

О. С. МЕЛЬНИКОВ

СТРАТЕГИЧНЕ УПРАВЛІННЯ РЕКЛАМОЮ ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТОВАРУ

Предметом дослідження є розробка стратегії оптимального управління витратами підприємства на рекламу при виведенні нового товару на ринок впродовж всього його життєвого циклу. Для моделювання динаміки продажів нового товару в статті запропонована модифікація моделі дифузії інновацій Басса, яка дозволяє чисельно моделювати вплив витрат на рекламу на інтенсивність продажів з боку двох груп споживачів, виділених в моделі, а саме новаторів та імітаторів. Сформульовано задачу оптимального управління витратами на рекламу для просування товару протягом його життєвого циклу. В якості критерію оптимальності обрано очікувану чисту поточну вартість грошових потоків від реалізації товару. Показано, як вирішити цю задачу за допомогою методів динамічного програмування. Розроблено і програмно реалізовано алгоритм чисельного пошуку програми оптимального управління витратами на рекламу на базі методу стискаючих відображень. В результаті роботи алгоритму встановлюється оптимальний рівень витрат на рекламу у формі закону із зворотнім зв'язком, де в якості змінної стану системи виступає ступень насичення ринку. На цій основі можна встановити оптимальний рівень витрат на рекламу в кожному періоді часу і порівняти траєкторії продажів при різних стратегіях управління рекламою. Окремо досліджені випадки реклами, спрямованої на інноваторів та імітаторів. Проведені чисельні експерименти, на базі яких визначено якісні характеристики стратегії оптимального управління витратами на рекламу для цих двох випадків. Досліджено вплив обраної стратегії управління на форму та тривалість життєвого циклу товару. Зроблено висновки про порівняльну економічну ефективність різних стратегій управління рекламою. Оптимізація витрат на рекламу за допомогою розробленої методики дає підприємствам можливість перевірити, чи є запланований рівень цих витрат надлишковим чи недостатнім. Запропонована методика дозволяє не тільки знаходити оптимальні розміри відрахувань на рекламу в залежності від стадії життєвого циклу товару, але й прогнозувати обсяги продажів та прибутки для майбутніх періодів.

Ключові слова: життєвий цикл товару; дифузія інновацій; модель Басса; реклама; оптимальне управління; динамічне програмування; метод стискаючих відображень.

О. С. МЕЛЬНИКОВ

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕКЛАМОЙ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТОВАРА

Предметом исследования является разработка стратегии оптимального управления расходами на рекламу при продвижении предприятием нового товара на рынок в течение всего его жизненного цикла. Для моделирования динамики продаж нового товара в статье предложена модификация модели диффузии инноваций Басса, позволяющая численно моделировать влияние расходов на рекламу на интенсивность продаж со стороны двух групп потребителей, выделенных в модели, а именно инноваторов и имитаторов. Сформулирована задача оптимального управления расходами на рекламу на продвижение товара в течение всего его жизненного цикла. В качестве критерия оптимальности выбрана ожидаемая чистая приведенная стоимость денежных потоков от реализации товара. Разработана методика решения этой задачи посредством методов динамического программирования. Разработан и программно реализован алгоритм численного поиска программы оптимального управления затратами на рекламу на базе метода сжимающих отображений. В результате работы алгоритма устанавливается оптимальный уровень расходов на рекламу в форме закона с обратной связью, где в качестве переменной состояния системы выступает степень насыщения рынка. На этой основе можно установить оптимальный уровень рекламных издержек в каждом периоде времени и сравнить траектории продаж при разных стратегиях управления рекламой. Отдельно исследованы случаи рекламы, направленной на инноваторов и имитаторов. Проведены численные эксперименты, на базе которых определены качественные характеристики стратегии оптимального управления расходами на рекламу для этих двух случаев. Исследовано влияние выбранной стратегии управления на форму и длительность жизненного цикла товара. Сделаны выводы о сравнительной экономической эффективности различных стратегий управления рекламой. Оптимизация затрат на рекламу с помощью разработанной методики позволяет предприятиям проверить, является ли запланированный уровень этих расходов избыточным или недостаточным. Применение методики позволяет не только находить оптимальные размеры отчислений на рекламу в зависимости от стадии жизненного цикла товара, но и прогнозировать объемы продаж и прибыли для будущих периодов.

Ключевые слова: жизненный цикл товара; диффузия инноваций; модель Басса; реклама; оптимальное управление; динамическое программирование; метод сжимающих отображений.

