

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ МОЩНОСТЯМИ

Евгения Сергеевна ЗАМБРЖИЦКАЯ

кандидат экономических наук, доцент, руководитель образовательной программы
«Учетные системы и бизнес-аналитика» Института элитных программ и открытого образования,
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (МГТУ),
Магнитогорск, Российская Федерация
jenia-v@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 2757-8780

История статьи:

Рег. № 228/2021
Получена 22.04.2021
Получена в
доработанном виде
10.06.2021
Одобрена 30.06.2021
Доступна онлайн
29.07.2021

УДК 658:338.32.053.3

JEL: C61, D24, G31,
L25, M11

Ключевые слова:

производственная
мощность,
оптимизационная
модель,
графо-матричное
моделирование,
стратегия, управление

Аннотация

Предмет. Управление производственными мощностями является основой эффективного функционирования любого промышленного предприятия. Эта задача в настоящее время достаточно эффективно решается на оперативном уровне при помощи автоматизированных учетных систем типа ERP. При этом стратегическое управление мощностями является преимущественно изученным на уровне общетеоретических моделей, а также содержит ряд практических методик, ориентированных на условия исключительно плановой экономики. Таким образом, актуальной в настоящее время является проработка методик стратегического управления производственными мощностями для доведения их до практического использования на уровне отдельно взятых промышленных предприятий.

Цели. Разработка оптимизационных моделей для управления производственными мощностями промышленных предприятий на стратегическом уровне, ориентированных на приведение их структуры к оптимальному состоянию с точки зрения производства продукции, востребованной на рынке.

Методология. В процессе исследования проблемы управления производственными мощностями на стратегическом уровне использовались методы анализа и синтеза, принципы системности и комплексности, теория графов и матричное исчисление.

Результаты. Для развития существующих подходов к стратегическому управлению производственными мощностями предложена многокритериальная оптимизационная модель, структурно состоящая из нескольких задач математического программирования.

Выводы. Использование оптимизационных моделей для разработки стратегии управления производственными мощностями позволит современным российским предприятиям существенно повысить конкурентоспособность и эффективность функционирования, так как уровень производственной мощности оказывает влияние на позиционирование предприятия на рынке, структуру затрат и т.д.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Замбржицкая Е.С. Разработка и применение оптимизационных моделей в стратегии управления производственными мощностями // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2021. – Т. 20, № 7. – С. 1368 – 1390.
<https://doi.org/10.24891/ea.20.7.1368>

Производственные мощности являются основой эффективного функционирования любой производственной системы. Управление ими – одна из важнейших задач менеджмента, решаемая как на оперативном, так и на стратегическом уровнях.

Оперативное управление производственными мощностями, как правило, сосредоточено на уровне формирования производственной программы и соответствующих расписаний и графиков производственного процесса. Указанные задачи в настоящее время эффективно решаются современными автоматизированными учетными системами типа ERP.

Более высоким уровнем планирования по отношению к оперативному является стратегический уровень управления производственными мощностями. По мнению отдельных специалистов, а именно О.А. Кислицыной, М.С. Шермана, Р.Г. Ямолеева [1], неэффективное управление производственными мощностями на стратегическом уровне является одной из важнейших проблем, препятствующих развитию и повышению конкурентоспособности российских промышленных предприятий в условиях современной экономики.

Управление производственными мощностями на стратегическом уровне при последующей увязке с оперативным уровнем является принципиальным с точки зрения достижения долгосрочного успеха компании [2]. Как показывает опыт большинства успешных производственных предприятий, использование даже простых стратегий управления производственными мощностями, доведенных через систему показателей до уровня оперативного планирования, позволяет существенно повысить эффективность деятельности компании в среднесрочной и долгосрочной перспективе [3].

Несмотря на высокую значимость стратегического планирования производственных мощностей, вопросы управления ими в настоящее время не имеют законченного решения и находятся в стадии активных научных дискуссий. Иными словами, можно говорить о целесообразности и высокой актуальности разработки действенных инструментов и механизмов реализации функции управления производственными мощностями на стратегическом уровне для условий промышленных предприятий.

В качестве базового инструмента управления производственными мощностями, разработанного в рамках экономической теории, принято считать кривую производственных возможностей [4].

Кривая производственных возможностей – это кривая, построенная в двухмерном пространстве, на которой представлены возможные комбинации производства двух видов продукции, например, X_1 и X_2 , при максимально полном и эффективном использовании производственных мощностей как ограниченного ресурса. В случае производства трех видов продукции кривую производственных возможностей

необходимо будет интерпретировать уже как трехмерную поверхность, в случае четырех видов продукции – четырехмерную поверхность и т.д. Очевидно, что при производстве более трех видов продукции графическая интерпретация кривой (поверхности) производственных мощностей не представляется возможной. В данном случае необходим инструментарий аналитических методов построения поверхности производственных возможностей, в основе которого будет лежать понимание, что производственная мощность – это не число, а функция от ассортиментной структуры продукции и пропускной способности оборудования.

В целом кривая производственных возможностей является наглядным и простым инструментом стратегического планирования производственных мощностей, однако в настоящее время она является чисто теоретическим инструментом, рассматриваемым в учебниках по экономической теории, и не представляет практической ценности в условиях современных многопродуктовых производств. Кроме того, кривая производственных возможностей ориентирована исключительно на понимание эффективного использования имеющихся производственных мощностей, без учета параметров внешней среды, таких как спрос на продукцию и рентабельность ее производства.

Значительный вклад в исследование вопросов стратегического управления производственными мощностями внесли ученые-экономисты советского периода. В качестве эффективного инструмента стратегического управления и планирования производственных мощностей того периода можно определить модель В.В. Леонтьева.

Суть модели Леонтьева сводится к построению межотраслевого баланса. Указанный баланс позволяет сквозным образом оптимизировать производственные планы по смежным производствам и отраслям. Межотраслевой баланс в данном случае строится при помощи экономико-математической модели балансового типа, учитывающей межотраслевые взаимосвязи (пропорции производства) внутри экономики конкретной страны [5, 6]. Модель Леонтьева получила широкое применение в период плановой экономики СССР, а также активно использовалась в США и Германии в период Второй мировой войны.

