

3.9. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ¹

Мищенко А.В., д.э.н., профессор, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва;

Катюхина О.А., экономист, ОАО «Российские железные дороги», г. Москва;

Нестерович Л.Г., к.э.н., доцент, кафедра «Английский язык для приборостроительных специальностей», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ

В статье предлагаются математические модели управления предприятием, позволяющие определить оптимальную производственную программу. Цель статьи – проиллюстрировать применение данных моделей, исходя из критерия минимизации затрат на закупку материальных ресурсов при эффективном использовании оборудования. Авторы считают, что использование предложенных моделей на практике целесообразно, так как они позволяют повысить эффективность организации производственного процесса.

ВВЕДЕНИЕ

Состояние, которое переживает в настоящее время российская экономика, многие исследователи характеризуют как кризисное. В этих условиях происходит, в частности, падение объемов промышленного производства [5]. Ввиду этого возрастает актуальность проблемы эффективного управления материальными и финансовыми ресурсами предприятий.

В данной работе предложены оптимизационные модели производственно-финансовой деятельности предприятия, позволяющие повысить эффективность его функционирования в условиях современной рыночной среды. Новизна предлагаемого инструментария обусловлена учетом особенностей процессов потребления и хранения готовой продукции, а также кредитования и расширения производства. Для реализации предлагаемых моделей используется метод обобщенного приведенного градиента, встроенный в инструментари MS Excel (настройка «Поиск решения»).

В результате применения алгоритма программа определяет оптимальную производственную программу, задаваемую в виде вектора, физический смысл которого состоит в перечне необходимых товарных позиций и оптимального объема производства каждой из них.

1.1. Оптимизационные модели выбора производственной программы предприятия

Традиционная постановка задачи о выборе производственной программы предприятия состоит в том, чтобы в условиях ограниченных производственных и материальных ресурсов обеспечить выпуск продукции в объемах, не превышающих спрос, и максимизировать прибыль предприятия [4]. Детерминированная математическая модель оптимизации производственной программы состоит в следующем:

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 16-06-0043а.

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i - \sum_{i=1}^n b_i x_i - Z_{посм} \rightarrow \max, \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^n l_{ij} x_i \leq L_j, j=1, 2, \dots, M, \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^n t_{il} x_i \leq k_l \tau_l, l=1, 2, \dots, K, \tag{3}$$

$$x_i \leq P t_i, i=1, 2, \dots, n, \tag{4}$$

$$x_i \geq Z a_k, \tag{5}$$

$$x_i \in Z+. \tag{6}$$

Задача (1-6) является линейной. Здесь используются следующие обозначения:

a_i – цена реализации продукции вида i ($i = 1, 2, \dots, n$);
 b_i – переменные издержки при производстве продукции вида i ($i = 1, 2, \dots, n$);

$Z_{посм}$ – постоянные издержки предприятия;

l_{ij} – нормы потребления продукции вида i при выпуске единицы продукции вида j ;

t_{il} – нормы времени обработки на оборудовании вида l при выпуске единицы продукции вида i ;

τ_l – эффективное время работы оборудования вида l на периоде планирования ($0, T$), где τ_l – время загрузки оборудования вида l в производственном процессе на периоде ($0, T$);

k_l – количество единиц оборудования вида l , участвующего в производственном процессе;

L_j – объем материальных ресурсов производства вида j ($j = 1, 2, \dots, M$);

$P t_i$ – спрос на продукцию вида i ;

$Z a_k$ – величина заказа на продукцию вида i . Таким образом, продукция вида i должна выпускаться в объемах не менее $Z a_k$.

$Z+$ – множество целых неотрицательных чисел, n – количество видов продукции.

В модели (1-6) предполагается, что цена продукции a_i фиксирована. Если a_i можно менять в некотором диапазоне:

$$(a_1 \leq a_i \leq a_2), \tag{6.1}$$

то это оказывает влияние на величину спроса. В простейшем случае это влияние задается соотношением следующего вида:

$$x_i \leq P t_i - \Delta_i (a_i - a_i^1), \tag{4.1}$$

$$i=1, 2, \dots, n,$$

Здесь a_i – цена реализации продукции вида i ($i = 1, 2, \dots, n$), a_i^1 – минимальная цена реализации, a_i^2 – максимальная цена реализации.

Таким образом, с учетом (6.1) и (4.1), в условиях недетерминированности цены на продукцию модель (1)-(6), (4.1), (6.1) является нелинейной. Решением данной оптимизационной задачи является вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, задающий объемы выпуска продукции, и вектор $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, задающий цены на продукцию в условиях ограничений (2-6), (6.1) и (4.1).

Далее необходимо отметить, что в условиях фиксированных цен задача (1-6) не всегда имеет решение, ввиду дефицита производственных мощностей и / или материальных ресурсов предприятия. По-

этому для того чтобы объем производства удовлетворял ограничению (5), необходимо осуществить инвестиции как в закупку материальных ресурсов, так и в увеличение производственных мощностей предприятия. Для определения минимального объема таких инвестиций нужно решить следующую оптимизационную задачу:

$$\sum_{j=1}^m Z_j \beta_j + \sum_{l=1}^k y_l \gamma_l \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n I_{ij} x_i \leq Z_j + L_j, \quad j=1, 2, \dots, M, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n \tau_{il} x_i \leq (k_l + y_l) \tau_l, \quad l=1, 2, \dots, K, \quad (9)$$

$$x_i \leq P t_i, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

$$x_i \geq Z a_k, \quad (11)$$

$$x_i \in Z+, \quad (12)$$

$$y_l \in Z+, Z_j \geq 0, j=1, 2, \dots, M, l=1, 2, \dots, K. \quad (13)$$

Здесь используются следующие обозначения:

Z_j – дополнительный закупаемый объем материальных ресурсов j ($j = 1, 2, \dots, M$);

β_j – цена единицы материального ресурса j ($j = 1, 2, \dots, M$);

y_l – количество единиц дополнительно закупаемого оборудования вида l , $l = 1, 2, \dots, K$;

γ_l – цена единицы дополнительно закупаемого оборудования вида l , $l = 1, 2, \dots, K$.