О. MELNIKOV

STRATEGIC ADVERTISING MANAGEMENT DURING THE PRODUCT LIFE CYCLE

The subject of the research is the development of a strategy for optimal management of the company's advertising expenditures when promoting a new product to the market throughout its entire life cycle. To model the sales dynamics of a new product, the article proposes a modification of the Bass diffusion of innovations model, which makes it possible to numerically simulate the impact of advertising expenditures on the intensity of sales of the two groups of consumers identified in the model, namely innovators and imitators. The problem of optimal control of advertising expenditures for product promotion throughout its entire life cycle is formulated. As an optimality criterion, the expected net present value of cash flows from the sale of the product is chosen. It is shown how to solve this problem by means of dynamic programming techniques. An algorithm for numerical search for the optimal control program of advertising expenditures based on the method of contraction mapping has been developed and implemented. As a result of the algorithm, the optimal level of advertising expenditures is established in the form of a law with feedback, where the degree of market saturation acts as a state variable of the system. On this basis, one can find the optimal level of advertising expenditures in each time period and compare sales trajectories with different advertising strategies. Two cases of advertising aimed at innovators and imitators were studied separately. Numerical experiments were carried out, on the basis of which the qualitative characteristics of the strategy for optimal control of advertising expenditures for these two cases were determined. The influence of the chosen management strategy on the form and duration of the product life cycle has been studied. Conclusions are drawn about the comparative economic efficiency of various advertising management strategies. Optimization of the advertising budget using the developed methodology allows enterprises to check whether the planned level of advertising spending is excessive or insufficient. The application of the methodology allows not only to find the optimal size of advertising expenditures depending on the stage of the product life

© О. С. Мельников, 2022

cycle, but also to predict sales and profits for future periods.

Keywords: product life cycle; diffusion of innovations; Bass model; advertising; optimal control; dynamic programming; contraction mapping.

Вступ. Equation Chapter (Next) Section 1У сучасній економіці інноваційна діяльність є необхідною умовою комерційного успіху підприємства на ринку. Для задоволення мінливих потреб споживачів підприємства повинні постійно розробляти нові товари та послуги. Проте, розробка нових товарів вимагає істотних витрат, а їхнє просування на ринок пов'язане зі значними ризиками. В цих умовах особливу роль набуває ефективне використання маркетингових інструментів управління збутом і, насамперед, реклами.

При плануванні рекламної діяльності підприємства, особливо при просуванні нової продукції, значної ролі набуває концепція життєвого циклу товару (ЖЦТ). Відповідно до цієї концепції, кожен товар у своєму розвитку проходить наступні стадії [1, 2]:

- 1) впровадження товару на ринок;
- 2) зростання обсягу продажу внаслідок визнання товару покупцями;
- 3) стадія зрілості і поступове насичення ринку;
- 4) спад продажів;
- 5) виведення товару з ринку.

Типова форма ЖЦТ наведена на рис. 1.



Рис. 1. Типова форма кривої життєвого циклу товару [3]

Широку популярність при моделюванні динаміки просування нових товарів на ринок набула теорія дифузії інновацій [4; 5]. У межах цієї теорії дифузія визначається як процес, через який інновація поширюється комунікаційними каналами у часі й просторі.

На процес дифузії інновацій впливає безліч факторів, насамперед, характер інновації і природа того соціального середовища, в яке воно вводиться. На швидкість дифузії нового товару можуть впливати різноманітні маркетингові інструменти, зокрема, реклама. Разом з тим, моделі кількісного аналізу такого впливу розроблені недостатньо, що ускладнює стратегічне планування витрат на рекламу впродовж ЖЦТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття дифузії інновацій було вперше введено французьким соціологом Г. Тардом наприкінці XIX сторіччя [6]. Цей термін набув широкого визнання після публікації в 1962 р. фундаментального дослідження американського соціолога Е. Роджерса

«Дифузія інновацій» [4]. Застосуванню теорії дифузії інновацій для якісного та кількісного моделювання структури ЖЦТ були присвячені наукові праці таких вітчизняних і зарубіжних вчених, як Ф.М.Басс, Ц.Грільхес, Д.Мур, Т.Хегерstrand, В.Шрїнівасан, Т.Ф.Гареев, П.Г.Перерва, В.М.Горбачук та ін. [7-14] Проте, математичні моделі впливу маркетингових інструментів на форму ЖЦТ розроблені недостатньо.

Мета роботи полягає в розробці моделі динаміки продажів нового товару, що враховує вплив інтенсивності реклами на швидкість його дифузії, а також оптимізації витрат підприємства на рекламу як залежності від поточної фази життєвого циклу продукції, що просувається на ринок.

