

УДК 519.865

DOI: 10.31891/2307-5740-2020-278-1-11

КУРУДЖИ Ю. В.

Одеський національний морський університет

МЕТОД ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ РІВНОВАГИ МІЖ КОНКУРУЮЧИМИ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАВОК З УРАХУВАННЯМ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

У статті досліджується можливість існування і визначення рівноважного рішення дуополії за рахунок виділення спеціальних інвестицій підприємствами, які беруть участь в ланцюгах поставок, спрямованих на впровадження інноваційних технологій. Обґрунтовується доцільність інвестування і досліджується вплив інноваційної політики підприємств, які входять в конкуруючі ланцюги поставок, на можливість знаходження рівноважних рішень в олігополії. Для обліку інноваційної активності вважається, що виробничі витрати підприємств знаходяться в зворотній залежності певного виду від розміру інноваційних інвестицій. Знайдено рівноважні рішення за Курно і Штакельбергом дуополії, а також оптимальні значення відповідних інвестицій, які максимізують прибутки підприємств, що входять в ланцюги поставок.

Ключові слова: ланцюги поставок, інноваційна активність, інвестиції конкурентні переваги, дуополія, рівноваги за Курно та Штакельбергом.

KURUDZHI Yu.

Odesa National Maritime University

METHOD FOR OPTIMAL EQUILIBRIUM SOLUTION FINDING BETWEEN SUPPLY CHAINS TAKING INTO ACCOUNT INNOVATIVE ACTIVITY

The conditions of existences and determination of equilibrium solution of duopoly is investigated taking into account additional investments of a firms entering the supply chains. It is assumed that above investments are aimed at innovative technologies implementation. The aim of this article is investigation on the basis of firm theory the conditions of innovative policy effectiveness and finding the conditions of equilibrium solution of duopoly existence. In line with the classical theory of the firm, it is considered that the demand function linearly depends on the summary volumes of these goods, delivered from both enterprises. For accounting of innovative activity it is assumed that industrial cost are in reverse dependence on size of innovative investments. It is supposed that above investments result the reduction of production costs of enterprises. The expediency of investments is based and influence of innovative policy of enterprises entering the supply chains on possibility of oligopoly equilibrium solutions existence has been substantiated. Based on the developed model of duopoly, we identified optimal plans for production by each of the enterprises in the duopoly and optimal levels of investment into innovative technologies, maximizing the profits of enterprises entering the supply chains. They define equilibrium solutions according to the Cournot (when enterprises decide to release products simultaneously and independently of each other) and according to the Stackelberg (when one manufacturer believes that the competitor will behave as a Cournot duopolist). Numerical illustration of the obtained results is given. It is shown on some examples that above mentioned investments led up to increasing of profits of these enterprises. In the future, it is possible to perform different generalizations of results, given in the present article, for example, to study oligopolies for dynamic models of optimization of production plans and innovative activity of enterprises-manufacturers. The obtained results could be used in the process of joint development of marketing, logistic and innovation strategies of enterprises.

Keywords: supply chains, innovative activity, investments, competitive advantages, duopoly, Cournot and Stakelberg equilibrium solutions.

Вступ. Як відомо, використання інновацій в даний час є основою досягнення конкурентних переваг підприємств. Інноваційний тип розвитку як економіки в цілому, так і окремих підприємств став закономірним результатом еволюції економічної динаміки [1]. При цьому термін «інноваційне зростання» передбачає не тільки впровадження технологічних інновацій, але також і вдосконалення організації та управління виробничими і логістичними процесами. Хоча в останні декади моделювання і прогнозування поширення інновацій, з одного боку, і економіко-математичне моделювання виробничих і логістичних систем, з іншого боку, отримали досить широке поширення в спеціальній літературі, проте дослідження умов оптимального синтезу інноваційної та логістичної концепцій поки ще тільки починається. Зокрема, становить значний теоретичний і практичний інтерес дослідження впливу інноваційної стратегії підприємства на конкурентну боротьбу між ланцюгами поставок з урахуванням випадкового коливання попиту на готову продукцію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми моделювання та оптимізації управління функціонуванням логістичних систем і ланцюгів поставок в останню декаду приділяється чимала увага в спеціальній літературі. Перш за все з великої кількості досліджень слід виділити статичні і динамічні. Спочатку зупинимося на розгляді статичних моделей. Тут в основному може використовуватися поєднання класичних задач лінійного програмування, а саме: задачі виробничого планування і транспортної задачі [2–4]. Однак подальший розвиток цього підходу обмежений необхідністю враховувати в реальних умовах коливання рівнів запасів сировини, незавершеного виробництва і готової продукції. Крім того, при врахуванні додаткових чинників, супутніх виробничому і транспортному процесам, різко зростає розмірність відповідних моделей оптимізації.

