

УДК 351

**ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСНЫХ ЗАТРАТ
С УЧЕТОМ УГРОЗ ВНЕШНИХ СРЕД**

С.В. СОЛОВЬЁВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 12 марта 2007*

Рассматривается решение актуальной задачи оптимизации интенсивности ресурсного управления (интенсивности ресурсных затрат) с учетом случайных возмущающих факторов, включая конкурентные факторы и рыночное регулирование. В основу методики оптимизации положена обобщенная феноменологическая модель и соответствующая ей математическая модель — структурная схема предприятия как системы организационного управления. Критерием оптимизации выбран практически значимый с точки зрения эффективности выполнения базовых функций управления (планирование, организация, мотивация и контроль) минимум целевых отклонений — целевых рассогласований. Решение задачи сведено к нахождению оптимального значения интенсивности ресурсного управления, минимизирующего целевые рассогласования с учетом интенсивности возмущений менеджмента. Показано, что оптимальное значение интенсивности ресурсных затрат определяется условиями рыночной деятельности предприятия, формализованными через отношение цель/риск.

Ключевые слова: интенсивность ресурсных затрат, случайные возмущающие факторы, целевая функция, целевое рассогласование, отношение цель/риск.

Постановка задачи

В большинстве литературных источников по решению оптимизационных экономических задач рассматривается классическая постановка минимаксной задачи получения максимальной прибыли при минимальных ресурсных затратах. При этом, как правило, задача решается в детерминированной постановке без учета рисков возмущений как случайных факторов [1].

В отличие от классических постановок оптимизационных задач в настоящей работе рассматривается оптимизация интенсивности ресурсного управления (интенсивности ресурсных затрат) с учетом случайных возмущающих факторов включая конкурентные факторы и рыночное регулирование (колебание спроса и предложения). В основу методики оптимизации положена обобщенная феноменологическая модель и соответствующая ей математическая модель — структурная схема предприятия как системы организационного управления (СОУ), введенные и описанные в [2–5]. Критерием оптимизации выбран практически значимый с точки зрения эффективности выполнения базовых функций управления (планирование, организация, мотивация и контроль) минимум целевых отклонений — целевых рассогласований. Приведен пример и методика решения оптимизационной задачи для линейно-нарастающей во времени целевой функции и динамически согласованного с ней типового закона ресурсного управления по "скорости" изменения целевой функции. Решение задачи сведено к нахождению оптимального значения интенсивности ресурсного управления, минимизирующего целевые рассогласо-

вания с учетом интенсивности возмущений менеджмента. Показано, что оптимальное значение интенсивности ресурсных затрат определяется условиями рыночной деятельности предприятия, формализованными через отношение цель/риск.

Этапы решения

1. Ситуационная идентификация рыночной деятельности предприятия (ситуационная феноменологическая модель).

1.1. Постановка задачи на принятие решения по оптимальному управлению ресурсами корректна для номинального (нормального) линеаризованного режима работы предприятия в отсутствие кризисной ситуации.

1.2. Рассмотрим ситуацию ограниченного обобщенного ресурса предприятия (совокупности материальных, включая финансовые, и трудовых ресурсов), участвующего в производстве продукции и определяющего показатели – критерии рыночной деятельности (их планируемые и реализуемые через рынок значения и динамику изменения во времени).

1.3. В ситуационных условиях ограниченного, но достаточного количества ресурсов примем линейно-нарастающую динамику изменения целевой функции, например, планируемой прибыли, со скоростью V увеличения в процессе рыночной деятельности предприятия.

1.4. Рисковые ситуационно-условные возмущающие факторы внешних сред (угрозы деятельности предприятия) объединим по множеству их возможных проявлений в одно обобщенное возмущение, информационно искажающее процесс измерения целевого рассогласования при выполнении функции "контроль".