Очевидно, что модель Леонтьева по праву может быть признана эффективным инструментом стратегического планирования производственных мощностей промышленных предприятий в условиях плановой экономики. Однако в условиях рыночной экономики указанная модель имеет крайне ограниченную область применения, так как не позволяет учесть множество других факторов, свойственных современной экономике, а именно – стремительные изменения внешней среды, например, бурное развитие технологий, что приводит к быстрому устареванию основных производственных фондов, подвижность ассортиментной продукции и т.д. [7].

Кроме модели Леонтьева в советский период активно развивалась концепция управления производственными мощностями путем выделения «ведущего» и «узкого» звена. Указанные понятия активно обсуждались в работах исследуемого периода как инструмент развития (увеличения) производственных мощностей промышленных предприятий СССР, чтобы догнать и перегнать развитые капиталистические страны¹ [8, 9].

Звено, на котором выполняются основные технологические операции при одновременном условии высокой стоимости и больших затрат живого труда, признается как «ведущее» [10]. Исходя из того, какое звено в производственной системе определено как ведущее, выстраивается понимание «узких» звеньев или звена. Дальнейшие действия в рамках управления производственными мощностями советских предприятий были направлены на так называемую расшивку «узких» мест и, как следствие, переход на новый, более высокий, уровень производства.

Для условий рыночной экономики вопрос стратегического управления производственными мощностями является малоизученным и находится в стадии научного поиска. Большинство современных авторов подходят к вопросу формирования стратегии управления производственными мощностями исключительно на концептуальном уровне. Например, М.В. Дадалова [11] выделяет следующие базовые стратегии управления производственными мощностями: сокращение, увеличение и диверсификацию. При выборе стратегии управления производственными мощностями, по мнению автора, необходимо исходить из понимания общей стратегии обеспечения конкурентоспособности предприятия на рынке, которая нацелена на устранение отклонений контрольных параметров системы от запланированных вследствие изменения внешней среды. Иными словами, автор предлагает оценивать востребованность на рынке той продукции, на производство которой ориентированы существующие производственные мощности.

Более расширенный состав стратегий предлагает В.Н. Кононов [12]. Он формулирует восемь базовых стратегий управления производственными мощностями на основе оптимизационной модели со следующими критериями: коэффициент интегральной нагрузки; выручка-нетто от реализации продукции; операционная прибыль (или рентабельность).

В качестве графической интерпретации результатов трехкритериальной оптимизационной модели предлагается куб структур выпуска продукции.

Важно отметить, что указанные оптимизационные задачи сформулированы в рамках рассматриваемого подхода на уровне общих (укрупненных) оптимизационных задач и предполагают их дальнейшее развитие в целях доведения до уровня практического использования.

¹ *Воскресенский Б.В., Паламарчук А.С.* Справочник экономиста машиностроительного предприятия. М.: Машиностроение, 1971. 376 с.

На начальной стадии решения поставленной задачи предлагается проработать одну из проекций указанного куба структур выпуска продукции и рассмотреть оптимизационную задачу по двум критериям, определенным в качестве принципиальных для целей стратегического управления производственными мощностями промышленных предприятий.

Рассмотрим целевые функции, входящие в состав предлагаемой оптимизационной модели.

В качестве первой целевой функции определим коэффициент уровня пропорциональности (степени загрузки) производственной системы, который позволяет оценить уровень использования производственных мощностей с учетом инвестиционных затрат, вложенных в создание (строительство) каждого производственного звена системы.

Расчет уровня использования мощностей промышленного предприятия предлагается выполнять на базе графо-матричной модели производственной системы через показатели сквозных расходных коэффициентов и пропускных способностей звеньев этой системы.

Предлагаемая в качестве базы для осуществления расчетов графо-матричная модель производственной системы структурно состоит из двух составляющих [13]:

- графовой модели, представляющей графическую интерпретацию увязки производственных звеньев в производственные цепочки, а последние – в производственную систему в целом. Важно отметить, что указанная увязка осуществляется на основании технологических связей с учетом ассортимента конечной продукции. Графовое представление производственной системы используется для визуализации, а также построения матриц смежности и/или инцидентности, что является одним из обязательных условий представления графов в программировании. Пример построения графовой модели представлен на *рис. 1*;
- матричной модели, реализующей расчет основных показателей производственной системы. Использование матричной формы записи особенно актуально, когда производственная система имеет сетевую структуру с обратными связями, что соответствует реальным условиям большинства современных промышленных предприятий.

Принципиальным моментом в работе с предлагаемой графо-матричной моделью производственной системы являются единицы измерения, которые определены как условные ассортиментные единицы. В условных ассортиментных единицах выпускается фиктивная продукция (продукция 8 на *рис. 1*), которая включает каждый вид готовой продукции в заданной ассортиментной структуре.

Расчет коэффициента уровня пропорциональности предлагается рассчитывать последовательно через систему промежуточных показателей производственной системы.

1. Сквозные расходные коэффициенты (вектор h) показывают расход продукции i -го звена на производство условной ассортиментной единицы продукции:

$$h = (E - b)^{-1} r, \quad (1)$$

где E – единичная матрица соответствующей размерности;

b – матрица прямых расходных коэффициентов продуктов на продукты;

r – вектор ассортиментных соотношений конечной (валовой) продукции.

2. Матрица коэффициентов расхода времени производственных звеньев на единицу условной ассортиментной продукции t :

$$t = Rev(q)h = \frac{1}{q}(E - b)^{-1} r, \quad (2)$$

где q – матрица производственной мощности звеньев по продуктам.

Функция $Rev()$ используется для получения матрицы, элементы которой, отличные от нуля, равны обратным значениям элементов исходной матрицы. Элементы исходной матрицы, которые равны нулю, не меняют своего значения и остаются по-прежнему равны нулю.