Більший практичний і теоретичний інтерес представляють динамічні моделі. Так, в монографії [5] наведено ряд моделей такого роду, заснованих на поєднанні елементів теорії запасів (класичної моделі

Вагнера-Уайтіна) і нелінійного математичного програмування для розробки оптимального плану закупівлі сировини і випуску готової продукції промисловим підприємством. Однак в цитованій роботі досліджується тільки випадок управління запасами сировини і не розглядається управління запасами готової продукції та її доставкою в пункти споживання. Цього недоліку позбавлений підхід, наведений в роботі [6], в якій враховується можливість управління запасами як сировини, незавершеного виробництва, так і готової продукції.

Подальший розвиток підходу до оптимізації планування роботи ланцюгів поставок є можливим і доцільним в напрямку врахування ефектів конкуренції і кооперації між ланцюгами поставок. Цей напрямок активно почав розвиватися в останні 15 років. Так, в монографії [5] наведені найпростіші приклади, які демонструють ефективність інтеграції ланцюгів поставок для випадку лінійної функції споживання. Вони засновані на застосуванні економіко-математичних моделей класичної теорії фірми для дослідження олігопольного конкурентного середовища ланцюгів поставок [7]. Цей підхід отримав подальший розвиток в роботах [8, 9], однак слід зазначити, що відповідні результати знаходження рівноважних рішень олігополії мають переважно теоретичний характер, оскільки не враховують багато виробничих реалій. У той же час, результати робіт [5, 8, 9], засновані на використанні класичної теорії фірми, доцільно узагальнити на випадок інноваційної політики конкуруючих між собою ланцюгів поставок. Це дозволить краще зрозуміти причини досягнення конкурентних переваг підприємствами, які утворюють ланцюг поставок. Така точка зору на конкуренцію як на потенціал розвитку підприємства відповідає теорії конкуренції, яка розроблена М. Портером [10].

Метою статті є дослідження методами теорії фірми впливу інноваційної політики підприємств, які входять до конкуруючих ланцюгів поставок, на умови існування рівноважних рішень в олігополії.

Основний матеріал дослідження. Вважатимемо, що на ринку діють два підприємства і припустимо, що функція попиту на продукцію має наступний вигляд:

$$p(q_1, q_2) = a - b(q_1 + q_2), \quad (1)$$

де q_1 і q_2 – обсяги продукції, які планують для випуску перше та друге підприємства відповідно, a – максимально можлива ціна продукції, b – параметр, який визначає еластичність попиту, тобто зниження ціни при збільшенні обсягу проданої продукції на одну одиницю. Таке припущення ґрунтується на тому, що при моделюванні конкуренції між підприємствами допускається, що ціни на продукцію кожного з підприємств-конкурентів, які виробляють однакову продукцію, залежать від обсягу продукції, яка продається усіма підприємствами і зменшуються у випадку збільшення обсягу продукції, що надходить на ринок

Введемо в розгляд величини v_1 і v_2 , які будуть відображати розмір інвестицій в реалізацію технологічних новацій на кожному підприємстві. Припустимо, що витрати на виробництво одиниці продукції на підприємстві з номером i $c_i(v_i)$ є спадними функціями від розміру інвестицій v_i в реалізацію інноваційного проекту.

Наприклад, ці функції можна представити наступними залежностями:

$$c_i(v_i) = \frac{c_{0i}}{(1 + k_i v_i)} \text{ або } c_i(v_i) = c_{0i} - k_i v_i, \quad i = 1, 2,$$

де c_{0i} – значення витрат для застарілої технології; k_i – коефіцієнт, який характеризує ступінь ефективності інновацій при виробництві продукції.

Запишемо вирази для прибутків Π_1 і Π_2 двох підприємств з урахуванням функції попиту на продукцію (1):

$$\Pi_1 = [a - b(q_1 + q_2)]q_1 - c_1(v_1)q_1 - d_1 - v_1, \quad (2)$$

$$\Pi_2 = [a - b(q_1 + q_2)]q_2 - c_2(v_2)q_2 - d_2 - v_2, \quad (3)$$

де d_1 і d_2 означають постійні витрати підприємств на виробництво.