Дополнительно отметим, что решение задачи (7-13) дает не только объем дополнительных инвестиций, но и их структуру с учетом стоимости закупки как материальных ресурсов производства, так и дополнительного оборудования.

Кроме предложенной модели выбора оптимальной производственной программы предприятия (1-6), можно использовать динамическую модель оптимизации производственной программы с учетом влияния инфляции на маржинальный доход, получаемый от реализации выпускаемой продукции. Решение задачи в данном случае задается в виде вектор-функции $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$, где $x_i(t)$ – интенсивности выпуска продукции вида i .

Таким образом, объем выпуска продукции вида i равен: $\int_0^T x_i(t) dt, i=1, 2, \dots, n$.

Математическая постановка задачи о выборе оптимальной производственной программы в этом случае принимает следующий вид:

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T c_i(\xi(t)) x_i(t) dt \rightarrow \max, \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^t I_{ij} x_i(t') dt' \leq \int_0^t L_j(t') dt', \quad (15)$$

$$j=1, 2, \dots, M \quad \forall t \in (0; T)$$

$$\sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} \tau_{il} x_i(t) dt \leq \frac{t_2 - t_1}{T} k_l \tau_l, \quad (16)$$

$$l=1, 2, \dots, K \quad \forall t_1, t_2 \in (0; T), t_2 > t_1$$

$$\int_0^T x_i(t) dt \leq P t_i, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (17)$$

$$x_i(t) \geq 0, \quad \forall t \in (0; T).$$

Здесь используются следующие обозначения:

$$c_i(\xi(t)) = a_i(\xi(t)) - b_i(\xi(t)), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$a_i(\xi(t))$ – цена за единицу продукции вида i в момент времени t при условии накопленной инфляции ($\xi(t)$);

$b_i(\xi(t))$ – переменные издержки при выпуске единицы продукции вида i в момент времени t при уровне накопленной инфляции $\xi(t)$;

$c_i(\xi(t))$ – маржинальный доход от выпуска единицы продукции вида i в момент времени t при уровне накопленной инфляции $\xi(t)$;

$x_i(t)$ – интенсивность выпуска продукции вида i , $i = 1, 2, \dots, n$;

$P t_i$ – спрос на продукцию вида i , $i = 1, 2, \dots, n$;

$L_j(t')$ – интенсивность поступления материальных ресурсов вида j в момент t' ;

$t_2 - t_1$ – длина интервала ($t_1; t_2$).

Соотношение (16) – это ограничение на равномерность загрузки оборудования.

Задача (14-17) – это задача оптимального управления, решением которой является вектор-функция $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$. Рассмотрим решение данной задачи на множестве кусочно-постоянных функций. Будем далее также считать функцию $c_i(\xi(t))$ кусочно-постоянной на конечном числе интервалов одинаковой длины, на которые разбивается период планирования $(0; T)$.

В этих условиях задача (14-17) можно представить следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{\tau=0}^T c_i(\xi_\tau) x_i^\tau \Delta t_\tau \rightarrow \max, \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{\tau=0}^T x_i^\tau \Delta t_\tau I_{ij} \leq \sum_{\tau=0}^{\tau^*} L_j^\tau \Delta t_\tau, \quad (19)$$

$$\forall \tau^* = 0, 1, \dots, T, j=1, 2, \dots, M,$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{\tau=\tau_k}^{\tau_p} x_i^\tau \Delta t_\tau \leq \frac{\tau_p - \tau_k}{T} k_l \tau_l, \quad l=1, 2, \dots, K, \quad (20)$$

$$\sum_{\tau=0}^T x_i^\tau \Delta t_\tau \leq P t_i, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (21)$$

$$x_i^\tau \geq 0, i=1, 2, \dots, n, \tau=1, 2, \dots, T. \quad (22)$$

Здесь используются следующие обозначения:

$c_i(\xi_\tau)$ – маржинальный доход от продажи одной единицы продукции вида i на временном интервале с номером τ , при уровне накопленной инфляции на интервале времени τ равном ξ_τ ;

x_i^τ – интенсивность производства продукции вида i на интервале времени τ ;

Δt_τ – продолжительность интервала с номером τ ;

L_j^τ – интенсивность поступления материальных ресурсов вида j на интервале времени с номером τ .

Задача (18-22) является задачей линейного программирования, и ее решением будет матрица (x_i^τ) , $i = 1, 2, \dots, n, \tau = 1, 2, \dots, T$.

С учетом того, что любая непрерывная функция может быть с любой точностью аппроксимирована кусочно-постоянными функциями [1], предложенный подход может успешно применяться для решения задач оптимального управления (14-17).

1.2. Модели управления оборотным капиталом производственного предприятия

Рассмотрим ситуацию выбора оптимальной производственной программы предприятия в ситуации, когда отсутствуют запасы материальных ресурсов или они недостаточны, но у предприятия есть собственные оборотные средства и / или возможность взять кредит для пополнения оборотных средств.

В этих условиях возникает вопрос: как наиболее эффективно использовать эти финансовые ресурсы при определении видов и объемов выпуска конечной продукции? В ситуации, если критерием эффективности является операционная прибыль предприятия, определить оптимальную производственную программу можно путем использования обобщенной модели (1-6):

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i - \sum_{i=1}^n b_i x_i - Z_{nocm} \rightarrow \max, \tag{23}$$

$$\sum_{i=1}^n l_{ij} x_i \leq L_j + Z_j, \quad j=1,2,\dots,M, \tag{24}$$

$$\sum_{i=1}^n t_{il} x_i \leq k_l \tau_l, \quad l=1,2,\dots,K, \tag{25}$$

$$\sum_{j=1}^M \beta_j Z_j \leq F, \tag{26}$$

$$x_i \leq Pt_i, \quad i=1,2,\dots,n, \tag{27}$$

$$x_i \geq Zak_i, \quad i=1,2,\dots,n, \tag{28}$$

$$x_i \in Z^+, Z_j \geq 0, \quad i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,M. \tag{29}$$

В модели (23-29) кроме использованных ранее присутствуют следующие обозначения:

Z_j – объем закупаемых ресурсов вида j ;

β_j – цена закупаемых материальных ресурсов

вида j ;

F – объем оборотных средств.