Виклад основного матеріалу. Для моделювання динаміки продажів нового товару скористаємося модифікованою моделлю Ф.М. Басса [7]. У цій моделі ступінь проникнення на ринок нових товарів пояснюється взаємодією попиту двох категорій споживачів - новаторів та імітаторів. Попит з боку новаторів вважається стаціонарним і заданим екзогенно. Імітатори при прийнятті рішення про купівлю нового товару спираються передусім на міжособистісне спілкування. Таким чином, попит із боку імітаторів залежить від загальної кількості споживачів, що вже придбали товар до поточного часу. Вплив цих мотивів описується в моделі за допомогою двох відповідних коефіцієнтів: інновації та імітації.

В класичній версії моделі Басса розглядаються товари тривалого користування і вважається, що кожен споживач має потребу як максимум в одній одиниці товару (повторні покупки в моделі не допускаються). Отже, у міру зростання продажів збільшується кількість споживачів, що купують товар під впливом мотиву імітації. Одночасно зменшується залишкова ємність ринку внаслідок його поступового насичення. Взаємодія цих двох процесів і визначає форму кривої ЖЦТ.

Базовим поняттям у моделі Басса є інтенсивність продажів (hazard rate) $H(t)$, яка визначається як умовна ймовірність купівлі споживачем товару в поточному періоді часу t , якщо у попередні періоди товар ще не був придбаний:

$$H(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}, \quad (1)$$

де $f(t)$ – густина ймовірності придбання товару саме в періоді часу t репрезентативним споживачем, а $F(t)$ – кумулятивна функція розподілу цієї випадкової величини (тобто ймовірність, що споживач вже купив товар до поточного моменту часу t). В моделі вважається, що інтенсивність продажів лінійно залежить від ступеня насичення ринку (який відбивається кумулятою $F(t)$):

$$H(t) = p + q \cdot F(t), \quad (2)$$

де p та q – коефіцієнти інновації та імітації, відповідно.

Скомбінувавши рівняння (1) та (2), отримаємо

$$f(t) = p + (q - p)F(t-1) - q(F(t-1))^2. \quad (3)$$

Позначимо ємність ринку через M . Добуток ємності ринку і ймовірності покупки дасть очікуваний обсяг продажів. Тому, помноживши обидві частини рівняння (3) на ємність ринку M , отримаємо рівняння для динаміки продажів у часі:

$$s_t = pM + (q - p)S_{t-1} - q \frac{S_{t-1}^2}{M}, \quad (4)$$

де $s_t = Mf(t)$ – очікуваний обсяг продажів у момент часу t ;

$S_t = MF(t)$ – накопичений (кумулятивний) обсяг продажів до моменту часу t .

Кумулятивний обсяг продажів змінюється від періоду до періоду таким чином:

$$S_t = S_{t-1} + s_t. \quad (5)$$

У сукупності з початковою умовою $S_0 = 0$, система різницевих рівнянь (4)-(5) надає можливість моделювати очікувану динаміку продажів на комп'ютері як функцію параметрів p та q . При розумних значеннях параметрів модель генерує типову криву ЖЦТ (див. рис. 2).

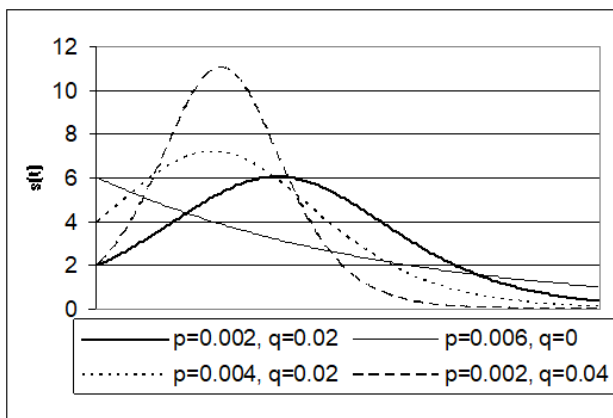


Рис. 2. Різні форми кривої ЖЦТ в моделі Басса ($M=1000$) [5]

