

## МЕТОДИКА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАПАСАМИ\*

Хаял Эльман оглы КЕРИМОВ

аспирант кафедры финансового менеджмента,  
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация  
kerimovhayal232@gmail.com

### История статьи:

Получена 31.03.2016  
Получена в доработанном виде 23.06.2016  
Одобрена 01.08.2016  
Доступна онлайн  
30.09.2019

УДК 338.2  
JEL: G32

### Ключевые слова:

оборотные активы,  
оптимизация, запасы,  
партия поставки,  
иммобилизация

### Аннотация

**Предмет.** Представлен один из возможных алгоритмов оптимизации партии поставки производственных запасов для предприятий с сезонным характером продаж. Управление запасами имеет первостепенное значение в процессе управления оборотными средствами компании как в технологическом, так и в финансовом аспектах. Именно в этот вид оборотных активов инвестируются средства из различных источников для поддержания бесперебойного процесса производства и реализации продукции. Наиболее острыми проблемами, встающими перед управленцами крупных предприятий, являются те, которые касаются установления объемов финансирования этого вида активов в определенные моменты времени, количества поставок, структуры финансирования и оптимальной партии поставки. Именно этот факт обосновывает выбор предмета исследования.

**Цели.** Создание эффективной методики оптимизации партии поставки запасов, позволяющей учитывать не только затраты, связанные с перевозкой и хранением продукции, но и возникающие при высоком уровне иммобилизаций денежных средств в виде материально-производственных запасов, необходимых для осуществления хозяйственной деятельности.

**Методология.** Аддитивные и мультипликативные модели прогнозирования, методика построения ряда Фурье, анализ автокорреляции уровней временных рядов, модель динамического программирования.

**Результаты.** Сформулирован эффективный алгоритм определения объема финансирования для конкретного вида материально-производственных запасов по периодам времени спрогнозированной сезонной модели. Разработана методика эффективной партии заказа производственных запасов с учетом фактора косвенных потерь от иммобилизации денежных средств.

**Выводы.** Разработанная методика позволит повысить эффективность управления оборотным капиталом предприятия за счет минимизации денежных средств, иммобилизованных в виде материально-производственных запасов, сокращения затрат на перевозку и хранение продукции.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2016

**Для цитирования:** Керимов Х.Э. Методика эффективного управления производственными запасами // Дайджест-Финансы. – 2019. – Т. 24, № 3. – С. 329 – 348.  
<https://doi.org/10.24891/df.24.3.329>

Одна из основных составляющих оборотного капитала – производственные запасы, которые в свою очередь включают сырье и материалы, незавершенное производство, готовую продукцию и пр<sup>1</sup>.

\* Статья подготовлена по материалам журнала «Финансы и Кредит». 2016. Т. 22. Вып. 31.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-effektivnogo-upravleniya-proizvodstvennymi-zapasami>

<sup>1</sup> Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет материально-производственных запасов» (ПБУ 5/01):

Управление запасами в процессе функционирования компании имеет огромное значение как в технологическом, так и в финансовом аспектах.

Издержки хранения материальных запасов связаны не только со складскими расходами, но и с вмененной стоимостью капитала, то есть с нормой прибыли, которую могла бы

приказ Минфина России от 09.06.2001 № 44н.

получить компания в результате альтернативных вложений или других инвестиционных возможностей, имеющих схожий уровень рисков, следовательно, запасы – это средства, отвлеченные из оборота, объем которых логично минимизировать. Большинство предприятий допускают, что инвестирование в запасы имеет такую же степень риска, что и типичные для данного предприятия капитальные вложения, поэтому при расчете затрат на хранение используют средневзвешенную стоимость капитала предприятия.

Одним из наиболее важных и значимых видов затрат, воздействующих на рентабельность компании, являются затраты на перевозку продукции, которые, как правило, возрастают и убывают в зависимости от количества перевозимой продукции и количества партий поставок.

Вместе с тем уровень запасов должен быть достаточным для обеспечения бесперебойного процесса производства. В этих условиях финансовый менеджер компании обязан определить оптимальный размер партии заказа с учетом основных факторов, влияющих на данный показатель, в качестве которых выступают затраты на хранение без временной стоимости капитала (аренда склада), затраты на хранение с учетом временной стоимости денег, затрат на перевозку.

Однако для оптимизации затрат и определения лучшего размера партии заказа необходимо знать потребность на будущие периоды, что в свою очередь определяется будущим спросом на продукцию конкретного типа. Так, потребность в материалах, из которых производят продукцию «А», может быть значительна, а потребности в материалах для продукции типа «В» может не быть вовсе. В этом случае перед финансовым менеджером встает не только вопрос, касающийся определения оптимального размера партии заказа материалов в общем по продукции компании, но и по каждому типу продукции в отдельности.

Цена ошибки прогнозных значений спроса, а, следовательно, потребности в материалах слишком велика. При отклонении прогнозного значения спроса в большую сторону (спрос переоценен менеджером) компания понесет затраты, связанные с переизбытком материалов на складах (затраты на хранение, стоимость капитала), в обратном случае (недооценка спроса) компания не сумеет обеспечить бесперебойный цикл производства для определенного типа продукции, в то время как на складе будут обесцениваться материалы для продукции другого типа. Вероятность ошибок прогнозных значений существенно ниже у компаний, имеющих в своем ассортименте продукцию, для которой характерен циклический, сезонный характер, что и обуславливает необходимость выявления таких типов продукции в общем ассортименте конкретной компании для дальнейшего анализа.

С учетом всего изложенного составлен алгоритм оптимизации финансирования запасов для предприятий, имеющих сезонные типы продукции (рис. 1).

Для классификации ресурсов компании в зависимости от характера их потребления и точности прогнозирования изменений в их потребности в течение определенного временного цикла необходимо на первом этапе провести XYZ-анализ в целях выявления ресурсов категории «X», характеризующихся известными тенденциями (потенциальными сезонными колебаниями) и средними возможностями их прогнозирования. Для этого необходимо рассчитать отношение среднеквадратичного отклонения к среднеарифметическому значению объемов продаж по каждому типу продукции в единицах и сделать выборку типов продукции, вариация которых не ниже 0% и не превышает 10% по формуле:

$$Var = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n} / \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad 0,1 \leq Var \leq 0,25, \quad (1)$$

где  $Var$  – коэффициент вариации;

$x_i$  – значение статистического ряда объема продаж (ед.) по типу продукции в определенный момент времени;

$\bar{x}$  – среднее значение объема продаж (ед.) по типу продукции;

$n$  – количество значений в статистическом ряду.

В целях наглядного представления алгоритма каждый шаг этапа осуществим на конкретном примере (табл. 1)<sup>2</sup>.

В результате XYZ-анализа были выявлены активы категории «X», к которым можно отнести продукцию серии S5 (рис. 2).