Свій прибуток (2) перше підприємство-виробник хоче максимізувати по змінним q_1, v_1 . Аналогічно, друге підприємство намагатиметься максимізувати прибуток (3) по змінним q_2, v_2 .

Визначимо рівноважне за Курно рішення дуополії, при якому прибутки підприємств максимально можливі.

Необхідні умови екстремуму функцій прибутку (3)–(4) матимуть вигляд:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Pi_1}{\partial q_1} &= a - b(q_1 + q_2) - bq_1 - c_1(v_1) = 0, \\ \frac{\partial \Pi_2}{\partial q_2} &= a - b(q_1 + q_2) - bq_2 - c_2(v_2) = 0, \\ \frac{\partial \Pi_1}{\partial v_1} &= -c_1'(v_1)q_1 - 1 = 0, \\ \frac{\partial \Pi_2}{\partial v_2} &= -c_2'(v_2)q_2 - 1 = 0.\end{aligned}$$

Звідси знайдемо рівняння, які будуть визначати оптимальний рівень випуску продукції дуополіста через оптимум випуску його конкурента:

$$\begin{cases} -2bq_1 - bq_2 = c_1(v_1) - a, \\ -2bq_2 - bq_1 = c_2(v_2) - a; \\ 2q_1 + q_2 = [a - c_1(v_1)]/b, \\ q_1 + 2q_2 = [a - c_2(v_2)]/b. \end{cases}$$

Тоді рівноважне за Курно рішення дуополії визначається за формулами:

$$q_1 = [2(a - c_1(v_1)) - a + c_2(v_2)]/3b = [a - 2c_1(v_1) + c_2(v_2)]/3b, \quad (4)$$

$$q_2 = [2(a - c_2(v_2)) - a + c_1(v_1)]/3b = [a - 2c_2(v_2) + c_1(v_1)]/3b, \quad (5)$$

звідки отримаємо систему рівнянь для визначення розмірів інвестицій v_1 і v_2 :

$$[a - 2c_1(v_1) + c_2(v_2)]/3b = -1/c_1'(v_1), \quad (6)$$

$$[a - 2c_2(v_2) + c_1(v_1)]/3b = -1/c_2'(v_2). \quad (7)$$

Підставляючи отримані значення v_1 і v_2 в (4) та (5), знайдемо рівноважні за Курно обсяги випуску продукції підприємств q_1 і q_2 .

Припустимо, що функції $c_i(v_i)$ мають вигляд:

$$c_i(v_i) = c_{0i} - k_i v_i, \quad k_i > 0, \quad i = 1, 2.$$

Тоді з (6)-(7) отримаємо:

$$\begin{aligned}[a - 2(c_{01} - k_1 v_1) + c_{02} - k_2 v_2]/3b &= 1/k_1, \\ [a - 2(c_{02} - k_2 v_2) + c_{01} - k_1 v_1]/3b &= 1/k_2.\end{aligned}$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, визначимо v_1 і v_2 :

$$\begin{aligned}v_1 &= (c_{01} + 2b/k_1 + b/k_2 - a)/k_1, \\ v_2 &= (c_{02} + b/k_1 + 2b/k_2 - a)/k_2.\end{aligned}$$

Значимо, що $v_i > 0$, тоді $c_{01} > a - 2b/k_1 - b/k_2$, $c_{02} > a - b/k_1 - 2b/k_2$.

Відповідні значення q_1 і q_2 дорівнюватимуть:

$$q_1 = -1/c_1'(v_1) = 1/k_1, \quad q_2 = -1/c_2'(v_2) = 1/k_2.$$

В рамках запропонованого підходу можна визначити також рівноважне за Штакельбергом рішення, коли одне з підприємств вважає, що конкурент буде вести себе як дуополіст Курно. Послідовник буде реагувати на дії лідера: він надає лідеру можливість першим запропонувати на ринок бажану кількість

продукції і пристосовує свій випуск відповідно до випуску лідера, припускаючи, що на його дії лідер не реагує. Лідер дотримується протилежної точки зору, його вибір веде до зміни очікувань послідовника, він враховує при прийнятті своїх рішень, що послідовник реагує на його поведінку.