Підстановкою рівняння (5) до рівняння (4) можна звести систему (4)-(5) до рівняння Рікатті [15]:

$$S_t = pM + (1 + q - p)S_{t-1} - q \frac{S_{t-1}^2}{M} \quad (6)$$

Наведена вище класична форма моделі не враховує вплив різноманітних маркетингових інструментів на швидкість дифузії. На практиці за допомогою реклами можна впливати на поведінку як новаторів, так і імітаторів. Реклама, спрямована на новаторів, підкреслює унікальні властивості товару, престижність володіння ним та ін. Реклама, орієнтована на імітаторів, зображує споживання товару як елемент стилю життя, залучає відомих людей для схвалення товару, зображує його власників

як коло друзів або соціальну групу з певним статусом, тощо. Виникає низка питань, пов'язана з управлінням рекламою впродовж ЖЦТ:

1) який з цих двох типів реклами є більш ефективним;

2) як найкраще розподілити виділені на рекламу кошти за часом;

3) як впливає рекламна діяльність на термін та форму ЖЦТ, тощо.

Для відповіді на ці питання, розглянемо модифікацію моделі Басса, яка є розвитком моделі, запропонованої в [16].

Розглянемо спершу рекламу, спрямовану на новаторів. Припустимо, що коефіцієнт інновації залежить від розміру витрат на рекламу A як $p = P(A)$, де $P(\cdot)$ – опукла гладка функція, $P'(\cdot) > 0$, $P''(\cdot) < 0$. Тоді рівняння (4) набуде наступної форми:

$$s_t(A_t) = p(A_t)(1 - S_{t-1}) + qS_{t-1}(1 - S_{t-1}) = f(S_{t-1}, A_t) \quad (7)$$

де A_t – обсяги коштів, які витрачаються на рекламу в періоді t . (Для спрощення рівнянь прийемо $M = 1$, тобто змінні s_t , S_t слід інтерпретувати як частки ринку).

Розглянемо задачу оптимального управління витратами на рекламу у часі з метою максимізації сумарного дисконтованого прибутку підприємства впродовж усього ЖЦТ.

Поточний прибуток підприємства в періоді t дорівнюватиме:

$$\Pi_t(S_{t-1}, A_t) = m \cdot s_t(A_t) - A_t = mf(S_{t-1}, A_t) - A_t, \quad (8)$$

де m – прибуток від продажу одиниці товару (тобто різниця між його ціною та собівартістю), яку вважатимемо постійною.

Тоді задачу максимізації сумарного дисконтованого прибутку V від реалізації товару впродовж його життєвого циклу можна сформулювати у наступній спосіб:

$$V = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \cdot \Pi_t(A_t) \xrightarrow{A_t} \max, \quad (9)$$

де β – коефіцієнт дисконтування, $0 < \beta < 1$.

У сукупності система рівнянь (7)-(9) визначає класичну задачу оптимального управління. Для її вирішення можна скористатися методом динамічного програмування [17, 18]. Зауважимо, що рівняння (7) є автономним щодо S_t , тобто залежить від часу лише через змінну S_t . Тому доцільно використовувати S_t як змінну стану системи. Рекурсивне рівняння Беллмана для задачі (7)-(9) набуде тоді наступного вигляду:

$$V(S) = \max_A (\Pi(S, A) + \beta \cdot V(S + f(S, A))), \quad (10)$$

рішення якого надаватиме програму оптимального управління витратами на рекламу в формі функції від поточного стану системи $A^*(S)$.

Для чисельного рішення функціонального рівняння (10) можна скористатись методом

стискаючих перетворень (contraction mapping) [17, 18]. В цьому методі функція Беллмана $V(S)$ знаходиться як нерухома точка відображення

$$V^{n+1}(S) = \max_A (\Pi(S, A) + \beta \cdot V^n(S + f(S, A))), \quad (11)$$

де в якості початкового значення можна обрати $V^0(S) = 0$. При $0 < \beta < 1$ рівняння (11) задовольняє умовам теореми Блеквела [17, с. 54], яка гарантує збіжність послідовності $V^n(S)$ за нормою Колмогорова:

$$\sup_{S \in (0,1)} |V^n(S) - V^{n-1}(S)| \rightarrow 0. \quad (12)$$

Так само можна дослідити варіант, коли реклама орієнтована на імітаторів. Для цього достатньо модифікувати рівняння динаміки продажів (7) як

$$s_t(A) = p(1 - S_{t-1}) + Q(A)S_{t-1}(1 - S_{t-1}), \quad (13)$$

де функція $Q(A)$ відбиває вплив витрат на рекламу на коефіцієнт імітації, $Q'(\cdot) > 0$, $Q''(\cdot) < 0$. Решта рівнянь і метод знаходження оптимального управління залишаються незмінними.