3. Пропускные способности звеньев производственной системы в условных ассортиментных единицах:

$$Q = Rev(t) = \frac{1}{q(E - b)^{-1} r}. \quad (3)$$

4. Коэффициенты степени загрузки (уровня пропорциональности) звеньев производственной системы:

$$K_{\text{проп}} = d^T \frac{1}{q}(E - b)^{-1} r, \quad (4)$$

где d^T – транспонированный вектор распределения основного капитала по производственным звеньям в долях единицы.

С учетом представленных математических выкладок целевая функция по первому критерию будет иметь следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} d^T \frac{1}{q} (E - b)^{-1} X \rightarrow \max \\ \frac{1}{q} (E - b)^{-1} X \leq 1 \\ 0 \leq X \leq X1 \end{array} \right. , \quad (5)$$

где $X1$ – набор ограничений по ассортиментной структуре исходя из рыночного спроса или особенностей технологии.

Важно отметить, что набор ограничений для целевой функции в условиях реально функционирующих промышленных предприятий может быть существенно расширен, в частности могут быть добавлены следующие дополнительные ограничения: ограничения, обусловленные доступным объемом материальных и трудовых ресурсов, а также ограничения, выставленные исходя из имеющихся складских помещений и логистических решений в части доставки продукции до покупателя и др.

В качестве второй целевой функции определим уровень прибыльности, который позволяет вычислить ассортиментную структуру, которая обеспечивает максимальный прирост собственного капитала за счет чистой прибыли при сложившейся структуре затрат на предприятии.

Возможны несколько вариантов формирования указанной целевой функции: упрощенный и более детальные с точки зрения аналитичности и возможности выстраивания системы ограничений.

В рамках первого варианта определим в качестве целевого показателя маржинальный доход.

Указанный показатель обладает рядом достоинств, в частности он не требует распределения постоянных затрат, которое предполагает использование достаточно сложных методик особенно в случае многопродуктовых производств с обратно направленными потоками движения ресурсов [14, 15].

В матричной форме целевая функция, позволяющая определить ассортиментную структуру, обеспечивающую максимальный маржинальный доход, выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} (p - c_{\text{пер}})X \rightarrow \max \\ \frac{1}{q}(E - b)^{-1}x \leq 1 \\ 0 \leq X \leq X1 \end{cases}, \quad (6)$$

где p – вектор цен;

E – единичная матрица соответствующей размерности;

$c_{\text{пер}}$ – вектор себестоимости в части переменных затрат;

X – вектор ассортиментной структуры выпускаемой продукции.

Более точным и развернутым показателем доходности традиционно является прибыль (второй вариант формирования целевой функции).

Наибольшую трудность в расчетах представляет получение показателя полной себестоимости выпуска в условиях многопродуктовости, сетевой структуры производственных процессов и наличия взаимных услуг между подразделениями (встречных материальных и трудовых потоков). Для расчета себестоимости предлагается использовать матричные методы учета и распределения затрат по центрам ответственности. Указанные методы базируются на следующем балансовом соотношении [16]:

$$p^T \cdot A_{i,k} + c^T \cdot B_{j,k} = c^T \cdot T_k, \quad (7)$$

где p^T – транспонированная матрица цен;

$A_{i,k}$ – вектор ресурсов, поступающих со стороны;

i – порядковый номер вида ресурса, поступающего со стороны;

$B_{j,k}$ – вектор выпуска готовой продукции, работ или услуг;

j – порядковый номер вида готовой продукции;

k – номер структурного звена производственной системы, представленной в форме графовой модели;

T – вектор валового оборота, определяемый следующим образом:

$$T = V + B \cdot e, \quad (8)$$

где e – единичный вектор-столбец;

V – вектор объемов производства на сторону;

B – вектор внутреннего оборота.

На основе описанного ранее балансового соотношения можно вывести расчетную формулу полной себестоимости в матричном виде:

$$c = \left(\text{diag}(T) - B^T \right)^{-1} A^T \cdot p_r = \left(\text{diag}((V + B \cdot e)) - B^T \right)^{-1} A^T \cdot p_r, \quad (9)$$

где $\text{diag}()$ – матричная функция, позволяющая получить диагональную матрицу.

Тогда расчетная формула прибыли от основной деятельности будет выглядеть следующим образом:

$$\Pi = V^T \left(p - \left(\text{diag}((V + B \cdot e)) - B^T \right)^{-1} A^T \cdot p_r \right), \quad (10)$$

с учетом полученного уравнения целевая функция прибыли для построения оптимизационной модели будет выглядеть следующим образом:

$$\Pi = X^T \left(p - \left(\text{diag}((X + B \cdot e)) - B^T \right)^{-1} A^T \cdot p_r \right) \rightarrow \max. \quad (11)$$

Система ограничений для поиска максимального значения прибыли при заданных параметрах производственной системы будет определяться аналогичным образом, как и для других целевых функций, входящих в оптимизационную модель.

Для акцентирования внимания при разработке стратегии именно на вопросы управления производственными мощностями можно предложить вместо показателей маржинального дохода и прибыли использовать показатель рентабельности производственных фондов $R_{\text{ПФ}}$, что является вполне логичным с точки зрения дальнейших выкладок оптимизационной модели. Указанный показатель является относительным и позволяет оценить эффективность инвестиций, вложенных в приобретение основных производственных фондов, то есть, по сути, показывает, сколько прибыли приносит каждый рубль, вложенный в основные производственные фонды.

Результатом решения первой и второй оптимизационных задач являются две структуры продукции, два коэффициента пропорциональности и два показателя рентабельности производственных фондов. Сопоставим полученные варианты по коэффициенту пропорциональности и показателю рентабельности производственных фондов и сформулируем четыре базовые стратегии управления производственными мощностями, которые представлены в *табл. 1*.

Для более глубокой проработки стратегии управления производственными мощностями целесообразно введение в оптимизационную модель третьей целевой функции, позволяющей оценить рыночные возможности.