Припустимо, що перше підприємство є лідером і вважає, що друге реагуватиме відповідно прямої реакції Курно, тобто

$$q_2 = [a - c_2(v_2) - bq_1]/2b. \quad (8)$$

Тоді можлива варіація $\frac{\partial q_2}{\partial q_1} = -\frac{1}{2}$. З огляду на це, $\frac{\partial \Pi_1}{\partial q_1} = a - \frac{3}{2}bq_1 - bq_2 - c_1(v_1)$. Прирівнявши $\frac{\partial \Pi_1}{\partial q_1}$ нулю, отримаємо рівняння прямої реакції першого підприємства:

$$q_1 = 2[a - bq_2 - c_1(v_1)]/3b.$$

Нехай перше підприємство вважає, що друге використовує реакцію Курно (8). Тоді, з урахуванням (8), (9), а також рівності нулю $\frac{\partial \Pi_1}{\partial v_1}$ і $\frac{\partial \Pi_2}{\partial v_2}$, рівновагу дуополії за Штакельбергом для випадку першого підприємства-лідера знаходимо за формулами:

$$\begin{aligned} q_1 &= [a - 2c_1(v_1) + c_2(v_2)]/2b, \\ q_2 &= [a + 2c_1(v_1) - 3c_2(v_2)]/4b, \\ q_1 &= -1/c_1'(v_1), \\ q_2 &= -1/c_2'(v_2). \end{aligned}$$

У ситуації, коли друге підприємство виступає в якості лідера, отримаємо наступну систему рівнянь для знаходження рівноваги за Штакельбергом:

$$\begin{aligned} q_1 &= [a - 3c_1(v_1) + 2c_2(v_2)]/4b, \\ q_2 &= [a + c_1(v_1) - 2c_2(v_2)]/2b, \\ q_1 &= -1/c_1'(v_1), \\ q_2 &= -1/c_2'(v_2). \end{aligned}$$

Якщо функції $c_i(v_i) = c_{0i} - k_i v_i$, то рівновагу за Штакельбергом для випадку, коли лідером є перше підприємство, можна знайти, розв'язавши систему рівнянь:

$$\begin{cases} [a - 2(c_{01} - k_1 v_1) + c_{02} - k_2 v_2]/2b = 1/k_1, \\ [a + 2(c_{01} - k_1 v_1) - 3(c_{02} - k_2 v_2)]/4b = 1/k_2. \end{cases}$$

Таким чином, отримаємо:

$$\begin{aligned} q_1 &= 1/k_1, \\ q_2 &= 1/k_2, \\ v_1 &= (c_{01} + 3b/2k_1 + b/k_2 - a)/k_1, \\ v_2 &= (c_{02} + b/k_1 + 2b/k_2 - a)/k_2. \end{aligned}$$

У випадку, коли лідером є друге підприємство, значення обсягів виробництва та інвестицій будуть наступними:

$$\begin{aligned} q_1 &= 1/k_1, \\ q_2 &= 1/k_2, \\ v_1 &= (c_{01} + 2b/k_1 + b/k_2 - a)/k_1, \\ v_2 &= (c_{02} + b/k_1 + 3b/2k_2 - a)/k_2. \end{aligned}$$

Проведемо обчислення для знаходження планів випуску продукції (q_1 і q_2) та інвестиційних планів підприємств (v_1 і v_2) для різних варіантів за Курно і Штакельбергом, припускаючи, що витрати на виробництво одиниці продукції задані формулами:

$$c_i(v_i) = \frac{c_{0i}}{(1+k_i v_i)}$$

Вихідними даними для задачі будуть значення максимально можливої ціни на продукцію (a), параметра, який визначає еластичність попиту (b), постійних витрати підприємств на виробництво (d_1 і d_2), значення витрат для застарілої технології (c_{01} та c_{02}) і коефіцієнти, які характеризують ступінь ефективності інновацій (k_1 і k_2).

Необхідні для розрахунків значення представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Вхідні дані для розрахунку

Умовне позначення	Значення параметру	Умовне позначення	Значення параметру	Умовне позначення	Значення параметру	Умовне позначення	Значення параметру
a	50,0	d_1	155,0	c_{01}	20,0	k_1	0,025
b	0,15	d_2	120,0	c_{02}	19,0	k_2	0,04

У табл. 2 і табл. 3 наведені результати розрахунків, виконаних за допомогою пакета Excel.

