

## **МЕХАНИЗМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ДОЧЕРНИХ И ЗАВИСИМЫХ ОБЩЕСТВАХ**

*В.А. Лапшин, О.С. Лапина, 5 курс (научный руководитель – Д.А. Брусянин, к.т.н.)*

Становление холдинговых отношений между компанией ОАО «РЖД» и дочерними и зависимыми обществами отразилось на обеспечении безопасности движения поездов. Так, по мнению начальника Департамента безопасности движения ОАО «РЖД» А.Н. Волкова, несовершенство нормативной правовой базы и отсутствие отлаженных правовых и организационных механизмов взаимодействия компании с дочерними и зависимыми обществами по вопросам обеспечения безопасности движения препятствуют кардинальному повышению уровня эксплуатационной безопасности. Положение усугубляется и тем, что возрастают объемы продукции, которая не соответствует нормам безопасности, но предлагается для использования на железнодорожном транспорте [1].

Высокий уровень брака выпускаемой продукции заводами-изготовителями – партнерами ОАО «РЖД» – отрицательно сказывается на безопасности движения. Из-за нарушения технологии изготовления боковых рам тележек полувагонов на одном из крупнейших производителей подвижного состава – Уралвагонзаводе – с 2006 года допущено 22 случая брака, из них 12 – излом боковых рам тележек, большинство из которых привело к сходам подвижного состава в грузовых поездах [1].

Одним из перспективных направлений совершенствования механизмов взаимодействия компании с дочерними и зависимыми обществами по вопросам обеспечения безопасности движения в новых условиях является использование экономических методов. Следует отметить, что необходимо разработать такие методы, при которых заводам-изготовителям будет

экономически не выгодно выпускать продукцию, не соответствующую нормам безопасности.

К экономическим методам относятся механизмы экономической ответственности, включающие в себя систему стандартов (норм, квот), отклонение от которых ведет к определенным экономическим санкциям (от штрафов до остановки производства) [2].

Один из механизмов экономической ответственности – это плата за риск. В данном случае под риском понимается величина, обратная показателю безопасности технического устройства – вероятности отсутствия опасных отказов устройства за расчетное время. Здесь опасный отказ технического устройства – отказ, в результате которого процесс движения перейдет в одно из опасных состояний [3].

Механизм платы за риск заключается в установлении предприятиям-изготовителям выплат, пропорциональных величине риска, умноженного на цену за риск. Размер цены за риск может устанавливать контролирующий орган ОАО «РЖД». При использовании такого механизма предприятия-изготовители заинтересованы в снижении величины риска (тем самым повышается безопасность движения).

Для математической формализации механизма платы за риск воспользуемся хорошо изученным и проработанным в рассматриваемой области аппаратом теории игр [2, 4].

Рассмотрим модель региона, в котором функционируют  $n$  хозяйственных объектов (предприятий-изготовителей или, по терминологии теории активных систем, экономических агентов). Ответственность за безопасность движения возложена на руководство железной дороги. При этом будем полагать, что заводы-изготовители конкурируют между собой за право размещения заказа компанией ОАО «РЖД». Полномочия, которыми располагает центр, – это применение механизма платы за риск (рис. 1).

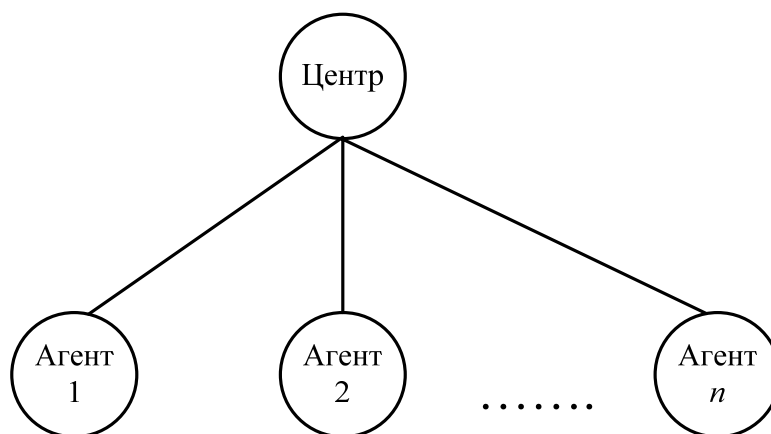


Рис. 1. Схема взаимодействия

Каждому из  $n$  агентов поставим в соответствие целевую функцию  $f_i(y)$ , где  $y = (y_1, \dots, y_n) \in A' = \prod_{i \in N} A_i$  – вектор действий всех игроков,  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество игроков. Следуя сложившейся терминологии, будем называть действия  $y_i$  стратегиями, а вектор  $y$  – ситуацией игры. Совокупность стратегий  $y_{-i} = (y_1, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n)$  – обстановка игры для  $i$ -го агента [4].