Уровень рыночных возможностей предлагается определять через соотношение фактического объема рынка и потенциального, что позволяет определить ассортиментную структуру, наиболее соответствующую рыночной конъюнктуре с точки зрения перспектив развития.

$$k_{РВ} = \frac{\text{Выручка (факт)}}{\text{Выручка (потенц)}} = \frac{\sum V_{\text{факт}} \cdot x_i \cdot p_i}{\sum V_{\text{потенц}} \cdot x_{\text{потенц}(i)} \cdot p_i}, \quad (12)$$

где *Выручка (факт)* – фактическая выручка-нетто производственного предприятия, которая определяется через фактический объем производства $V_{\text{факт}}$, выраженный в условных ассортиментных единицах на долю каждого вида продукции в общем объеме x_i с учетом цены p_i ;

Выручка (потенц) – потенциально возможная выручка на исследуемом рынке, которая определяется через потенциальный объем спроса $V_{\text{потенц}}$, выраженный в условных ассортиментных единицах на долю каждого вида продукции в общем объеме x_i с учетом цены p_i .

Целевая функция по третьему критерию будет иметь следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sum V_{\text{факт}} \cdot x_i \cdot p_i}{\sum V_{\text{потенц}} \cdot x_{\text{потенц}(i)} \cdot p_i} \rightarrow 1 \\ \frac{1}{q}(E - b)^{-1} x \leq 1 \\ 0 \leq X \leq X1 \end{array} \right. . \quad (13)$$

Результатом описанной трехкритериальной оптимизационной модели являются три ассортиментные структуры продукции, три коэффициента пропорциональности, три показателя рентабельности производственных фондов и три коэффициента оценки уровня рыночных возможностей. По итогу можно сформулировать восемь базовых стратегий управления производственными мощностями.

Обращаясь к практике формирования стратегий управления производственными мощностями иностранными промышленными предприятиями можно выделить следующую их особенность, а именно – учет при разработке конкретных стратегий развития производственных мощностей жизненного цикла спроса, технологии и

продукта [17]. Иными словами, предлагается учитывать в явном виде стадии жизненного цикла спроса, продукции и технологий при принятии управленческих решений относительно развития производственных мощностей конкретного предприятия на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Взаимосвязи между жизненными циклами спроса, технологий и продуктов впервые четко были определены И. Ансоффом [18] и проиллюстрированы на *рис. 2*.

С точки зрения формирования стратегии управления производственными мощностями наибольший интерес представляет жизненный цикл технологий, так как именно он определяет моральное устаревание производственных мощностей промышленного предприятия.

В настоящее время существует большое количество теорий жизненного цикла технологий, в качестве приоритетной для целей настоящего исследования определим следующую «Кривая жизненного цикла технологии, характеризующая ее распространенность (результативность применения)» [19]. Графическая интерпретация теории жизненного цикла технологии представлена на *рис. 3*.

Определим в качестве наиболее принципиальных с точки зрения стратегического управления производственными мощностями следующие стадии: стадия роста, стадия зрелости, стадии спада, так как именно они в большей степени соответствуют массовому промышленному производству.

Очевидно, что восемь возможных комбинаций, полученных в результате предложенной трехкритериальной оптимизационной модели, будут разделены (уточнены) еще по трем вариантам в зависимости от стадии жизненного цикла технологии (рост, зрелость, спад). В результате получаем 24 стратегии управления производственными мощностями, которые представлены в *табл. 2*.

Подводя итог выполненному исследованию, можно сделать следующие выводы. Управление производственными мощностями является основой функционирования любого промышленного предприятия. Указанное управление должно быть эффективно организовано как на оперативном, так и на стратегическом уровнях. Как показал анализ теории и практики функционирования промышленных предприятий, загрузка производственных мощностей в рамках оперативного планирования решается современными автоматизированными учетными системами типа ERP достаточно эффективно. Вопрос стратегического управления производственными мощностями в российской практике является малоизученным и находится на уровне научных дискуссий.

Для методического обеспечения управления производственными мощностями на стратегическом уровне предложено использовать многокритериальные оптимизационные модели, структурно состоящие из нескольких задач математического программирования. В качестве базовых критериев для построения

оптимизационной модели были определены: коэффициент уровня пропорциональности производственной системы, показатель рентабельности основных производственных фондов и коэффициент оценки уровня рыночных возможностей. Для расчета первых двух показателей передоложено использование графо-матричной модели производственной системы.

Принимая во внимание опыт стратегического управления западных промышленных предприятий для целей разработки стратегии управления производственными мощностями, было принято решение учитывать жизненный цикл технологии, так как он напрямую оказывает влияние на моральное устаревание производственных фондов предприятия. Таким образом, восемь базовых стратегий, сформированных по результатам трехкритериальной оптимизационной модели, были расширены до 24 с учетом ключевых стадий жизненного цикла технологий с позиции их эксплуатации на промышленном предприятии (рост, зрелость, спад).

Использование предложенных в работе оптимизационных моделей для целей разработки стратегии управления производственными мощностями позволит современным российским предприятиям существенно повысить конкурентоспособность и эффективность своей производственной деятельности.

Таблица 1

Рекомендации по принятию стратегических решений по итогам двухкритериальной оптимизационной модели

Table 1

Recommendations for strategic decisions based on the results of a two-criteria optimization model

№ п/п	$k_{\text{проп}}$	$R_{\text{пф}}$	Степень благоприятности ситуации	Рекомендации
1	↑	↓	1	Рекомендуется провести исследования по изысканию возможности глубокой реконструкции производственных мощностей предприятия. Так, продается то, что производится, а не то, что требуется рынку
2	↑	↑	3	Целесообразно сохранение всех параметров производственной системы и продаж. Производственные мощности предприятия имеют оптимальную структуру и соответствуют рыночному спросу на продукцию, так как показатели прибыльности высокие
3	↓	↓	0	Рекомендуется выполнить маркетинговые исследования, направленные на поиск новых рынков сбыта продукции; провести реконструкцию производственных мощностей для повышения соответствия их рыночному спросу
4	↓	↑	2	Рекомендуется провести реконструкцию производственных мощностей, направленную на «расшивку» узких мест и повышение пропорциональности системы

Примечание. Степень благоприятности ситуации оценивается по балльной шкале от 0 до 3.

