УДК 519
ББК 32.81

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПРОДАЖИ КВОТ

Щепкин А. В.[1]
(*ФГБУН Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва*)

Рассматривается ситуация, когда для обеспечения требуемого уровня безопасности в регионе Центр (руководитель региона) побуждает предприятия (источники риска возникновения чрезвычайных ситуаций) приобретать квоты – разрешения на создание определенного уровня риска. Общий размер квот ограничен. Исследована модель формирования размера продаваемых квот каждому предприятию в случае, когда суммарная заявка на квоты больше, чем общий размер квот. Исследована модель функционирования предприятия в случае, когда предприятие приобретает квоты, а Центр осуществляет проверку соответствия фактического уровня риска на предприятии и того уровня риска, который допускается при полученной квоте.

Ключевые слова: механизм формирования квоты, заявка на квоту, уровень безопасности региона, уровень риска предприятия.

1. Введение

Большая техногенная нагрузка на природную среду, перенос загрязнений на большие расстояния и вызванные этим экологические изменения привели к появлению нового типа комбинированных – природно-техногенных – рисков [5]. В федеральном законе «Об охране окружающей среды» под экологическим риском понимается вероятность наступления собы-

[1] *Александр Васильевич Щепкин, доктор технических наук, профессор* (*sch@ipu.ru*).

тия, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды [6]. Поэтому в дальнейшем под риском или уровнем риска будем понимать вероятность наступления неблагоприятного события, соответственно, под уровнем безопасности будем понимать вероятность того, что неблагоприятное событие не произойдет.

В работах [1, 2] рассмотрены механизмы управления уровнем риска на предприятии и механизмы обеспечения безопасности в регионе. В частности рассмотрены механизм штрафов, механизм платы за риск, механизм финансирования снижения уровня риска, механизм компенсации затрат на снижение уровня риска. Достаточно фрагментарно рассмотрен механизм продажи квот. В [3] квота загрязнения определена как законодательная норма загрязнения, допускаемая для данного предприятия или для страны. В данной работе под квотой понимается максимально допустимый уровень риска для предприятия или региона и, соответственно, минимально допустимый уровень безопасности.

При анализе механизма квот в [1, 2] недостаточно внимания уделялось процедуре формирования заявок на квоты и оценке влияния на функционирование предприятий механизмов контроля за выполнение ими требований, связанных с обеспечение установленного уровня риска. Какой бы размер квот не приобрело предприятие, все равно возникает проблема проверки соответствия фактического уровня и того уровня риска, который допускается при полученной квоте. Проверка соответствия фактического уровня риска запланированному уровню осуществляется Центром – органом, отвечающим за безопасность региона, в котором функционируют предприятия. Кроме того, формирование соответствующих механизмов также возлагается на Центр.

2. Определение размера квоты предприятием

2.1. МОДЕЛЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрим модель функционирования предприятия для случая, когда его потребность в квоте удовлетворяется полностью. При этом будем считать, что механизмом контроля за выполнение предприятием требований, связанных с обеспечение установленного уровня риска, является механизм «сильных» штрафов.

Обозначим, как в [1]: $f(u) = cu - z(u)$ – прибыль предприятия; u – объем продукции, выпускаемой на предприятии; c – цена продукции; $z(u)$ – затраты предприятия на выпуск продукции в объеме u; при этом считаем, что

$$\frac{dz(u)}{du} > 0 \text{ и } \frac{d^2 z(u)}{du^2} > 0;$$

$\hat{x}$ – допустимый уровень риска, установленный для предприятия. Как в [1], будем считать, что уровень риска, вызываемый деятельностью предприятия, или вероятность возникновения ЧС на этом предприятии, зависит от объема выпуска u и объема средств v, направляемых предприятием на совершенствование технологии, на предупреждение возникновения нештатных ситуаций, укрепление производственной и технологической дисциплины. То есть

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

причем

$$\text{(1)} \quad \begin{cases} \omega(0) = \left.\dfrac{d\omega(u)}{du}\right|_{u=0} = 0,\ \theta(0) = T,\ \left.\dfrac{d\theta(v)}{dv}\right|_{v=0} \neq 0, \\ \dfrac{d\omega(u)}{du} > 0, \dfrac{d^2\omega(u)}{du^2} \geq 0, \dfrac{d\theta(v)}{dv} > 0,\ \dfrac{d^2\theta(v)}{dv^2} \leq 0. \end{cases}$$

