

УДК 330.46

Демиденко М.А.

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри електронної економіки та економічної кібернетики,  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Чуриканова О.Ю.

кандидат економічних наук,  
доцент кафедри електронної економіки та економічної кібернетики,  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРКЕТИНГОВИХ КАМПАНІЙ У ПОШУКОВИХ СИСТЕМАХ

*У статті пропонуються теоретичні та практичні рекомендації щодо вирішення економічної проблеми ведення науково обґрунтованої маркетингової кампанії за допомогою інструментів реклами Google з використанням математичного моделювання. Теоретичною і методологічною основою дослідження є фундаментальні положення сучасної економічної теорії, наукові праці вчених. Пропонується комплексний підхід до пошуку такої рекламної кампанії, яка в умовах невизначеності, використовуючи моделювання, задовольняє вимоги клієнта і забезпечує брокеру мінімальний ризик отримання прибутку. На підставі проведених досліджень запропоновано економіко-математичну модель для визначення набору ключових слів, за допомогою яких брокер може утримувати прибуткову рекламну кампанію з мінімальними ризиками.*

*Ключові слова:* метод, модель, оптимізація, критерій, Google Ads, ключові слова, цифрова економіка, контекстна реклама, пошукова оптимізація, реклама.

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ МАРКЕТИНГОВЫХ КАМПАНИЙ В ПОИСКОВЫХ СИСТЕМАХ

Демиденко М.А., Чуриканова А.Ю.

*В статье предлагаются теоретические и практические рекомендации по решению экономической проблемы ведения научно обоснованной маркетинговой кампании с помощью инструментов рекламы Google с использованием математического моделирования. Теоретической и методологической основой исследования являются фундаментальные положения современной экономической теории, научные труды ученых. Предлагается комплексный подход к поиску такой рекламной кампании, которая в условиях неопределенности, используя моделирование, удовлетворяет требованиям клиента и обеспечивает брокеру минимальный риск получения прибыли. На основании проведенных исследований предложена экономико-математическая модель для определения набора ключевых слов, с помощью которых брокер может удерживать прибыльную рекламную кампанию с минимальными рисками.*

*Ключевые слова:* метод, модель, оптимизация, критерий, Google Ads, ключевые слова, цифровая экономика, контекстная реклама, поисковая оптимизация, реклама.

## MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION OF MARKETING CAMPAIGNS IN SEARCH ENGINES

Demydenko Mykhailo, Churikanova Olena

*The paper proposes the theoretical and practical recommendations for solving the economic problem of conducting a scientifically based marketing company with Google ads tools, using mathematical modeling. The theoretical and methodological basis of the research are the fundamental positions of modern economic theory, scientific works of scientists. In the process of research, the following methods were used: economics and mathematical modeling (to solve the problem of optimizing an advertising company in Google ads); graphic (for visual presentation of research results); analytical and structural-logical (in optimizing the choice of keywords). An integrated approach is proposed to find such an advertising company that, in uncertainty, using simulation, satisfies the client's requirements and provides the broker with a minimum risk of obtaining a specified profit. In a modern digital economy, marketing that uses search engines is the most common advertising technology. In search engines, the display of advertisements occurs simultaneously with the results of queries that match the keywords of the ads. In the scenario of search engines, the advertisement appears on pages returned after the search queries. Advertisers pay for pay-per-click systems (PPC). An advertiser has an account in a system in which a keyword portfolio is generated for the advertised product with the corresponding click-through rates for words that trigger their ads and their total daily budget. A model for creating a portfolio of advertising keywords has been developed, which provides an optimal compromise between the profitability and the risk of a broker, in the uncertainty*

*of the current pay-per-click and the number of clicks in the marketing search. Research results will allow marketers to increase return on investment in their advertising campaign. The proposed model can be implemented in applications for computers and mobile devices to automate the process of optimizing search marketing. The problem of creating a search engine marketing portfolio is formulated. The necessity of developing a model for increasing the profitability of investments into an advertising campaign is substantiated. The optimization criterion for an advertising campaign in the secondary market of search marketing is substantiated. Based on the conducted researches, an economic-mathematical model for determining the set of key words with the help of which a broker can hold a profitable advertising company with minimal risks is proposed.*

*Keywords: method, model, optimization, criterion, Google ads, keywords, digital economy, contextual advertising, search engine optimization, advertising.*