Чем выше значение, тем благоприятнее ситуация.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Рекомендации по принятию стратегических решений по итогам трехкритериальной оптимизационной модели с учетом стадии жизненного цикла технологии****Table 2****Recommendations for strategic decisions based on the results of a three-criteria optimization model, taking into account the life cycle stage of technological process**

№ п/п	$k_{\text{прон}}$	$R_{\text{ЦФ}}$	$k_{\text{РВ}}$	Стадия жизненного цикла технологии	Степень благоприятности ситуации	Рекомендации
1а	↑	↑	↑	Рост	3	Целесообразно расширение производственных мощностей за счет строительства новых производственных объектов с выходом на новые рынки
1б	↑	↑	↑	Зрелость	3	Целесообразно расширение производственных мощностей за счет строительства новых производственных объектов с выходом на новые сегменты существующих рынков
1в	↑	↑	↑	Спад	3	При управлении производственными мощностями, в частности инвестициями в их развитие, необходимо учитывать скорость устаревания технологии и стоимость перехода на новые. Возможно будет иметь смысл расширение производственных мощностей с учетом новых технологий
2а	↑	↑	↓	Рост	3	Целесообразно строительство новых производственных объектов с ориентацией на существующий рынок
2б	↑	↑	↓	Зрелость	3	Целесообразно строительство новых производственных объектов с ориентацией исключительно на существующий рынок, но при этом необходимо учитывать (сопоставлять) продолжительность стадии зрелости и срок полезного использования основных средств
2в	↑	↑	↓	Спад	3	Сохранение производственного потенциала на достигнутом уровне, так как его увеличение в период спада жизненного цикла технологии и отсутствия рыночных возможностей для расширения сбыта может оказаться экономически нецелесообразным
3а	↑	↓	↑	Рост	2	Развитие производственных мощностей может быть целесообразным только при условии снижения себестоимости и/или повышения цены на продукцию за счет придания индивидуальных характеристик (качеств, свойств и т.д.) конечного изделия
3б	↑	↓	↑	Зрелость	2	Стратегия 3а с учетом продолжительности стадии зрелости. Продолжительность стадии зрелости технологий позволит оценить целесообразность инвестиций в развитие существующих производственных мощностей
3в	↑	↓	↑	Спад	2	Развитие производственных мощностей может быть целесообразным только при условии повышения доходности. При этом принципиальным является вопрос, на базе каких технологий осуществлять развитие производственных мощностей: существующих или новых
4а	↑	↓	↓	Рост	1	Стадия роста жизненного цикла технологии при высокой пропорциональности производственной системы делает целесообразным поиск новых продуктов, характеризующихся востребованностью на рынке и производимых на базе существующих производственных мощностей

4б	↑	↓	↓	Зрелость	1	Стратегия 4а с учетом продолжительности стадии зрелости. Длительность стадии зрелости позволит оценить целесообразность затрат на маркетинговые исследования по поиску новых видов продуктов, востребованных на рынке и производимых на базе существующих производственных мощностей и технологий
4в	↑	↓	↓	Спад	1	Уход с рынка и реструктуризация (перепрофилизация) производственных мощностей в случае наличия технической возможности
5а	↓	↑	↑	Рост	2	Увеличение пропорциональности существующих мощностей путем постепенного их приведения к максимальной сопряженности, в случае невозможности – строительство новых производственных объектов
5б	↓	↑	↑	Зрелость	2	Акцент на увеличение пропорциональности существующих мощностей. Строительство новых производственных мощностей осуществляется с учетом продолжительности стадии зрелости и экономической эффективности инвестиций
5в	↓	↑	↑	Спад	2	Отказ от «расшивки» узких звеньев производственных объектов (риск морального устаревания основных производственных фондов) в пользу строительства новых производственных объектов на базе новых технологий
6а	↓	↑	↓	Рост	-	Противоречивая ситуация (низкая пропорциональность системы, высокая рентабельность основных производственных фондов при низком уровне рыночных возможностей и росте технологии), на практике встречается крайне редко. В качестве базовой рекомендации можно определить повышение сопряженности звеньев производственной системы при одновременной смене продукта (так как у существующего низкий уровень рыночных возможностей) на аналогичный с точки зрения показателей доходности
6б	↓	↑	↓	Зрелость	2	Необходимо выявить узкие места и осуществить их расшивку за счет инвестиционных мероприятий. Целесообразным является ориентир на производство новых видов продукции в рамках существующей технологии, так как уровень рыночных возможностей существующего продукта достаточно низкий, чтобы в долгосрочном периоде развивать его производство
6в	↓	↑	↓	Спад		Оценка темпов устаревания существующей технологии и достаточности рыночных возможностей расширения. В долгосрочном периоде целесообразно сориентироваться на производство новых продуктов на базе новых технологий при получении прибыли от существующего производства
7а	↓	↓	↑	Рост	2	Ситуация свидетельствует о полном несоответствии внутренних бизнес-процессов предприятия (в том числе структуры производственных мощностей) рынку.
7б	↓	↓	↑	Зрелость	2	Следовательно, необходима полная модернизация производственных мощностей в целях повышения показателей прибыльности за счет снижения себестоимости, в противном случае – уход с рынка
7в	↓	↓	↑	Спад	1	Целесообразна перестройка всей

8а	↓	↓	↓	Рост	0	производственной системы под новую технологию, в случае невозможности – уход с рынка. Перестройка производственной системы на базе новой технологии должна быть направлена на повышение пропорциональности звеньев производственной системы и, как следствие, снижение себестоимости Крайне неблагоприятная ситуация, которая требует проведения дополнительных аналитических процедур. Если за счет управления структурой производственных мощностей не получается повысить показатели прибыльности, то целесообразным является уход с рынка. При этом решения об изменении структуры производственных мощностей будут целесообразными только на стадиях роста и зрелости основной производственной технологии
8б	↓	↓	↓	Зрелость		
8в	↓	↓	↓	Спад		

Примечание. Степень благоприятности ситуации оценивается по балльной шкале от 0 до 3.

Чем выше значение, тем благоприятнее ситуация.