На втором шаге первого этапа необходимо проанализировать выявленные на первом шаге типы продукции категории «X» с потенциальными сезонными колебаниями на наличие сезонных тенденций (табл. 2), проведя автокорреляционный анализ (рис. 2) между уровнями временного ряда и провести проверку значимости сезонности по формуле (2) и неравенству (3) соответственно:

$$r_k(x_i) = \frac{\overline{x_i \cdot x_{i-k}} - \bar{x}_i \cdot \bar{x}_{i-k}}{\sqrt{(\overline{x_i^2} - (\bar{x}_i)^2) \cdot (\overline{x_{i-k}^2} - (\bar{x}_{i-k})^2)}}, \quad (2)$$

где  $r_k(x_i)$  – выборочный коэффициент автокорреляции между рядами объема продаж (ед.) с временным лагом ( $k$ );

$\bar{x}_i$  – значение среднего уровня ряда, определяемое по формуле:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1+k}^n x_i}{n-k};$$

$\bar{x}_{i-k}$  – значение среднего уровня ряда с временным лагом ( $k$ ), определяемое как:

$$\bar{x}_{i-k} = \frac{\sum_{i=1+k}^n x_{i-k}}{n-k};$$

$\overline{x_i \cdot x_{i-k}}$  – среднее арифметическое произведения двух рядов наблюдения, взятых с лагом ( $k$ ):

$$\overline{x_i \cdot x_{i-k}} = \frac{\sum_{i=1+k}^n x_i \cdot x_{i-k}}{n-k}.$$

Исследуемые значения объемов продаж (ед.) по типам продукции категории «X» будут содержать:

– только трендовые тенденции, максимальное значение коэффициента корреляции которых достигается при временном лаге ( $k = 1$ );

– трендовые тенденции с циклическими и (или) сезонными колебаниями, максимальное значение коэффициента корреляции которых достигается при временном лаге ( $k > 1$ ).

Для подтверждения значимости выборочного коэффициента автокорреляции между рядами объема продаж (ед.) с временным лагом ( $k > 1$ ) на уровне значимости ( $\alpha = 0,05$ ) (рис. 3), его необходимо проверить на невыполнение неравенства:

$$-1,96 \frac{1}{\sqrt{n}} \leq r_{k>1}(x_i) \leq 1,96 \frac{1}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

Если исследуемые значения объемов продаж (ед.) по типам продукции категории «X» будут содержать подтвержденные сезонные и (или) циклические колебания, необходимо перейти на следующий шаг анализа, в качестве которого выступает декомпозиция временного ряда (табл. 3) на составляющие (ряды Фурье), которые связаны с частотой колебаний уровней с  $m$  гармониками, выраженными в виде тригонометрических функций, амплитуда которых не должна превышать 4 квартала или 12 мес., определяемых по общей формуле:

$$\hat{y}_i = \bar{x} + \sum_{z=1}^m a_z \cos \omega_z \left( \sum_{n=0}^n 2 \frac{\pi}{n} \right) + \sum_{z=1}^m b_z \sin \omega_z \left( \sum_{z=1}^m 2 \frac{\pi}{n} \right),$$

где  $a_z$ ,  $b_z$  – коэффициенты тригонометрического ряда, определяемые МНК;

$m$  – гармоника ряда, максимальное число гармоник не должно превышать  $\left( \frac{m}{2} \right)$  ;

$\omega$  – частота ряда.

<sup>2</sup> Составлено на основании данных официального сайта компании «BMW Group». URL: <http://www.bmwgroup.com>

На первом шаге второго этапа необходимо выявить ряд, наиболее точно описывающий исходный динамический ряд объема продаж (ед.) по типу продукции категории «X».

Как видно из графика (рис. 4), для рассматриваемого временного ряда лучше предпочесть модель с шестью гармониками, которая в свою очередь будет трансформирована в ряд (рис. 5). На его основе будет построен прогноз продаж (табл. 4) с учетом колебаний на втором шаге по формуле:

$$F_i = y_i + S_i^a, \quad (5)$$

где  $F_i$  – значение объема продаж продукции трансформированного ряда в периоде  $i$ ;

$S_i^a$  – скорректированное значение компоненты колебаний, определяемой как:

$$S_i^a = S_i - \frac{\sum_{i=1}^L S_i}{L},$$

где  $S_i$  – компонента колебаний в периоде  $i$ ;

$L$  – общее количество сезонных компонент.

Для учета потенциальных затрат, связанных с иммобилизацией денежных средств в материалах, на первом шаге третьего этапа необходимо оценить временную стоимость оборотного капитала по формуле:

$$WACC = \frac{CE_{CA}}{V} \cdot r_{CE} + \frac{D_{CA}}{V} \cdot (1-T) \cdot r_D + \frac{CE_{NCA}}{V} \cdot r_{CE} + \frac{D_{NCA}}{V} \cdot (1-T) \cdot r_D,$$

где  $CE_{CA}$  – величина собственного капитала, инвестируемого в оборотные активы;

$CE_{NCA}$  – величина собственного капитала, инвестируемого во внеоборотные активы;

$D_{CA}$  – величина заемного капитала, инвестируемого в оборотные активы;

$D_{NCA}$  – величина заемного капитала, инвестируемого во внеоборотные активы;

$T$  – ставка налога на прибыль;

$V$  – совокупный капитал компании ( $D + CE$ ).

Из этого следует, что

$$WACC = WACWC + WACNWC,$$

где  $WACWC$  – средневзвешенная стоимость оборотного капитала;

$WACNWC$  – средневзвешенная стоимость внеоборотного капитала.

Отсюда

$$WACWC = \frac{CE_{CA}}{V} \cdot r_{CE} + \frac{D_{CA}}{V} \cdot (1-T) \cdot r_D.$$

Для расчета оптимальной партии поставки с учетом затрат связанных с переизбытком материалов на складах (затраты на хранение, стоимость капитала), затрат на перевозку, необходимо использовать модель динамического программирования. В целях упрощения представления модели покажем постановку задачи на конкретном числовом примере.

Предположим, что потребности компании в материалах для удовлетворения спроса, в первом квартале представленного в табл. 4 по продукции серии S5, составят следующие объемы:  $a_1 = 10$  ед.,  $a_2 = 20$  ед.,  $a_3 = 10$  ед.,  $a_4 = 30$  ед.,  $a_5 = 20$  ед. Максимально возможное количество перевозимой продукции за одну поездку – 60 ед. Стоимость перевозки  $C_3$  в каждом рейсе  $(10 + 0,1q)$  у.е., где  $q$  – количество перевозимой продукции ( $0 < q \leq 60$ ). Если часть продукции остается на следующий период, то используется склад вместимостью 30 ед. Стоимость хранения единицы продукции в течение одного периода  $C_1 = 0,1$  у.е. Цена одной единицы продукции  $P = 5$  у.е. Первоначальный запас продукции равен нулю ( $D_0 = 0$ ). Средневзвешенная стоимость оборотного капитала  $WACWC = 30\%$ .

Обозначим через  $q_j$  количество перевозимой продукции в периоде  $j$ . Остаток продукции по истечении  $j$ -го периода обозначим

$$G_j \left( j = \frac{1}{5} \right) / G_i = q_1 + q_2 + \dots + q_j - (a_1 + a_2 + \dots + a_j),$$

$$G_j = G_{j-1} + q_j - a_j.$$

Затраты за период  $q$  складываются из затрат на хранение единиц продукции  $G_{j-1}$ , затрат по иммобилизации ( $C_2 = WACWC (l/w) P$ ) или

отвлечения из оборота денежных средств в виде материалов единиц продукции  $G_{j-1}$ , и затрат на перевозку единиц продукции в течение  $i$ -го периода, то есть

$$f(G_{j-1}, q_j) = C_1 + (C_2 = WACWC(l/w)P) \cdot G_{j-1} + \begin{cases} C_3 = 10 + 0,1 q_j & \text{при } q_j > 0 \\ 0 & \text{при } q_j = 0 \end{cases} \\ j = 1, 2, 3, 4, 5,$$

где  $l$  – продолжительность периода  $j$  в днях;

$w$  – временная база.

Для определения оптимальной партии поставки в каждом периоде воспользуемся инструментом динамического программирования, начав решение с последнего, пятого периода.