Целевые функции предприятий региона формализуем при помощи так называемой дуополии Курно, описывающей взаимодействие двух экономических агентов. Тогда прибыль  $i$ -го предприятия можно записать в виде

$$f_i(y_i) = c(y)y_i - z(y_i, r_i) - v_i, \quad (1)$$

где  $c(y)$  – рыночная цена на продукцию, производимую двумя предприятиями и зависящую от их суммарного предложения.

Примем  $c(y) = c_0 - y_1 - y_2$ ;

$y_i$  – объем выпускаемой продукции  $i$ -м предприятием,  $i = 1, 2$ ;

$z(y_i, r_i) = \frac{(y_i)^2}{2r_i}$  – функция затрат  $i$ -го предприятия по выпуску объема

продукции  $y_i$  с эффективностью  $r_i$ ;

$v_i$  – объем средств, выделяемых на снижение уровня риска  $i$ -м предприятием.

Обозначим через  $R$  уровень риска, обеспечиваемый  $i$ -м предприятием. Будем считать, что [4]:

$$R(y, v) = \frac{wy^2}{wy^2 + \Theta v + T}, \quad (2)$$

где  $w$  – коэффициент, характеризующий влияние объема выпускаемой продукции на уровень риска;  $\Theta$  – коэффициент, характеризующий эффективность использования средств, направляемых на снижение риска;  $T$  – показатель, характеризующий технологический процесс на предприятии с позиций безопасности.

При использовании механизма платы за риск основным рычагом, управляющем уровнем риска, является цена риска  $\lambda$ , которую устанавливает центр. Тогда целевая функция (1) примет следующий вид:

$$f_i(y_i) = (c_0 - y_1 - y_2)y_i - z(y_i, r_i) - \lambda_i R(y_i, v_i) - v_i. \quad (3)$$

Для максимизации своей прибыли предприятие определяет объем выпускаемой продукции  $y$  и объем средств  $v$ , которые необходимо направить на снижение уровня риска. Следовательно, предприятие решает задачу:

$$c(y_i)y_i - z(y_i, r_i) - \lambda_i R(y_i, v_i) - v_i \rightarrow \max_{(y, v)}. \quad (4)$$

Решение задачи (4) таково. Сначала ищутся частные производные по всем переменным ( $y_1, y_2, v_1, v_2$ ) и приравниваются к нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial y_1} = c_0 - 2y_1 - y_2 - \frac{dz(y_1)}{dy_1} - \lambda_1 \frac{\partial y(y_1, v_1)}{\partial y_1} = 0; \\ \frac{\partial f}{\partial y_2} = c_0 - 2y_2 - y_1 - \frac{dz(y_2)}{dy_2} - \lambda_2 \frac{\partial y(y_2, v_2)}{\partial y_2} = 0; \\ \frac{\partial f}{\partial v_1} = -\frac{dy(y_1, v_1)}{dv_1} - 1 = 0; \\ \frac{\partial f}{\partial v_2} = -\frac{dy(y_2, v_2)}{dv_2} - 1 = 0. \end{cases}$$

Далее решается полученная система уравнений:

$$\begin{cases} c_0 - 2y_1 - y_2 - \frac{y_1}{r_1} - \frac{2\lambda_1 w y_1}{w y_1^2 + \Theta v_1 + T} + \frac{2\lambda_1 w^2 y_1^3}{(w y_1^2 + \Theta v_1 + T)^2} = 0; \\ c_0 - 2y_2 - y_1 - \frac{y_2}{r_2} - \frac{2\lambda_2 w y_2}{w y_2^2 + \Theta v_2 + T} + \frac{2\lambda_2 w^2 y_2^3}{(w y_2^2 + \Theta v_2 + T)^2} = 0; \\ \frac{\lambda_1 w \Theta y_1^2}{(w y_1^2 + \Theta v_1 + T)^2} - 1 = 0; \\ \frac{\lambda_2 w \Theta y_2^2}{(w y_2^2 + \Theta v_2 + T)^2} - 1 = 0. \end{cases}$$