Например, составляющими обобщенного возмущения могут быть:

ситуационно-условные погрешности в измерении целевых рассогласований службами контроля предприятия (выбор методик и расчет реальной прибыли, соотнесение ее с запланированными значениями на моменты времени контроля);

информационные искажения, обусловленные информационным противодействием со стороны конкурентов;

погрешности информационно-управленческих прогнозов в эластичности конкурентных рыночных сред как реакции на взаимозависимое поведение предприятия и его конкурентов на контролируемых рыночных сегментах, в частности, связанные с эпизодическим повышением конкурентоспособности товара в соответствии с выбранными рыночными стратегиями (конкурентная — "без войны", диверсификационная и др.)

2. Формализация организационно-ресурсного управления (формализованная — математическая ресурсно-управленческая модель деятельности предприятия).

2.1. Выбор закона ресурсного управления.

Для рассматриваемой ситуации ограниченного ресурса предприятия с линейной динамикой целевой функции и номинальным режимом работы выбираем типовой закон ресурсного управления, предусматривающий расход ресурсов (ресурсные затраты) по измеренному целевому рассогласованию с учетом скорости изменения целевой функции во времени (ТЗРУ 2 по классификации, приведенной в [4, 5]). Для получения наглядного аналитического решения сформулированной задачи примем информационно-усеченный вид ТЗРУ 2 [4].

При принятом законе ресурсного управления результаты деятельности предприятия — выход математической модели, в установившемся режиме моделирования формируются в форме линейно-нарастающего во времени процесса, отслеживающего целевую функцию с постоянным целевым рассогласованием, отличным от нуля. Величина целевого рассогласования является критерием эффективности целевой (функциональной) деятельности предприятия (например, рассогласование по прибыли как разность между запланированным ее значением и реально полученным по результатам рыночной деятельности предприятия на момент контроля).

Возмущения внешней среды искажают процессы управления под заданную целевую функцию и, как следствие, результаты деятельности предприятия. При этом они вносят дополнительное по отношению к целевому рассогласованию рассогласование по возмущению.

2.2. Структура формализованной модели ресурсно-управленческой деятельности предприятия.

На основании [4] выбираем математическую модель в форме структурной схемы, соответствующую постановке задачи и ситуационному анализу.

Критерием эффективности ресурсного управления предприятием является суммарный критерий целевого рассогласования и рассогласования по возмущению, учитывающий динамику (инерционность) ресурсного управления под заданную целевую функцию и искажающее влияние внешних сред.

2.3. Формализация критерия эффективности ресурсного управления предприятием.

Обозначим целевое рассогласование r_x , а рассогласование по возмущению — r_v .

Заметим, что с учетом случайного характера обобщенного рискованного возмущения рассогласование по возмущению r_v характеризуется дисперсией D_{rv} [4].

Целевое рассогласование r_x имеет линейные единицы измерения (например, рассогласование по прибыли, выраженное в принятых денежных единицах). Дисперсия рассогласования по возмущению D_{rv} имеет (по определению) квадратичные единицы измерения. Поэтому выберем квадратичный критерий эффективности Q ресурсного управления предприятием, формализуемый в виде

$$Q = r_x^2 + D_{rv}. \quad (1)$$

Для принятой математической ресурсной модели управления предприятием с ТЗРУ 2 составляющие критерия (1) в установившемся режиме работы модели равны

$$r_x = \frac{\Delta_1 x}{K}, \quad (2)$$

где $\Delta_1 x = VT_{II} = V_0$,

характеризует "скорость" изменения целевой функции, т.е. интенсивность ее изменения во времени с интервалом планирования (контроля) T_{II} :

$$K = K_r K_{py},$$

где K — коэффициент прямой цепи модели; K_r — коэффициент преобразования измерителя целевого рассогласования, реализуемого, например, в форме методик оперативного контроля рассогласования по прибыли предприятия; K_{py} — коэффициент преобразования (параметр) ТЗРУ 2, характеризующий интенсивность использования всех видов ресурсов при выбранном законе ресурсного управления во времени (в динамике) [4];

$$D_{rv} = \frac{K_{py}}{K_r(2-K)} N_v, \quad (3)$$

где N_v — интенсивность — дисперсия рискованных возмущений [4].

