УДК 330.101.541:519.863

А.М. Холоденко, Н.Ю. Степанок

СИСТЕМНА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНВЕСТИЦІЙ У ТРАНСПОРТНУ ГАЛУЗЬ

Построены экономико-математические модели системной оптимизации инвестиций в транспортный сектор национальной экономики, аналитически найдены оптимальные величины вложений в транспортную отрасль по направлениям инвестирования.

Ключевые слова: *оптимизация, транспортная отрасль, инвестиции, инфраструктура, подвижной состав, пропускная способность, себестоимость, цена.*

Побудовані економіко-математичні моделі системної оптимізації інвестицій у транспортний сектор національної економіки, аналітично знайдені оптимальні величини вкладень у транспортну галузь за напрямками інвестування.

Ключові слова: *оптимізація, транспортна галузь, інвестиції, інфраструктура, рухомий склад, пропускна спроможність, собівартість, ціна.*

The economic and mathematical models of system optimization of investments into the transport sector of national economy are developed, optimal values of investment into the transport branch according to determined directions are analytically founded.

Keywords: *optimization, transport branch, investments, a transport infrastructure, a rolling stock, capacities, the first cost, the price.*

Постановка проблеми. Реальні інвестиції є однією з найважливіших макроекономічних категорій, і сприятливий інвестиційний клімат виступає адекватним індикатором сталого розвитку національної економіки. Інвестиційний попит фірм

© Холоденко А.М., Степанок Н.Ю., 2011

являє собою значну складову сукупного попиту та є важливим чинником як екстенсивного, так й інтенсивного економічного зростання. Висока інвестиційна активність в країні сприяє збільшенню зайнятості та національного доходу.

Тож ефективна інвестиційна діяльність є нагальною передумовою економічного розвитку країни, і виникає необхідність визначення оптимальних обсягів інвестицій у ті чи інші галузі економіки (зокрема, транспортну, що зв'язує решту галузей між собою) та їх розподілу за конкретними напрямками.

Огляд останніх досліджень і публікацій. За поглядами неокласичної школи, інвестиційна діяльність залежить від граничної продуктивності капіталу та ставки відсотка, які є об'єктивними параметрами. Дж. Тобін [1] запропонував використовувати в якості індикатора привабливості інвестицій показник, який отримав назву *q* Тобіна та виражав співвідношення ринкової та відновної вартості функціонуючого капіталу.

Дж.М.Кейнс [2] ввів поняття граничної ефективності капіталу, яка виражає очікувану внутрішню норму віддачі від інвестицій і є основним чинником, що визначає величину інвестиційних витрат за кейнсіанськими поглядами. Інвестор приймає інвестиційне рішення, порівнюючи величину граничної ефективності капіталу, яка, на думку Кейнса, є суб'єктивною оцінкою інвестора, зі ставкою відсотка. Якщо перша величина перевищує другу, то інвестор буде фінансувати проект, незалежно від абсолютного значення ставки відсотка.

У. Шарп, Г. Александер, Д. Бейлі [3] розглядають цілі та інструменти інвестування, різні типи цінних паперів та фондових ринків, методи управління інвестиціями.

Ф. Фабоцці [4] приділяє особливу увагу управлінню портфелем цінних паперів та аналізує процес управління інвестиціями.

Завдання дослідження. Інвестиційна проблематика широко досліджується у різних аспектах на мікро- та макрорівнях. Кожен напрямок економічної теорії виділяє свої специфічні особливості інвестування, однак для всебічного розуміння питання необхідно розглядати його на обох рівнях.

На мікроекономічному рівні приділяється увага поведінці окремих економічних суб'єктів та їх індивідуальним рішенням, на макроекономічному ж рівні розглядається вже загальна сукупність індивідуальних рішень та її вплив на національну економіку, при цьому втрачаються певні особливості функціонування окремих елементів економіки.

Але в звичайних макроекономічних моделях не виділяється окремо транспортний сектор; це негативно позначається на їх адекватності та не дає можливості визначити потенціал інвестування в транспортний сектор національної економіки.