Решение этой системы записывается в виде

$$y_1^* = \frac{r_1 \Theta \left( (2r_2(w - \Theta) - \Theta) \left( c - 2\sqrt{\frac{\lambda_1 w}{\Theta}} \right) + r_2 \Theta \left( c - \sqrt{\frac{\lambda_2 w}{\Theta}} \right) \right)}{r_1 r_2 \Theta^2 - (2r_1(w - \Theta) - \Theta)(2r_2(w - \Theta) - \Theta)};$$

$$y_2^* = \frac{r_2 \Theta \left( (2r_1(w - \Theta) - \Theta) \left( c - 2\sqrt{\frac{\lambda_2 w}{\Theta}} \right) + r_1 \Theta \left( c - \sqrt{\frac{\lambda_1 w}{\Theta}} \right) \right)}{r_1 r_2 \Theta^2 - (2r_1(w - \Theta) - \Theta)(2r_2(w - \Theta) - \Theta)};$$

$$v_1^* = \frac{y_1 \sqrt{\lambda_1 w \Theta} - w y_1^2 - T}{\Theta};$$

$$v_2^* = \frac{y_2 \sqrt{\lambda_2 w \Theta} - w y_2^2 - T}{\Theta}.$$

Величины  $\lambda_1^*$  и  $\lambda_2^*$  найдем из выражений:

$$\frac{\partial v_1^*}{\partial \lambda_1} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{\partial v_2^*}{\partial \lambda_2} = 0.$$

Рассмотрим следующий пример. Пусть  $c = 80$ ,  $w = 0,01$ ,  $\Theta = 0,08$ ,  $T = 0,5$ ,  $r_1 = 50$ ,  $r_2 = 25$ .

Изменение объемов выпущенной продукции и прибыли предприятия в зависимости от цены за риск представлено на рис. 2 и 3.

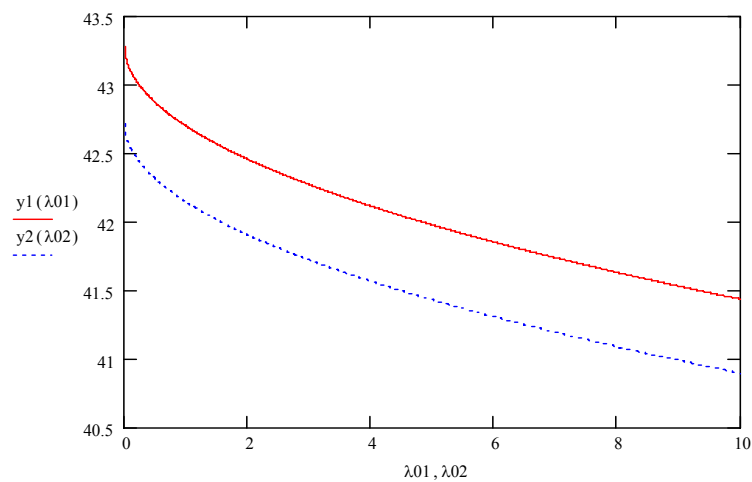


Рис. 2. Зависимость объема выпускаемой продукции от цены за риск

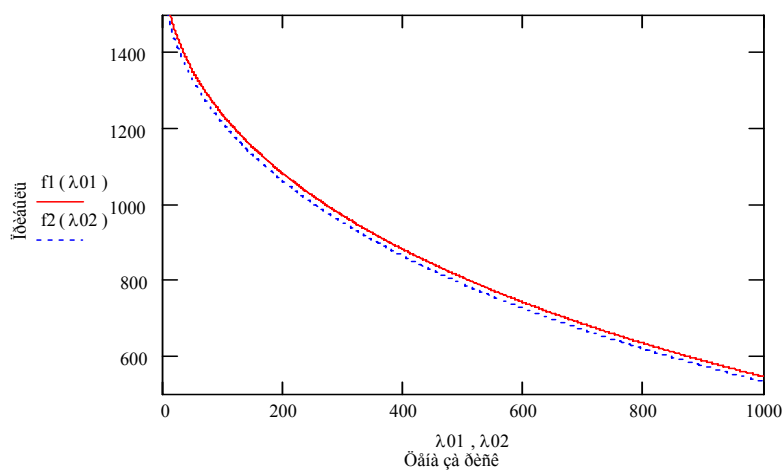


Рис. 3. Зависимость прибыли предприятия от цены за риск

Из рис. 2 и 3 видно, чем выше цена за риск  $\lambda$ , тем ниже объем выпускаемой продукции и, как следствие, прибыль заводов-изготовителей.

