

УДК 004

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В БЮДЖЕТИРОВАНИИ**

Е.В. ПАЛЕНОВ<sup>1</sup>, К.Р. ЗИГАНШИНА<sup>2</sup>, З.Р. МУСТАФИНА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>старший преподаватель

<sup>2</sup>студенты учебной группы 6201

Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ),  
г. Казань, Россия

*Аннотация. Статья посвящена применению математического моделирования в бюджетировании для оптимизации материальных затрат. Рассмотрены методы линейного и динамического программирования, управление запасами и имитационное моделирование. Показано, как эти инструменты повышают эффективность планирования ресурсов.*

*Ключевые слова: бюджетирование, моделирование, оптимизация, нормы расхода, управление запасами, ресурсы.*

## **APPLICATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS IN BUDGETING**

E.V. PALENOV<sup>1</sup>, K.R. ZIGANSHINA<sup>2</sup>, Z.R. MUSTAFINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Senior Lecturer

<sup>2</sup>students of study group 6201

Kazan National Research Technical University named  
after A.N. Tupolev-KAI (KNRTU-KAI),  
Kazan, Russia

*Abstract. The article is devoted to the application of mathematical modeling in budgeting to optimize material costs. Methods of linear and dynamic programming, inventory management and simulation modeling are considered. It shows how these tools improve the efficiency of resource planning.*

*Keywords: budgeting, modeling, optimization, consumption rates, inventory management, resources.*

В современной экономической реальности процесс бюджетирования трансформировался из простого финансового планирования в сложный аналитический инструмент управления ресурсами предприятия. Математическое моделирование выступает ключевым элементом этой трансформации, обеспечивая научную основу для принятия управленческих решений. Теоретический аппарат экономико-математических методов, будучи изначально разработанным в академической среде, нашел широкое практическое применение в корпоративном бюджетировании.

В структуре себестоимости продукции промышленных предприятий материальные затраты занимают существенную долю. Материальные ресурсы, формирующие «основу продукта», трансформируясь, расходуются на выпуск изделий определенной номенклатуры в установленных лимитированных объемах (нормативах), которые для целей планирования и управления производством выражаются через показатели норм расхода.

Обязательным этапом планового регулирования оптимизации использования материальных ресурсов является программа внедрения организационно-технических мероприятий по сокращению расхода материалов в производственном процессе предприятия. Таким образом, создание прогрессивных нормативов и их бюджетирование тесно связаны с реализацией различных организационно-технических мер, направленных на уменьшение норм расхода сырья на предприятиях отрасли.

Существуют отдельные направления организационно-технических мероприятий по снижению норм расхода материалов, включающие конечное множество вариантов применения с соответствующими коэффициентами экономии или замены.

Теоретической основой данного подхода служит концепция оптимального распределения ограниченных ресурсов, восходящая к работам Л.В. Канторовича и Т.Ч. Купманса [1]. В рамках этой парадигмы бюджетный процесс формализуется как задача поиска экстремума целевой функции при заданной системе ограничений. Для производственного предприятия типичная постановка включает максимизацию прибыли или минимизацию издержек при учете технологических, рыночных и финансовых ограничений.

Практическая реализация линейного программирования в бюджетировании предполагает последовательное выполнение нескольких этапов. Первоначально осуществляется идентификация управляемых параметров, которые могут включать объемы производства, инвестиционные вложения, трудовые ресурсы [2]. Затем формулируется целевая функция, отражающая ключевой показатель эффективности – чаще всего это прибыль, определяемая по формуле 1:

$$Z = \Sigma(p_i x_i) - \Sigma(c_j y_j), \quad (1)$$

где  $p_i$  - цена единицы продукции  $i$ -го вида,  $x_i$  - объем производства,  $c_j$  - удельные затраты по  $j$ -ой статье,  $y_j$  - объем потребляемых ресурсов.

Система ограничений формируется на основе:

1) производственных возможностей

$$(\Sigma a_{ij} x_i \leq b_j), \quad (2)$$

2) рыночных условий

$$(d_i \leq x_i \leq D_i)_j), \quad (3)$$

3) финансовых лимитов

$$(\Sigma k_j y_j \leq B)_j), \quad (4)$$

где  $a_{ij}$  – нормативы расхода,  $b_j$  – доступные ресурсы,  $d_i$  и  $D_i$  – минимальный и максимальный объемы сбыта,  $k_j$  – стоимостные коэффициенты,  $B$  – бюджетное ограничение.