Искомые переменными при решении линейной оптимизационной задачи (23-29) являются: производственная программа $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и объем закупок $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_M)$. В постановке (23-29) цены на конечную продукцию фиксированы. Если цены меняются в диапазоне:

$$(a_1 \leq a_i \leq a_2), \quad i=1,2,\dots,n, \tag{30}$$

то это ограничение должно присутствовать в модели, и, следовательно, задача становится нелинейной. В этом случае ограничение (27) заменяется на следующее ограничение:

$$x_i \leq Pt_i - \Delta_i (a_i - a_i^1), \quad i=1,2,\dots,n. \tag{27.1}$$

Таким образом, в ситуации нефиксированных цен, кроме переменных x и Z дополнительно определяются оптимальные цены, заданные вектором $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$.

В ситуации, когда модель (23-29) не имеет решения ввиду недостаточности оборотных средств для закупки материальных ресурсов и / или недостаточности производственных мощностей, можно рассчитать оптимальный объем инвестиций, позволяющий выполнить продукцию в количестве не менее Zak_i , аналогично тому, как это делалось в предыдущей задаче.

Рассмотрим ситуацию, когда лицо, принимающее решение (ЛПР) о закупке материальных ресурсов производства, может использовать не только собственные оборотные средства в объеме F , но и дополнительно привлечь кредит в объеме V под процент α (в долях).

Возникает вопрос: целесообразно ли привлекать этот кредит и если да, то в каком объеме следует привлекать финансовые средства. Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходимо решить две задачи. Задача 1 – это оценить прибыль предприятия, если кредит не привлекается, то есть найти оптимальное решение модели (23-29).

Задача 2 состоит в оценке эффективности производственной программы, если кредит привлекается, иными словами, решается следующая оптимизационная задача:

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i - \sum_{i=1}^n b_i x_i - Z_{nocm} - \alpha \left(\sum_{j=1}^M \beta_j Z_j - F \right) \rightarrow \max, \tag{31}$$

$$\sum_{i=1}^n l_{ij} x_i \leq L_j + Z_j, \quad j=1,2,\dots,M, \tag{32}$$

$$\sum_{i=1}^n t_{il} x_i \leq k_l \tau_l, \quad l=1,2,\dots,K, \tag{33}$$

$$F < \sum_{j=1}^M \beta_j Z_j \leq F + V, \tag{34}$$

$$x_i \leq Pt_i, \quad i=1,2,\dots,n, \tag{35}$$

$$x_i \geq Zak_i, \quad i=1,2,\dots,n, \tag{36}$$

$$x_i \in Z^+. \tag{37}$$

В модели (31-37) кредит обязательно используется, и слагаемое $\alpha \left(\sum_{j=1}^M \beta_j Z_j - F \right)$ в целевой функции

(31) – это процентный платеж по кредиту.

Сравнивая значение целевой функции (23) (без кредита) и целевой функции (31) (с кредитом) определяем оптимальную стратегию.

Далее рассмотрим динамическую модель управления оборотным капиталом предприятия, направленным на закупку материальных ресурсов производства. Ниже будем считать, что в общем случае интенсивность поступления оборотных средств на интервале $(0; T)$ задана функцией $f(t)$:

$$\sum_{i=1}^n \int_{t_0}^T c_i(\xi(t)) x_i(t) dt \rightarrow \max, \tag{38}$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^t l_{ij} x_i(t') dt' \leq \int_0^t L_j(t') dt', \tag{39}$$

$$j=1,2,\dots,M \quad \forall t \in (0; T),$$

$$\sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} x_i(t) dt \leq \frac{t_2 - t_1}{T} k_i \tau_i, \quad (40)$$

$$l = 1, 2, \dots, K \forall t_1, t_2 \in (0; T), t_2 > t_1,$$

$$\sum_{j=1}^m \beta_j \int_0^t Z_j(t') dt' \leq \int_0^t f(t') dt', \quad \forall t \in (0; T), \quad (41)$$

$$\int_0^T x_i(t) dt \leq P t_i, \quad (42)$$

$$\int_0^T x_i(t) dt \geq Z a_k, \quad (43)$$

$$x_i(t) \geq 0, Z_j(t) \geq 0. \quad (44)$$

Решением задачи (38-44) является вектор-функция $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$ и вектор-функция $Z(t) = (Z_1(t), \dots, Z_m(t))$, задающие соответственно интенсивность производства продукции и интенсивность закупки материальных ресурсов. Соотношение (41) свидетельствует о том, что объем затрат на закупку материальных ресурсов не должен превышать объема поступивших оборотных средств в любой момент $t \in (0; T)$.

Решение задачи оптимального управления (38-44) можно свести к решению задачи линейного программирования, аналогично тому, как это было сделано в предыдущем разделе.

1.3. Динамическая модель расширения предприятия

Ниже будет рассмотрена ситуация перехода предприятия на выпуск расширенного ассортимента готовой продукции с привлечением дополнительных инвестиций как для закупки новых видов оборудования, так и приобретения дополнительных видов материальных ресурсов:

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T c_i(\xi(t)) x_i(t) dt \rightarrow \max, \quad (45)$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^t x_i(t') dt' \leq \int_0^t L_j(t') dt', \quad (46)$$

$$j = 1, 2, \dots, M \quad \forall t \in (0; T),$$

$$\sum_{i=n+1}^{n_1} \int_0^t x_i(t') dt' \leq \int_0^t Z_j(t') dt', \quad (47)$$

$$j = M + 1, M + 2, \dots, M + M_1,$$

$$\sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} x_i(t') dt' \leq \frac{t_2 - t_1}{T} k_i \tau_i, \quad (48)$$

$$l = 1, 2, \dots, K \forall t_1, t_2 \in (0; T), t_2 > t_1,$$

$$\sum_{i=n+1}^{n_1} \int_{t_1}^{t_2} x_i(t') dt' \leq \frac{t_2 - t_1}{T} y_i \tau_i, \quad (49)$$

$$\forall t_1, t_2 \in (0; T),$$

$$\sum_{j=m+1}^{m_1} \beta_j \int_0^t Z_j(t') dt' \leq \int_0^t f_i(t) dt, \quad \forall t \in (0; T), \quad (50)$$

$$\sum_{i=k+1}^{k_1} y_i \gamma_i \leq F_2(t), \quad (51)$$

$$\int_0^T x_i(t) dt \leq P t_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (52)$$

здесь $L_j(t')$ – интенсивность поступления материального ресурса вида j при производстве традиционных видов продукции;

$Z_j(t')$ – интенсивность поступления материальных ресурсов для новых видов продукции;

$f_i(t)$ – интенсивность поступления финансовых ресурсов для закупки новых видов материальных ресурсов;

$F_2(t)$ – инвестиции, выделяемые на закупку новых видов оборудования;

y_l – количество единиц дополнительно закупаемого оборудования вида l .

