

МОДЕЛЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ НАФТОВОЇ КОМПАНІЇ

A MODEL OF A NATIONAL OIL COMPANY

В статті розглянуто модель керування і розвитку національної нафтової компанії (ННК). Нашим завданням є виявлення систематичних відмінностей в поведінці ННК та приватної нафтової компанії (ПНК). В роботі розглянуто і вирішено двоточкову граничну задачу оптимального керування. Порівняно поведінку ННК та ПНК, враховуючи те, що остання прагне максимізувати прибуток, а ННК, крім цього, прагне досягнути ще й інших цілей.

В статье рассмотрена модель управления и развития национальной нефтяной компании (ННК). Нашей задачей является выявление систематических различий в поведении ННК и частной нефтяной компании (ЧНК). В работе рассмотрена и решена двухточечная граничная задача оптимального управления. Произведено сравнение поведения ННК и ЧНК, учитывая то, что последняя стремится максимизировать прибыль, а ННК, кроме этого, стремится достичь еще других целей.

The article considers a model of the operation and development of a National Oil Company (NOC). Our goal is to suggest and analyze systematic differences in the behavior of a NOC as compared with a shareholder-owned international oil company (IOC). The two-point boundary problem of optimal control is analysed and solved in work. We compare the behavior of an NOC with an IOC, the latter of which we assume aims to maximize profits.

Ключові слова: національна нафтова компанія, оптимальне керування, чисельний аналіз.

Вступ. Дана робота присвячена актуальному питанню – аналізу ефективності державної нафтової компанії в середовищі конкуруючих приватних компаній на ринку нафтопродуктів. Базовою концепцією даної роботи була гіпотеза про те, що тільки наявність достатньо потужної вертикально-інтегрованої компанії (ВІК), тобто такої, що має доступ до всіх рівнів переробки нафти, від добування до логістики, дасть змогу державі регулювати ринок нафтопродуктів економічними методами.

Однак якоїсь закінченої теорії ВІК як взагалі в економіці, так і зокрема в нафтовому комплексі наразі ще не створено. В процесі дослідження [1], зокрема, з'ясувалося, що єдина структура в Україні, що потенційно може претендувати на роль ННК, компанія «Укрнафта» [2]. Проте вона не має

достатніх важелів для впливу на ринок продажу нафтопродуктів, бо не має всіх компонент вертикально-інтегрованої структури. Тому не дивно, що Україна навіть не представлена в списку державних нафтових компаній, який налічує більше ста найменувань.

Постановка завдання. Метою статті є модельна оцінка економічної ефективності національної нафтової компанії порівняно з приватною нафтовою компанією, при умові, що державна компанія несе витрати, зв'язані з регулюванням ринку та підтриманням груп особливого інтересу.

Методологія. Методологічну основу матеріалу статті становить економіко-математичне моделювання діяльності національної нафтової компанії, а саме використання теорії оптимального керування та методу коллокацій.

Результати дослідження. Розглянемо спрощену модель управління та інвестування компанії, яка зіштовхується із стимулом здобуття прибутку, а також з політичними обмеженнями [3]. Для фокусування на основних мотивах, які більш всього можуть вплинути на рішення ННК, модель не бере до уваги багато дрібних деталей. Ми не розглядаємо, чому ННК належать уряду, а просто звертаємо увагу на можливі результати цього управління. Ми порівнюємо рішення управління і інвестування ННК з подібними рішеннями приватних корпорацій, поки вони використовують одні і ті ж ресурси. Приватна фірма прагне збільшити прибуток за умови матеріального і фінансового обмеження.

Для того, щоб звернути особливу увагу на вплив альтернативних цілей на вирішення виробництва й інвестування, припустимо що ННК має доступ до тих самих технологій, що і приватна фірма.

Візьмемо експорт нафти за X , а експортну ціну за $p(X)$, $p' < 0$. Імпорт нафти зазначимо як M . Внутрішній похідний попит на нафту позначимо як $d(p_d)$, де p_d – внутрішня ціна. Сукупне внутрішнє виробництво Q , плюс імпорт будуть або продані на внутрішньому ринку, або експортовані, звідси:

$$Q + M = X + d(p_d). \quad (1)$$

Виробництво нафти використовує витрати праці, L , і підтверджені запаси, R . По деяких причинах, ми передбачаємо, що продуктивність L знизиться, оскільки сукупна експлуатація, E , підвищується. Наприклад, потрібне більше закачування води для підтримки виробничої потужності старих запасів. До того ж, найближчі досяжні запаси закінчатися набагато швидше.

Поточне виробництво можна зобразити так:

$$Q = RF(L)G(E) \quad (2)$$

$E \rightarrow S_0$. За визначенням , (2) має на увазі, що E буде задовольняти диференціальне рівняння

$$\dot{E} = RF(L)G(L), \quad (3)$$

де початкова умова $E = 0$.