**Постановка проблеми.** У сучасній цифровій економіці маркетинг у пошукових системах є одним із найбільш поширених рекламних технологій. У пошуковиках демонстрація рекламних оголошень відбувається разом із результатами запитів, які співпадають із ключовими словами оголошень. За сценарієм роботи пошукових машин реклама з'являється на сторінках, повернутих після пошукових запитів. Рекламодавці сплачують пошуковим системам оплату за системою «плата за клік» (Pay-per-click, PPC). Кожен рекламодавець має обліковий запис у системі, в якому для продукту, що рекламується, сформовано портфель ключових слів із відповідними ставками за клік на словах, які ініціюють показ їхніх оголошень та загальний щоденний бюджет.

Формування прибуткового портфеля може виявитися складним для багатьох рекламодавців, головним чином, через брак часу, ресурсів або досвіду на рекламних ринках. Тому створення таких портфелів доручається стороннім організаціям – рекламним агентствам та брокерам. Взаємодія між сторонніми партнерами та рекламодавцями створює вторинний ринок пошукового маркетингу (на відміну від первинного ринку, на якому рекламодавці безпосередньо взаємодіють із пошуковими системами), де треті сторони продають послуги з оптимізації рекламних кампаній, а рекламодавці – виступають як покупці цих послуг. Тому доцільно розробити економіко-математичну модель оптимізації рекламної кампанії на вторинному ринку. У роботі представлено модель, яка дає змогу мінімізувати ризики брокера й отримати запланований прибуток.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішенням проблем оптимізації рекламних кампаній в Інтернеті займалася низка науковців. У роботі [1] запропоновано методика оптимізації ключових слів. У роботі [2] була розроблена модель для коефіцієнта конверсії в оголошеннях Google. Автори [3] запропонували метод оптимізації оголошень Google, який використовував семантичні знання. Автори [4] вивчали взаємозв'язок між характеристиками оголошень Google, позицією реклами та рейтингом пошукової системи Google. У [5] і [6] була розроблена багатозадачна рекомендаційна система, яка показала, що специфічні текстові структури можуть призвести до високого рейтингу кліків на рекламі в пошуковому маркетингу. Інші роботи [7] проаналізували поведінку користувачів у пошуковому маркетингу і запропонували механізми максимізації доходу.

Проте більшість досліджень авторів спрямована на формування портфеля ключових слів у пошуковому маркетингу, і ніхто не аналізує ефективність отриманого портфеля і методика його формування.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є дослідження теоретичних основ та прикладних проблем оптимізації пошукового маркетингу, що зумовлює постановку таких завдань:

– розробити економіко-математичну модель, яка дає змогу знайти оптимальний варіант запровадження пошукового маркетингу, який забезпечує бажану прибутковість за мінімальних ризиків збитків для брокера із задоволенням вимогам замовника;

– розробити математичну модель пошукового маркетингу, яку можливо реалізувати в прикладному програмному забезпеченні.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У сучасній цифровій економіці проведення маркетингу через оголошення Google є особливо ефективним, оскільки ця пошукова система обробляє великий обсяг трафіку і, таким чином, забезпечує найбільшу кількість показів рекламних оголошень.

Оголошення Google (Google Ads) є найпопулярнішою у світі системою реклами. Платформа Google Ads дає змогу компаніям створювати оголошення, які відображаються в пошуковій системі Google та інших продуктах Google.

Google Ads працюють за моделлю «плата за клік» (Pay-per-click, PPC), за якою користувачі встановлюють ставки за ключовими словами та сплачують за кожен клік на рекламі. Клік у контексті пошукової оптимізації означає перехід користувача на сайт за посиланням, розміщеною на сторінці пошуковика або сторонньому сайті. Щоразу коли розпочинається пошук, Google виконує пошук у сукупності оголошень рекламодавців і вибирає набір оголошень-переможців, які відображатимуться на перших місцях на сторінці результатів пошуку. «Переможці» вибираються за рейтингом на основі комбінації факторів, включаючи якість і релевантність ключових слів і рекламних кампаній, а також розмір ставок для ключових слів.