С учетом составляющих (2) и (3) критерий (1) запишется в виде

$$Q = \frac{(\Delta_1 x)^2}{K_r^2 K_{py}^2} + \frac{K_{py}}{K_r(2-K_r K_{py})} N_v. \quad (4)$$

2.4. Обоснование корректности постановки задачи по оптимизации интенсивности использования ресурсов — параметра K_{py} и определения его оптимального значения $K_{py\ opt}$.

Из анализа критериальной функции $Q(K_{py})$ следует, что параметр-аргумент K_{py} находится по составляющим критерия в противоположных зависимостях (обратно или пропорциональной). Следовательно, критериальная функция (4) не является монотонной, имеет выраженный минимум (минимальное суммарное рассогласование), соответствующий ситуационно-наилучшей (оптимальной) интенсивности использования ресурсов предприятия [4].

Таким образом, оптимизационная постановка задачи на ресурсное управление является корректной.

2.5. Определение оптимального значения интенсивности ресурсного управления $K_{py\ opt}$.

Определим $K_{py\ opt}$ из условия минимума критерия (4) по критериальному уравнению

$$\frac{\partial Q(K_{py})}{\partial K_{py}} = 0. \quad (5)$$

Запишем критериальное уравнение (5) в явном виде, взяв частные производные по аргументу K_{py} у каждого слагаемого, воспользовавшись правилом взятия производных "от дроби".

$$\frac{\partial Q(K_{py})}{\partial K_{py}} = 0 \rightarrow -\frac{(\Delta_1 x)^2}{K_r^2 K_{py}^3} + \frac{2N_v}{K_r(2 - K_r K_{py})^2} = 0. \quad (6)$$

Введем отношение цель/риск

$$q = \frac{(\Delta_1 x)^2}{N_v}.$$

Поделив обе части (6) на N_v , получим

$$-\frac{q}{K_r^2 K_{py}^3} + \frac{2}{K_r(2 - K_r K_{py})^2} = 0. \quad (7)$$

Умножив обе части (7) на K_r , имеем

$$-\frac{q}{K_r K_{py}^3} + \frac{2}{(2 - K_r K_{py})^2} = 0. \quad (8)$$

Запишем (8) в форме численного (графического) решения уравнения для определения $K_{py\ opt}$

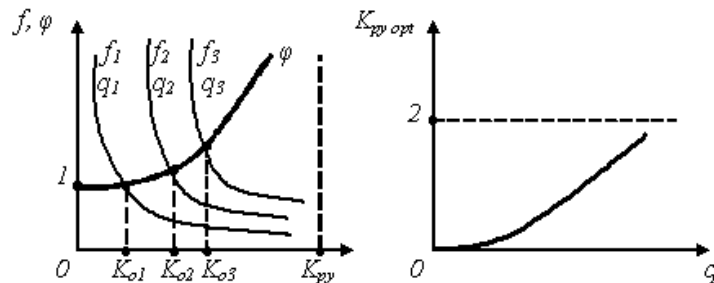
$$\frac{q}{K_r K_{py}^3} = \frac{2}{(2 - K_r K_{py})^2}, \quad (9)$$

где

$$0 < K_{py} < 2, \text{ при } K_r = 1, \quad (10)$$

по условиям устойчивости [3].

Изобразим на рисунке вид решения (9) относительно $K_{py\ opt}$ с учетом условий (10), обозначив левую часть $\frac{q}{K_r K_{py}^3} = f(K_{py})$, правую — $\frac{2}{(2 - K_r K_{py})^2} = \varphi(K_{py})$, $K_r = 1$.



$$\begin{aligned} K_{o1} &= K_{py\ opt1}, \\ K_{o2} &= K_{py\ opt2}, \\ K_{o3} &= K_{py\ opt3} \end{aligned}$$

a

б

Зависимость оптимальной интенсивности использования ресурсов от отношения цель/риск

На рис. *a* зависимость $f(K_{py})$ параметризована по параметру q — отношению цель/риск ($q_1 > q_2 > q_3$).