Таблиця 2

Результати розрахунку параметрів управління

Умовне позначення	Рівновага за Курно		Рівновага за Штакельбергом (лідер – перше підприємство)		Рівновага за Штакельбергом (лідер – друге підприємство)	
	Перше підприємство	Друге підприємство	Перше підприємство	Друге підприємство	Перше підприємство	Друге підприємство
q_i , од.	103,4	108,0	160,0	78,5	72,3	166,5
v_i , гр. од.	247,6	201,5	317,7	168,1	200,3	256,2

Таблиця 3

Прибуток підприємств

Варіанти	Прибуток, гр. од.		
	Перше підприємство	Друге підприємство	Загальний прибуток
Рівновага за Курно	1201,4	1427,2	2625,6
Рівновага за Штакельбергом (лідер – перше підприємство)	1446,3	636,0	2082,2
Рівновага за Штакельбергом (лідер – друге підприємство)	429,3	1702,7	2132,0

Як видно з табл. 2 і табл. 3, позиція лідера за Штакельбергом краща для підприємства, ніж в моделі Курно, а оптимальний випуск і прибуток послідовника менші, ніж у лідера. Наприклад, перше підприємство, виступаючи в якості лідера, отримує прибуток 1446,3 грошових одиниць, що на 244,9 грошових одиниць більше за значення його прибутку за Курно. Якщо ж перше підприємство буде виступати в якості послідовника, його прибуток зменшиться на 772,1 грошових одиниць в порівнянні з рівновагою за Курно.

Таблиця 4

Прибуток підприємств з врахуванням і без врахування інвестиційних вкладень

Варіант	Прибуток, гр. од.			
	Перше підприємство		Друге підприємство	
	з інвестиціями	без інвестицій	з інвестиціями	без інвестицій
Рівновага за Курно	1201,4	468,0	1427,2	638,5
Рівновага за Штакельбергом (лідер – перше підприємство)	1446,3	545,9	636,0	333,8
Рівновага за Штакельбергом (лідер – друге підприємство)	429,3	171,7	1702,7	733,3

Однак при цьому сумарний обсяг випуску двох підприємств у випадку моделі Курно (211,4 одиниць продукції) менший за сумарний випуск за Штакельбергом (238,5 одиниць), а сумарний прибуток більший (2625,6 грошових одиниць проти 2082,2 і 2132,0 грошових одиниць відповідно). Розміри інвестицій в моделі Курно (449,1 грошових одиниць сумарно) менші, ніж за Штакельбергом (485,8 і 456,5 грошових одиниць).

Покажемо також порівняння значень прибутку підприємств з урахуванням інвестиційних вкладень в технології і без них.

Табл. 4 містить дані про розміри прибутку двох підприємств до і після інвестицій в реалізацію технологічних новацій.

Розрахунки показують, що прибутки підприємств для кожного з варіантів розрахунків (за Курно і за Штакельбергом) при впровадженні інновацій зросли в 1,9–2,6 рази.

Висновки. Проведені дослідження дозволили знайти рівноважні рішення для підприємств, які входять до конкуруючих ланцюгів поставок з урахуванням їх інноваційної діяльності, яка полягає в технологічних нововведеннях на підприємствах. Для врахування інноваційної активності вважалося, що виробничі витрати підприємств знаходяться в зворотній залежності від розміру інноваційних інвестицій. Розроблена модель дозволила визначити рівноважні рішення дуополії за Курно, коли підприємства приймають рішення про випуск продукції одночасно і незалежно одне від одного, і за Штакельбергом, коли один виробник вважає, що конкурент буде вести себе як дуополіст Курно. Проведені розрахунки показали, що інвестиційні вкладення дозволяють збільшити розмір прибутку і конкурентоспроможність промислових підприємств.

Отримані вище результати припускають подальше узагальнення в декількох напрямках, наприклад:

- для динамічного випадку (наприклад, знаходження рівноваги за Бертрамом);
- для більш складних конфігурацій ланцюгів поставок.