Зависимость изменения уровня риска от установленной цены за риск представлена на рис. 4.

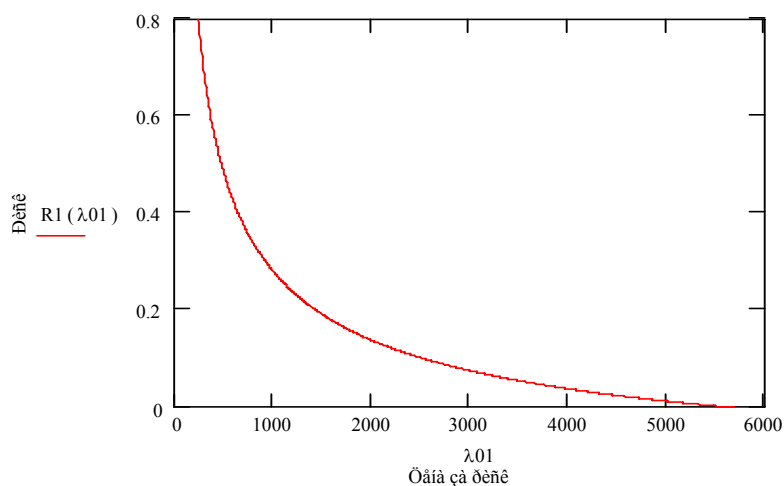


Рис. 4. Изменение уровня риска в зависимости от цены за риск

Таким образом, центр, повышая плату за риск, стимулирует предприятия-изготовителей повышать уровень безопасности производимой продукции – величина риска снижается.

На рис. 5 представлена зависимость выделяемых предприятием средств на поддержание уровня безопасности от цены за риск.

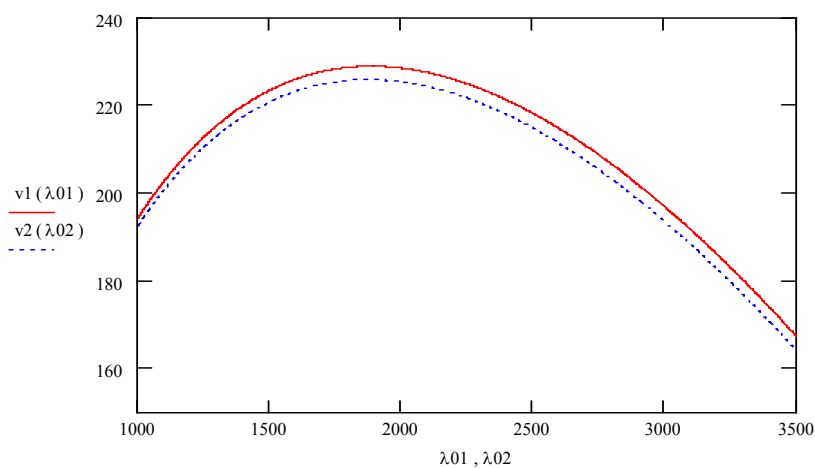


Рис. 5. Изменение средств на поддержание уровня безопасности в зависимости от цены за риск

Из рис. 5 видно, что при установлении центром цены за риск для первого предприятия  $\lambda_1 = 1857,3$  и второго  $\lambda_2 = 1877,9$  максимальный объем

средств, направляемых предприятиями на повышение уровня безопасности продукции, составит  $y_1^* = 18,1$ ;  $y_2^* = 17,7$ ;  $V_1^* = 228,8$ ;  $V_2^* = 225,8$ .

В заключение необходимо отметить, что предложенная оптимизационная модель может быть использована при обосновании экономически целесообразного уровня безопасности выпускаемой продукции.

#### *Литература*

1. Волков А.Н. На основе функциональной стратегии // *Железнодорожный транспорт*. – 2008. – №3. С. 2 – 12.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. *Механизмы управления эколого-экономическими системами* / Под ред. акад. С.Н. Васильева. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2008. – 244 с.
3. Лисенков В.М. *Статистическая теория безопасности движения поездов: Учеб. для вузов*. – М.: ВИНТИ РАН, 1999. – 332 с.
4. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: МПСИ, 2005. – 583 с.