**Пятый период.** Затраты за пятый период могут быть рассчитаны следующим образом:

$$f(G_4, q_5) = 0,1 + (C_2 = 0,3(18/90)4) \cdot G_4 + \begin{cases} C_3 = 10 + 0,1 q_5 & \text{при } q_5 > 0 \\ 0 & \text{при } q_5 = 0 \end{cases}$$

К началу пятого периода остаток от предыдущего периода может быть в общем случае любым:  $0 \leq G_4 \leq 20$  (с учетом потребностей пятого периода:  $a_5 = 20$ ). Для уменьшения размерности модели расчет будем вести по дискретным точкам 0, 5, 10, 15, 20 и т.д. Оптимальные (минимальные в данном случае) затраты будем обозначать

$$Q_5(G_4, q_5) = \min f_5(G_4, q_5).$$

Тогда для последнего (пятого периода) получим

$$\begin{aligned} G_4 = 0 / Q_5(0, 20) &= \\ &= \min((0,1 + 0,1) \cdot 0 + (10 + 0,1 \cdot 20)) = 12 \\ G_4 = 5 / Q_5(5, 15) &= \\ &= \min((0,1 + 0,1) \cdot 5 + (10 + 0,1 \cdot 15)) = 12,5 \\ G_4 = 10 / Q_5(10, 10) &= \\ &= \min((0,1 + 0,1) \cdot 10 + (10 + 0,1 \cdot 10)) = 13 \\ G_4 = 15 / Q_5(15, 5) &= \\ &= \min((0,1 + 0,1) \cdot 15 + (10 + 0,1 \cdot 5)) = 13,5 \\ G_4 = 20 / Q_5(20, 0) &= \\ &= \min((0,1 + 0,1) \cdot 20 + (10 + 0,1 \cdot 0)) = 14 \\ G_4 = 25 / Q_5(25, 0) &= \\ &= \min((0,1 + 0,1) \cdot 25 + (10 + 0,1 \cdot 0)) = 14,5 \\ G_4 = 30 / Q_5(30, 0) &= \\ &= \min((0,1 + 0,1) \cdot 30 + (10 + 0,1 \cdot 0)) = 15 \end{aligned}$$

**Четвертый период.** Потребность четвертого периода составляет  $a_4 = 30$ . Оптимальные суммарные затраты за четвертый и пятый период могут быть рассчитаны как

$$Q_{4,5}(G_3, q_4) = \min f_4(G_3, q_4) + Q_5(G_4, q_5),$$

где  $Q_5(G_4, q_5)$  вычислены на предыдущем шаге, а  $f_4(G_3, q_4)$  может быть рассчитана как

$$f_4(G_3, q_4) = 0,1 + (C_2 = 0,3(18/90)4) \cdot G_3 + \begin{cases} C_3 = 10 + 0,1 q_4 & \text{при } q_4 > 0 \\ 0 & \text{при } q_4 = 0 \end{cases}.$$

Для  $G_3 = 0$ .

Так как потребность  $a_4 = 30$  ед. должна быть удовлетворена, то для  $q_4$  возможны следующие значения:  $q_4 = 30, q_4 = 35, q_4 = 40, q_4 = 45, q_4 = 50, q_4 = 55, q_4 = 60$ .

В этом случае

$$Q_{4,5}(G_3 = 0) = \min \begin{pmatrix} 10 + 0,1 \cdot 30 + Q_5(0) \\ 10 + 0,1 \cdot 35 + Q_5(5) \\ 10 + 0,1 \cdot 40 + Q_5(10) \\ 10 + 0,1 \cdot 45 + Q_5(15) \\ 10 + 0,1 \cdot 50 + Q_5(20) \\ 10 + 0,1 \cdot 55 + Q_5(25) \\ 10 + 0,1 \cdot 60 + Q_5(30) \end{pmatrix} = \\ = \begin{pmatrix} 13 + 12 \\ 13,5 + 12,5 \\ 14 + 13 \\ 14,5 + 13,5 \\ 15 + 14 \\ 15,5 + 14,5 \\ 16 + 15 \end{pmatrix} = 19.$$

Для  $G_3 = 5: q_4 = 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55$ .

$$\begin{aligned}
 Q_{4,5}(G_3=5) &= \\
 &= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_5(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_5(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_5(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 40) + Q_5(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 45) + Q_5(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 50) + Q_5(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 55) + Q_5(30) \end{pmatrix} = \\
 &= \begin{pmatrix} 13,5+12 \\ 14+12,5 \\ 14,5+13 \\ 15+13,5 \\ 15,5+4 \\ 16+5 \\ 16,5+6 \end{pmatrix} = 19,5.
 \end{aligned}$$

Для  $G_3 = 10:q_4 = 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50$ .

$$\begin{aligned}
 Q_{4,5}(G_3=5) &= \\
 &= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_5(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_5(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_5(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_5(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 40) + Q_5(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 45) + Q_5(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 50) + Q_5(30) \end{pmatrix} = \\
 &= \begin{pmatrix} 12+12 \\ 12,5+12,5 \\ 13+13 \\ 13,5+13,5 \\ 14+4 \\ 14,5+5 \\ 15+6 \end{pmatrix} = 17.
 \end{aligned}$$

Для  $G_3 = 15:q_4 = 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$ .

$$\begin{aligned}
 Q_{4,5}(G_3=15) &= \\
 &= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_5(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_5(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_5(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_5(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_5(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 40) + Q_5(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 45) + Q_5(30) \end{pmatrix} = \\
 &= \begin{pmatrix} 14,5+12 \\ 15+12,5 \\ 15,5+13 \\ 16+13,5 \\ 16,5+4 \\ 17+5 \\ 17,5+6 \end{pmatrix} = 17,5.
 \end{aligned}$$

Для  $G_3 = 20:q_4 = 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$ .

$$\begin{aligned}
 Q_{4,5}(G_3=20) &= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_5(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_5(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_5(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_5(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_5(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_5(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 40) + Q_5(30) \end{pmatrix} = \\
 &= \begin{pmatrix} 15+12 \\ 15,5+12,5 \\ 16+13 \\ 16,5+13,5 \\ 17+4 \\ 17,5+5 \\ 18+6 \end{pmatrix} = 21.
 \end{aligned}$$

Для  $G_3 = 25:q_4 = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35$ .

$$Q_{4,5}(G_3=25)=$$

$$= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_5(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_5(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_5(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_5(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_5(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_5(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_5(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 15,5+12 \\ 16+12,5 \\ 16,5+13 \\ 17+13,5 \\ 17,5+4 \\ 18+5 \\ 18,5+6 \end{pmatrix} = 21,5.$$

Для  $G_3 = 30:q_4 = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30$ .

$$Q_{4,5}(G_3=30)=$$

$$= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 30 + 0 + Q_5(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_5(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_5(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_5(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_5(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_5(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_5(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 6+12 \\ 16,5+12,5 \\ 17+13 \\ 17,5+13,5 \\ 18+4 \\ 18,5+5 \\ 19+6 \end{pmatrix} = 18.$$

**Третий период.** Потребность третьего периода составляет  $a_3 = 10$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2, q_3) = \min f_3(G_2, q_3) + Q_{4,5}(G_3, q_4),$$

$$f_3(G_2, q_3) = 0,1 + (C_2 = 0,3(18/90)4) \cdot G_2 +$$

$$\text{где } \begin{cases} C_3 = 10 + 0,1 q_3 & \text{при } q_3 > 0 \\ 0 & \text{при } q_3 = 0 \end{cases}.$$