Результати чисельного моделювання. Для моделювання впливу витрат на рекламу на коефіцієнти інновації та імітації функції $P(A)$ та $Q(A)$ були параметризовані наступним чином:

$$P(A) = p + bA^\gamma; \quad Q(A) = q + cA^\delta, \quad (14)$$

де b, c – позитивні константи, що масштабують. Показники ступеня γ і δ повинні знаходитися в діапазоні $(0,1)$ для відображення спадного граничного ефекту від реклами.

Для чисельних експериментів, результати яких наводяться нижче, були використані наступні значення модельних параметрів: $M=1$; $m=1$; $\beta=0,9$; $p=0,01$, $b=0,1$, $\gamma=0,5$; $q=0,04$, $c=0,5$, $\delta=0,5$. Розрахунки виконувались в програмному середовищі Matlab. Для програмної реалізації формули (11) функція $V(S)$ дискретизується на своїй області визначення $[0,1]$.

По-перше, розглянемо випадок реклами, спрямованої на новаторів. На рис. 3 зображені оптимальні витрати на рекламу як функцію від ступеня насичення ринку S .

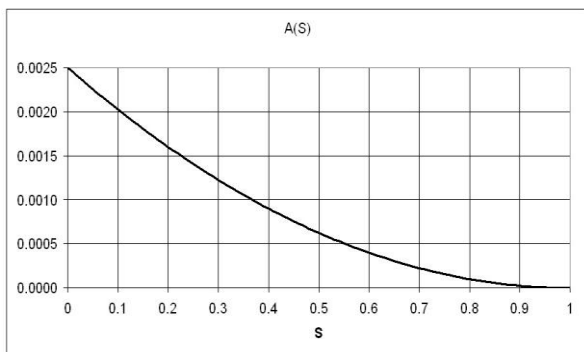


Рис. 3. Оптимальні витрати на рекламу, спрямовану на новаторів в залежності від ступеню насичення ринку

Як бачимо, при виборі цього типу реклами витрати сягають свого піку на початку життєвого циклу товару і поступово зменшуються у міру насичення ринку. Вплив такої стратегії на форму кривої ЖЦТ ілюструється на рис. 4, де штрихпунктирною лінією зображена крива ЖЦТ за відсутності реклами, а суцільною лінією – крива ЖЦТ при оптимальних витратах на рекламу у відповідності з рис. 3.

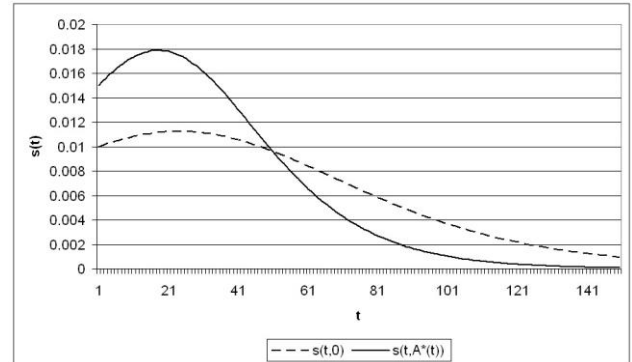


Рис. 4. Порівняння кривих ЖЦТ за відсутності реклами, спрямованої на новаторів і при оптимальних витратах на рекламу

Як видно з рис. 4, концентрація витрат на рекламу на початку ЖЦТ дозволяє швидко створити критичну масу ранніх споживачів, щоб якнайшвидше запустити процес імітації. Внаслідок такої стратегії прискорюється перебіг фази зростання, а пік продажів досягається раніше, ніж за відсутності реклами. Проте, так само наближується наступ стадії спаду, і в цілому ЖЦТ суттєво скорочується. Така стратегія є виправданою з точки зору критерію чистої поточної вартості, бо отримання основних прибутків від реалізації товару зсувається на більш ранні періоди часу, які менш дисконтуються.

Якщо ж реклама переважно зорієнтована на імітаторів, оптимальний рівень витрат на рекламу матиме зовсім інший вигляд (рис. 5).