Так як виробництво залежить від кількості виявлених резервів в будь-який момент часу, ми допускаємо, що компанія може інвестувати суму $I \geq 0$ для виявлення додаткових резервів. Візьмемо S для позначення сукупних доведених ресурсів, зміна S буде рівною з I :

$$\dot{S} = I. \quad (4)$$

Поточні доступні підтвердженні ресурси, R , дорівнюють різниці сукупного інвестування і сукупної експлуатації:

$$R = S - E. \quad (5)$$

Затрати інвестування, необхідні для заміни ресурсів, можна записати як функцію, що залежить від суми інвестицій і сукупних доведених ресурсів:

$$C(I, S) = \psi(I)H(S). \quad (6)$$

Припускаючи, що конкуренція на ринку капіталу змушує приватну корпорацію максимізувати ринкову ціну, ми можемо записати поточне значення прибутку компанії як:

$$\pi = Xp(X) - p_m M + p_d d(p_d) - wL - \psi(I)H(S). \quad (7)$$

Якщо позначити поправку на ризик, необхідну для інвестицій в промисловість нафтового виробництва за r , тоді ринкова ціна компанії буде подана за допомогою приведеної вартості потоку прибутку:

$$\int e^{-rt} [Xp(X) - p_m M + p_d d(p_d) - wL - \psi(I)H(S)] dt. \quad (8)$$

Варто сказати, що облікова ставка для ННК становить $\rho = r + v_r \geq r$. В результаті ННК ймовірніше за все відмовиться від інвестицій, які будуть вважатись такими, що приносять дохід, якби компанія була приватною корпорацією. Фонди, які б у іншому випадку були б інвестовані, доступні для

задоволення інших потреб, включаючи підвищення суми, сплачуваної в казначейство. На відміну від приватних корпорацій, ми можемо очікувати, що державні діячі ННК утримуються від поточних доходів ННК, якщо діючи так, вони можуть сприяти досягненню інших цілей політиків.

В окремих випадках політики можуть збільшити політичну підтримку не тільки через зменшення податків чи високого рівня урядових витрат, але також через підтримку спеціальних груп людей, пов'язаних з ННК. Внутрішні споживачі отримують низьку внутрішню ціну на нафту, беручи участь в поділі ренти ресурсів і видобуванні нафти. Зацікавленість внутрішніх споживачів може виражатись різницею між максимальною ціною, яку вони були готові заплатити, і ринковою ціною нафти:

$$\int_{p_d}^{\bar{p}} d(x) dx, \quad (9)$$

де $\bar{p} \in$ “занадто високою ціною”, за якої внутрішній попит зрівняється з нулем. Найняті робітники ННК є другою внутрішньою групою, яка користується підтримкою уряду. Зацікавленість найнятих робітників ННК може бути представлена як неявно виражене фінансування для використання змінних затрат L . Зазначимо, що ми розглядаємо затрати L ННК як $w - v_L$ замість w .

Використовуючи формули (7) та (8), і нагадуючи, що облікова ставка ННК $\epsilon \rho$, загальна цільова функція ННК може бути подана як:

$$\int e^{-\rho t} \{Xp(X) - p_m M + p_d d(p_d) - (w - v_L)L - \psi(I)H(S) + v_c \int_{p_d}^{\bar{p}} d(x) dx\} dt. \quad (10)$$

Нехай разом встановлені змінні з диференціальних рівнянь (3) та (4) позначимо як q та μ відповідно, маємо функцію Гамільтона [4][5][6]:

$$H = Xp(X) - p_m M + p_d d(p_d) - (w - v_L)L - \psi(I)H(S) + v_c \int_{p_d}^{\bar{p}} d(x) dx + \quad (11)$$

$$+ q(S - E)F(L)G(E) + \mu I.$$

Разом з обмеженням (1) та невід'ємними обмеженнями на X , M , L та I маємо функцію Лагранжа:

$$L = H + \phi[(S - E)F(L)G(E) + M - X - d(p_d)] + \lambda_x X + \lambda_m M + \lambda_L L + \lambda_I I. \quad (12)$$

Головними змінними для максимізації формули (12) є X , M , p_d , L та I , маємо:

$$p(X) + Xp'(X) - \varphi + \lambda_X = 0, \quad \lambda_X X = 0, \quad \lambda_X \geq 0, \quad X \geq 0; \quad (13)$$

$$-p_m + \varphi + \lambda_M = 0, \quad \lambda_M M = 0, \quad \lambda_M \geq 0, \quad M \geq 0; \quad (14)$$

$$d(p_d) + p_d d'(p_d) - v_c d(p_d) - \varphi d'(p_d) = 0; \quad (15)$$

$$-w + v_L + \lambda_L + (q + \varphi)(S - E)F'(L)G(E) = 0, \quad \lambda_L L = 0, \quad \lambda_L \geq 0, \quad L \geq 0; \quad (16)$$

$$-\psi'(I)H(S) + \mu + \lambda_I = 0, \quad \lambda_I I = 0, \quad \lambda_I \geq 0, \quad I \geq 0. \quad (17)$$

