

УДК 517.977.5

М.И. Гераськин, В.В. Егорова

Самарский национальный исследовательский
университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ОПТИМИЗАЦИИ ФИНАНСОВОГО ЦИКЛА
ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Разработана экономико-математическая модель (ЭММ) оптимизации финансового цикла. Выбран состав критериев оптимальности. Сформирован комплекс ограничений. Разработан алгоритм расчета заказа ресурсов для минимизации длительности цикла.

Ключевые слова: финансовый цикл, оптимизация по Парето, период оборота, дебиторская и кредиторская задолженности.

M.I. Geras'kin, V.V. Egorova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

**ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL
OF OPTIMIZATION THE FINANCIAL CYCLE
IN MACHINE-BUILDING ENTERPRISES**

The problem of optimization of inventory in machine-building enterprises is considered. An economic-mathematical model for optimizing the financial cycle is developed, the composition of the optimal criteria is selected, a set of constraints is formed, an algorithm for calculating the order of resources is developed to minimize the cycle time.

Keywords: financial cycle, Pareto optimization, turnover period, accounts receivable and accounts payable.

Введение

Проблема оптимизации производственной программы промышленного предприятия в условиях циклической динамики конъюнктуры спроса на рынках товаров и факторов актуальна и востребована в современных условиях. Особое значение эта проблема приобретает для промышленных предприятий, продукция которых выступает в качестве ресурсов производства товаров конечного потребления,

т.е. спрос на продукцию которых является производным, что характерно для отрасли машиностроения. Основным количественным показателем циклической динамики производства является продолжительность финансового цикла, которая показывает степень эффективности использования оборотных средств предприятия, в связи с этим определение оптимального значения данного показателя представляется особенно важным.

1. Постановка задачи оптимизации заказов ресурсов по критерию финансового цикла

Для расчета финансового цикла будем применять следующую математическую модель: рассматривается задача оптимального планирования производственных ресурсов в бизнес-процессе фирмы по критерию, характеризующему временную эффективность:

$$\min F_1(u), \quad (1)$$

где F_1 – длительность финансового цикла фирмы.

Матрица управления включает в себя объемы заказов (предъявлений требований к поставке или оплате) ресурсов на различных стадиях производственного процесса:

$$u = \{u_i^j, i = 1, \dots, 5, j = 1, \dots, J_i\}. \quad (2)$$

В качестве ресурсов исследуются такие виды (обозначены индексом i), как материалы, незавершенное производство (НЗП), готовая продукция, средства в расчетах, кредиторская задолженность, номенклатура которых обозначена индексом j .

Приведем базовую формулу финансового цикла:

$$F_1(u) = \frac{T}{C(u)} \sum_{i=1}^3 \bar{u}_i + \frac{T}{R(u)} \bar{u}_4 - \frac{T}{R(u)} \bar{u}_5, \quad (3)$$

где T – продолжительность периода (в днях); R, C – выручка и себестоимость продаж за период; \bar{u}_i – средние остатки ресурсов за период.

Средние остатки ресурсов за период определяются по формуле

$$\bar{u}_i = \frac{u_i^0 + u_i^T}{2}, i = 1, \dots, 5.$$

С учетом соотношений балансов [1]

$$u_1 = u_1^T - u_1^0 + u_2, \quad (4)$$

$$u_2 = u_2^T - u_2^0 + u_3 - P, \quad (5)$$

$$u_3 = u_3^T - u_3^0 + C, \quad (6)$$

$$u_4 = u_4^T - u_4^0 + g, \quad (7)$$

$$u_5 = u_5^T - u_5^0 + d. \quad (8)$$

Средние остатки ресурсов определяются в виде

$$\bar{u}_1 = u_1^0 + \frac{u_1 + u_2}{2}, \quad \bar{u}_2 = u_2^0 + \frac{u_2 + P - u_3}{2}, \quad \bar{u}_3 = u_3^0 + \frac{u_3 - C}{2},$$

$$\bar{u}_4 = u_4^0 + \frac{u_4 - g}{2}, \quad \bar{u}_5 = u_5^0 + \frac{u_5 - d}{2},$$

где u_i, u_i^T – остатки ресурсов на конец периода T .