Насправді ж неможливість доставки вироблених благ до споживача перекреслює усі переваги сфери виробництва, нерозвинута транспортна інфраструктура збільшує ціни товарів та час їх транспортування до ринків. Саме транспорт зв'язує між собою виробників, постачальників та споживачів, отже, транспортні сполучення є важливим елементом інфраструктури національного господарства, тож необхідно враховувати транспорт і на макрорівні.

Зауважимо тут, що слід відокремити транспортну інфраструктуру та рухомий склад як основні складові транспортного сектору національної економіки. Стан та розвиток транспортної інфраструктури та рухомого складу є взаємозалежними. Так, якісна транспортна інфраструктура сприяє підвищенню ефективності використання рухомого складу, зростання ж кількості рухомого складу спричиняє збільшення потреби в об'єктах інфраструктури.

Цікавою ідеєю, яку доцільно перенести на макроекономічний рівень та розвинути, є оптимальний розподіл інвестицій за напрямками [5] – у розширення пропускної спроможності та у зниження собівартості транспортних послуг і збільшення попиту на них, за рахунок відповідних вкладень у транспортну інфраструктуру та рухомий склад.

Звичайно, адекватним апаратом формування сучасної макроекономічної теорії є економіко-математичний, адже лише на описовому рівні неможливо отримати науково обґрунтовані

висновки; для розвитку досліджень необхідні встановлення відповідних залежностей та здійснення математичних перетворень.

Тож метою даної статті є побудова та аналіз економіко-математичних моделей оптимізації інвестицій у транспортну галузь за взаємопов'язаними напрямками.

Основний матеріал дослідження. Чиста приведена вартість проекту інвестування у транспортну галузь розраховується за звичайною формулою

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{(P-Z)\cdot Q}{(1+R)^t} - I, \qquad (1)$$

де P – середня ціна транспортних послуг;

Z – середня собівартість транспортних послуг;

Q – середній обсяг транспортних послуг;

R – ставка дисконту;

T – горизонт планування;

I – величина інвестицій.

У відповідності з трьома чинниками формування прибутку в (1), інвестування у транспортний сектор I доцільно здійснювати у розширення пропускної спроможності (тобто впливати на Q), у зниження собівартості транспортних послуг (впливати на Z) та у збільшення попиту на транспортні послуги (впливати на P)

$$I = I_P + I_Z + I_Q \ , \qquad (2)$$

де I_P – інвестиції, спрямовані на збільшення ціни транспортних послуг;

I_Z – інвестиції, спрямовані на зниження собівартості транспортних послуг;

I_Q – інвестиції, спрямовані на розширення обсягу транспортних послуг.

Зазначимо, що транспортний сектор розподіляється на транспортну інфраструктуру, яка включає автошляхи, залізничні колії, морські порти, аеропорти, трубопроводи й інше, та рухомий склад, що представлений автомобілями, потягами, вагонами, суднами, літаками тощо.

Таким чином, інвестування може здійснюватися у транспортну інфраструктуру (це, перш за все, I_P та I_Z) або у рухомий склад (це, переважно, I_Q), а серед інвесторів можуть бути як фірми, так і держава, яка найчастіше й забезпечує транспортну інфраструктуру національної економіки, адже та має не лише економічне, а й соціальне значення.

Розглянемо тепер кожен з окреслених напрямків інвестування окремо.

Збільшення попиту на транспортні послуги (із відповідним зростанням ціни) можливе за рахунок підвищення їх привабливості для споживачів, наприклад, за допомогою забезпечення безпеки, якості, комфортабельності, престижності, швидкості перевезень, тобто інвестицій I_P. Так, автобани є платними, але вони є найбільш швидкісними, безпечними та забезпеченими придорожніми сервісами; квитки на перший клас у літаках є найдорожчими, але вони передбачають найвищий ступінь обслуговування, комфортабельність та престижність; різні моделі автомобілів однієї марки мають різні ціни в залежності від їх якості, технічних характеристик та класу.

Збільшення інвестування у напрямку якості транспортних послуг дозволить підвищити ціни на них, але згодом все повільніше, адже можливості покращення привабливості цих послуг будуть поступово вичерпуватися, тож функція $P(I_P)$ буде монотонно зростаючою та опуклою догори.