Література

1. Федулова Л. Инновационное развитие: эволюция взглядов и проблемы современного понимания / Л. Федулова // Экономическая теория. – 2013. – № 2. – С. 28–45.
2. Малиновский Д. А. Моделирование и анализ дуополии в конкурентной среде системы «промышленное предприятие - дистрибутивная сеть» / Д. А. Малиновский // Развитие методов управления та господарювання на транспорті : зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 40. – С. 163–176.
3. Постан М. Я. О некоторых задачах, связанных с использованием методов исследования операций в теории ценовой конкуренции / М. Я. Постан // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 20-річчю економіко-правового факультету Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова. Одеса 14–15 вересня 2018 р. – С. 169–173.
4. Kurudzhi Yu., Moskvichenko I., Postan M. Method of finding equilibrium solutions for duopoly of supply chains taking into account the innovative activity of enterprises. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 3/4(87). P. 25–30.
5. Brandimarte P., Zotteri G. Introduction to distribution logistics. Wiley, NY, 2007. 253 p.
6. Postan M. Ya., Morozova I. V., Dashkovskiy S. N. Dynamic Optimization Model for Planning of Integrated Logistical System Functioning. Proc. of 3d Intl. Conf. "Dynamics in Logistics" LDIC2012. Berlin: Springer, 2014. P. 291–300.
7. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория / М. Интрилигатор. – М. : Айрис-Пресс, 2002. – 576 с.
8. Воевудський Є.М. Конкуренція та інтеграція у моделі логістичної системи / Є. М. Воевудський, А. М. Холоденко // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем : зб. наук. праць. 2003. – Вип. 5. – С. 5–34.
9. Холоденко А. М. Вертикальная интеграция в логистической цепочке поставок / А. М. Холоденко, В. А. Сударев // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем : зб. наук. праць. – 2004. – Вип. 7. – С. 208–221.
10. Портер М. Конкурентная стратегия / М. Портер. – Изд. 3-е. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 453 с.

References

1. Fedulova L. Innovacionnoe razvitie: evolyuciya vzglyadov i problemy sovremennogo ponimaniya / L. Fedulova // Ekonomicheskaya teoriya. – 2013. – № 2. – S. 28–45.
2. Malinovskij D. A. Modelirovanie i analiz duopolii v konkurentnoj srede sistemy «promyshlennoe predpriyatie - distributivnaya set» / D. A. Malinovskij // Rozvitok metodiv upravlinnya ta gospodaryuvannya na transporti : zb. nauk. prac. – 2012. – Vip. 40. – S. 163–176.
3. Postan M. Ya. O nekotoryh zadachah, svyazannyh s ispolzovaniem metodov issledovaniya operacij v teorii cenovoy konkurencii / M. Ya. Postan // Materiali Mizhnarodnoyi naukovopraktichnoyi konferenciyi, prisvyachenoyi 20-richchyu ekonomiko-pravovogo fakultetu Odeskogo nacionalnogo universitetu im. I.I. Mechnikova. Odesa 14–15 veresnya 2018 r. – S. 169–173.
4. Kurudzhi Yu., Moskvichenko I., Postan M. Method of finding equilibrium solutions for duopoly of supply chains taking into account the innovative activity of enterprises. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 3/4(87). P. 25–30.
5. Brandimarte P., Zotteri G. Introduction to distribution logistics. Wiley, NY, 2007. 253 p.
6. Postan M. Ya., Morozova I. V., Dashkovskiy S. N. Dynamic Optimization Model for Planning of Integrated Logistical System Functioning. Proc. of 3d Intl. Conf. "Dynamics in Logistics" LDIC2012. Berlin: Springer, 2014. P. 291–300.
7. Intriligator M. Matematicheskie metody optimizatsii i ekonomicheskaya teoriya / M. Intriligator. – M. : Ajris-Press, 2002. – 576 s.
8. Voievudskiy Ye.M. Konkurentsia ta intehtatsia u modeli lohistrychnoi systemy / Ye. M. Voievudskiy, A. M. Kholodenko // Metody ta zasoby upravlinnya rozvytkom transportnykh system : zb. nauk. prats. 2003. – Vyp. 5. – S. 5–34.
9. Holodenko A. M. Vertikalnaya integraciya v logisticheskoy cepochke postavok / A. M. Holodenko, V. A. Sudarev // Metody ta zasoby upravlinnya rozvytkom transportnih sistem : zb. nauk. prac. – 2004. – Vip. 7. – S. 208–221.
10. Porter M. Konkurentnaya strategiya / M. Porter. – Izd. 3-e. – M. : Alpina Biznes Buks, 2007. – 453 s.

Рецензія/Peer review : 27.02.2020

Надрукована/Printed : 11.02.2020
Прорецензовано редакційною колегією