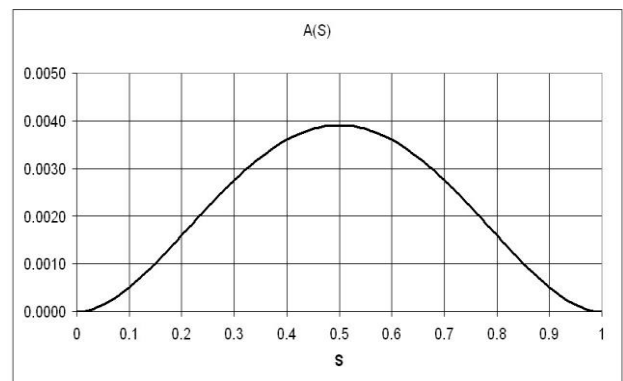


Рис. 5. Оптимальні витрати на рекламу, спрямовану на імітаторів в залежності від ступеню насичення ринку

У цьому випадку витрати на рекламу впродовж ЖЦТ мають симетричну дзвоноподібну форму. Максимум витрат припадає на той момент часу, коли насичення ринку досягне 50%. Така стратегія пояснюється тим, що витрати на рекламу пропорційні

розміру цільової аудиторії, тобто імітаторів. Кількість останніх спочатку є незначною, з часом поступово зростає і досягає максимуму біля середини ЖЦТ.

На рис. 6 наводиться порівняння кривих ЖЦТ при нульових та оптимальних витратах на рекламу, орієнтовану на імітаторів. В цьому випадку криві ЖЦТ мають ту ж саму форму незалежно від рівня витрат на рекламу, хоча за наявності останніх процес дифузії прискорюється. Як і в розглянутому вище випадку реклами, спрямованої на новаторів, оптимальне управління витратами на рекламу приводить до скорочення ЖЦТ.

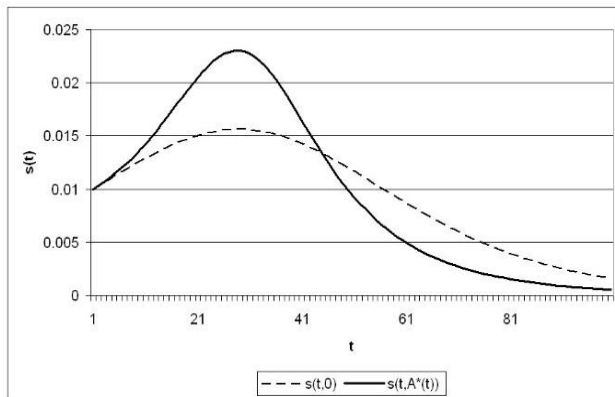


Рис. 6. Порівняння кривих ЖЦТ за відсутності реклами, спрямованої на імітаторів і при оптимальних витратах на рекламу

Якщо порівняти два розглянуті варіанти реклами з точки зору економічної ефективності, то за інших рівних умов реклама, орієнтована на новаторів, виявляється набагато вигіднішою. Це пояснюється тим, що цей варіант реклами прискорює наступ найприбутковішої стадії ЖЦТ – стадії зрілості. Тому головна маса прибутків отримується раніше і дисконтується менше, що збільшує чисту поточну вартість від впровадження нового товару на ринок. Реклама, орієнтована на імітаторів, навпаки, не змінює форму кривої ЖЦТ, отже, і структуру грошових потоків, хоча темпи зростання продажів дещо підвищуються.

Проте, цей висновок буде вірним лише за умови рівної ефективності впливу рекламних технологій як на новаторів, так і на імітаторів. Якщо ж на імітаторів впливати легше (що, власне, безпосередньо впливає із назви цієї соціальної групи), то зосередження на них рекламних зусиль може бути цілком виправданим. Також можливе комбінування двох типів рекламних стратегій в залежності від фази ЖЦТ. Проте, механізм такого комбінування виходить за межі даного дослідження.

Слід також звернути увагу на наступне. В літературі з маркетингу інновацій досить часто можна зустріти ствердження про необхідність широкомасштабної рекламної кампанії при виведенні нового товару на ринок аж до збитковості на перших етапах, що нібито компенсується майбутніми прибутками [19]. Але проведені чисельні експерименти не підтверджують таку точку зору. В

жодному випадку не було зафіксовано оптимального рівня рекламних витрат, який би наводив до збитків у поточному періоді часу. Тому занадто агресивний маркетинг нової продукції навряд чи можна вважати доцільним, принаймні в рамках досліджуваної моделі.

Зауважимо також, що в усіх розглянутих випадках оптимізація рівня витрат на рекламу наводить до скорочення ЖЦТ. Це вимагає від підприємства-розробника товару підвищення інтенсивності інноваційної діяльності і, відповідно, збільшення витрат на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи. Отже, підвищення прибутковості окремого товару внаслідок рекламної діяльності не обов'язково наводить до підвищення прибутковості фірми у цілому. Взаємозв'язок між рекламною та інноваційною діяльністю підприємств є мало вивченою та досить цікавою темою для подальших досліджень.