Найпростішою функцією ціни транспортних послуг у залежності від інвестицій у її підвищення, що задовольнятиме зазначеним умовам, буде показана на рис.1

$$P(I_P) = P_0 + a_P\sqrt{I_P}, \qquad (3)$$

де P_0 – базова ціна (до здійснення інвестицій);

a_P – показник ефективності інвестицій у збільшення ціни транспортних послуг (чим вищий a_P, тим сильніший вплив відповідних інвестицій на можливість збільшення ціни).

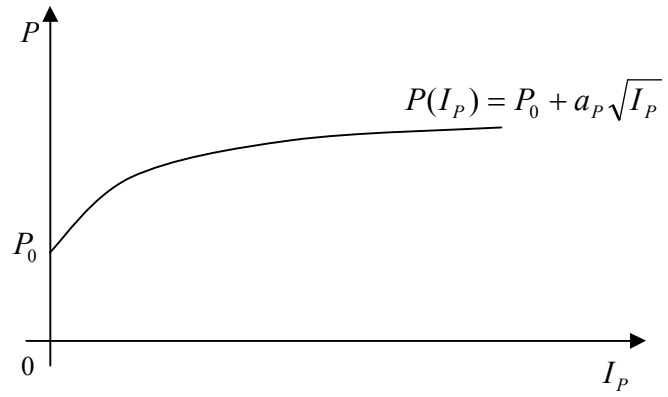

Рис. 1. Залежність ціни транспортних послуг від інвестицій, спрямованих на збільшення ціни

Інвестиції I_Z передбачають, перш за все, опосередковане зниження собівартості застосування транспортних засобів, що користуються транспортною інфраструктурою. Наприклад, якісна дорога призводить до економії палива, меншого стирання покришок та зниження зносу усього автомобіля.

Зазначимо, що інвестиції у зниження собівартості відповідають інтенсивному (якісному) економічному зростанню (напротивагу екстенсивному, яке пов'язане з кількісним нарощенням рухомого складу), адже здійснюються у напрямку залучення інноваційних технологій, проведення наукових досліджень та інформатизації.

Собівартість транспортних послуг із збільшенням відповідних інвестицій поступово спадатиме, але все повільніше, оскільки ресурси та технології зниження собівартості поступово

вичерпуються, тож функція $Z(I_Z)$ буде монотонно спадною та опуклою вниз.

Найпростішою функцією собівартості транспортних послуг у залежності від інвестицій у її зниження, що задовольнятиме зазначеним умовам, буде показана на рис.2

$$Z(I_Z) = Z_0 - a_Z\sqrt{I_Z}, \qquad (4)$$

де Z_0 – базова собівартість (до здійснення інвестицій);

a_Z – коефіцієнт ефективності інвестицій у зниження собівартості транспортних послуг (чим вищий цей коефіцієнт, тим сильніший вплив інвестицій на зниження собівартості).

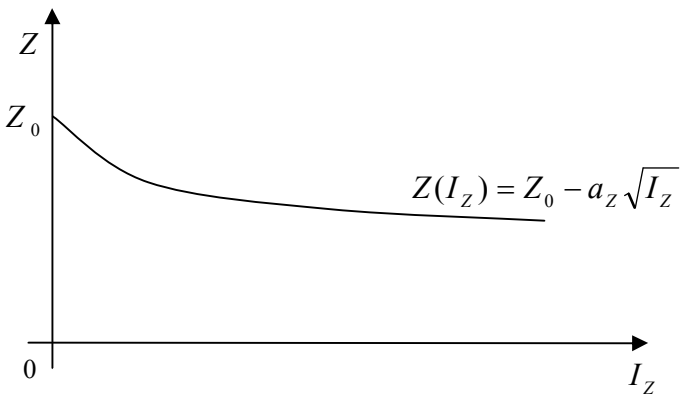

Рис. 2. Залежність собівартості транспортних послуг від інвестицій, спрямованих на зниження собівартості

Інвестиції у збільшення пропускної спроможності здійснюються переважно у розширення парку рухомого складу, а також у збільшення кількості відповідних інфраструктурних об'єктів.

Ці інвестиції будуть призводити до розширення виробничих потужностей, але все повільніше – в силу закону спадної продуктивності, тож функція $Q(I_Q)$ буде монотонно зростаючою та опуклою догори.