Для  $G_2 = 0:q_3 = 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=0) = \min \begin{pmatrix} 10+0,1 \cdot 10 + Q_{4,5}(0) \\ 10+0,1 \cdot 15 + Q_{4,5}(5) \\ 10+0,1 \cdot 20 + Q_{4,5}(10) \\ 10+0,1 \cdot 25 + Q_{4,5}(15) \\ 10+0,1 \cdot 30 + Q_{4,5}(20) \\ 10+0,1 \cdot 35 + Q_{4,5}(25) \\ 10+0,1 \cdot 40 + Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 11+19 \\ 11,5+19,5 \\ 12+17 \\ 12,5+17,5 \\ 13+21 \\ 13,5+21,5 \\ 14+18 \end{pmatrix} = 29.$$

Для  $G_2 = 5:q_3 = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=5) =$$

$$= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_{4,5}(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_{4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_{4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_{4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_{4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_{4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 5 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 11,5+19 \\ 12+19,5 \\ 12,5+17 \\ 13+17,5 \\ 13,5+21 \\ 14+21,5 \\ 14,5+18 \end{pmatrix} = 29,5.$$

Для  $G_2 = 10:q_3 = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=10) =$$

$$= \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 10 + 0 + Q_{4,5}(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_{4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_{4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_{4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_{4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_{4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 2+19 \\ 12,5+19,5 \\ 13+17 \\ 13,5+17,5 \\ 14+21 \\ 14,5+21,5 \\ 15+18 \end{pmatrix} = 21.$$

Для  $G_2 = 15:q_3 = 0, 5, 10, 15, 20, 25$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=10) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 15+0+Q_{4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 15+(10+0,1 \cdot 5)+Q_{4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 15+(10+0,1 \cdot 10)+Q_{4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 15+(10+0,1 \cdot 15)+Q_{4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 15+(10+0,1 \cdot 20)+Q_{4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 15+(10+0,1 \cdot 25)+Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3+19,5 \\ 13,5+17 \\ 14+17,5 \\ 14,5+21 \\ 15,5+21,5 \\ 16+18 \end{pmatrix} = 22,5.$$

Для  $G_2 = 20:q_3 = 0, 5, 10, 15, 20$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=20) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 20+0+Q_{4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 20+(10+0,1 \cdot 5)+Q_{4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 20+(10+0,1 \cdot 10)+Q_{4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 20+(10+0,1 \cdot 15)+Q_{4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 20+(10+0,1 \cdot 20)+Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4+17 \\ 14,5+17,5 \\ 15+21 \\ 15,5+21,5 \\ 16+18 \end{pmatrix} = 21.$$

Для  $G_2 = 25:q_3 = 0, 5, 10, 15$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=25) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 25+0+Q_{4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 25+(10+0,1 \cdot 5)+Q_{4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 25+(10+0,1 \cdot 10)+Q_{4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 25+(10+0,1 \cdot 15)+Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5+17,5 \\ 15,5+21 \\ 16+21,5 \\ 16,5+18 \end{pmatrix} = 22,5.$$

Для  $G_2 = 30:q_3 = 0, 5, 10$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=30) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 10+0+Q_{4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 5)+Q_{4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 10)+Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6+21 \\ 16,5+21,5 \\ 17+18 \end{pmatrix} = 27.$$

**Второй период.** Потребность второго периода составляет  $a_2 = 20$ .

$$Q_{2,3,4,5}(G_1, q_2) = \min f_2(G_1, q_2) + Q_{3,4,5}(G_2, q_3),$$

где

$$f_2(G_1, q_2) = 0,1 + (C_2 = 0,3(18/90)4) \cdot G_2 + \begin{cases} C_3 = 10 + 0,1 q_2 & \text{при } q_2 > 0 \\ 0 & \text{при } q_2 = 0 \end{cases}.$$

Для  $G_1 = 0:q_2 = 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50$ .

$$Q_{2,3,4,5}(G_1=0) = \min \begin{pmatrix} 10+0,1 \cdot 20+Q_{3,4,5}(0) \\ 10+0,1 \cdot 25+Q_{3,4,5}(5) \\ 10+0,1 \cdot 30+Q_{3,4,5}(10) \\ 10+0,1 \cdot 35+Q_{3,4,5}(15) \\ 10+0,1 \cdot 40+Q_{3,4,5}(20) \\ 10+0,1 \cdot 45+Q_{3,4,5}(25) \\ 10+0,1 \cdot 50+Q_{3,4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12+29 \\ 12,5+29,5 \\ 13+21 \\ 13,5+22,5 \\ 14+21 \\ 14,5+22,5 \\ 15+27 \end{pmatrix} = 34.$$

Для  $G_1 = 5:q_2 = 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$ .

$$Q_{3,4,5}(G_2=10) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 10+0+Q_{4,5}(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 5)+Q_{4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 10)+Q_{4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 15)+Q_{4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 20)+Q_{4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 25)+Q_{4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 10+(10+0,1 \cdot 30)+Q_{4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2+19 \\ 12,5+19,5 \\ 13+17 \\ 13,5+17,5 \\ 14+21 \\ 14,5+21,5 \\ 15+18 \end{pmatrix} = 21.$$

Для  $G_1 = 10:q_2 = 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$ .

$$Q_{2,3,4,5}(G_1=10) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_{3,4,5}(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_{3,4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_{3,4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_{3,4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_{3,4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_{3,4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 10 + (10+0,1 \cdot 40) + Q_{3,4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 13+29 \\ 13,5+29,5 \\ 14+21 \\ 14,5+22,5 \\ 15+21 \\ 15,5+22,5 \\ 16+27 \end{pmatrix} = 35.$$

Для  $G_1 = 15:q_2 = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35$ .

$$Q_{2,3,4,5}(G_1=15) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_{3,4,5}(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_{3,4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_{3,4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_{3,4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_{3,4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_{3,4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 15 + (10+0,1 \cdot 35) + Q_{3,4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 13,5+29 \\ 14+29,5 \\ 14,5+21 \\ 15+22,5 \\ 15,5+21 \\ 16+22,5 \\ 16,5+27 \end{pmatrix} = 35,5.$$

Для  $G_1 = 20:q_2 = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30$ .

$$Q_{2,3,4,5}(G_1=20) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 20 + 0 + Q_{3,4,5}(0) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_{3,4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_{3,4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_{3,4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_{3,4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_{3,4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 20 + (10+0,1 \cdot 30) + Q_{3,4,5}(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 4+29 \\ 14,5+29,5 \\ 15+21 \\ 15,5+22,5 \\ 16+21 \\ 16,5+22,5 \\ 17+27 \end{pmatrix} = 33.$$

Для  $G_1 = 25:q_2 = 0, 5, 10, 15, 20, 25$ .

$$Q_{2,3,4,5}(G_1=25) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 25 + 0 + Q_{3,4,5}(5) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_{3,4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_{3,4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_{3,4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_{3,4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 25 + (10+0,1 \cdot 25) + Q_{3,4,5}(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 5+29,5 \\ 15,5+21 \\ 16+22,5 \\ 16,5+21 \\ 17+22,5 \\ 17,5+27 \end{pmatrix} = 34,5.$$

Для  $G_1 = 30:q_2 = 0, 5, 10, 15, 20$ .