Источник: авторская разработка

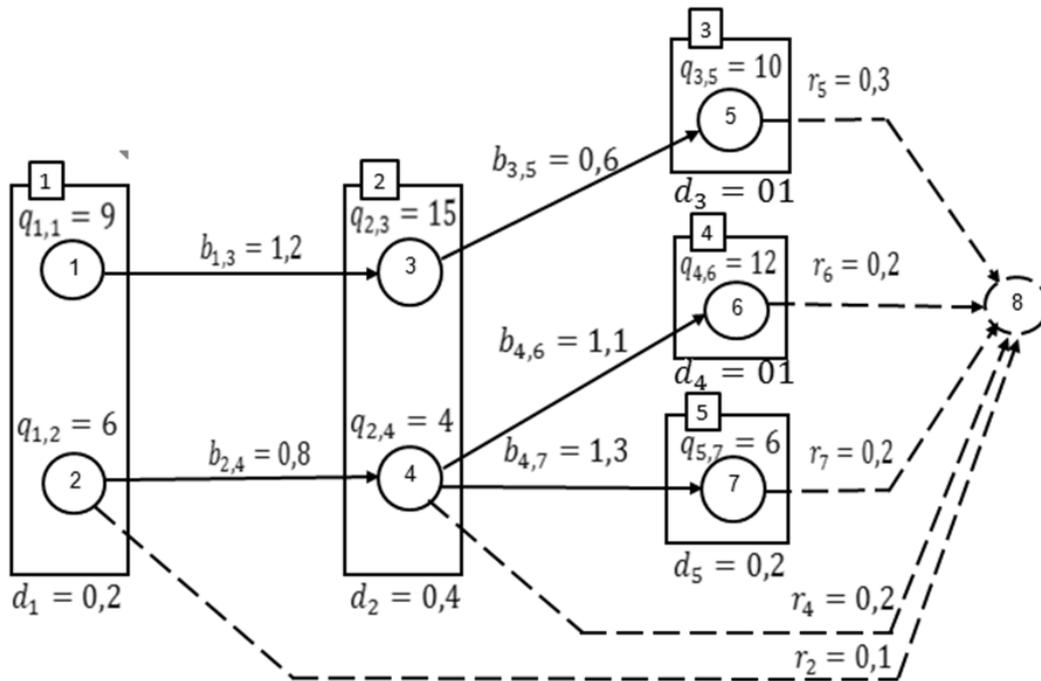
Source: Authoring

Рисунок 1

Пример построения графовой модели производственной системы

Figure 1

An example of building a graph model of production system



Примечание. d – вектор распределения основного капитала по производственным звеньям в долях единицы; r – вектор ассортиментных соотношений конечной (валовой) продукции; b – матрица прямых расходных коэффициентов продуктов на продукты; q – матрица производственной мощности звеньев по продуктам.

Источник: авторская разработка

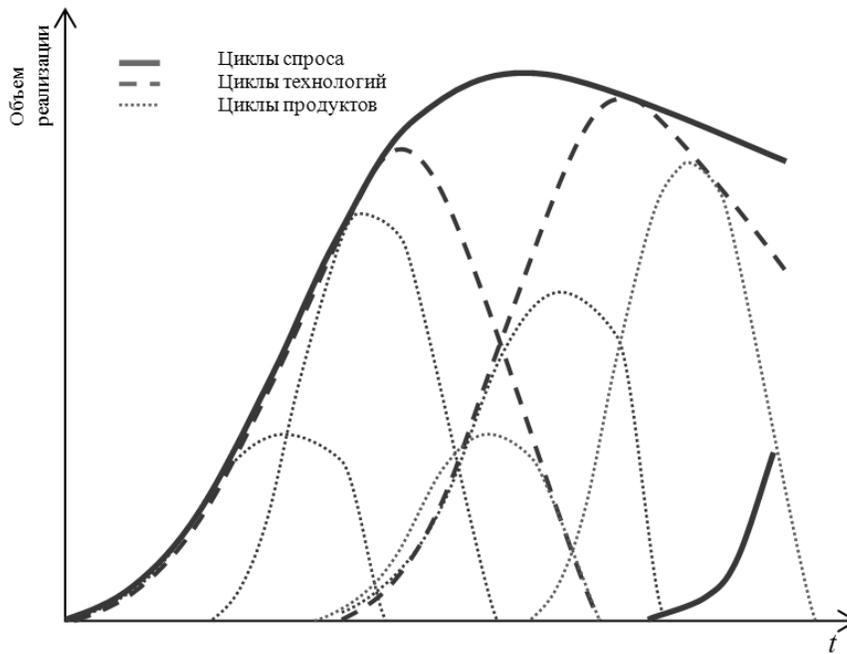
Source: Authoring

Рисунок 2

Взаимосвязи между жизненными циклами спроса, технологий и продуктов

Figure 2

Relationships between the life cycle of demand, technologies and products



Источник: [19]

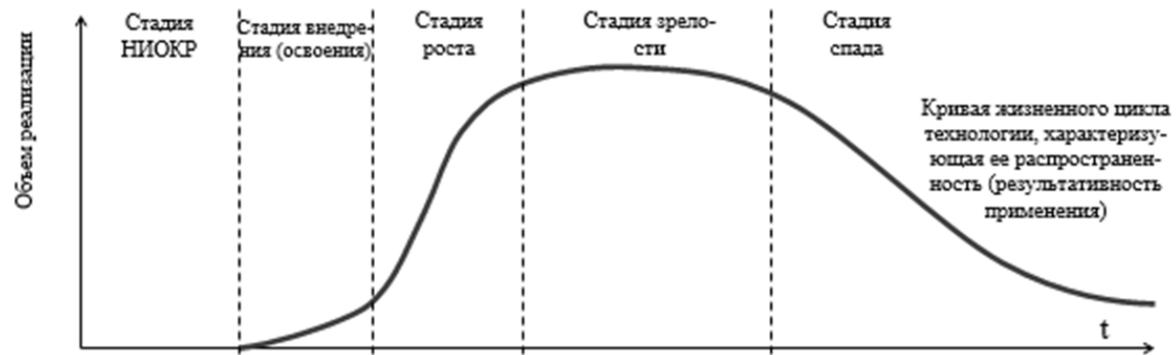
Source: [19]