Из рис. *б* (построенного на основании рис. *a*), следует, что оптимальная интенсивность использования ресурсов, минимизирующая квадратичный критерий эффективности управления с учетом возмущающих факторов, монотонно возрастает с увеличением отношения цель/риск q .

Заметим, что постановка задачи по определению $K_{py\ opt}$ корректна при относительно малой интенсивности возмущений (рисков), т.е. при относительно больших значениях $q > 1$.

Рассмотрим аналитическое решение уравнения (8) относительно $K_{py\ opt}$ с учетом условия (10):

$$-\frac{q}{K_{py}^3} + \frac{2}{(2 - K_{py})^2} = 0, \quad (11)$$

где примем

$$q > 1, \quad (12)$$

и учтем, что $0 < K_{py} < 2$.

Запишем (13) в форме кубического уравнения

$$2K_{py}^3 - qK_{py}^2 + 4qK_{py} - 4q = 0. \quad (13)$$

Найдем решение уравнения (13) для действительного корня $K_{py\ opt}$ с использованием формулы Кардано

$$K_{py\ opt} = A + B, \quad (14)$$

где

$$A = \sqrt[3]{-\frac{m}{2} + \sqrt{M}}, \quad B = \sqrt[3]{-\frac{m}{2} - \sqrt{M}}, \quad (15)$$

$$M = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{m}{2}\right)^2. \quad (16)$$

В соотношениях (15) и (16) искомые m и p выражаются через коэффициенты уравнения (13)

$$p = -\frac{1}{3}\left(\frac{q}{2}\right)^2 + 2q, \quad m = -2\left(\frac{q}{6}\right)^3 + \frac{q^2}{3} - 2q. \quad (17)$$

Определим область изменения задаваемого параметра q — отношения цель/риск, соответствующую условиям (10) устойчивости принятой модели ресурсного управления по параметру $K_{py\ opt}$.

Примем нижнее значение $K_{py\ opt} = 0,1$, а верхнее $K_{py\ opt} = 1,9$, т.е. $0,1 \leq K_{py\ opt} \leq 1,9$.

Для определения границ изменения ситуационно-задаваемого параметра q воспользуемся уравнением (11), выразив из него в явном виде отношение цель/риск q :

$$q = 2K_{py}^3 / (2 - K_{py})^2. \quad (18)$$

Подставив в выражение (18) $K_{py} = 0,1$, получим нижнюю границу параметра q . Значению $K_{py} = 1,9$ соответствует верхняя граница искомого параметра q

$$\left[2/(1,9)^2\right] \cdot 10^{-3} \leq q \leq 2(1,9)^3 \cdot 10^2.$$

С учетом корректности постановки задачи ресурсной оптимизации (12) ограничим область изменения параметра q на интервале

$$1 < q < 10^3. \quad (19)$$

Малые интервальные оценки (19) параметра q соответствуют рискованным ситуациям ресурсного управления, большие — управлению при малых рисках.

Для примера получения численной оценки $K_{py\ opt}$ по соотношениям (14)–(17) выберем значение параметра $q=3$, соответствующее управлению ресурсами предприятия в рискованной ситуации $1 < q < 10$.