Транспортные модели, основанные на работах Ф.Л. Хичкока, нашли применение в логистическом бюджетировании [3]. Их модифицированные версии позволяют оптимизировать:

- схемы снабжения сырьем и материалами
- распределение готовой продукции
- размещение распределительных центров
- мультимодальные перевозки

Особую сложность в практической реализации представляет учет динамического характера бюджетных процессов. Теория динамиче-

ского программирования Р. Беллмана предлагает аппарат для решения многоэтапных задач бюджетирования через принцип оптимальности, выражаемый функциональным уравнением в формуле 5[4].

$$F_t(s_t) = \text{opt} \{R_t(s_t, x_t) + F_{t+1}(s_{t+1})\} \quad (5)$$

где  $F_t$  – критерий оптимальности на шаге  $t$ ,  $s_t$  – состояние системы,  $x_t$  – управляющее воздействие,  $R_t$  – функция выигрыша.

Методология динамического программирования находит свое практическое воплощение в решении комплексных задач финансового управления, где требуется учет временного фактора и многоэтапности принятия решений. В контексте бюджетирования промышленного предприятия данный подход позволяет выстраивать согласованные стратегии распределения ресурсов на протяженных временных горизонтах.

Применительно к многоэтапному инвестиционному планированию аппарат динамического программирования дает возможность оптимизировать распределение капитальных вложений между конкурирующими проектами с учетом их временной структуры и взаимного влияния. Особую ценность представляет способность модели учитывать изменяющиеся во времени условия финансирования, включая колебания процентных ставок, доступность заемных средств и внутренние лимиты инвестиционного бюджета. Это позволяет избежать субоптимальных решений, характерных для статических моделей планирования.

В сфере управления долговым портфелем динамические модели обеспечивают научно обоснованный подход к определению оптимальной структуры заимствований. Методика позволяет одновременно учитывать такие разнонаправленные факторы, как стоимость обслуживания долга, валютные риски, ограничения по ковенантам и требования к ликвидности. Практическая реализация предполагает построение многошаговых моделей рефинансирования, минимизирующих совокупные затраты при заданных ограничениях по риску.

Разработка стратегий развития на основе динамического программирования отличается от традиционных подходов возможностью количественного анализа альтернативных траекторий роста [5]. Мо-

дель позволяет оценить последствия различных сценариев инвестирования в производственные мощности, НИОКР и рыночную экспансию, выявляя оптимальную последовательность стратегических решений. Особое внимание уделяется учету взаимозависимости между текущими бюджетными ограничениями и будущими финансовыми возможностями предприятия.

В области оптимизации налоговых платежей динамические модели преодолевают ограничения статического налогового планирования. Они позволяют выстраивать стратегию использования налоговых льгот, амортизационной политики и трансфертного ценообразования как последовательность взаимосвязанных решений. При этом учитывается временная стоимость денег, изменяющееся налоговое законодательство и эволюция бизнес-процессов предприятия.

Ключевым преимуществом динамического подхода в бюджетировании является способность находить глобально оптимальные решения в условиях, когда принятые в одном периоде решения существенно влияют на доступные альтернативы в последующих периодах. Это особенно важно для промышленных предприятий, где инвестиционные и производственные циклы имеют значительную временную протяженность, а последствия управленческих решений проявляются с запаздыванием.

Практическая реализация требует построения рекуррентных соотношений, отражающих эволюцию состояния предприятия под влиянием управляющих воздействий и внешних факторов. Техническая сложность заключается в необходимости балансировки между детализацией модели и вычислительной сложностью, известная в теории как «проклятие размерности». Современные вычислительные методы и специализированное программное обеспечение позволяют преодолевать эти ограничения, делая динамические модели доступным инструментом корпоративного бюджетирования.

Теория управления запасами, восходящая к модели Уилсона (EOQ), была существенно развита в работах Эрроу, Карлина и Скарфа [6]. Современные модификации учитывают:

- нестационарный характер спроса;
- стохастические факторы;
- ограничения на складские мощности;
- возможность дефицита.

При управлении складскими запасами предприятия сталкиваются с необходимостью балансировки нескольких видов расходов. Основная сложность заключается в том, что эти затраты часто противоречат друг другу – уменьшение одних ведет к росту других.

Ключевые составляющие затрат включают расходы на оформление и обработку заказов, которые уменьшаются при увеличении объема единовременной закупки. Однако крупные партии требуют больше места для хранения и «замораживают» оборотные средства. Особенно ощутимо это для предприятий с сезонным спросом или работающих со скоропортящимися материалами.

Еще один важный фактор – возможные потери от дефицита. Нехватка сырья может привести к простоему производства, а отсутствие готовой продукции на складе – к потере клиентов. При этом точно оценить такие потери бывает сложно, так как они включают не только прямые убытки, но и репутационные риски.