2.2. АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОДЕЛИ

Если действует механизм «сильных» [7] штрафов, то это приводит к тому, что при максимизации своей прибыли предприятие решает задачу

$$\text{(2)} \quad \begin{cases} f(u) - v \to \max\limits_{(u,v)}, \\ \dfrac{\omega(u)}{\omega(u) + \theta(v)} = \hat{x}. \end{cases}$$

Предположим теперь, что предприятие, стремясь создать более комфортных условий функционирования, может приобрести для себя дополнительную квоту. В рамках рассматриваемой модели под квотой будем понимать некоторый дополнительный уровень риска $\tilde{x}$. В этом случае уровень риска, который не может быть превышен предприятием, определяется величиной $\hat{x}+\tilde{x}$. Если предприятие приобретает квоту по цене λ, то размер квоты, который обеспечивает ему получение максимальной прибыли, может быть определен из решения задачи

$$(3)\quad \begin{cases} f(u)-v-\lambda\tilde{x}\to \max\limits_{(u,v,\tilde{x})}, \\ \dfrac{\omega(u)}{\omega(u)+\theta(v)}=\hat{x}+\tilde{x}. \end{cases}$$

Задача (3) может быть представлена в виде

$$(4)\quad \Psi(u,v)=f(u)-v-\lambda\left(\frac{\omega(u)}{\omega(u)+\theta(v)}-\hat{x}\right)\to \max_{(u,v)}.$$

Пусть u' и v' – решение (4), тогда, в соответствии с [4], для второго дифференциала функции Ψ в точке (u', v') должны выполняться следующие условия:

$$-\frac{d^2z}{du^2}-\lambda\theta\frac{\omega''(\omega+\theta)-2(\omega')^2}{(\omega+\theta)^3}<0,$$

$$(5)\quad -\lambda\omega\frac{\theta''(\omega+\theta)-2(\theta')^2}{(\omega+\theta)^3}\left(\frac{d^2z}{du^2}+\lambda\theta\frac{\omega''(\omega+\theta)-2(\omega')^2}{(\omega+\theta)^3}\right)-$$

$$-\left(\lambda\omega'\theta'\frac{\omega-\theta}{(\omega+\theta)^3}\right)^2>0.$$

Фактически решение (4) находится из решения системы уравнений

$$(6)\quad \begin{cases} F(\lambda,u,v)=c-\dfrac{dz}{du}-\lambda\dfrac{\omega'\theta}{(\omega+\theta)^2}=0, \\ \Phi(\lambda,u,v)=\lambda\omega\dfrac{\theta'}{(\omega+\theta)^2}-1=0. \end{cases}$$

Утверждение 1. Если u' и v' – решение системы (6), то уменьшение цены квоты всегда приводит к увеличению объема выпуска на предприятии.

Доказательство. Для доказательства утверждения достаточно показать, что $\partial u' / \partial \lambda < 0$.

Система (6) задает две функции одной переменной $u'(\lambda)$ и $v'(\lambda)$.

Производная функции $u'(\lambda)$ записывается в виде

(7) $$\frac{du}{d\lambda} = \frac{F_v' \Phi_\lambda' - F_\lambda' \Phi_v'}{F_u' \Phi_v' - F_v' \Phi_u'}.$$

Легко показать, что

$$F_\lambda' = -\frac{\omega' \theta}{(\omega+\theta)^2}, \; \Phi_u' = \lambda \theta' \omega' \frac{\theta - \omega}{(\omega+\theta)^3},$$

$$\Phi_v' = \lambda \omega \frac{\theta''(\omega+\theta) - 2(\theta')^2}{(\omega+\theta)^3}, \; F_v' = -\lambda \omega' \theta' \frac{\omega - \theta}{(\omega+\theta)^3},,$$

$$F_u' = -\frac{d^2 z}{du^2} - \lambda \theta \frac{\omega''(\omega+\theta) - 2(\omega')^2}{(\omega+\theta)^3},, \Phi_\lambda' = \frac{\omega \theta'}{(\omega+\theta)^2}.$$