Висновки. Запропонована модифікація моделі Басса дозволяє чисельно моделювати вплив витрат на рекламу на динаміку продажів нового товару впродовж всього його життєвого циклу. Розроблений і програмно реалізований алгоритм оптимізації дозволяє отримати рівень витрат на рекламу в кожному періоді часу в залежності від досягнутого ступеню насичення ринку. Проведені чисельні експерименти дозволяють зробити висновок, що характеристики оптимальної стратегії управління рекламою протягом ЖЦТ суттєво відрізняються в залежності від того, чи спрямована реклама на новаторів чи на імітаторів. Розрахунки чистої поточної вартості грошових потоків від реалізації нового товару свідчать про те, що витрати на рекламу в на ранніх стадіях ЖЦТ доцільно спрямовувати на новаторів, а на стадії зрілості товару – на імітаторів. Показано, що наслідком оптимізації витрат на рекламу є скорочення життєвого циклу нового товару.

З практичної точки зору, оптимізація рекламного бюджету за допомогою розробленої методики дає підприємствам можливість перевірити, чи є запланований рівень рекламних витрат надлишковим чи недостатнім. Застосування методики дозволяє не тільки знаходити оптимальні розміри відрахувань на рекламу в залежності від стадії ЖЦТ, але й прогнозувати обсяги продажів та прибутки для майбутніх періодів.

Список літератури

1. Rink D., Swan J. Product Life Cycle Research: A Literature Review. *Journal of Business Research*, Vol. 7, Issue 3, 1979, pp. 219-242.
2. Prasad R., Jha M., Verma S. A comparative study of product life cycle and its marketing applications. *Journal of Marketing and Consumer Research*, Vol. 63, 2019, pp. 62-69.
3. Григорчук Т. Життєвий цикл товару. Маркетинг: Дистанційний курс. URL: <https://sites.google.com/site/marketingdistance/tema-5/5-5-zittevij-cikl-tovaru> (дата звернення: 19.01.2022).
4. Rogers E.M. *Diffusion of Innovations*. 5th ed. New York, 2003. 576 р.
5. Мельников О.С. Дифузія інновацій. Інноваційне підприємництво: креативність, комерціалізація, екосистема: Навч. посіб. для вищих навч. закладів. За ред. Ю.М.Бажала. Київ, 2015. С. 110-125.
6. Тард Г.-Ж. *Законои подражания*. Москва, 2011. 304 с.

7. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, 1969, Vol. 15, N. 5, pp. 215–227.
 8. Mahajan V., Muller E., Bass F.M. New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research. *Journal of Marketing*, Vol. 54, 1990, pp. 1-26.
 9. Griliches Z. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica* 25(4), 1957, pp. 501-522.
 10. Мур Д.А. Преодоление пропасти. Как вывести технологический продукт на массовый рынок. Москва, 2012. 336 с.
 11. Гареев Т.Ф. Диффузия новых технологий. Вестник Академии управления «ТИСБИ», 2004, № 4. С. 73–77.
 12. Перерва П.Г., Коциски Д., Сакай Д. и др. Трансфер технологий. Харьков-Мишколыц, 2012. 599 с.
 13. Gurumurthy K., Mukherjee A. The Bass model: A parsimonious and accurate approach to forecasting mortality caused by COVID-19. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 2020, Vol. 14, N. 3, pp. 349–360.
 14. Горбачук В.М., Дунаевський М.С., Сирку А.А., Сулейманов С.-Б. Обґрунтування дифузійної моделі впровадження інновацій та її застосування до поширення вакцинацій. *Кибернетика і системний аналіз*, 2022. Том 58, №1. С. 98-109.
 15. Гордин В.А. Дифференциальные и разностные уравнения: Какие явления они описывают и как их решать : учеб. пособие. Москва, 2026, 531 с.
 16. Мельников О.С. Влияние рекламной деятельности на скорость диффузии инноваций. *Бизнес-Информ*, 2009, №2(1), с.68-71.
 17. Stokey N.L., Lucas R.E. Recursive methods in economic dynamics. Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1989. 588 p.
 18. Judd K.L. Numerical Methods in Economics. Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1998. 633 p.
 19. Хулей Г., Сондерс Д., Найджел П. Маркетинговая стратегия и конкурентное позиционирование. Днепропетровск, 2005. 800 с.
 20. Entrepreneurship: creativity, commercialization, ecosystem: a textbook for higher learning institutions. Ed. by Yu.M.Bazhal, Kyiv, pp. 110-125.
 21. Tard, G.-Zh. (2011), *Zakony podrazhanija* [Laws of Imitation], Moscow, 304 p.
 22. Bass, F.M. (1969), “A new product growth model for consumer durables”, *Management Science*, Vol. 15, N. 5, pp. 215–227.
 23. Mahajan, V., Muller, E., Bass, F.M. (1990), “New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research”, *Journal of Marketing*, Vol. 54, pp. 1-26.
 24. Griliches, Z. (1957), “Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change”, *Econometrica* 25(4), pp. 501-522.
 25. Mur, G.A. (2012), *Preodolenie propasti. Kak vyvesti tehnologicheskij produkt na massovyj rynek* [Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers], Moscow, 336 p.
 26. Gareev, T.F. (2004), “Diffuzija novyh tehnologij” [Diffusion of New Technologies], *Vestnik Akademii upravlenija «TISBI»* [Bulletin of the TISBI Management Academy], № 4, S. 73–77.
 27. Pererva, P.G., Kociski, D., Sakaj, D. et al. (2012), *Transfer tehnologij* [Technology Transfer], Kharkov-Miskolc, 599 p.
 28. Gurumurthy, K., Mukherjee, A. (2020), “The Bass model: A parsimonious and accurate approach to forecasting mortality caused by COVID-19”, *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, Vol. 14, N. 3, pp. 349–360.
 29. Horbachuk, V.M., Dunayevskyy, M.S., Syrku, A.A., Suleymanov, S.-B. (2022), “Obgruntuvannya dyfuziynoi modeli vprovadzheniya innovatsiy ta yiyi zastosuvannya do poshyrennya vaktsynatsiy” [Substantiation of the Diffusion Model of Innovation Implementation and its Application to the Spread of Vaccinations], *Kibernetyka i systemnyy analiz* [Cybernetics and System Analysis], Vol 58, N. 1, pp. 98-109.
 30. Gordin, V.A. (2016), “Differencial'nye i raznostnye uravneniya: Kakie javleniya oni opisyvajut i kak ih reshat' : ucheb. posobie” [Differential and Difference Equations: What Phenomena Do They Describe and How to Solve them: Study Guide]. Moscow, 531 p.
 31. Melnikov, O.S. (2009), “Vlijanie reklamnoj dejatel'nosti na skorost' diffuzii innovacij” [The Impact of Promotional Activities on the Rate of Diffusion of Innovations], *Biznes-Inform* [Business-Inform], №2(1), pp.68-71.
 32. Stokey, N.L., Lucas, R.E. (1989), *Recursive methods in economic dynamics*. Cambridge, Massachusetts, and London, England, 588 p.
 33. Judd, K.L. (1998) *Numerical Methods in Economics*. Cambridge, Massachusetts, and London, England, 633 p.
 34. Hulej, G., Sonders, D., Najdzhel, P. (2005) *Marketingovaja strategija i konkurentnoe pozicionirovanie* [Marketing Strategy and Competitive Positioning], Dnepropetrovsk, 800 p.
- References (transliterated)**
1. Rink, D., Swan, J. (1979), “Product Life Cycle Research: A Literature Review”, *Journal of Business Research*, Vol. 7, Issue 3, pp. 219-242.
 2. Prasad, R., Jha, M., Verma, S. (2019), “A comparative study of product life cycle and its marketing applications”, *Journal of Marketing and Consumer Research*, Vol. 63, pp. 62-69.
 3. Hryhorchuk, T. *Zhyttyevyy tsykl tovaru* [Product Life Cycle]. Marketynh: Dystantsiynyy kurs [Marketing: online learning course]. URL: <https://sites.google.com/site/marketingdistance/tema-5/5-5-zittevij-cikl-tovaru> (last accessed: 19.01.2022).
 4. Rogers E.M. (2003). *Diffusion of Innovations*, 5th ed. New York: Free Press, 2003. 576 p.
 5. Melnikov, O.S. (2015), “Dyfuziya innovatsiy” [Diffusion of Innovations]. *Innovatsiynne pidpryyemnytstvo: kreatyvnist', komertsializatsiya, ekosystema : Navch. posib. dlya vyshchykh navch. zakladiv. Za red.. Yu.M.Bazhala.* [Innovative

Надійшло (received) 01.02.2022

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мельников Олег Станіславович (Мельников Олег Станиславович, Melnikov Oleg) – кандидат економічних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", доцент кафедри маркетингу, м. Харків, Україна; e-mail: osmelnikov@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2409-4983>.