Для $q=3$ параметры p и m (17) равны

$$p = -1/3(3/2)^2 + 6 = 6 - 3/4 = 21/4, \quad (20)$$

$$m = -2(1/2)^3 + 3 - 6 = -1/4 - 3 = -13/4. \quad (21)$$

Подставив найденные значения p и m (20), (21) в выражение (16), вычислим параметр M :

$$M = (21/12)^3 + (13/8)^2 = (1,75)^3 + (1,63)^2 = 5,4 + 2,7 = 8,1. \quad (22)$$

Определим параметры A и B (15) по найденным значениям m (21) и M (22):

$$A = \sqrt[3]{13/8 + \sqrt{8,1}} = \sqrt[3]{1,6 + 2,9} = \sqrt[3]{4,5} = 1,65,$$

$$B = \sqrt[3]{13/8 - \sqrt{8,1}} = \sqrt[3]{1,6 - 2,9} = \sqrt[3]{-1,3} = -\sqrt[3]{1,3} = -1,1.$$

Подставив найденные параметры A и B в выражение (14) для оптимальной интенсивности управления ресурсами предприятия в рискованной ситуации, получим

$$K_{py\ opt} = 1,65 - 1,1 = 0,55.$$

Заключение

1. При эффективной организации функции контроля оптимальная интенсивность управления ограниченными ресурсами предприятия определяется ситуационно-оцениваемым параметром — отношением цель/риск q . Для моделирования ситуаций практической деятельности ресурсного управления на предприятии целесообразно ввести три возможных случая:

- больших рисков — $0,1 < q < 10$,
- средних рисков — $10 < q < 10^2$,
- малых рисков — $10^2 < q < 10^3$.

2. Численные значения оптимальной интенсивности ресурсного управления должны выбираться с учетом условий устойчивости модели деятельности предприятия, учитывающей функцию "контроль" за счет организации отрицательной обратной связи.

3. Найденное значение оптимальной интенсивности ресурсного управления является определяющим параметром структурной схемы модели и уравнений ее динамики, доставляющим минимальное значение прогнозируемому критерию эффективности управления, учитывающему параметры запланированного изменения целевой функции и интенсивности рисков.

4. С уменьшением интенсивности рисков значение оптимальной интенсивности ресурсного управления $K_{py\ opt}$ увеличивается. В рассмотренной ситуации больших рисков оно меньше единицы, т.е. не совпадает с оптимальным значением интенсивности ресурсного управления, найденным по критерию максимального быстрогодействия модели ($K_o=1$), соответствующего условиям бесконечной степени устойчивости [4].

5. Оптимизационное значение интенсивности ресурсного управления (ресурсных затрат) может быть использовано не только формально для синтеза параметров математической модели предприятия как системы организационного управления, но и для формулирования оптимальных требований к обобщенной по всем составляющим конкурентоспособности предпри-

ятия в условиях ресурсных ограничений (существенно ограниченные, ограниченные, условно-ограниченные) для соответственно запланированного типового закона ресурсного управления.

THE DYNAMIC ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF RESOURCE EXPENSES IN VIEW OF ENVIRONMENTAL THREATS

S.V. SOLOVYEVA

Abstract

It is considered a decision of an actual problem of optimization of intensity of resource management (intensity of resource expenses) in view of casual revolting factors including competitive factors and market regulation. The generalized phenomenological model and mathematical model that corresponds it is put in a basis of a technique of optimization — the block diagram of the enterprise as systems of organizational management. By criterion of optimization it is chosen practically significant from the point of view of efficiency of performance of base functions of management (planning, the organization, motivation and the control) a minimum of target deviations — target mismatches. The decision of a problem is shown to a finding of optimum value of intensity of resource management minimizing target mismatches in view of intensity of indignations of management. It is shown, that optimum value of intensity of resource expenses is defined by conditions of market activity of the enterprise, formalized through the purpose/risk attitude.

Литература

1. Кузнецов В.П., Абрамович А.О., Новикова Н.В. Экономико-математические методы и модели. Минск, 2006.
2. Кузнецов А.П., Соловьева С.В. // Докл. БГУИР. 2005. Т. 4, № 1. С. 119–124.
3. Соловьева С.В. // Докл. БГУИР. 2006. № 3 (15). С. 154–161.
4. Ганэ В.А., Соловьева С.В. Основы теории управления: теория систем и системного анализа. Минск, 2004.
5. Ганэ В.А., Соловьева С.В. Теоретические основы менеджмента: факторный анализ и эффективность управления. Минск, 2006.