1.4. Динамическая модель перепрофилирования предприятия

Рассмотрим ситуацию, когда традиционно выпускаемая продукция предприятия становится все менее востребованной потребителем, поэтому на складе предприятия скапливаются большие запасы нереализованной продукции, а само предприятие вместо прибыли получает убытки. В этом случае менеджмент предприятия может принять одно из решений: либо полностью закрыть предприятие, либо переориентировать его на выпуск других, более востребованных на рынке видов продукции [2]. В качестве источников финансирования для реализации проекта перепрофилирования предприятия могут быть использованы:

- собственные инвестиции;
- привлеченный заемный капитал;
- средства, полученные от продажи оборудования, которое использовалось для выпуска традиционной продукции;
- средства, полученные от продажи запасов материальных ресурсов, необходимых для производства традиционной продукции;
- средства, полученные от реализации запасов традиционно выпускаемой продукции по заниженной цене.

Математическая модель оценки эффективности проекта перепрофилирования предприятия дана ниже.

Рассмотрим ситуацию, когда предприятие отказывается от выпуска традиционных видов продукции ($i = 1, 2, \dots, n$) и переходит на выпуск новых видов продукции ($i = n + 1, n + 2, \dots, n_1$). В этом случае модель оптимизации прибыли в условиях перепрофилирования предприятия может быть записана следующим образом:

$$\sum_{i=n+1}^{n_1} \int_0^T c_i(\xi(t)) x_i(t) dt \rightarrow \max, \quad (53)$$

$$\sum_{j=m+1}^M \int_0^t x_j(t') dt' \leq \int_0^t Z_j(t') dt', \quad (54)$$

$$j = 1, 2, \dots, M \quad \forall t \in (0; T),$$

$$\sum_{i=n+1}^{n_1} \int_{t_1}^{t_2} x_i(t') dt' \leq \frac{t_2 - t_1}{T} y_i \tau_i, \quad l = K + 1, \dots, K_1, \quad (55)$$

$$\sum_{j=m+1}^{m_1} \beta_j \int_0^t Z_j(t') dt' \leq \int_0^t f_i(t') dt', \quad (56)$$

$$\sum_{i=k+1}^{k_1} y_i \gamma_i \leq F_2(t) + \sum_{j=1}^m L_j \beta_j + \sum_{i=1}^n a_i x_i, \quad (57)$$

здесь $F_2(t)$ – инвестиции, также выделяемые на закупку новых видов оборудования;

L_j – запасы материальных ресурсов вида j для выпуска традиционных видов продукции;

β_j – цена закупаемых материальных ресурсов вида j ;

a_i – стоимость продукции вида i , реализуемой по заниженной цене;

x_i – количество единиц продукции вида i ;

$f_i(t)$ – интенсивность поступления финансовых ресурсов для закупки новых видов материальных ресурсов.

1.5. Динамическая модель выбора оптимальной производственной программы с учетом емкости склада

Ниже будет рассмотрена модель выбора оптимальной производственной программы, в которой в отличие от ранее рассмотренной модели учитывается ограничение на емкость склада для готовой продукции:

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T c_i(\xi(t)) x_i(t) dt \rightarrow \max, \quad (58)$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^t l_{ij} x_i(t') dt' \leq \int_0^t w_j(t') dt', \quad (59)$$

$$j=1, 2, \dots, M \quad \forall t \in (0; T),$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T v_i x_i(t) dt \leq V, \quad (60)$$

$$\sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} x_i(t') dt' \leq \frac{t_2 - t_1}{T} k_l \tau_l, \quad (61)$$

$$\forall t_1, t_2 (t_2 > t_1), l=1, 2, \dots, K,$$

$$\int_0^T x_i(t) dt \leq P t_i, \quad x_i(t) \geq 0, \forall t \in (0; T), \quad (62)$$

здесь $w_j(t')$ – интенсивность поступления комплектующих вида j ;

V – объем склада, занимаемый одной единицей продукции вида i .

1.6. Динамическая модель управления оборотным капиталом сборочного производства с учетом закупки комплектующих

В этой модели, в отличие от предыдущей, можно пополнять запасы комплектующих за счет заданной интенсивности поступления оборотных средств. Математическая модель управления закупками комплектующих состоит в следующем:

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T c_i(\xi(t)) x_i(t) dt \rightarrow \max, \quad (63)$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^t l_{ij} x_i(t') dt' \leq \int_0^t w_j(t') dt' + \int_0^t z_j(t') dt', \quad (64)$$

$$j=1, 2, \dots, M \quad \forall t \in (0; T),$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T v_i x_i(t) dt \leq V, \quad (65)$$

$$\sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} x_i(t') dt' \leq \frac{t_2 - t_1}{T} k_l \tau_l, \quad (66)$$

$$\forall t_1, t_2 (t_2 > t_1), l=1, 2, \dots, K,$$

$$\sum_{j=1}^m \beta_j \int_0^t z_j(t') dt' \leq \int_0^t f_i(t') dt', \quad (67)$$

$$j=1, 2, \dots, M, \quad \forall t \in (0; T),$$

$$\int_0^T x_i(t) dt \leq P t_i, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (68)$$

здесь $z_j(t)$ – интенсивность поступления закупаемых дополнительно комплектующих вида j ;

$f(t)$ – интенсивность поступления оборотных средств;

β_j – цена закупаемых комплектующих вида j .