Рейтинг, або позиція на сторінці пошуку, розраховується за формулою

$$\text{Рейтинг реклами} = \text{Максимальна ставка } x \cdot \text{Показник якості } x \cdot \text{Очікуваний вплив додаткової інформації (розширень)} \quad (1)$$

Максимальна ставка – це найбільша ціна, яку рекламодавець згідний платити за клік на ключовому слові. Показник якості – це значення, яке розраховує Google з урахуванням якості цільової сторінки і відповідності ключових слів цій сторінці. Очікуваний вплив розширень оголошень – це величина, яка враховує ефект від застосування додаткової інформації до оголошення, наприклад номер телефону або інші посилання на певні сторінки сайту.

Ця система дає змогу рекламодавцям залучати потенційних клієнтів за ціною, яка відповідає їхньому бюджету. Це, по суті, своєрідний аукціон.

Розглянемо функціонування вторинного ринку Google Ads, який працює за такою схемою. На ринку взаємодіють клієнти і брокери. Клієнти доручають брокерам провести рекламну кампанію їхнього продукту. На практиці клієнт довіряє сторонньому брокеру побудувати портфель ключових слів Google Ads для ефективної реклами в пошуковиках. Клієнт сплачує брокеру плату за послуги. Брокер взаємодіє безпосередньо з Google Ads, установлюючи максимальний розмір ставок, урахуваючи загальний бюджет, і сплачує витрати на показ оголошень Google. Прибуток брокера – це різниця між платою за його послуги та витратами на рекламу, сплаченими Google. Різні рекламодавці можуть мати різні цілі для своїх рекламних кампаній, тому брокер повинен, узгоджувати свою мету прибутковості з потребами його клієнта. Як правило, між рекламодавцем і брокером можливі два типи договорів:

1. Рекламодавець має мету  $D(a)$  для свого оголошення, і брокер пропонує загальний бюджет досягнення цієї мети за визначений час.

2. Рекламодавець має загальний бюджет для своєї кампанії, і брокер зобов'язується досягти цільової мети  $D(a)$  для цього бюджету за узгоджений із клієнтом проміжок часу.

Незалежно від типу контракту ефективність брокера зводиться до мінімізації витрат, сплачених Google. Вартість оплати Google Ads залежить від ціни за клік (CPC), яка визначається через механізми онлайн-аукціону (1). Тому є доцільним розробити економіко-математичну модель для визначення сукупності ключових слів, за допомогою яких брокер може провести найбільш прибуткову рекламну кампанію.

Нехай рекламуємо товар  $X$ , з яким у Google Ads пов'язані ключові слова  $i = 1, 2, \dots, N$ , які розшукувалися у Google у проміжки часу  $t = 1, 2, \dots, T$ .

Брокер пропонує свої послуги за ціною  $P_{it}$  за клік на  $i$ -му слові у проміжок часу  $t$ . Своєю чергою, Google стягує плату  $C_{it}$  за кліки на ключових словах  $i = 1, 2, \dots, N$  у проміжки часу  $t = 1, 2, \dots, T$ .

Тоді прибуток брокера становитиме:

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (P_{it} - C_{it}). \tag{2}$$

Середня вартість кліка на ключовому слові  $\bar{C}_{it}$  в рекламній кампанії продукту  $a$  в пошуковику Google становитиме:

$$\bar{C}_{it} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T C_{it}}{S}, \tag{3}$$

де  $S$  – загальна кількість кліків на  $i = 1, 2, \dots, N$  ключових словах за час  $t = 1, 2, \dots, T$  проведення рекламній компанії продукту  $a$ .

Тоді прибутковість рекламної кампанії продукту  $a$  для брокера обчислюватиметься за формулою:

$$R(a) = \frac{\bar{P}_{it} - \bar{C}_{it}}{\bar{C}_{it}}, \tag{4}$$

де  $\bar{P}_{it}$  середня вартість кліка за ставками послуг брокера, яку можна розрахувати за формулою:

$$\bar{P}_{it} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T P_{it}}{S} \tag{5}$$

Брокер має сформувати такий набір ключових слів, який забезпечить заданий рівень прибутку за мінімального ризику отримати збитки.

Тоді критерій оптимізації рекламної кампанії  $a$  для брокера можна сформулювати як мінімізацію ризику того, що прибуток брокера буде нижчим, аніж ціна, яку він сплачує Google за кліки на ключових словах. Розрахунок критерію виконується за формулою:

$$\tilde{A}_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (P_{it} - C_{it})^2}{\tau \mu}} \rightarrow \min, \tag{6}$$

де  $\tau$  – загальна кількість проміжків часу, на яких виконувався пошук у рекламній кампанії;  $\mu$  – загальна кількість ключових слів.