Полагаем средства в расчетах с дебиторами численно равными вырубке фирмы за отгруженную продукцию:

$$R(u) = u_4.$$

Критерий эффективности определяется по формуле

$$F_1(u) = \frac{T}{C(u)} \left(u_{\Sigma}^0 + \frac{u_1 + P(u) - C(u)}{2} \right) +$$

$$+ \frac{T}{R(u)} \left(u_4^0 + \frac{R(u) - g(u)}{2} \right) - \frac{T}{R(u)} \left(u_5^0 + \frac{u_5 - d(u)}{2} \right), \quad (9)$$

где $u_i^0, i = 1, \dots, 5$ – остатки ресурсов (материалов, НЗП, готовой продукции, средств в расчетах, кредиторской задолженности соответственно) на начало периода; P – нематериальные производственные расходы за период (расходы на оплату труда, социальные отчисления, амортизация и прочие расходы); g – денежный поток от покупателей за период, т.е. погашенная дебиторская задолженность; d – погашенная кредиторская задолженность.

Поскольку выражение цикла (3) включает в себя в качестве аргумента в явном виде объем заказов материальных ресурсов u_1 , предста-

вим функции нематериальных расходов, издержек и выручки также в зависимости от этого аргумента, что позволит свести задачу многомерной оптимизации (1) к оптимизации функций одной переменной u_1 . Для этого предположим наличие устойчивых взаимосвязанных трендов динамики объемов заказов на продукцию фирмы и объемов заказов ресурсов на различных стадиях производства в виде функций материалоемкости производства $P(u_1), P'_{u_1}(u_1) > 0$, материалоемкости выпуска продукции $C(u_1), C'_{u_1}(u_1) > 0$, материалоемкости отгруженной продукции $R(u_1), R'_{u_1}(u_1) > 0$, материалоемкости денежного потока $g(u_1), g'_{u_1}(u_1) > 0$ и материалоемкости кредиторской задолженности $d(u_1), d'_{u_1}(u_1) > 0$. Рассмотрим следующие модели этих трендов в виде степенных функций связи параметров управления и состояния фирмы:

$$P(u_1) = B_P u_1^{\beta_P}, B_P > 0, 0 < \beta_P < 2, \quad (10)$$

$$C(u_1) = B_C u_1^{\beta_C}, B_C > 0, 0 < \beta_C < 2, \quad (11)$$

$$R(u_1) = B_R u_1^{\beta_R}, B_R > 0, 0 < \beta_R < 2, \quad (12)$$

$$g(u_1) = B_g u_1^{\beta_g}, B_g > 0, 0 < \beta_g < 2, \quad (13)$$

$$d(u_1) = B_d u_1^{\beta_d}, B_d > 0, 0 < \beta_d < 2, \quad (14)$$

где $B_C, B_P, B_R, B_g, B_d, \beta_C, \beta_P, \beta_R, \beta_g, \beta_d$ – коэффициенты регрессионных моделей регрессионных моделей, ограничение $0 < \beta < 2$ наложено в связи с реальным характером эффекта расширения масштаба. Отметим, что функции (4)–(8) могут не отражать непосредственные регрессионные связи с аргументом u_1 , а формируются путем выявления наиболее коррелируемых из компонентов матрицы (2), а затем последовательного получения регрессий, как будет показано при моделировании.

Также предположим наличие убывающих трендов цен ресурсов, закупаемых фирмой, $z_{j_1} = z_{j_1}(u_{1_{j_1}}), j_1 = 1, \dots, J_1, z'_{j_1 u} < 0$, моделируемых в виде степенных функций:

$$z_{j_1}(u_{1_{j_1}}) = A_{z_{j_1}} u_{1_{j_1}}^{\alpha_{z_{j_1}}}, \alpha_{z_{j_1}} < 0, j_1 = 1, \dots, J_1, \quad (15)$$

где $A_{z_{j_1}}, \alpha_{z_{j_1}}$ – коэффициенты регрессионных моделей цен ресурсов.