И поэтому числитель дроби (7) можем записать.

$$F_v' \Phi_\lambda' - F_\lambda' \Phi_v' = \frac{\lambda \omega \omega'}{(\omega+\theta)^5} \left\{ \theta'' \theta (\omega+\theta) - \theta (\theta')^2 - (\theta')^2 \omega \right\}.$$

Из (1) следует, что числитель этой дроби отрицательный. Аналогично, знаменатель дроби (7) может быть представлен в виде

$$F_u' \Phi_v' - F_v' \Phi_u' = -\lambda \omega \frac{\theta''(\omega+\theta) - 2(\theta')^2}{(\omega+\theta)^3} \left(\frac{d^2 z}{du^2} + \lambda \theta \frac{\omega''(\omega+\theta) - 2(\omega')^2}{(\omega+\theta)^3} \right) +$$

$$. + \left[\lambda \omega' \theta' \frac{\omega - \theta}{(\omega+\theta)^3} \right]^2.$$

Сравнивая это выражение с (5) можем утверждать, что знаменатель дроби (7) больше нуля. Это и доказывает утверждение.

Таким образом, уменьшение цены квоты стимулирует увеличение выпуска на предприятии. Но здесь следует заметить, что уменьшение цены квоты приводит к росту выпуска продукции лишь до тех пор, пока квота не достигнет значения

$$\tilde{x} = \frac{\omega^*\left(u^*\right)}{\omega\left(u^*\right) + T} - \hat{x},$$

где u^* – решение задачи $f\left(u\right) \to \max\limits_{u}$.

Естественным допущением является тот факт, что с ростом цены размер квоты, приобретаемой предприятием, падает, т.е. справедливо выражение

$$(8)\quad \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \lambda} < 0.$$

Из утверждения 1 следует, что увеличение цены квоты всегда приводит к увеличению объема средств, направляемых на снижение риска. Действительно, учитывая (3), можем записать

$$(9)\quad \tilde{x} = \frac{\omega\left(u'\right)}{\omega\left(u'\right) + \theta\left(v'\right)} - \hat{x}.$$

Так как u' и v' – решение системы (6), то справедливо выражение

$$\frac{\partial \tilde{x}}{\partial \lambda} = \frac{\theta\omega' \dfrac{\partial u'}{\partial \lambda} - \omega\theta' \dfrac{\partial v'}{\partial \lambda}}{\left(\omega + \theta\right)^2}.$$

А учитывая (8) можно утверждать, что $\partial v' / \partial \lambda > 0$, т.е. увеличение цены квоты приводит к увеличению объема средств, направляемых на снижение риска.

3. Определение Центром размера квоты

Выше была рассмотрена ситуация, когда размер квоты для предприятия был неограничен. Если же в регионе функционируют несколько предприятий и каждое предприятие претендует на получение определенной квоты, то может оказаться, что удовлетворить все предприятия не представляется возможным. Действительно, пусть Центр должен обеспечить уровень безопасности в регионе равный Y. Когда в регионе функционируют n предприятий, и уровень безопасности, связанный с деятельностью i-го предприятия, равен $\left(1-\hat{x}-\tilde{x}_i\right)$, а уровень безопасности всего региона определяется как

$$\prod_{i=1}^{n}\left(1-\hat{x}-\tilde{x}_i\right),$$

то общий объем квот, который Центр может продать предприятиям, определяется из условия

$$Y=\prod_{i=1}^{n}\left(1-\hat{x}-\tilde{x}_i\right).$$

Для продажи квот Центр назначает цену продаж λ, затем предприятия, решая задачу (3), рассчитывают размер квот, которые они хотели бы купить по этой цене. Обозначим через s_i размер заявки на квоту. Эта заявка сообщается в Центр. Если оказывается, что

$$\prod_{i=1}^{n}\left(1-\hat{x}-s_i\right)\geq Y,$$

то Центр продает каждому предприятию квоту в размере $s_i=\tilde{x}_i$. Если же

$$\prod_{i=1}^{n}\left(1-\hat{x}-s_i\right)<Y,$$

то для определения размера квот для каждого предприятия Центр определяет, во сколько раз продаваемая квота будет меньше запрашиваемой. Пусть $h=1-\hat{x}$, тогда задача, которую решает Центр, имеет вид

$$(10)\quad \begin{cases} \sum_{i=1}^{n}\lambda a_i s_i\rightarrow \max\limits_{\{a_i\}}, \\ \prod_{i=1}^{n}\left(h-a_i s_i\right)=Y, \\ 0<a_i\leq 1. \end{cases}$$

Последнее неравенство означает, что при заданной цене предприятию не может продаваться больший размер квоты, чем само предприятие запросило для себя. Другими словами, должно всегда выполняться условие $\tilde{x}_i\leq s_i$.