Ключові слова  $i = 1, 2, \dots, N$  у рекламній кампанії мають різну відповідність продукту  $a$ , що рекламується, і різну запитуваність у пошуках в Google, тому доцільно присвоїти їм різні коефіцієнти ваги. Тоді  $\omega_i$  – коефіцієнт ваги  $i$ -го ключового слова. При цьому виконуються умови:

$$\begin{aligned} 0 &\leq \omega_i \leq 1, \\ \sum_{i=1}^N \omega_i &= 1. \end{aligned}$$

На практиці коефіцієнти ваги  $\omega_i$  є випадковими величинами, які змінюються в часі.

Тоді модель оптимальної рекламної кампанії брокера можна сформулювати так:

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (P_i(\omega_i) - C_i(\omega_i))^2}{\tau \mu}} \rightarrow \min \\ &\left\{ \begin{aligned} &\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (P_i(\omega_i) - C_i(\omega_i)) = \rho \\ &\sum_{i=1}^N \omega_i = 1 \end{aligned} \right. \tag{7} \\ &\omega_i \geq 0, \end{aligned}$$

де  $\rho$  – прибуток брокера за проведення рекламної кампанії.

Модель (7) може розглядатися як різновид моделі Марковіца, яка відрізняється від відомої моделі тим, що вагові коефіцієнти є випадковими величинами, а ризик оцінюється середньоквадратичним відхиленням прибутку(збитку) брокера. Практичне розв'язання моделі може бути здійснено із застосуванням відомих методів [6; 7].

**Результати дослідження.** Розроблено модель формування портфеля ключових слів реклами, яка забезпечує оптимальний компроміс між прибутковістю та ризиком брокера в умовах невизначеності поточної плати за клік і кількості кліків у маркетинговому пошуку. Отримані результати дослідження дадуть змогу учасникам пошукового маркетингу підвищити прибутковість інвестицій у рекламну кампанію. Запропонована модель може бути реалізована в додатках для комп'ютерів та мобільних пристроїв для автоматизації процесу оптимізації пошукового маркетингу.

**Висновки з проведеного дослідження.** Сформульована проблема формування портфелю ключових слів пошукового маркетингу і необхідності розроблення моделі для підвищення прибутковості інвестицій у рекламну кампанію.

Обґрунтовано критерій оптимізації рекламної кампанії для брокера на вторинному ринку пошукового маркетингу.

На основі проведених досліджень запропоновано економіко-математичну модель для визначення

сукупності ключових слів, за допомогою яких брокер може провести прибуткову рекламну кампанію з мінімальними ризиками. Модель може бути застосована для замовника, якщо його розглядати як брокера його рекламних оголошень.

1. Amruta J., Rajeev M. *Keyword generation for search engine advertising. Sixth IEEE International Conference. Data Mining Workshops : works of Sci.-Tech. conf., New York, IEEE, 2016. ICDM Workshops 2016. New York, P. 490–496.*

2. Anindya G. and Sha Y. *An empirical analysis of search engine advertising: Sponsored search in electronic markets. Management Science. 2009. № 55(10). P. 1605–1622.*

3. Thomaidou S., Vazirgiannis M. *Multiword keyword recommendation system for online advertising. In Advances in Social Networks Analysis and Mining: works of Sci.-Tech. conf., New York, IEEE 2011 ASONAM 2011. New York, P. 423–427.*

4. Demydenko M. *Method of selection of ERP systems using multi-criterial optimization models. Naukovyi Visnyk NHU. 2018. № 5. С. 132–137.*

5. Demydenko M. *Economic-mathematical model of optimal pricing of suppliers and processors of raw materials for the sustainable development of the mining and metallurgical complex of Ukraine. International scientific conference Anti-crisis management: state, region, enterprise : works of Sci.-Tech. conf., Le Mans, 17 November 2017. Le Mans Université, France, 2017. № 3. P. 140–143.*

6. Демиденко М.А. *Системи підтримки прийняття рішень : монографія. Дніпро : Національний гірничий університет, 2016, 106 с.*

7. Демиденко М.А. *Управління проектами інформатизації за методологією SCRUM : монографія. Дніпро : Національний гірничий університет. 80 с.*

E-mail: Demidenko.m.a@nmu.one