Учитываются следующие ограничения на управление [2]. Ограничение по нормативу потребности

$$u_1^{\max}(N) \geq u_1 \geq u_1^{\min}(N),$$

$$u_{1j_3}^{\max(\min)} = \sum_{j_1=1}^{J_1} \left[z_{j_1} \sum_{j_3=1}^{J_3} m_{j_1j_3} \left(N_{j_3}^{\max(\min)} - u_{3j_3}^0 - k_{j_3} \cdot u_{2j_3}^0 \right) \right],$$

где $m_{j_1j_3}$ – массовый норматив расхода j_1 -го ресурса на производство единицы продукции j_3 -го типа; $N_{j_3}^{\max(\min)}$ – диапазон колебаний спроса на продукцию j_3 -го типа; k_{j_3} – коэффициент выхода готового изделия j_3 -го типа из НЗП; z_{j_1} – закупочная цена j_1 -го ресурса (за единицу массы).

Ограничение по предельному уровню заготовительных издержек

$$u_1 \geq u_1^{\min}(z)$$

обусловлено ростом цены ресурсов при снижении u_1 по тренду (15).

Сформулируем задачу оптимизации заказов ресурсов по временному критерию

$$u_{1(1)}^* = \arg \min_{u_1 \in U} F_1(u_1)$$

с учетом ограничений

$$U = \left\{ u_1 \in R^+ \mid u_1^{\max}(N) \geq u_1 \geq u_1^{\min}(N), u_1 \geq u_1^{\min}(z) \right\},$$

где U – область допустимых значений u_1 .

2. Оптимизационный механизм финансового цикла

Построим механизм оптимизации для финансового цикла. Минимум финансового цикла (9) при трендах (10)–(14) достигается при неотрицательном значении аргумента $u_{1(1)}^* \geq 0$ и удовлетворяет условиям

$$-\beta_c \frac{u_{\Sigma}^0}{B_c} + \frac{1-\beta_c}{2B_c} u_{1F1}^* + \frac{B_p}{2B_c} (\beta_p - \beta_c) u_{1F1}^{*\beta_p} - \beta_R \frac{u_4^0}{B_R} u_{1F1}^{*-\beta_R+\beta_c} -$$

$$-\frac{B_g}{2B_R} (\beta_g - \beta_R) u_{1F1}^{*\beta_g - \beta_R + \beta_c} + \beta_R \frac{2u_5^0 + u_5}{B_R} u_{1F1}^{*-\beta_R-1} + \frac{B_d}{2B_R} (\beta_R - \beta_d) u_{1F1}^{*\beta_d - \beta_R - 1} = 0,$$

$$u_{1F1}^* \in U_2 = \begin{cases} (\beta_g > \beta_R \cap \beta_g < \beta_R + 1) \forall u_{1F1}^*, \\ \beta_g \leq \beta_R \cap \varphi(\beta_C, \beta_P, u_{\Sigma}^0, u_{1F1}^*) + \beta_R (\beta_R + 1) \frac{u_4^0}{B_R} u_{1F2}^{*\beta_R - 2} + \\ + \frac{B_g}{2B_R} (\beta_g - \beta_R) (\beta_R + 1 - \beta_g) u_{1F1}^{*\beta_g - \beta_R - 2} > 0. \end{cases}$$

3. Моделирование оптимального механизма

Сформируем модели (10)–(14) на основе ретроспективной информации о ежемесячной динамике технико-экономических показателей ООО «Роберт Бош Самара» за период 2015–2016 гг. Коэффициенты регрессионных моделей определены с помощью метода наименьших квадратов [3, 4]. Таким образом, были получены следующие модели:

$$P(u_1) = 29,43u_1^{0,119},$$

$$C(u_1) = 7,86u_1^{0,55},$$

$$R(u_1) = 0,38u_1^{1,084},$$

$$g(u_1) = 0,97u_1^{0,829},$$

$$d(u_1) = 24,29u_1^{0,122}.$$

Рассчитаем фактическую и прогнозную оптимальную длительность финансового цикла ООО «Роберт Бош Самара» на основе данных за 2016 г., отразим их на графике. Также на графике представим динамику изменения цикла в зависимости от объема заказов материалов (рисунок).