$$Q_{2,3,4,5}(G_1=30) = \min \begin{pmatrix} (0,1+0,1) \cdot 30 + 0 + Q_{3,4,5}(10) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 5) + Q_{3,4,5}(15) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 10) + Q_{3,4,5}(20) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 15) + Q_{3,4,5}(25) \\ (0,1+0,1) \cdot 30 + (10+0,1 \cdot 20) + Q_{3,4,5}(30) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6+21 \\ 16,5+22,5 \\ 17+21 \\ 17,5+22,5 \\ 18+27 \end{pmatrix} = 27.$$

**Первый период.** В расчетах первого периода рассмотрим только случай, когда остаток от предыдущего периода равен нулю ( $G_0 = 0$ ). При этом  $q_1 = 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$ .

$$Q_{1,2,3,4,5}(G_0=0) = \min \begin{pmatrix} 10+0,1 \cdot 10 + Q_{3,4,5}(0) \\ 10+0,1 \cdot 15 + Q_{3,4,5}(5) \\ 10+0,1 \cdot 20 + Q_{3,4,5}(10) \\ 10+0,1 \cdot 25 + Q_{3,4,5}(15) \\ 10+0,1 \cdot 30 + Q_{3,4,5}(20) \\ 10+0,1 \cdot 35 + Q_{3,4,5}(25) \\ 10+0,1 \cdot 40 + Q_{3,4,5}(30) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 11+34 \\ 11,5+34,5 \\ 12+35 \\ 12,5+35,5 \\ 13+33 \\ 13,5+34,5 \\ 14+27 \end{pmatrix} = 41.$$

Таким образом, суммарные затраты, связанные с перевозкой, хранением и иммобилизацией средств в виде материалов на складе, составят за пять периодов 41 у.е. Оптимальный план отображен в виде алгоритма:

- 1) анализируя  $Q_{1,2,3,4,5}(0)$ , находим  $q_1^{opt}(G)=40$  ед.;
- 2) анализируя  $Q_{2,3,4,5}(30)$ , находим  $q_2^{opt}(G)=0$  ед.;
- 3) анализируя  $Q_{3,4,5}(10)$ , находим  $q_3^{opt}(G)=0$  ед.;
- 4) анализируя  $Q_{4,5}(0)$ , находим  $q_4^{opt}(G)=50$  ед.;
- 5) анализируя  $Q_5(20)$ , находим  $q_5^{opt}(G)=0$  ед.

Промежуточные результаты представлены в матричном виде, где жирным шрифтом выделены оптимальные поставки продукции (табл. 5).

Оптимальный план поставок запасов для рассмотренной модели представлен в виде графика (рис. 6).

Иммобилизация денежных средств в виде запасов в течение 2-го, 3-го, 5-го периодов на первый взгляд способствует снижению эффективности управления оборотным капиталом. Однако в данном случае затраты, связанные с хранением материалов на складе, отвлечением средств из оборота (затраты, связанные с временной стоимостью денег), допустимы, поскольку стоимость поставки каждой партии запасов неприемлемо высока. Так, в случае применения системы поставок JIT (Just-In-Time – точно в срок или «канбан» – в японском варианте), суммарные затраты составили бы 59 у.е., что существенно выше 41 у.е. Тем не менее в случае большей иммобилизации денежных средств в виде запасов (цена одной единицы продукции не  $(P) - 5$  у.е., а  $(P) - 50$  у.е.) оптимальный план поставок был бы иным (рис. 7). В этом случае наиболее приемлемому варианту поставок соответствовал бы план, при котором запасы поставляются точно в срок, по мере необходимости.

Существенным моментом при оптимизации партий поставок является фактор стоимости капитала, так как именно он определяет долю потерь от инвестиций в конкретный вид запасов по причине отвлечения средств из оборота, а не только величина денежных средств, продолжительность каждого периода, затраты на перевозку, затраты на хранение.

Таблица 1

Объем продаж продукции компании «BMW» с 2012 по 2014 г., тыс. ед.

Table 1

BMW company sales for 2012–2014, thousand unit

Модель	2012											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
S1	18,3	17	18,6	20,5	21	20,5	18,3	17	18,5	19,5	20	19,5
S3	30	28	31	33	35	34	32	30	31	39	41	40
S5	28	26	27	31	33	32	28	26	27	30	33	31
S7	5	7	6	5	3	4	4,5	5	5,5	5	4	6
X6	3,6	4	3,6	3,3	3	3,3	3,5	4	3,5	4,1	4	4,1
Z4	1,38	1,36	1,4	1,57	1,58	1,55	1,13	1,1	1,12	1,03	1,04	1,02

Продолжение табл.

Модель	2013											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
S1	17,2	16	17,5	18,2	18,5	18,1	17,2	16,5	17	16,1	16,5	16
S3	38	34	35	40	42	41	43	42	44	45	47	46
S5	27	26	28	39	32	31	29	27	30	31	33	32
S7	5	3	4	4,6	5,6	5	4	3	6	5,5	4,5	5
X6	3,4	3	3,3	3,1	3,2	3	2,7	2,3	2,8	3,2	3,8	3,2
Z4	0,99	0,96	0,98	1,43	1,45	1,42	1,02	1	1,01	0,86	0,88	0,84

Продолжение табл.

Модель	2014											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
S1	15,3	15	15,6	16	16,5	16,1	14,6	14,1	14,5	15,1	15,2	15
S3	40	28	39	40	41	39,7	39	38	38,5	41	43	42
S5	31	29	30	33	35	34	29	27	28	30	33	31
S7	4	6	5	4,3	3,3	4,3	5,3	6	1,3	2	5	3
X6	3,2	2,8	3,1	3	3,3	2,9	1,9	1,6	1,8	2,3	2,6	2,2
Z4	1	0,8	1	1,07	1,09	1,06	0,7	0,5	0,8	0,59	0,65	0,67

Источник: составлено автором

Source: Authoring

Таблица 2

Значения автокорреляционного анализа по типам продукции

Table 2

The values of autocorrelation analysis by product type

Лаг	Корреляция	Значимые	$r_{k>1}(x_t)$	Лаг	Корреляция	Значимые	$r_{k>1}(x_t)$
	активов				активов		
	категории «X»	коэффициент			категории «X»	коэффициент	
	S5	S5	S5		S5	S5	S5
1	0,401123044	+	-	13	0,343452374	-	-
2	-0,279810579	-	-	14	-0,199330556	-	-
3	-0,634983054	+	-	15	-0,639152155	+	-
4	-0,307694358	-	-	16	-0,574538459	+	-
5	0,392040963	+	-	17	0,112393565	-	-
6	0,587787187	-	-	18	0,583923473	+	-
7	0,307079639	-	-	19	0,521965756	+	-
8	-0,293344173	-	-	20	-0,220433991	-	-
9	-0,55846489	+	-	21	-0,817491141	+	-
10	-0,202057667	-	-	22	-0,465765641	-	-

11	0,35703458	-	-	23	0,388528558	-	-
12	0,63323679	+	+	24	0,89782107	+	+

Источник: составлено автором

Source: Authoring

**Таблица 3**

**Периодические составляющие динамического ряда продаж продукции серии S5**

**Table 3**

**Periodic components of the time series of S5 series product sales**

№ гармоники	Гармоническая функция
1	$-0,649404566\cos t - 0,036078031\sin t$
2	$-0,277588691\cos 2t - 0,015421594\sin 2t$
3	$-0,124002823\cos 3t - 0,006889046\sin 3t$
4	$-0,095167279\cos 4t - 0,005287071\sin 4t$
5	$0,271704044\cos 4t + 0,015094669\sin 4t$
6	$-1,694\cos 5t - 0,094135802\sin 5t$