2. Компьютерные расчеты по выбору оптимальной производственной программы на примере металлургического предприятия

Рассмотрим металлургическое предприятие, специализирующееся на производстве сортового и листового проката для реализации на российском строительном рынке. Ассортимент строительного проката, производимого на российском рынке, насчитывает сотни товарных позиций, включая различные виды арматуры, балок и швеллеров, гнутых металлических профилей из тонкого листа, металлические бруски и пр. Все эти виды продукции не являются взаимозаменяемыми и необходимы при реализации большинства строительных проектов, как в сфере жилищного строительства, так и в секторе коммерческой недвижимости. Стоимость изделий, реализуемых металлургическими предприятиями, постоянно меняется на фоне динамики котировок мирового рынка стали и чугуна, каменного угля и кокса, а также железорудного сырья, лома и стальной заготовки [3].

Основным сегментом рынка, потребляющим металлические изделия вышеописанного типа, являются частные строительные компании. В работе не рассматриваются ситуации государственных закупок или поставок крупным потребителям (например, холдингам Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») или Публичное акционерное общество (ПАО) «Газпром», закупающим данные изделия для внутренних нужд), поскольку для участия в процедуре тендера фокусная компания принимает решение о формировании производственной программы, исходя из запросов крупного заказчика, имеющего большее влияние на рынке. В случае же реализации продукции большому перечню небольших компаний по краткосрочным контрактам у производителя есть возможность более гибко организовать производственный процесс.

Исходя из вышеописанного, можно сделать вывод, что применение оптимизационных моделей выбора производственной программы предприятий целесообразно для предприятий – производителей строительного проката в условиях нестабильности

рыночной ситуации и необходимости сокращать затраты предприятия с целью повышения рентабельности бизнеса.

2.1. Описание фокусной компании – производителя металлических изделий

Рассмотрим в качестве примера предприятие, которое является одним из ключевых производителей металлургической продукции строительного сортамента в своем регионе. Его деятельность в условиях нестабильности спроса и общего снижения объемов строительных работ требует максимальной эффективности управления финансовыми ресурсами. В связи с этим необходимо привести информацию об ассортименте готовой продукции (ГП) данного предприятия, потребляемых при ее производстве материальных ресурсах (МР), а также об имеющемся оборудовании, которое используется для изготовления металлических изделий.

Также есть информация о ценах, по которым продукция должна будет реализовываться в течение периода (при этом цены могут и изменяться при существенном изменении рыночной конъюнктуры). Для расчетов цены видов продукции, измеряемой в тоннах, квадратных метрах и иных единицах, приведены к рублю за тонну. Объемы продукции также приведены к тоннам.

Рассматривается ситуация определения производственной программы предприятия на один плановый период (квартал). Компания располагает прогнозом спроса на этот период по всем ранее обращавшимся к ней клиентам (суммарный спрос по ним учитывается как величина спроса на один вид продукции), при этом есть некий минимальный объем реализации (заказ), также суммируемый по клиентам компании. Максимальный объем реализации вычисляется исходя из обмена информацией с контрагентами и статистики продаж в предыдущих периодах (отношение объемов продаж к предварительно размещенным заказам). Также в него закладывается возможный дополнительный объем реализации новым покупателям, ранее не обращавшимся к фокусной компании (их спрос вычисляется как разность между долями уже существующих клиентов и общей емкостью рыночного сегмента) (табл. 1).

Имеются следующие данные о потребляемых для различных видов продукции ресурсах.

Помимо этого, нужно дать описание запасам предприятия, хранящимся на складах вблизи производственной площадки (данные об остатках приведены на начало периода).

В табл. 2 указаны нормы расхода электроэнергии из расчета стоимости киловатта в час, равной 2 руб., и мощности используемого оборудования. В переменные издержки входит Фонд оплаты труда (ФОТ) производственного персонала со сдельной системой оплаты труда.

Данные виды затрат сразу переведены в денежный эквивалент и суммируются в модели без повторного умножения на стоимость их приобретения.

Часть материальных ресурсов используется только для некоторых видов продукции (в случае, если материальный ресурс какого-либо вида не используется при производстве определенной номенклатурной позиции, в табл. 3 не указана норма его расхода).

Это дополнительно усложняет процесс принятия управленческих решений, поскольку от грамотного определения производственной программы будет зависеть, надо ли будет отделу снабжения приобретать все возможные материальные ресурсы или же необходимо приобрести только их часть.

Таблица 1

ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ, ЦЕНА И ВЕЛИЧИНА СПРОСА НА ГП

№ пп	Продукция	Цена реализации, руб./т	Размер заказа, т	Максимальная величина спроса, т
1	Швеллер №10	17 685,5	12,7	15,6
2	Арматура для железобетонных конструкций 6 мм гл.	25 173,2	11,2	14,9
3	Арматура для железобетонных конструкций 12 мм гл.	25 393,9	12,6	16,1
4	Брусok металлический 5 × 50 мм	20 281,7	13,3	16,7
5	Швеллер №16	23 762,7	13,4	16,6
6	Балка 20 × 16 мм	16 825,3	12,5	16,6
7	Балка 25 × 25 мм	19 669,7	12,4	15,1
8	Балка 20 × 20 мм	19 848,4	12,4	14,7
9	Арматура 20 мм гл.	24 228,4	13,0	16,8
10	Профиль квадратный 23 × 23 × 1,5	19 715,5	12,8	15,7
11	Профиль квадратный 10 × 10 × 1,5	19 810,9	14,1	16,9
12	Профиль металлический 140 ЗСП5	18 339,6	12,7	16,9
13	Уголок 80 × 80 × 2	18 096,8	13,1	17,5
14	Шестигранник стальной 14 мм	20 008,4	13,9	15,8
15	Труба профильная 5 × 5 × 3	23 781,7	11,9	15,5
16	Труба профильная 5 × 5 × 2	22 402,5	12,2	15,0
17	Труба профильная 6 × 6 × 3	24 528,6	11,1	14,5
18	Профиль потолочный П60х27-3000	20 619,8	14,3	17,2
19	Профиль перфорированный 08ПС	24 435,4	11,9	13,4
20	Тавр тепличный 32 × 25 × 3	23 730,5	11,5	13,2