На графике отмечены расчетный минимум финансового цикла, а также его фактическое значение в 2016 г. Мы видим, что оптимальное значение цикла меньше фактического. Значение цикла предприятия уменьшается при росте аргумента u_1 , причем до отметки 200 млн руб. наблюдается резкий спад, затем до 400 млн руб. темп снижения замедляется, и в интервале 600–800 млн руб. мы видим оптимальное значение для финансового цикла, далее с ростом аргумента u_1 наблюдается

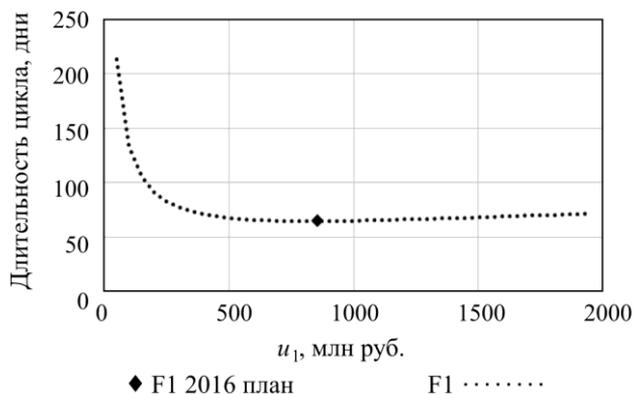


Рис. Динамика изменения производственного, операционного, финансового циклов и прибыли в зависимости от изменения объема заказов материальных ресурсов по данным регрессионного анализа для ООО «Роберт Бош Самара»

медленный рост продолжительности цикла. Рассчитанный аналитическим методом экстремум совпадает с точкой минимума на графике, это значит, что расчет был проведен верно.

Список литературы

1. Гераськин М.И., Егорова В.В. Оптимальные механизмы планирования позаказного производства по финансовым и временным критериям // Управление большими системами. – 2015. – № 58. – С. 179–211.
2. Ростова Е.П., Верховец О.А. Постановка задачи линейного программирования для распределения средств по управлению рисками промышленного предприятия // Вестник Ом. ун-та. Экономика. – 2013. – № 2. – С. 116–119.
3. Горлач Б.А., Савельев Г.Л. Прогнозирование и оптимизация процесса поставок в условиях колебания спроса // Вестник Самар. гос. аэрокосм. ун-та им. акад. С.П. Королева (Нац. исслед. ун-та). – 2013. – № 4. – С. 48–57.
4. Соколов Я.В. Основы теории бухгалтерского учета. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 496 с.

References

1. Geras'kin M.I., Egorova V.V. Optimal'nye mekhanizmy planirovaniia pozakaznogo proizvodstva po finansovym i vremennym kriteriiam [Optimal planning mechanisms for assemble-to-order manufacturing: time and money criteria]. *Upravlenie bol'shimi sistemami*, 2015, no. 58, pp. 179–211.

2. Rostova E.P., Verkhovets O.A. Postanovka zadachi lineinogo programmirovaniia dlia raspredeleniia sredstv po upravleniiu riskami promyshlennogo predpriiatiia [Distribution of funds between the various methods of risk management at enterprise through linear programming problem]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya Ekonomika*, 2013, no. 2, pp. 116-119.

3. Gorlach B.A., Savel'ev G.L. Prognozirovaniie i optimizatsiia protsessa postavok v usloviiah kolebaniia sprosa [Forecasting and optimization of supplies in case of demand fluctuations]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika S.P. Koroleva (Natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta)*, 2013, no. 4, pp. 48-57.

4. Sokolov Ia.V. Osnovy teorii bukhgalterskogo ucheta [Fundamentals of accounting]. Moscow, Finansy i statistika, 2005, 496 p.

Получено 10.07.2017

Об авторах

Гераськин Михаил Иванович (Самара, Россия) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математические методы в экономике», Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, e-mail: innovation@ssau.ru).

Егорова Виктория Викторовна (Самара, Россия) – старший преподаватель кафедры «Математические методы в экономике», Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, e-mail: samara.egorova@mail.ru).

About the authors

Mikhail I. Geras'kin (Samara, Russian Federation) – Doctor of Economics Science, Professor, Head of the Department of Mathematical Methods in Economics, Samara National Research University (34, Moskovskoye sh., Samara, 443086, Russian Federation, e-mail: innovation@ssau.ru).

Viktoriia V. Egorova (Samara, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Mathematical Methods in Economics, Samara National Research University (34, Moskovskoye sh., Samara, 443086, Russian Federation, e-mail: samara.egorova@mail.ru).