Источник: составлено автором

Source: Authoring

**Таблица 4**

**Прогнозные значения объемов продаж продукции S5 на 2015 г., тыс. ед.**

**Table 4**

**Forecast values of S5 series product sales volumes for 2015, thousand unit**

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Объем продаж	27,9	26,2	27,4	33,4	32,6	31,9	28,6	26,9	28,6	30,5	33,1	31,5

Источник: составлено автором

Source: Authoring

**Таблица 5**

**Матрица затрат**

**Table 5**

**A matrix of costs**

5-й период		4-й период		3-й период		2-й период		1-й период	
$Q_5(G)$	$q_5(G)$	$Q_{4,5}(G)$	$q_4(G)$	$Q_{3,4,5}(G)$	$q_3(G)$	$Q_{2,3,4,5}(G)$	$q_2(G)$	$Q_{1,2,3,4,5}(G)$	$q_1(G)$
12	20	19	50	29	20	34	30	41	40
12,5	15	19,5	45	29,5	15	34,5	25	-	-
13	10	17	35	21	0	35	20	-	-
13,5	5	17,5	20	22,5	0	35,5	15	-	-
4	0	21	30	21	0	33	0	-	-
5	0	21,5	25	22,5	0	34,5	0	-	-
6	0	17	0	27	0	27	0	-	-