Таблица 2

НОРМЫ РАСХОДА МР (НА ТОННУ ГП) ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ

№ п/п	Катанка 6/12/20 мм, т	Лист стальной 1,5/2/3/5 мм, т	Заготовка квадратная, т	Цинковое покрытие, т	Краска, т	Электроэнергия для питания станков, руб.	ФОТ производственного персонала, руб.
-------	-----------------------	-------------------------------	-------------------------	----------------------	-----------	--	---------------------------------------

№ п/п	Катанка 6/12/20 мм, т	Лист стальной 1,5/2/3/5 мм, т	Заготовка квадратная, т	Цинковое покрытие, т	Краска, т	Электроэнергия для питания станков, руб.	ФОТ производственного персонала, руб.
1	–	–	1,01	–	–	56,5	848,0
2	1,16	–	–	–	–	66,1	836,0
3	1,18	–	–	–	–	65,2	965,0
4	–	–	1,15	–	–	55,7	991,0
5	1,1	–	–	–	–	51,7	808,0
6	–	–	0,96	–	0,004	89,2	804,0
7	–	–	1,07	–	0,006	92,1	945,0
8	–	–	1,1	–	0,005	79,7	806,0
9	1,11	–	–	–	–	64,0	857,0
10	–	–	1,08	0,005	–	78,2	836,0
11	–	–	1,12	0,006	–	86,8	872,0
12	–	–	1,03	0,005	–	82,7	844,0
13	–	–	1,02	–	–	48,7	864,0
14	–	–	1,2	–	–	29,5	970,0
15	–	1,1	–	0,007	0,007	108,5	880,0
16	–	1,02	–	0,007	0,008	111,6	971,0
17	–	1,13	–	0,007	0,006	97,5	859,0
18	–	0,95	–	0,003	–	61,4	964,0
19	–	1,16	–	0,003	–	56,1	818,0
20	–	1,11	–	0,002	–	64,6	947,0

Таблица 3

НОРМЫ РАСХОДЫ ВРЕМЕНИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Мин.

№ п/п	Прокатный стан 1	Прокатный стан 2	Прокатный стан 3	Нож для резки проката	Нож для резки стали	Установка для оцинковки	Установка для покраски
1	–	–	112	194	166	–	–
2	162	–	–	159	174	–	–
3	143	–	–	170	183	–	–
4	–	–	104	169	187	–	–
5	119	–	–	144	131	–	–
6	–	–	153	186	185	–	153
7	–	–	172	189	138	–	191
8	–	–	138	195	146	–	134
9	137	–	–	177	176	–	–
10	–	–	149	113	190	163	–
11	–	–	185	131	192	176	–
12	–	–	197	151	173	137	–
13	–	–	110	196	108	–	–
14	–	–	–	127	126	–	–
15	–	128	–	177	172	167	197
16	–	187	–	198	135	188	180
17	–	200	–	168	199	126	104
18	–	174	–	128	130	104	–
19	–	107	–	102	129	135	–
20	–	157	–	148	116	140	–

Предприятие располагает двумя производственными линиями, каждая из которых включает в себя по одному виду вышперечисленного оборудования. Загрузка производственных мощностей в штатной ситуации достигает 70% при условии трехменного графика работы по 30 дней / мес. (табл. 4).

Таблица 4

ДАННЫЕ О СТОИМОСТИ ЗАКУПКИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ОБЪЕМАХ РАСПОЛАГАЕМЫХ ЗАПАСОВ

Вид материального ресурса (МР)	Стоимость закупки МР, руб./т	Объем запаса МР на складах предприятия, т
Катанка 6/12/20 мм	19 500	60,2
Лист стальной 1,5/2/3/5 мм	18 800	82,6
Заготовка квадратная	15 570	147,7
Цинковое покрытие	14 000	0,6
Краска	18 000	0,5

Вид материального ресурса (МР)	Стоимость закупки МР, руб./т	Объем запаса МР на складах предприятия, т
Катанка 6/12/20 мм	19 500	60,2
Лист стальной 1,5/2/3/5 мм	18 800	82,6
Заготовка квадратная	15 570	147,7
Цинковое покрытие	14 000	0,6
Краска	18 000	0,5

Стоит отметить, что поскольку все объемы и затраты приводятся на тонну, в рамках решения данной задачи нет принципиальной разницы в цене закупки стальных листов и катанки различного сортамента, поскольку их различие для предприятия обусловлено в первую очередь габаритными, а не весовыми или иными качественными характеристиками.

Также предприятие располагает данными о своих постоянных издержках и располагаемых финансовых средствах на банковском счете, которые можно использовать как для закупки недостающих материальных ресурсов, так и для приобретения нового оборудования и аренды складских мощностей в случае необходимости. В постоянные издержки предприятия входят затраты на электроэнергию для освещения и вентиляции, отопление, материальные ресурсы организации (МРО, материальные ресурсы, используемые вне производства ключевой продукции компании, включая канцелярские товары и расходные материалы для обслуживающих хозяйств), оплата труда менеджеров и другого персонала с повременной системой оплаты труда, и ряд других затрат. Для фокусной компании примем, что общая величина таких издержек составит за 400 000 руб. за период. При этом предприятие располагает дополнительным объемом денежных средств в размере 900 000 руб., которые оно может использовать для обеспечения деятельности в будущих периодах.

Используя имеющиеся данные, управленческому персоналу необходимо найти оптимальную производственную программу предприятия при помощи наиболее подходящей для рассматриваемой ситуации модели выбора производственной программы.

2.2. Математическая постановка задачи выбора оптимальной производственной программы предприятия

На основании вышеперечисленных данных сформируем постановку задачи выбора производственной программы предприятия (табл. 5).