Найпростішою функцією пропускної спроможності транспорту у залежності від інвестицій у її підвищення I_Q, що задовольнятиме зазначеним умовам, буде показана на рис. 3

$$Q(I_Q) = a_Q\sqrt{I_Q} + Q_0, \qquad (5)$$

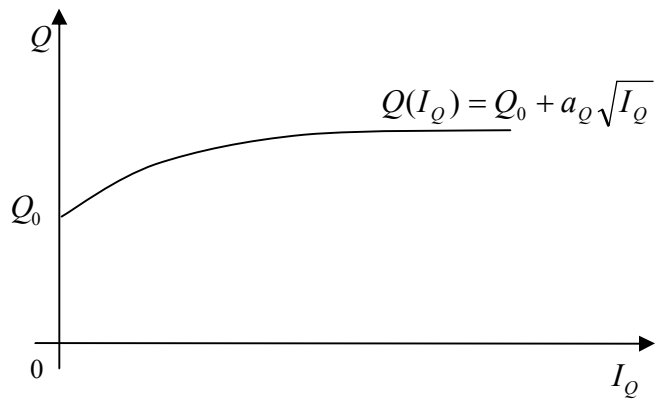

Рис. 3. Залежність обсягу виробничих потужностей від інвестицій, спрямованих на збільшення пропускної спроможності

де a_Q – коефіцієнт ефективності інвестицій у розширення пропускної спроможності (чим вищий цей коефіцієнт, тим сильніший вплив інвестицій на підвищення пропускної спроможності);

Q_0 – базова величина пропускної спроможності.

Позначимо дисконтуючий множник як

$$K(R,T)=\sum_{t=0}^{T}\frac{1}{(1+R)^t}. \qquad (6)$$

Дисконтна ставка R для економічних агентів являє собою ступінь переваги цінності теперішніх грошей щодо майбутніх. Із збільшенням періоду часу інвестиційного проекту T дисконтуючий множник $K(R,T)$ зростає, але все повільніше, оскільки кожний наступний рік матиме все менше значення з точки зору теперішнього моменту. Чим більша ставка дисконту R, тим менший дисконтуючий множник $K(R,T)$, тим більша перевага надається цінності теперішніх грошей над майбутніми (рис.5). Очевидно, що держава при здійсненні інвестування має брати більші за значенням T та розробляти довгострокові плани розвитку економіки країни.

Таким чином, застосовуючи усі уведені залежності, запишемо (1) для транспортного сектору, що представлений транспортною інфраструктурою та рухомим складом

$$\begin{aligned} NPV = K\left(P_0 + a_P\sqrt{I_P} - Z_0 + a_Z\sqrt{I_Z}\right)\cdot\left(Q_0 + a_Q\sqrt{I_Q}\right) - \\ - I_P - I_Z - I_Q \to \max_{I_P, I_Z, I_Q \ge 0}. \end{aligned} \qquad (7)$$

Для знаходження оптимальних значень параметрів управління моделі (8) прирівняємо до нуля часткові похідні функції NPV

$$\begin{cases} (NPV)'_{I_Z} = K\left(Q_0 + a_Q\sqrt{I_Q}\right)\dfrac{a_Z}{2\sqrt{I_Z}} - 1 = 0 \\ (NPV)'_{I_P} = K\left(Q_0 + a_Q\sqrt{I_Q}\right)\dfrac{a_P}{2\sqrt{I_P}} - 1 = 0 \\ (NPV)'_{I_Q} = K\left(P_0 + a_P\sqrt{I_P} - Z_0 + a_Z\sqrt{I_Z}\right)\dfrac{a_Q}{2\sqrt{I_Q}} - 1 = 0. \end{cases}$$

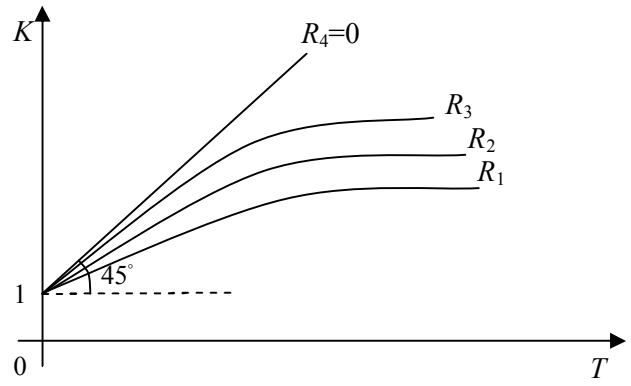

Рис. 5. Залежність дисконтуючого множника $K(R,T)$ від періоду часу інвестиційного проекту T при $R_1 > R_2 > R_3 > R_4 = 0$