Решим сначала задачу

$$(11)\quad \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \lambda a_i s_i \to \max\limits_{\{a_i\}}, \\ \prod_{i=1}^{n} \left(h - a_i s_i\right) = Y. \end{cases}$$

Решение (11) можно представить в виде $a_i^{(1)} = (h - Y^{1/n}) / s_i$. Отсюда следует, что все предприятия должны получить одинаковую квоту в размере $\tilde{x}_i = a_i^{(1)} s_i = h - Y^{1/n}$. Если $a_i^{(1)} \le 1$, то решения задач (10) и (11) совпадают. Если же это не так, то для некоторых предприятий может оказаться, что $\tilde{x}_i > s_i$. Не ограничивая общности будем считать, что все заявки на квоты упорядочены по возрастанию, т.е. $s_1 \le s_2 \le \ldots \le s_n$, и существует такое j, что справедливо следующее условие

$$(12)\quad \begin{cases} \tilde{x}_i = s_i, & \text{если } i \le j, \\ \tilde{x}_i = a_i^{(1)} s_i = h - \left[Y \Big/ \prod_{i=1}^{j} \left(h - s_i\right) \right]^{1/(n-j)}, & \text{если } i > j. \end{cases}$$

Утверждение 2. Если все заявки на квоты упорядочены по возрастанию и справедливо (12), то решение (10) имеет вид

$$(13)\quad \begin{cases} a_i = 1, & \text{если } i \le j, \\ a_i = \dfrac{1}{s_i} \left(h - \left[Y \Big/ \prod_{i=1}^{j} \left(h - s_i\right) \right]^{1/(n-j)} \right), & \text{если } i > j. \end{cases}$$

Доказательство. Пусть $\hat{a}_i$ – решение задачи (10) и это решение не совпадает с (13). Тогда, очевидно, должно выполняться неравенство

$$\sum_{i=1}^{n} \hat{a}_i s_i > \sum_{i=1}^{j} s_i + (n - j) \left[h - \left(Y \Big/ \prod_{i=1}^{j} \left(h - s_i\right) \right)^{1/(n-j)} \right].$$

Перепишем это неравенство в виде

(14) $$\sum_{i=1}^{j}\left(h-s_i\right)+\left(n-j\right)\left(\frac{Y}{\prod_{i=1}^{j}\left(h-s_i\right)}\right)^{\frac{1}{n-j}}>\sum_{i=1}^{j}\left(h-\hat{a}_i s_i\right)+\sum_{i=j+1}^{n}\left(h-\hat{a}_i s_i\right)\cdot$$

Так как выполняется условие

$$\prod_{i=1}^{n}\left(h-\hat{a}_i s_i\right)=Y,$$

то легко определить минимальное значение

$$\sum_{i=j+1}^{n}\left(h-\hat{a}_i s_i\right),$$

которое равно

$$\left(n-j\right)\left(Y\Big/\prod_{i=1}^{j}\left(h-\hat{a}_i s_i\right)\right)^{1/(n-j)}.$$

Поэтому, если справедливо (14), тем более справедливо

(15) $$\frac{\sum_{i=1}^{j}\left(h-s_i\right)}{n-j}+\left(\frac{Y}{\prod_{i=1}^{j}\left(h-s_i\right)}\right)^{\frac{1}{n-j}}>\frac{\sum_{i=1}^{j}\left(h-\hat{a}_i s_i\right)}{n-j}+\left(\frac{Y}{\prod_{i=1}^{j}\left(h-\hat{a}_i s_i\right)}\right)^{\frac{1}{n-j}}.$$

Пусть $p_i = h-\hat{a}_i s_i$ и $q_i = h-s_i$, очевидно, что

(16) $q_1 \geq q_2 \geq \ldots \geq q_n$.