Транспортные расходы также влияют на общую картину – стоимость доставки может существенно варьироваться в зависимости от объема партии, удаленности поставщика и срочности заказа. Все эти факторы необходимо учитывать в комплексе при расчете оптимального размера заказа и периодичности пополнения запасов.

Имитационное моделирование, основанное на методах Монте-Карло, преодолевает ограничения детерминированных моделей. Оно опирается на закон больших чисел и включает несколько этапов: формирование вероятностных распределений ключевых параметров, генерацию случайных сценариев, статистический анализ данных и оценку вероятностных характеристик исследуемых процессов [7].

Интеграция различных классов моделей в единую систему бюджетного контроля – сложная методологическая задача. Теоретической основой служат принципы системного анализа, а практическая реализация требует создания единого информационного пространства, разработки согласованных программных интерфейсов, обеспечения совместимости форматов данных и создания механизмов для обратной связи [8].

Практическое внедрение экономико-математических моделей в систему бюджетирования требует решения ряда организационных задач:

- формирования методологического единства;

- создания соответствующей ИТ-инфраструктуры;
- подготовки квалифицированных кадров;
- разработки регламентов использования.

Эффективность применения математических методов в бюджетировании оценивают через систему показателей, включающих точность бюджетных прогнозов, скорость подготовки расчетов, глубину анализа альтернатив и экономический эффект от внедрения. Перспективы развития связаны с интеграцией математического аппарата бюджетирования в системы искусственного интеллекта, что позволит автоматизировать процесс построения моделей, осуществлять непрерывный мониторинг, адаптировать параметры в реальном времени и выявлять скрытые закономерности.

Таким образом, математическое моделирование преобразует бюджетирование из инструмента учета в систему поддержки принятия решений, основанную на строгих количественных методах. Этот переход требует существенных инвестиций в методологию, технологии и персонал, но обеспечивает качественно новый уровень управления предприятием.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Канторович, Л. В. Математико-экономические работы / Л. В. Канторович. – Новосибирск: Наука, 2011. – 450 с.
2. Башашкина, Г. Ю. Методика экономико-математического моделирования на основе использования линейной модели бюджетирования / Г. Ю. Башашкина // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. – № 1. – С. 45-50.
3. Литературное наследие Альфреда Хичкока. – URL: <https://www.livelib.ru/translations/post/20607-literaturnoe-nasledie-alfreda-hichkoka> (дата обращения: 22.04.2025).
4. Беллман, Р., Дрейфус, С. Прикладные задачи динамического программирования / Р. Беллман, С. Дрейфус. – 1965. – 320 с.
5. Карасев, А. И., Кремер, Н. Ш., Савельева, Т. И. Математические методы и модели в планировании / А. И. Карасев, Н. Ш. Кремер, Т. И. Савельева. – М.: Экономика, 2003. – 350 с.
6. Эрроу, К., Харрис, Т., Маршак, Дж. Политика оптимального запаса / К. Эрроу, Т. Харрис, Дж. Маршак. – 1951. – 200 с.

7. Применение Метода Имитационного Моделирования (Метод Монте Карло) Для Управления Рисками Проекта. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016028761> (дата обращения: 21.04.2025).

## REFERENCES

1. Kantorovich, L. V. *Mathematical and Economic Works* / L. V. Kantorovich. - Novosibirsk: Nauka, 2011. – 450 p.

2. Bashashkina, G. Yu. *Methodology of Economic-Mathematical Modeling Based on the Use of Linear Budgeting Model* / G. Yu. Bashashkina // *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2020. – No. 1. – Pp. 45-50.

3. *Literary Heritage of Alfred Hitchcock*. – URL: <https://www.live-lib.ru/translations/post/20607-literaturnoe-nasledie-alfreda-hichkoka> (accessed: April 22, 2025).

4. Bellman, R., Dreyfus, S. *Applied Dynamic Programming Problems* / R. Bellman, S. Dreyfus. – 1965. – 320 p.

5. Karasev, A. I., Kremer, N. Sh., Savelieva, T. I. *Mathematical Methods and Models in Planning* / A. I. Karasev, N. Sh. Kremer, T. I. Savelieva. – Moscow: Ekonomika, 2003. – 350 p.

6. Arrow, K., Harris, T., Marshak, J. *Policy of Optimal Inventory* / K. Arrow, T. Harris, J. Marshak. – 1951. – 200 p.

7. *Application of Simulation Modeling Method (Monte Carlo Method) for Project Risk Management*. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016028761> (accessed: April 21, 2025).