Розв'язуючи ці рівняння як систему з трьома невідомими, отримуємо оптимальні значення інвестицій у виробничі потужності I_Q^*, інвестицій у собівартість I_Z^* та інвестицій у ціну I_P^*

$$I_Q^* = \left(\frac{a_Q K\left(2(P_0 - Z_0) + KQ_0\left(a_P^2 + a_Z^2\right)\right)}{4 - a_Q^2 K^2\left(a_P^2 + a_Z^2\right)}\right)^2, \qquad (8)$$

$$I_Z^* = \left(\frac{a_Z K\left(2Q_0 + a_Q^2 K(P_0 - Z_0)\right)}{4 - a_Q^2 K^2\left(a_P^2 + a_Z^2\right)}\right)^2, \qquad (9)$$

$$I_P^* = \left(\frac{a_P K\left(2Q_0 + a_Q^2 K(P_0 - Z_0)\right)}{4 - a_Q^2 K^2\left(a_P^2 + a_Z^2\right)}\right)^2. \qquad (10)$$

При цьому умовою розв'язності задачі (7) є

$$a_Q K \sqrt{a_P^2 + a_Z^2} < 2, \qquad (11)$$

тож інвестиції матимуть певні оптимальні значення лише при таким чином обмежених зверху величинах дисконтуючого множника та коефіцієнтів ефективності інвестицій, інакше стане вигідним інвестувати до нескінченості.

Згідно з (8)-(10), на оптимальні обсяги інвестування у транспортну інфраструктуру та рухомий склад прямо пропорційно впливають базові значення виробничих потужностей та норми прибутку, тобто чим більшими були їх початкові величини – тим вигіднішим стає й подальше інвестування, тим кращими є перспективи зростання. Звідси випливає цікавий висновок про доцільність великих інвестицій не «в чистому полі», не «з чистого аркушу», не «з нуля», а там, де вже є створені певні умови, вже досягнуті деякі результати. Тож має місце певний мультиплікаційний ефект – чим більше вкладається інвестицій, тим кращі результати досягаються і тим вигіднішими стають подальші інвестиції (за постійних коефіцієнтів ефективності інвестицій за напрямками). Потрібно лише зрушити економічний розвиток зі стартової точки за рахунок початкових інвестицій, надалі ж виникатиме встановлений мультиплікаційний ефект самонарощування інвестицій.

Висновки. Таким чином, інвестиції у транспортну галузь мають здійснюватися не лише у розширення пропускної спроможності, а й у зниження собівартості та зростання ціни (за рахунок підвищення якості) транспортних послуг, при цьому необхідна системна (сумісна) оптимізація величин інвестицій за цими напрямками. Встановлено мультиплікаційний ефект поступового зростання оптимальних величин інвестицій із підвищенням рівня розвитку транспортної галузі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Tobin J. Money and Income:Post Hoc Ergo Propter Hoc? / J. Tobin // The Quarterly Journal of Economic. – 1970. – Vol. 84. – P. 301-317.*
2. *Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж.М. Кейнс. – М.: Эксмо, 2007. – 153 с.*
3. *Шарп У. Инвестиции: Пер. с англ. / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли. – М.: Инфра-М, 2001. – 1028 с.*
4. *Фабоцци Ф. Управление инвестициями: Пер. с англ. / Ф. Фабоцци. – М.: Инфра-М., 2000. – 932 с.*
5. *Холоденко А.М. Оптимізація інвестиційної стратегії морського порту / А.М. Холоденко // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Одеса: ОДМУ, 2001. – Вип.12. – С.102-113.*

Стаття надійшла до редакції 28.11.2011

Рецензент – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економічна теорія і кібернетика» Одеського національного морського університету **Г.С. Махуренко.**