В силу того, что $\hat{a}_i \leq 1$, имеем $p_i - q_i = s_i\left(1-\hat{a}_i\right)\geq 0$, или $p_i \geq q_i$, $i = 1, \ldots, j$. Поэтому (15) можно переписать в виде

(17) $$\sum_{i=1}^{j} q_i \Big/ \left(n-j\right)+\left(Y\Big/\prod_{i=1}^{j} q_i\right)^{\frac{1}{n-j}}>\sum_{i=1}^{j} p_i \Big/ \left(n-j\right)+\left(Y\Big/\prod_{i=1}^{j} p_i\right)^{\frac{1}{n-j}},$$

причем $\prod_{i=1}^{n} p_i = \prod_{i=1}^{n} q_i = Y$.

Покажем, что

$$q_j > \left(Y\Big/\prod_{i=1}^{j} q_i\right)^{1/(n-j)}.$$

Действительно, из

$$\prod_{i=1}^{n} q_i = Y$$

имеем

$$\prod_{i=1}^{j} q_i \prod_{i=j+1}^{n} q_i = Y,$$

и так как справедливо (16), то

$$q_j^{n-j} \prod_{i=1}^{j} q_i \ge Y \text{, или } q_j \ge \left(Y \Big/ \prod_{i=1}^{j} q_i \right)^{1/(n-j)}.$$

Обозначим $\chi = \left(Y \Big/ \prod_{i=1}^{j} q_i \right)^{1/(n-j)}$, тогда

$$(18)\quad \begin{cases} q_j = \delta_j \delta_j \chi, \\ q_{j-1} = \delta_{j-1} q_j = \delta_j \delta_{j-1} \chi, \\ q_{j-2} = \delta_{j-2} q_{j-1} = \delta_j \delta_{j-1} \delta_{j-2} \chi, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ q_i = \delta_i q_{i+1} = \delta_j \delta_{j-1} \delta_{j-2} \ldots \delta_{i+1} \delta_i \chi = \chi \prod_{k=i}^{j} \delta_k, \\ p_i = \varepsilon_i q_i = \varepsilon_i \chi \prod_{k=i}^{j} \delta_k; \end{cases}$$

при этом $\varepsilon_i \ge 1$ и $\delta_j \ge 1$. Учитывая (18), можно записать $\sum_{i=1}^{j} q_i = \chi \sum_{i=1}^{j} \prod_{k=i}^{j} \delta_k$, $\sum_{i=1}^{j} p_i = \chi \sum_{i=1}^{j} \varepsilon_i \prod_{k=i}^{j} \delta_k$. Из того факта, что $\chi = \left(Y \Big/ \prod_{i=1}^{j} q_i \right)^{1/(n-j)}$, следует $\left(Y \Big/ \prod_{i=1}^{j} p_i \right)^{\frac{1}{n-j}} = \chi \left(\prod_{i=1}^{j} q_i \Big/ \prod_{i=1}^{j} p_i \right)^{\frac{1}{n-j}}$.

А в силу того, что

$$\prod_{i=1}^{j} p_i = \chi^j \delta_1 \delta_2^2 \delta_3^3 \ldots \delta_j^j \prod_{i=1}^{j} \varepsilon_i \text{ и } \prod_{i=1}^{j} q_i = \chi^j \delta_1 \delta_2^2 \delta_3^3 \ldots \delta_j^j,$$

неравенство (17) можно записать в виде

$$\left(n-j\right)\left[1-1\Big/\left(\prod_{i=1}^{j}\varepsilon_i\right)^{1/(n-j)}\right] > \sum_{i=1}^{j}\left(\varepsilon_i-1\right)\prod_{k=i}^{j}\delta_k \,.$$

Так как $\prod_{k=i}^{j}\delta_k > 1$, тем более должно быть справедливым выражение

$$\left(n-j\right)\left[1-1\Big/\left(\prod_{i=1}^{j}\varepsilon_i\right)^{1/(n-j)}\right] > \sum_{i=1}^{j}\left(\varepsilon_i-1\right).$$

