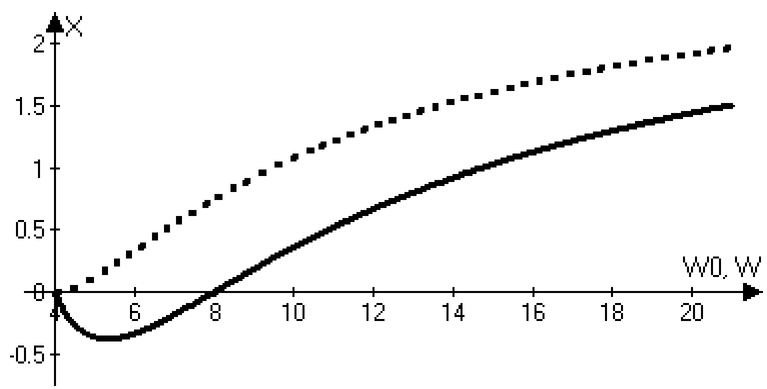
$$\chi_L(W) = \chi_0 + \mu\, W.$$

$$P_L(\chi_0, \mu) = \mathrm{Arg} \max_{w_0 \ge 0} \left[f_0(w_0) - \chi_0 - \frac{\alpha\mu}{\alpha - 1}\, w_0\right].$$

$$\max_{w_0 \in P_L(\chi_0, \mu)} \; \max_{(u,v) \in S(w_0)} E_W\, \Phi(u, v, W) \to \max_{\chi_0, \mu \ge 0}.$$

Компенсаторная система штрафов:

$$\int_{w_0}^{+\infty} \chi_K(W)\, p(\alpha, w_0, W)\, dW = f_0(w_0).$$



Ступенчатая система штрафов:

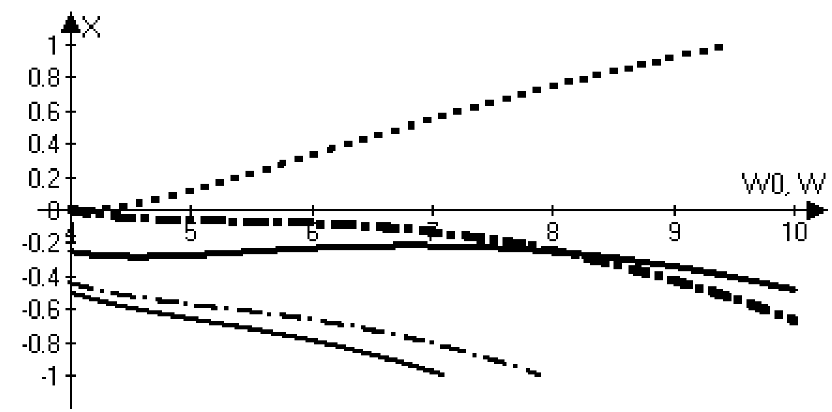
$$\chi_C(W_x, W) = \begin{cases} \chi_0, & W \ge W_x, \\ 0, & W < W_x. \end{cases}$$

Пример: $W_0(u, V) = b_0\, u / v$, $z(u) = u^2 / 2\, r$, $\Phi(u, v, W) = - W$.

$$\chi_K(w_0) = \frac{rc^2}{2} + \frac{(b_0)^2 r}{(w_0)^2} - \frac{3cb_0 r}{2w_0}.$$

Ступенчатая система штрафов. Задача предприятия:

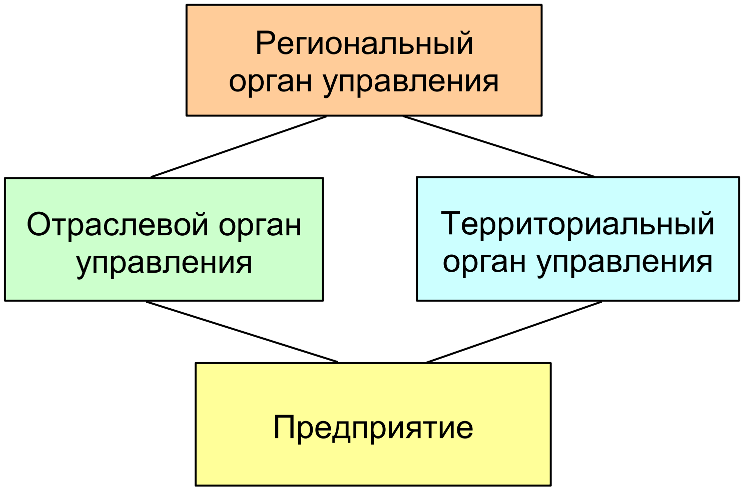
$$\frac{rc^2}{2} + \frac{b_0 r}{w_0}\left(\frac{b_0}{2w_0} - c\right) - \chi_0 \begin{cases} 1, & w_0 \ge W_x \\ \left(\dfrac{w_0}{W_x}\right)^{\alpha}, & w_0 < W_x \end{cases} \to \max_{w_0 \ge b_0 / c}.$$



Выигрыш предприятия при ступенчатой системе штрафов

XIV. Механизм согласования интересов

МЕХАНИЗМ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ



Модель:

$u \geq 0$ – объем производства;

$y \geq 0$ – уровень безопасности (УБ);

$z(u)$, $\varphi(y)$ – затраты предприятия;

$H_i(u, y)$ – выигрыш центра;

$$\sigma_i(u', u, x, y) = \begin{cases} V_i, & y = x, u = u' \\ 0, & y \neq x \text{ или } u \neq u' \end{cases};$$

$K = \{1, 2, \ldots, k\}$ – множество центров.