Источник: составлено автором

Source: Authoring

**Рисунок 1**

**Алгоритм оптимизации финансирования запасов с тенденциями сезонности**

**Figure 1**

**An algorithm of optimization of inventory financing with seasonality trends**



Источник: составлено автором

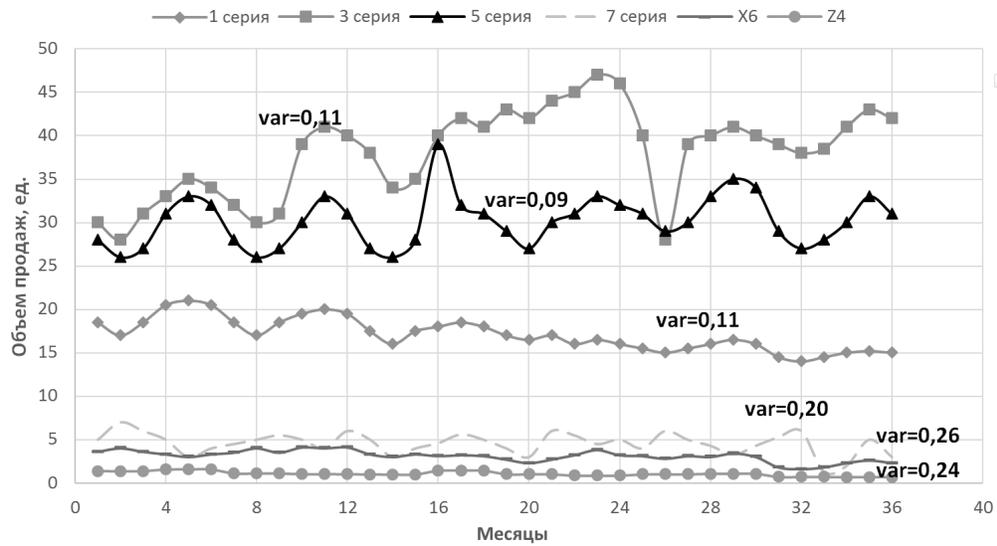
Source: Authoring

**Рисунок 2**

**Вариация объемов продаж по типам продукции**

**Figure 2**

**Variation of sales volumes by product type**



Источник: составлено автором

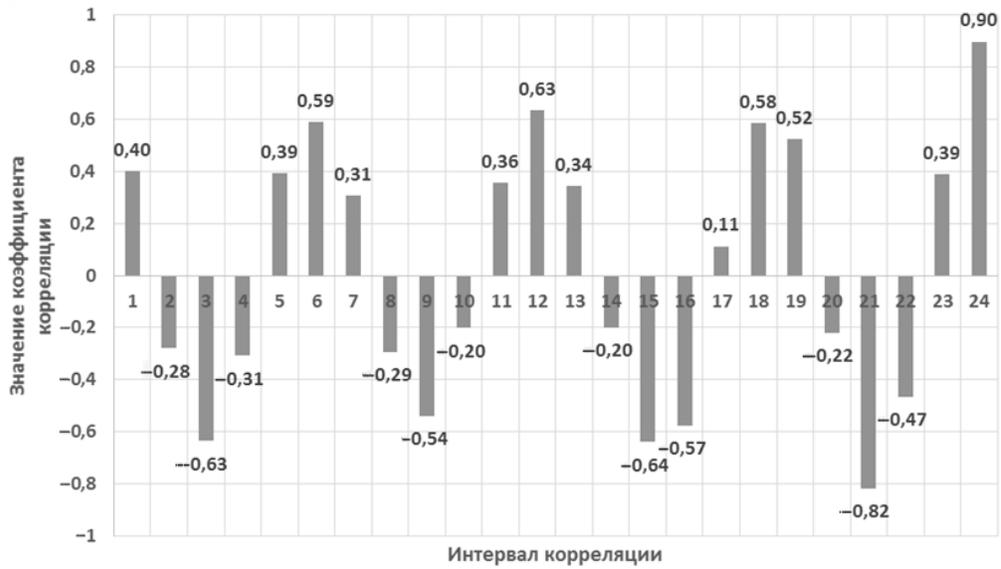
Source: Authoring

**Рисунок 3**

**Коррелограмма объемов продаж по продукции серии S5**

**Figure 3**

**Correlogram of sales by S5 series product**



*Источник:* составлено автором

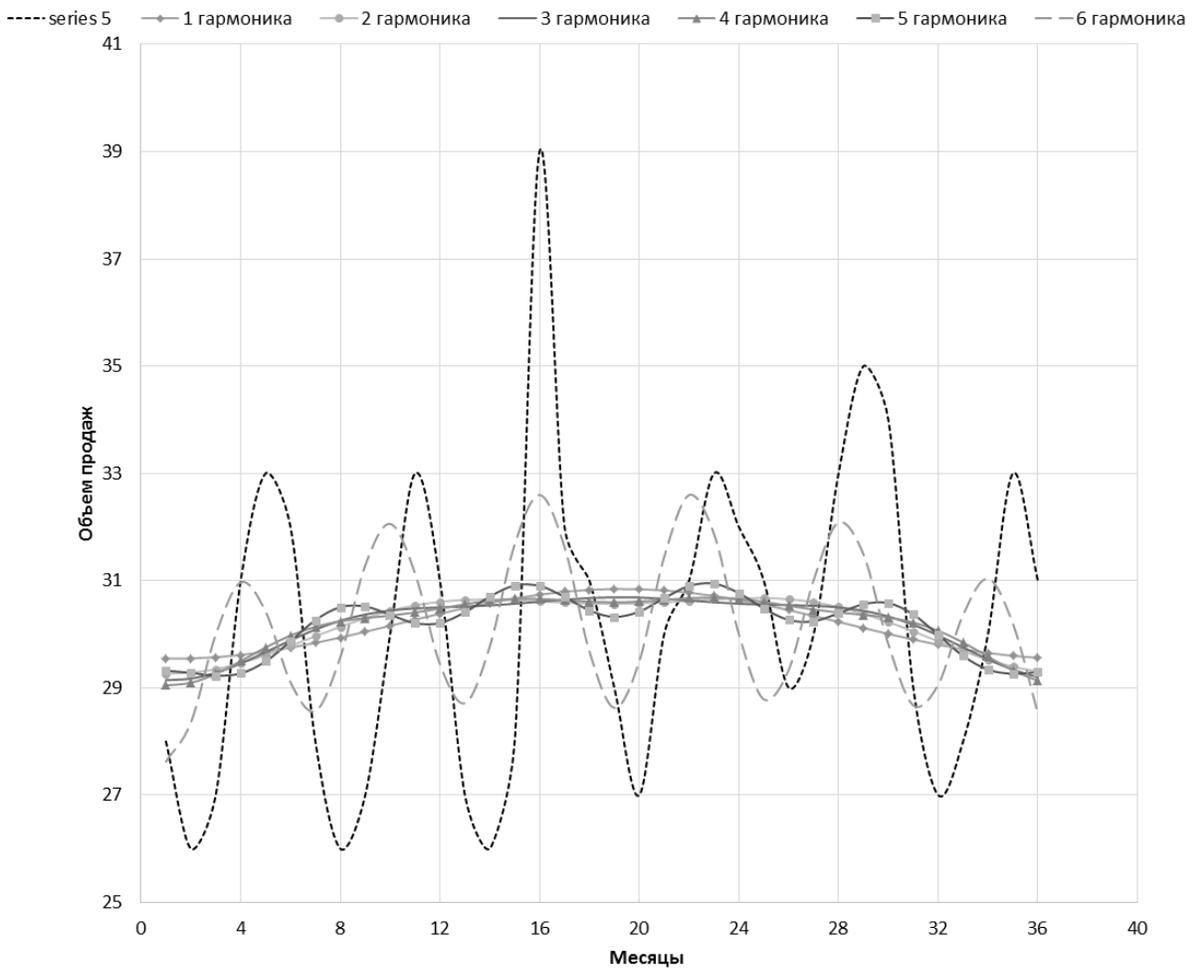
*Source:* Authoring

**Рисунок 4**

**Ряды Фурье по продукции серии S5**

**Figure 4**

**The Fourier series for S5 series product**



Источник: составлено автором

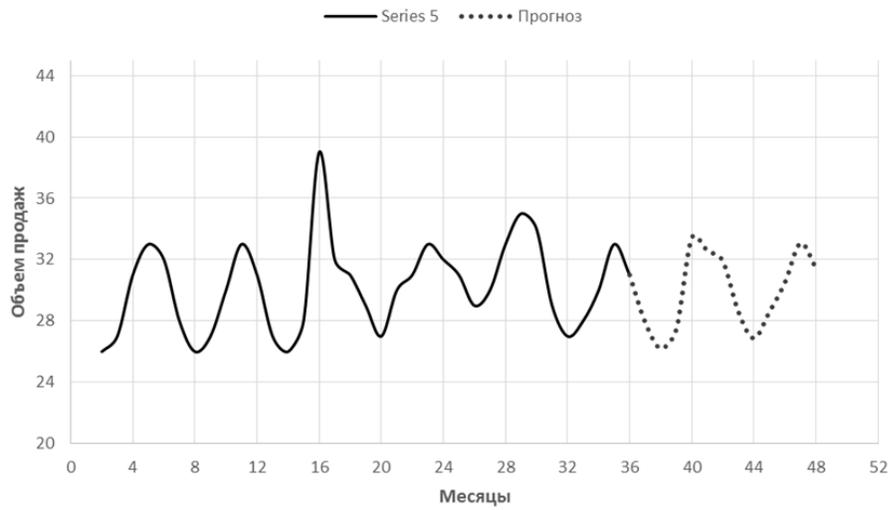
Source: Authoring

**Рисунок 5**

Прогнозные значения объемов продаж по продукции серии S5 на 2015 г.

**Figure 5**

Forecast value of sales by S5 series product for 2015



Источник: составлено автором

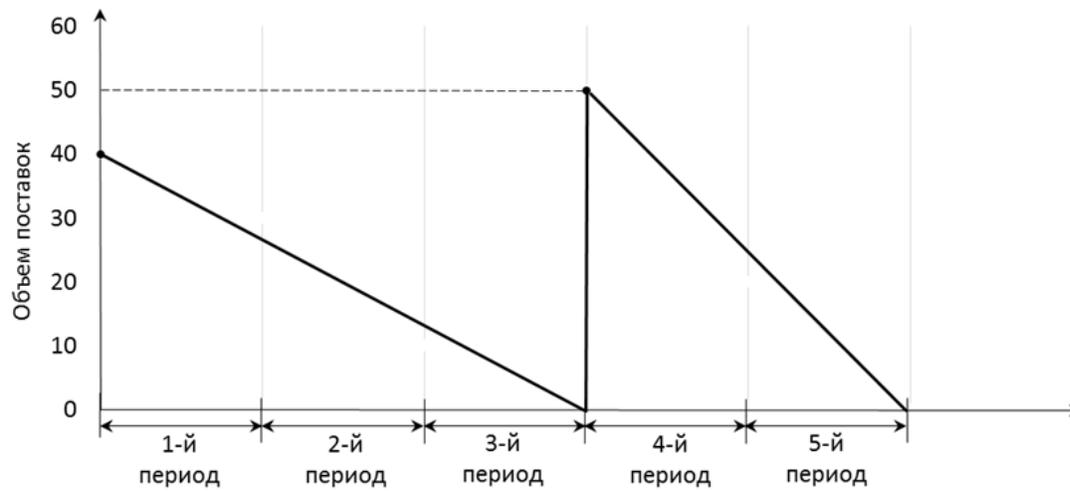
Source: Authoring

**Рисунок 6**

Оптимальный план поставок запасов

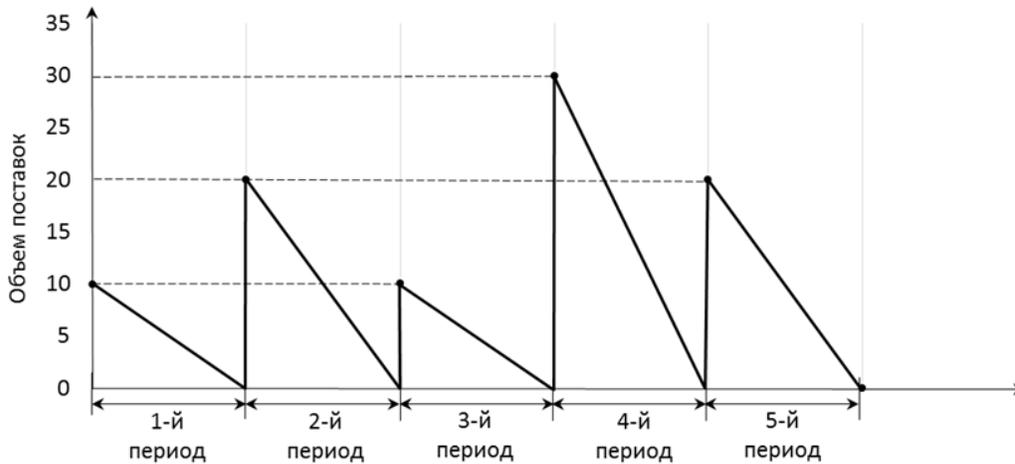
**Figure 6**

An optimal plan of inventory supply



Источник: составлено автором

Source: Authoring

**Рисунок 7****Оптимальный план поставок запасов при высокой иммобилизации средств****Figure 7****An optimal plan of inventory supplies under high immobilization of funds**