Перепишем это неравенство в виде

$$\left(n-j\right)\left[1-1\Big/\left(\prod_{i=1}^{j}\varepsilon_i\right)^{1/(n-j)}\right] > j\sum_{i=1}^{j}\varepsilon_i\Big/j-j \,.$$

Известно, что среднее арифметическое больше или равно среднему геометрическому, поэтому должно выполняться неравенство

$$\left(n-j\right)\left[1-1\Big/\left(\prod_{i=1}^{j}\varepsilon_i\right)^{1/(n-j)}\right] > j\left(\prod_{i=1}^{j}\varepsilon_i\right)^{1/j}-j \,.$$

Обозначим $\left(\prod_{i=1}^{j}\varepsilon_i\right)^{1/(n-j)}=W$, тогда последнее неравенство можно переписать в виде $(W-1)\,n\,/\,j > W^{n/j}-1$, но это неравенство противоречит неравенству Бернулли, и это противоречие доказывает утверждение.

Таким образом, доказано неравенство

$$\sum_{i=1}^{j}q_i\Big/j+\frac{n-j}{j}\left(\prod_{i=j+1}^{n}q_i\right)^{1/(n-j)} \le \sum_{i=1}^{j}p_i\Big/j+\frac{n-j}{j}\left(\prod_{i=j+1}^{n}p_i\right)^{1/(n-j)}.$$

Следствие. Если для двух рядов $\{p_i\}$ и $\{q_i\}$, $i = 1, \ldots, n$, выполняется (16), $\prod_{i=1}^{n}p_i=\prod_{i=1}^{n}q_i=Y$ и существует такое j, что $p_i \ge q_i$, $i = 1, \ldots, j$, то сумма среднего арифметического значения первых j членов ряда и среднего геометрического значения остальных

$n-j$ членов ряда $\{p_i\}$, умноженная на коэффициент $(n-j)/j$, больше аналогичной суммы для ряда $\{q_i\}$.

4. Заключение

Таким образом, определение Центром размера продаваемой квоты предприятиям региона заключается в упорядочивании заявок на квоты по возрастанию, а затем в определении такого номера j, для которого выполняется условие

$$\prod_{i=1}^{j}\left(h-s_i\right)\times\left(h-\left[\prod_{i=j+1}^{n}\left(h-s_i\right)\right]^{1/(n-j)}\right)^{(n-j)}=Y\ .$$

Теперь, зная значение j, квоту для каждого предприятия можно рассчитать в соответствии с процедурой (12).

Литература

1. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИН А.В. *Механизмы управления эколого-экономическими системами*. – М.: Физматлит, 2008. – 243 с.
2. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИН А.В. *Модели и механизмы управления эколого-экономическими системами* // Проблемы управления. – 2009. – №1. – С. 2–7.
3. ДЕДЮ И.И. *Экологический энциклопедический словарь*. – Кишинев: Гл. ред. Молдавской советской энциклопедии, 1990. – 408 с.
4. ИЛЬИН В.А., САДОВНИЧИЙ В.А., СЕНДОВ Бл.Х. *Математический анализ*. – М.: Наука, 1979. – 720 с.
5. ПОРФИРЬЕВ Б.Н. *Экономическое развитие и чрезвычайные ситуации: мир и современная Россия* // Российский экономический журнал. – 2003. – №5–6. – С. 44–55.
6. *Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»*.
7. ЩЕПКИН Д.А. *Штрафы при управлении уровнем риска на предприятии* // Управление большими системами. – 2004. – №9. – С. 220–231.

ANALYSIS OF A QUOTA TRADING MECHANISM

Alexander Shchepkin, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Sciences (Eng.), Professor (sch@ipu.ru).

Abstract: *We study the model of regional environmental safety, when a Principal* (*the local government*) *sales environmental risk quotas to enterprises being the source of potential ecological danger. The total volume of risk quotas is limited. We suggest a quota assignment mechanism for the case when the total volume of bids exceeds the predefined total quota volume. We study the model when enterprises bye the quotas while a Principal performs monitoring of a real safety level in production and compares it with quotas sold.*

Keywords: The formation mechanism of the quota, requisition for the quota, the level of security in the region, the level of risk of the enterprise.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Д.А. Новиковым

Поступила в редакцию 04.02.2015.
Опубликована 31.05.2015.