Рисунок 3

Кривая жизненного цикла технологии, характеризующая ее распространенность (результативность применения)

Figure 3

Technology life cycle curve, characterizing its prevalence (effectiveness of use)



Источник: [19]

Source: [19]

Список литературы

1. *Кислицына О.А., Шерман М.С., Ямолеев Р.Г.* Управление производственной мощностью для достижения стратегических целей промышленного предприятия // *Российское предпринимательство*. 2017. Т. 18. № 11. С. 1715–1732. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proizvodstvennoy-moschnostyu-dlya-dostizheniya-strategicheskikh-tseley-promyshlennogo-predpriyatiya>
2. *Пилюгина А.В., Мищенко А.В.* Модели оценки производственной мощности предприятия // *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Сер.: Машиностроение*. 2017. № 3. С. 102–121. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-otsenki-proizvodstvennoy-moschnosti-predpriyatiya>
3. *Fraser K.* Facilities Management: The Strategic Selection of a Maintenance System. *Journal of Facilities Management*, 2014, vol. 12, iss. 1, pp. 18–37. URL: <https://doi.org/10.1108/JFM-02-2013-0010>
4. *Карпов А.Л.* Экспериментальная экономика: конкурентоспособность, производительность и кривая производственных возможностей // *Вестник Омского университета. Сер.: Экономика*. 2014. № 1. С. 124–128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnaya-ekonomika-konkurentosposobnost-proizvoditelnost-i-krivaya-proizvodstvennyh-vozmozhnostey>
5. *Леонтьев В.В.* Межотраслевая экономика. М.: Экономика, 1997. 479 с.
6. *Леонтьев В.В.* Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика. М.: Политиздат, 1990. 415 с.
7. *Дятлов Ю.В.* Производственная мощность: некоторые аспекты ее роли и методов расчета в условиях рынка // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2012. № 4. С. 155–157. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennaya-moschnost-nekotorye-aspekty-eyo-rol-i-metodov-rascheta-v-usloviyah-rynka>
8. *Воскресенский Б.В.* Экономические вопросы использования основных фондов и производственных мощностей машиностроительных заводов. М.: Машиностроение, 1969. 52 с.
9. *Воскресенский Б.В., Маниловский Р.Г.* Производственная мощность машиностроительного завода. М.: Машиностроение, 1973. 336 с.
10. *Семушкина Е.А., Шишкарев Н.И.* Сущность и структура производственных мощностей предприятия // *Наука и образование сегодня*. 2017. № 10. С. 32–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-struktura-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya>

- moschnostey-predpriyatiya URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-struktura-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya>
11. *Дадалова М.В.* Управление производственной мощностью на промышленных предприятиях // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 4. С. 242–247.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proizvodstvennoy-moschnostyu-na-promyshlennyh-predpriyatiyah>
 12. *Кононов В.Н., Рыжова И.Г., Войнова Е.С.* Диагностика структуры производственных мощностей // Актуальные вопросы экономических наук. 2010. № 12-2. С. 167–176. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-struktury-proizvodstvennyh-moschnostey>
 13. *Данилов Г.В., Рыжова И.Г., Войнова Е.С.* Анализ структуры и оценка пропорциональности производственных мощностей предприятия // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 1. С. 79–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-struktury-i-otsenka-proporsionalnosti-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya>
 14. *Тюфанов В.А., Григулян Э.А.* Развитие методических основ операционного анализа // *Economic Consultant*. 2019. № 2. С. 98–103.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-metodicheskikh-osnov-operatsionnogo-analiza>
 15. *Саранцева Е.Г.* Обоснование управленческих решений на основе маржинального анализа // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. 2017. № 2. С. 90–94. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-upravlencheskih-resheniy-na-osnove-marzhinalnogo-analiza>
 16. *Даниленко Н.И., Замбржицкая Е.С., Балбарин Я.Д.* Матричный подход к распределению косвенных затрат и формированию полной себестоимости продукции // Международный бухгалтерский учет. 2015. № 16. С. 48–60.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matrichnyy-podhod-k-raspredeleniyu-kosvennyh-zatrat-i-formirovaniyu-polnoy-sebestoimosti-produktsii>
 17. *Madvar M.D., Khosropour H., Khosravanian A. et al.* Patent-Based Technology Life Cycle Analysis: The Case of the Petroleum Industry. *Foresight and STI Governance*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 72–79. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/patent-based-technology-life-cycle-analysis-the-case-of-the-petroleum-industry>
 18. *Ансофф И.* Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989. 519 с.
 19. *Кононов В.Н., Замбржицкая Е.С., Дема Р.Р., Харченко М.В.* Управление жизненными циклами промышленных технологий // Вестник Омского

университета. Сер.: Экономика. 2018. № 1. С. 76–87.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-zhiznennymi-tsiklami-promyshlennyh-tehnologiy>

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.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF OPTIMIZATION MODELS IN THE PRODUCTION CAPACITY MANAGEMENT STRATEGY

Evgeniya S. ZAMBRZHITSKAYA

Nosov Magnitogorsk State Technical University (NMSTU),
Magnitogorsk, Russian Federation
jenia-v@yandex.ru
ORCID: not available

Article history:

Article No. 228/2021
Received 22 April 2021
Received in revised form
10 June 2021
Accepted 30 June 2021
Available online
29 July 2021

JEL classification: C61,
D24, G31, L25, M11

Keywords: production
capacity, optimization
model, graph-matrix
modeling, strategy,
management

Abstract

Subject. The article addresses elaboration of methods for strategic management of production capacities to bring them to practical use at the level of individual industrial enterprises.

Objectives. The purpose of the study is to develop optimization models to manage production capacities of industrial enterprises at the strategic level. The models are focused on bringing enterprise structure to the optimal condition in terms of output of products that are in demand in the market.