Целевая функция i-го центра:

$\Phi_i(\sigma_i(\cdot), u, y) = H_i(u, y) - \sigma_i(u, y)$, $i \in K$,

целевая функция предприятия:

$$f(\{\sigma_i(\cdot)\}, u, y) = c\,u + \sum_{i \in K} \sigma_i(u, y) - z(u) - \varphi(y).$$

$$u^* = \arg \max_{u \geq 0} [c\,u - z(u)];$$

$$\Phi^*_i = \max_{u, y \geq 0} [H_i(u, y) - c\,(u^* - u) + [z(u^*) - z(u)] - \varphi(y)],\ i \in K;$$

$$S = \{u \geq 0, y \geq 0 \mid \exists\, V \in \Re^k_+ : H_i(u, y) - V_i \geq \Phi^*_i,\ i \in K,\ \sum_{i \in K} V_i = c\,(u^* - u) - [z(u^*) - z(u)] + \varphi(y)\};$$

$$\Lambda = \{u \geq 0, y \geq 0, V \in \Re^k_+ \mid H_i(u, y) - V_i \geq \Phi^*_i,\ i \in K,\ \sum_{i \in K} V_i = c\,(u^* - u) - [z(u^*) - z(u)] + \varphi(y)\}.$$

$$\Phi^*_0 = \max_{u, y \geq 0} [\sum_{i \in K} H_i(u, y) - c\,(u^* - u) + [z(u^*) - z(u)] - \varphi(y)].$$

Теорема. Область компромисса Λ не пуста тогда и только тогда, когда:

$$\Phi^*_0 \geq \sum_{i \in K} \Phi^*_i\ .$$

ПРИМЕР СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ

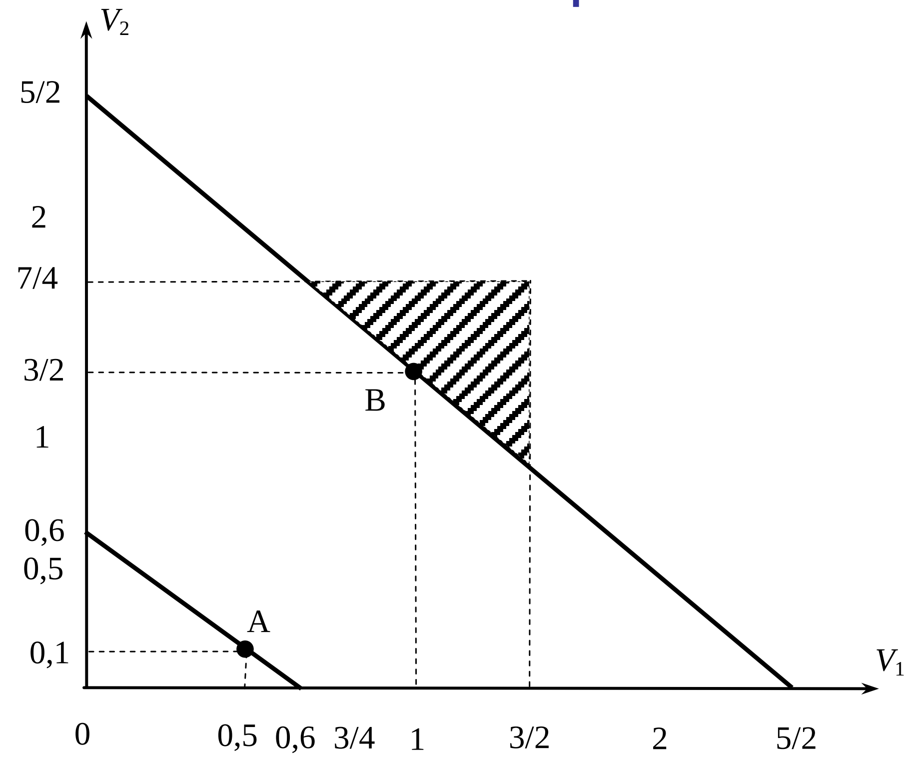
Пусть $k = 2$, $\varphi(y) = y$, $z(u) = u^2 / 2$, $c = 1$.

Вариант 1. $H_1(u, y) = u$, $H_2(u, y) = 2\,y - y^2 /2\, r_y$, то есть имеются два управляющих органа – отраслевой (заинтересован только в росте объема производства) и территориальный (заинтересован только в значении УБ, равном r_y).

Предприятие, имеющее целевую функцию $u - u^2 / 2 - y$, в отсутствие управления не будет обращать внимание на безопасность, то есть выберет $(u^*, v^*) = (1; 0)$, получив при этом выигрыш, равный 1/2.

Вариант 2. $H_2(u, y) = 2\,u\,y - y^2 /2\, r_y$.

Область компромисса



Сравнение двух механизмов согласования интересов

«Точка равновесия»	*u*	*y*	Φ_1	Φ_2	*f*
A	2	0,1	3/2	0,05	1/2
B	3	0,5	2	0,25	1/2