Таблица 5

ДАнные о стоимости реализации готовой продукции и переменных издержках

Руб./т

№ пп	Готовая продукция (ГП)	Цена реализации	Переменные издержки на 1 ед. продукции
1	Швеллер №10	17 685,5	16 630,2
2	Арматура для железобетонных конструкций 6 мм гл.	25 173,2	23 522,1
3	Арматура для железобетонных конструкций 12 мм гл.	25 393,9	24 040,2
4	Брусok металлический 5 × 50 мм	20 281,7	18 952,2
5	Швеллер №16	23 762,7	22 309,7
6	Балка 20 × 16 мм	16 825,3	15 912,4
7	Балка 25 × 25 мм	19 669,7	17 805,0
8	Балка 20 × 20 мм	19 848,4	18 102,7
9	Арматура 20 мм гл.	24 228,4	22 566,0
10	Профиль квадратный 23 × 23 × 1,5	19 715,5	17 799,8
11	Профиль квадратный 10 × 10 × 1,5	19 810,9	18 481,2
12	Профиль металлический 140 ЗСП5	18 339,6	17 033,8
13	Уголок 80 × 80 × 2	18 096,8	16 794,1
14	Шестигранник стальной 14 мм	20 008,4	19 683,5
15	Труба профильная	23 781,7	21 892,5

№ пп	Готовая продукция (ГП)	Цена реализации	Переменные издержки на 1 ед. продукции
	5 × 5 × 3		
16	Труба профильная 5 × 5 × 2	22 402,5	20 500,6
17	Труба профильная 6 × 6 × 3	24 528,6	22 406,5
18	Профиль потолочный П60х27-3000	20 619,8	18 927,4
19	Профиль перфорированный 08ПС	24 435,4	22 724,1
20	Тавр тепличный 32 × 25 × 3	23 730,5	21 907,6

В рамках данных условий сформируем целевой функционал (1) и его ограничения (2-3). Помимо приведенной на рис. 1 постановки ограничений в надстройке «Поиск решения» также задаются ограничения (4-6) на целочисленность решения, его положительность и соответствие объему спроса на производимую продукцию.

1	ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИОНАЛ		
		8086,6	→ max
	ОГРАНИЧЕНИЕ НА ЗАПАСЫ		
2		60,2	≤ 60,2
		82,6	≤ 82,6
		149,0	≤ 130,0
		0,6	≤ 0,6
		0,5	≤ 0,5
3	ОГРАНИЧЕНИЕ НА ВРЕМЯ		
		7	≤ 64800
		12	≤ 64800
		18	≤ 64800
		43	≤ 64800
		42	≤ 64800
		18	≤ 64800
		12	≤ 64800

Рис.1. Постановка задачи в MS Excel (фрагмент)

В результате применения надстройки «Поиск решения» была определена следующая производственная программа, задаваемая вектором в крайнем правом столбце таблицы (данные приведены с округлением до третьего знака после запятой по причине того, что ограничение на целочисленность решения распространяется на килограммы, а не на тонны) (табл. 6).

Таблица 6

ОПТИМАЛЬНАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА РАССМАТРИВАЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

№ пп	Продукция	Ед. изм.	Количество производимой продукции, т
1	Швеллер №10	т	12,684
2	Арматура для железобетонных конструкций 6 мм гл.	т	11,166

№ пп	Продукция	Ед. изм.	Количество производимой продукции, т
3	Арматура для железобетонных конструкций 12 мм гл.	т	12,617
4	Брусok металлический 5 × 50 мм	т	13,327
5	Швеллер №16	т	13,359
6	Балка 20 × 16 мм	т	12,518
7	Балка 25 × 25 мм	т	15,136
8	Балка 20 × 20 мм	т	13,189
9	Арматура 20 мм гл.	т	15,881
10	Профиль квадратный 23 × 23 × 1,5	т	15,690
11	Профиль квадратный 10 × 10 × 1,5	т	14,085
12	Профиль металлический 140 ЗСП5	т	12,687
13	Уголок 80 × 80 × 2	т	13,136
14	Шестигранник стальной 14 мм	т	15,787
15	Труба профильная 5 × 5 × 3	т	11,928
16	Труба профильная 5 × 5 × 2	т	12,159
17	Труба профильная 6 × 6 × 3	т	11,795
18	Профиль потолочный П60х27-3000	т	17,188
19	Профиль перфорированный 08ПС	т	11,857
20	Тавр тепличный 32 ×	т	12,298

№ пп	Продукция	Ед. изм.	Количество производимой продукции, т
	× 25 × 3		

Таким образом, в условиях практического примера было проиллюстрировано решение оптимизационной задачи (1-6).

Исходные данные были таковы, что у предприятия хватало запасов для производства продукции в рамках ограничения на размер заказа. Однако если размер заказа увеличится в связи с ростом спроса на продукцию металлургической отрасли в целом по региону, где функционирует рассматриваемое предприятие, данная задача в определенный момент времени не будет иметь допустимых решений. В таком случае предприятию будет необходимо использовать свои финансовые ресурсы для закупки дополнительного объема запасов, для чего в модели используются ограничения (7-13).

В случае, если собственных финансовых ресурсов по-прежнему недостаточно для выполнения всех ограничений, предприятию следует использовать модель выбора оптимальной производственной программы с учетом привлечения кредита (31-37).

Рассмотрим решение задачи с учетом формул (7-13). Пусть в данной задаче на 20% уменьшится объем располагаемых запасов предприятия. В таком случае ему будет необходимо привлечь дополнительный объем МР за счет собственных финансовых средств. В данном случае постановка задачи в MS Excel несколько изменится (рис. 2).

1	ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИОНАЛ					
		-1218323,2	---	max		
		-17186,292				
	ОГРАНИЧЕНИЕ НА ЗАПАСЫ			Zj+Lj	Lj	Zj
2		57,0	≤	57,0	45,1	11,874
		78,2	≤	78,2	61,9	16,300
		139,9	≤	139,9	97,5	42,352
		0,6	≤	0,6	0,4	0,117
		0,4	≤	0,4	0,3	0,090
3	ОГРАНИЧЕНИЕ НА ВРЕМЯ					
		7	≤	64,8		
		12	≤	64,8		
		17	≤	64,8		
		41	≤	64,8		
		40	≤	64,8		
		17	≤	64,8		
		12	≤	64,8		

Рис. 2. Постановка задачи в MS Excel при дополнительной закупке МР (фрагмент)

При этом необходимо создать дополнительный целевой функционал, в который добавится слагаемое (7), однако для расчета прибыли предприятия продолжаем использовать формулу (1).