Methods. The study employs methods of analysis and synthesis, principles of consistency and complexity, theory of graphs, matrix calculus.

Results. To develop existing approaches to the strategic management of production capacities, I offer a multicriteria optimization model, structurally consisting of several mathematical programming problems.

Conclusions. If used, the optimization models for the development of a production capacity management strategy will enable modern Russian enterprises to significantly increase their competitiveness and operational efficiency, since the level of production capacity affects the positioning of an enterprise in the market, its cost structure, etc.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Zambrzhitskaya E.S. Development and Application of Optimization Models in the Production Capacity Management Strategy. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, iss. 7, pp. 1368–1390.
<https://doi.org/10.24891/ea.20.7.1368>

References

1. Kislitsyna O.A., Sherman M.S., Yamoleev R.G. [Managing production capacity in order to achieve strategic goals of an industrial enterprise]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2017, vol. 18, no. 11, pp. 1715–1732. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proizvodstvennoy-moschnostyu-dlya-dostizheniya-strategicheskikh-tseley-promyshlennogo-predpriyatiya> (In Russ.)
2. Pilyugina A.V., Mishchenko A.V. [Models for assessing the production capacity of an enterprise]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana. Ser.: Mashinostroenie = Herald of Bauman Moscow State Technical*

- University. Series Mechanical Engineering*, 2017, no. 3, pp. 102–121.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-otsenki-proizvodstvennoy-moschnosti-predpriyatiya> (In Russ.)
3. Fraser K. Facilities Management: The Strategic Selection of a Maintenance System. *Journal of Facilities Management*, 2014, vol. 12, iss. 1, pp. 18–37.
URL: <https://doi.org/10.1108/JFM-02-2013-0010>
 4. Karpov A.L. [Experimental economics: Competitiveness, productivity and production possibility curve]. *Vestnik Omskogo universiteta. Ser.: Ekonomika = Herald of Omsk University. Series Economics*, 2014, no. 1, pp. 124–128.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnaya-ekonomika-konkurentosposobnost-proizvoditelnost-i-krivaya-proizvodstvennyh-vozmozhnostey> (In Russ.)
 5. Leontief W. *Mezhotraslevaya ekonomika* [Interbranch Economics]. Moscow, Ekonomika Publ., 1997, 479 p.
 6. Leontief W. *Ekonomicheskie esse. Teorii, issledovaniya, fakty i politika* [Essays in Economics: Theories, Facts and Policies]. Moscow, Politizdat Publ., 1990, 415 p.
 7. Dyatlov Yu.V. [Industrial capacity: Some aspects of its role and calculation methods in market conditions]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Kuzbass State Technical University*, 2012, no. 4, pp. 155–157. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennaya-moschnost-nekotorye-aspekty-eyo-rol-i-metodov-rascheta-v-usloviyah-rynka> (In Russ.)
 8. Voskresenskii B.V. *Ekonomicheskie voprosy ispol'zovaniya osnovnykh fondov i proizvodstvennykh moshchnostei mashinostroitel'nykh zavodov* [Economic issues of using the fixed assets and production capacities of machine-building plants]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1969, 52 p.
 9. Voskresenskii B.V., Manilovskii R.G. *Proizvodstvennaya moshchnost' mashinostroitel'nogo zavoda* [The production capacity of machine-building plants]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1973, 336 p.
 10. Semushkina E.A., Shishkarev N.I. [The essence and structure of the production capacity of the enterprise]. *Nauka i obrazovanie segodnya*, 2017, no. 10, pp. 32–36. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-struktura-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya>
 11. Dadalova M.V. [Production capacity management at industrial enterprises]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 2015, no. 4, pp. 242–247.

- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proizvodstvennoy-moschnostyu-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (In Russ.)
12. Kononov V.N., Ryzhova I.G., Voinova E.S. [Diagnostics of the structure of production facilities]. *Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk*, 2010, no. 12-2, pp. 167–176.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-struktury-proizvodstvennyh-moschnostey> (In Russ.)
13. Danilov G.V., Ryzhova I.G., Voinova E.S. [Structure analysis and value estimation of production capacity proportionality of enterprise]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova = Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2012, no. 1, pp. 79–82.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-struktury-i-otsenka-proporsionalnosti-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya> (In Russ.)
14. Tyufanov V.A., Grigigyan E.A. [Development of methodological foundations of operational analysis]. *Economic Consultant*, 2019, no. 2, pp. 98–103.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-metodicheskikh-osnov-operatsionnogo-analiza> (In Russ.)
15. Sarantseva E.G. [The substantiation of managerial decisions based on marginal analysis]. *Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N. Tatishcheva = Vestnik of Volzhsky University after V.N. Tatischev*, 2017, no. 2, pp. 90–94.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-upravlencheskih-resheniy-na-osnove-marzhinalnogo-analiza> (In Russ.)
16. Danilenko N.I., Zambrzhitskaya E.S., Balbarin Ya.D. [A matrix approach to allocating indirect costs and forming the total cost of products]. *Mezhdunarodnyi bukhgalterskii uchet = International Accounting*, 2015, no. 16, pp. 48–60.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matrichnyy-podhod-k-raspredeleniyu-kosvennyh-zatrat-i-formirovaniyu-polnoy-sebestoimosti-produktsii> (In Russ.)
17. Madvar M.D., Khosropour H., Khosravanian A. et al. Patent-Based Technology Life Cycle Analysis: The Case of the Petroleum Industry. *Foresight and STI Governance*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 72–79. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/patent-based-technology-life-cycle-analysis-the-case-of-the-petroleum-industry>
18. Ansoff I. *Strategicheskoe upravlenie* [Strategic Management]. Moscow, Ekonomika Publ., 1989, 519 p.
19. Kononov V.N., Zambrzhitskaya E.S., Dema R.R., Kharchenko M.V. [Management of the industrial technologies' life cycle]. *Vestnik Omskogo universiteta. Ser.: Ekonomika = Herald of Omsk University. Series Economics*, 2018, no. 1, pp. 76–87.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-zhiznennymi-tsiklami-promyshlennyh-tehnologiy> (In Russ.)

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.