Источник: составлено автором

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Барькин С.Е., Лукинский В.В., Карпунин С.А. Модели управления запасами на основе интеграции финансового и материального потоков в цепях поставок // Аудит и финансовый анализ. 2012. № 1. С. 103–113.
2. Восканян Р.О. Особенности формирования стратегии роста стоимости инновационной компании // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2014. № 9. С. 37–44.
3. Восканян Р.О., Екимова К.В. Стоимостной подход к управлению инвестиционной привлекательностью компании // Экономика и предпринимательство. 2015. № 1. С. 442–445.
4. Савельева И.П., Екимова К.В. Концептуальные основы применения методов финансового менеджмента в процессе принятия управленческих решений // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2013. Т. 7. № 2. С. 62–67.
5. Екимова К.В., Громова Е.И. Финансовый менеджмент: роль в инновационном развитии экономики России (по материалам круглого стола) // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2012. № 1. С. 108–109.
6. Керимов Х.Э. Воздействие оборотного капитала на рыночную стоимость компании // Экономика и предпринимательство. 2015. № 8-2. С. 497–499.
7. Киржаева Н.Е. Способы оптимизации процесса обращения стоимости оборотного капитала в условиях рынка // Научное обозрение. 2014. № 11-3. С. 920–924.
8. Ордов К.В. Анализ перспективы использования модели Ольсона для оценки стоимости компании // Экономика и предпринимательство. 2015. № 6-1. С. 974–976.
9. Ордов К.В. Применение итерационного метода при оценке дополнительной эмиссии акций // Экономика и предпринимательство. 2015. № 6-1. С. 786–789.

10. *Перцева М.А.* Структура и средневзвешенная цена оборотного капитала предприятия // Путеводитель предпринимателя. 2013. № 21. С. 232–245.
11. *Шимко П.Д.* Международный финансовый менеджмент: монография. М.: Высш. шк., 2007. 431 с.
12. *Brigham E.F., Daves P.R.* Intermediate Financial Management. Cengage Learning, 2012, 1168 p.
13. *Keown A.J., Martin J.H., Petty J.W., Scott D.F.Jr.* Financial Management: Principles and Applications. Prentice Hall, 2001, 801 p.
14. *Knight F.H.* Risk, Uncertainty and Profit. Boston, Houghton Mifflin, 1921, 881 p.
15. *Madura J.* International Financial Management. Cengage Learning, 2014, 752 p.
16. *Shim J.K., Siegel J.G.* Financial Management. Barron's Business Library, Barron's Educational Series, 2008, 400 p.
17. *Zongsheng L.* Strategic Financial Management in Small and Medium-Sized Enterprises. *Internation Journal of Business & Management*, 2010, vol. 5, iss. 2, pp. 132–136.

#### **Информация о конфликте интересов**

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## A METHODOLOGY FOR EFFICIENT MANAGEMENT OF INVENTORIES

Khayal E. KERIMOV

Plekhanov Russian University of Economics (PRUE), Moscow, Russian Federation  
kerimovhayal232@gmail.com

### Article history:

Received 31 March 2016  
Received in revised form  
23 June 2016  
Accepted 1 August 2016  
Available online  
30 September 2019

**JEL classification:** G32

**Keywords:** current assets,  
optimization, inventory, order  
quantity, immobilization

### Abstract

**Subject** The article addresses the effective management of inventories for companies with seasonal sales and presents an algorithm for inventories optimization.

**Objectives** The study aims to create an efficient theoretical model for optimization of inventories by type of production.

**Methods** The study employs the additive and multiplicative models of forecasting, analysis of autocorrelation in time series, Fourier series construction technique, a model of dynamic programming.

**Results** I developed an efficient algorithm for optimizing the scope of finance for a specific type of inventories by time intervals of a seasonal predictive model. The paper presents a procedure for an economic order quantity subject to the factor of indirect losses from monetary funds immobilization.

**Conclusions and Relevance** The developed technique will enable to enhance the efficiency of working capital management of the enterprise through minimization of immobilized monetary funds in the form of inventories and shipment and storage cost saving.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2016

**Please cite this article as:** Kerimov Kh.E. A Methodology for Efficient Management of Inventories. *Digest Finance*, 2019, vol. 24, iss. 3, pp. 329–348.  
<https://doi.org/10.24891/df.24.3.329>

## Acknowledgments

The article was adapted from materials published in the journal *Finance and Credit*, 2016, vol. 22, iss. 31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-effektivnogo-upravleniya-proizvodstvennymi-zapasami> (In Russ.)

## References

1. Bar'kin S.E., Lukinskii V.V., Karpunin S.A. [Models of inventory management based on the integration of financial and material flows in supply chains]. *Audit i finansovyi analiz = Audit and Financial Analysis*, 2012, no. 1, pp. 103–113. (In Russ.)
2. Voskanyan R.O. [Specifics of developing the strategy of increase in value of innovative companies]. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova = Vestnik of Plekhanov Russian University of Economics*, 2014, no. 9, pp. 37–44. (In Russ.)
3. Voskanyan R.O., Ekimova K.V. [A cost-based approach to managing the company's investment appeal]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and Entrepreneurship*, 2015, no. 1, pp. 442–445. (In Russ.)
4. Savel'eva I.P., Ekimova K.V. [Conceptual framework for applying the methods of financial management in management decision-making]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment = Bulletin of South Ural State University. Series: Economics and Management*, 2013, vol. 7, no. 2, pp. 62–67. (In Russ.)

5. Ekimova K.V., Gromova E.I. [Financial management: Its role in the innovative development of Russian economy (based on the roundtable discussion)]. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova = Vestnik of Plekhanov Russian University of Economics*, 2012, no. 1, pp. 108–109. (In Russ.)
6. Kerimov Kh.E. [The impact of working capital on company's market value]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and Entrepreneurship*, 2015, no. 8-2, pp. 497–499. (In Russ.)
7. Kirzhaeva N.E. [Methods of optimizing the working capital turnover under market conditions]. *Nauchnoe obozrenie = Science Review*, 2014, no. 11-3, pp. 920–924. (In Russ.)
8. Ordov K.V. [Analyzing the prospects for using the Ohlson model for company valuation]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and Entrepreneurship*, 2015, no. 6-1, pp. 974–976. (In Russ.)
9. Ordov K.V. [Applying the iterative method to value additional stock issue]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and Entrepreneurship*, 2015, no. 6-1, pp. 786–789. (In Russ.)
10. Pertseva M.A. [Structure and weighted average price of enterprise's circulating capital]. *Putevoditel' predprinimatelya = Entrepreneur's Guide*, 2013, no. 21, pp. 232–245. (In Russ.)
11. Shimko P.D. *Mezhdunarodnyi finansovyi menedzhment: monografiya* [International financial management: a monograph]. Moscow, HSE Publ., 2007, 431 p. (In Russ.)
12. Brigham E.F., Daves P.R. *Intermediate Financial Management*. Cengage Learning, 2012, 1168 p.
13. Keown A.J., Martin J.H., Petty J.W., Scott D.F.Jr. *Financial Management: Principles and Applications*. Prentice Hall, 2001, 801 p.
14. Knight F.H. *Risk, Uncertainty and Profit*. Boston, Houghton Mifflin, 1921, 881 p.
15. Madura J. *International Financial Management*. Cengage Learning, 2014, 752 p.
16. Shim J.K., Siegel J.G. *Financial Management*. Barron's Business Library, Barron's Educational Series, 2008, 400 p.
17. Zongsheng L. *Strategic Financial Management in Small and Medium-Sized Enterprises*. *International Journal of Business and Management*, 2010, vol. 5, iss. 2, pp. 132–136.

### **Conflict-of-interest notification**

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.