При этом стоит отметить, что в данный момент предприятие не планирует закупать дополнительное оборудование, в связи с чем ограничения на данный вид затрат не влияют на поиск решения.

Также следует учесть неотрицательность объемов дополнительно закупаемых МР, что задается при помощи заново создаваемого ограничения на ячейки, содержащие значения Zj.

В результате применения поиска решения была определена следующая оптимальная производственная программа предприятия (табл. 7, 8). В сравнении с предыдущей моделью, изменилось решение для то-

варных позиций №7-10, 14, 17, 18 и №20. Для остальных позиций решение осталось неизменно.

Таблица 7

ОПТИМАЛЬНАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА РАССМАТРИВАЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАКУПКИ МР

№ пп	Продукция	Ед. изм.	Количество производимой продукции, т
1	Швеллер №10	т	12,684
2	Арматура для железобетонных конструкций 6 мм гл.	т	11,166
3	Арматура для железобетонных конструкций 12 мм гл.	т	12,617

№ пп	Продукция	Ед. изм.	Количество производимой продукции, т
4	Брусok железный 5 × 50 мм	т	13,327
5	Швеллер № 16	т	13,359
6	Балка 20 × 16 мм	т	12,518
7	Балка 25 × 25 мм	т	12,384
8	Балка 20 × 20 мм	т	12,444
9	Арматура 20 мм гл.	т	13,029
10	Профиль квадратный 23 × 23 × 1,5	т	12,837
11	Профиль квадратный 10 × 10 × 1,5	т	14,085
12	Профиль металлический 140 ЗСП5	т	12,687
13	Уголок 80 × 80 × 2	т	13,136
14	Шестигранник стальной 14 мм	т	13,930
15	Труба профильная 5 × 5 × 3	т	11,928
16	Труба профильная 5 × 5 × 2	т	12,159
17	Труба профильная 6 × 6 × 3	т	11,146
18	Профиль потолочный П60х27-3000	т	14,323
19	Профиль перфорированный 08ПС	т	11,857
20	Тавр тепличный 32 × 25 × 3	т	11,494

В результате применения модификации модели с учетом дополнительных закупок материальных ресурсов была получена другая производственная программа. По мере усложнения задачи решение возможно приближать к наилучшему возможному для рассматриваемого предприятия, ввиду чего целесообразно более углубленно изучить особенности процесса снабжения предприятия, хранения ГП, ее потребления и иных характеристик, влияющих на выбор модели из перечня вышеизложенных.

Таблица 8

ВЕКТОР ЗАКУПКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

№ пп	Наименование ресурса	Величина Z _j , т
1	Катанка 6/12/20 мм	11,874
2	Лист стальной 1,5/2/3/5 мм	16,300
3	Заготовка квадратная	42,382
4	Цинковое покрытие	0,117
5	Краска	0,090

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования можно прийти к выводу, что предложенные в работе модели выбора оптимальной производственной программы предприятия позволяют сократить издержки производства и увеличить прибыль предприятия при сохранении требуемого уровня обслуживания клиентов с точки зрения полноты и своевременности поставок готовой продукции. В современных условиях производственным предприятиям необходимо использовать все имеющиеся резервы повышения доходности активов, ввиду чего применение математических методов при принятии решений становится все более актуальным.

Решение поставленных задач средствами MS Excel делает предложенные модели доступными для всех сфер

бизнеса, в том числе малых предприятий. Применение предложенных моделей также позволяет оптимизировать работу производственного предприятия с учетом используемых складских мощностей и интенсивности потребления производимой продукции. Учет вышеописанных особенностей производственного процесса и хранения готовой продукции позволяет использовать все доступные предприятию резервы повышения прибыли за счет оптимизации использования имеющихся ресурсов.

Литература

1. Данилин В.И. Финансовое и операционное планирование в корпорации. Методы и модели [Текст] / В.И. Данилин. – М.: Дело, 2014. – 616 с.
2. Данилин В.И. Экономико-математическая модель развития корпорации [Текст] / В.И. Данилин // Российский экон. ж-л. – 1997. – №10. – С. 82-98.
3. Металл-Эксперт [Электронный ресурс]: информационное агентство. Режим доступа: <http://metalexpergroup.com/>.
4. Мищенко А.В. Модели нелинейной оптимизации производственно-финансовой деятельности предприятия [Текст] / А.В. Мищенко // Прикладная информатика. – 2009. – №5. – С. 54-65.
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: официальный сайт. Режим доступа: <http://www.gks.ru/>.

Ключевые слова

Математические методы; оптимизация производства; емкость склада; выбор производственной программы; оборотные средства; оптимизационные модели; привлечение кредита; материальные ресурсы; металлургия; сортовой прокат.

Мищенко Александр Владимирович

Катюхина Ольга Алексеевна

Нестерович Людмила Григорьевна

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность проблемы. В современной экономике достаточно широко применяются математические методы при управлении производственно-финансовой деятельностью предприятия. Использование методов математической оптимизации является перспективным направлением в производственном менеджменте.

Применение описанных в статье методов позволяет повысить эффективность производственных процессов предприятия, в том числе путем снижения затрат на приобретение материальных ресурсов.

Актуальность работы определяется тем, что в настоящее время использование методов управления производством, подобных предложенным авторами, не является повсеместным, следовательно, необходимо привлечь внимание к этой проблеме среди менеджеров.

Научная новизна и практическая значимость. В статье предложены математические модели для определения оптимальной производственной программы и приведены примеры их применения, в частности, при управлении деятельностью металлургического предприятия.

Заключение. Рецензируемая статья представляет научный и практический интерес. Рекомендую ее к опубликованию в журнале «Аудит и финансовый анализ».

Соколов Е.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Финансы» Московского государственного технического университета им. Баумана, г. Москва.

[Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ](#)