Спряженими рівностями виступають:

$$\dot{q} = \rho q + (q + \varphi)F(L)[G(E) - (S - E)G'(E)]; \quad (18)$$

$$\dot{\mu} = \rho \mu + \psi(I)H'(S) - (q + \varphi)F(L)G(E). \quad (19)$$

Диференціальні рівняння (3), (5), (18) і (19) можна записати у вигляді одночасної системи чотирьох рівнянь за участі чотирьох ендогенних функцій часу:

$$\dot{E} = (S - E)G(E)F[L(E, S, \varphi, q; w)]; \quad (20)$$

$$\dot{S} = I(\mu, S); \quad (21)$$

$$\dot{q} = \rho q + (q + \varphi)F[L(E, S, \varphi, q; w)][G(E) - (S - E)G'(E)]; \quad (22)$$

$$\dot{\mu} = \rho \mu + \psi[I(\mu, S)]H'(S) - (q + \varphi)F[L(E, S, \varphi, q; w)]G(E). \quad (23)$$

Щоб знайти єдине рішення для цієї системи одночасних рівнянь, нам необхідно визначити чотири початкових або кінцевих умови для постійних та непостійних змінних, що відповідають чотирьом диференційним рівнянням. Ми припускаємо, що спочатку $R = S = 0$. Решта дві умови впливають з вимоги, що, коли виробництво припиняється в момент часу T , отримуємо, що $\mu(T) = q(T) = 0$.

Використовуючи подану вище модель, ми можемо описати життєвий цикл ННК, який складається з чотирьох режимів функціонування, залежно від попиту:

1. Спочатку ННК виступає імпортером нафти, в той час як інвестиції підвищують рівень підтверджених ресурсів, а виробництво все ще не значне, але зростає.
2. При збільшенні інвестицій ННК перетворюється на експортера нафти, а виробництво та інвестиції продовжуються.
3. Інвестиції ресурсів стають нерентабельними, виробництво та експорт продовжуються.

4. Знижуючи виробництво, ННК знову стає імпортером нафти для забезпечення внутрішнього попиту.

Для України найбільше підходить на даний момент режим імпортера при позитивному інвестуванні та власному виробництві, тому для подальшого аналізу вибрано перший режим.

Чисельно вирішуємо цю модель з використанням конкретних функціональних форм наведених у табл.1.

Таблиця 1

Функціональні форми, що використовуються в чисельному аналізі

Частина моделі	Функціональна форма
Виробництво $F(L)$	$1 - e^{-\alpha L}$
$G(E)$	$\frac{\gamma[1 - e^{-\beta(S_0 - E)}]}{1 - e^{-\beta S_0}}$
Інвестування $\psi(I)H(S)$	$(\psi_1 I + \psi_2 I^2)(1 + \frac{\psi_3 S}{S_0 - S})$
Попит $p(X)$	$p_m - \xi X^2$ для $X \geq 0$, в іншому випадку p_m
$d(p_d)$	$A(\bar{p} - p_d)^\varepsilon$ для $p_d \leq \bar{p}$, в іншому випадку

Аналіз сценаріїв:

У табл. 2 наведено числові значення параметрів, які використовуються в моделі:

- 1) у випадку ННК;
- 2) у випадку приватної фірми.

Припускаємо, що геологія, виробничі функції та інші основоположні принципи однакові. Приватна фірма не є об'єктом будь-якого політичного впливу, тому $v_r = 0$, $v_L = 0$ і $v_c = 1$.

Таблиця 2

Значення параметрів у випадках ПНК та ННК

Параметр	ПНК	ННК
Виробництво		
α	0.6	0.6
β	1.75	1.75

γ	0.4	0.4
S_0	4.0	4.0
w	0.01	0.01
Інвестування		
ψ_1	0.01	0.01
ψ_2	0.5	0.5
ψ_3	0.1	0.1
r	0.1	0.1
Попит		
p_M	1.0	1.0
ξ	0.2	0.2
A	0.0018	0.0018
\bar{p}	10.0	10.0
ε	0.8	0.8
Політичні змінні		
v_L	0.0	0.2w
v_c	1.0	1.05
v_r	0.0	0.1

П

ісля визначення числових значень різних параметрів використано диференційну програму для вирішення рівнянь (Matlab7.8.0.R2009a) для досягнення приблизних оптимальних значень системи паралельних диференційних рівнянь.

Враховуючи більшість продуктивного горизонту, економічні запаси знаходяться між значеннями 1 та 3 (або 25 – 75 % всього фізичного запасу ресурсів), а виробництво між значеннями 0,1 та 0,35. Якщо $\beta = 1,75$, то потенційно можливий обсяг виробництва становить близько 87 % свого початкового значення (дається як $\gamma=0,4$), коли розвідані ресурси на половину вичерпані ($E = 2,00$), і приблизно більше 55 % свого початкового значення, коли залишилося всього 25 % запасів ($E = 3,00$). Ресурси, що знаходяться в експлуатації E , та всі виявлені ресурси S протягом всього часового періоду зростають з початкового значення 0 до гранично можливого ліміту ресурсів 4 з відмінністю приблизно 1-1,5 тобто 25-37 % всього можливого ліміту ресурсів (рис. 1).

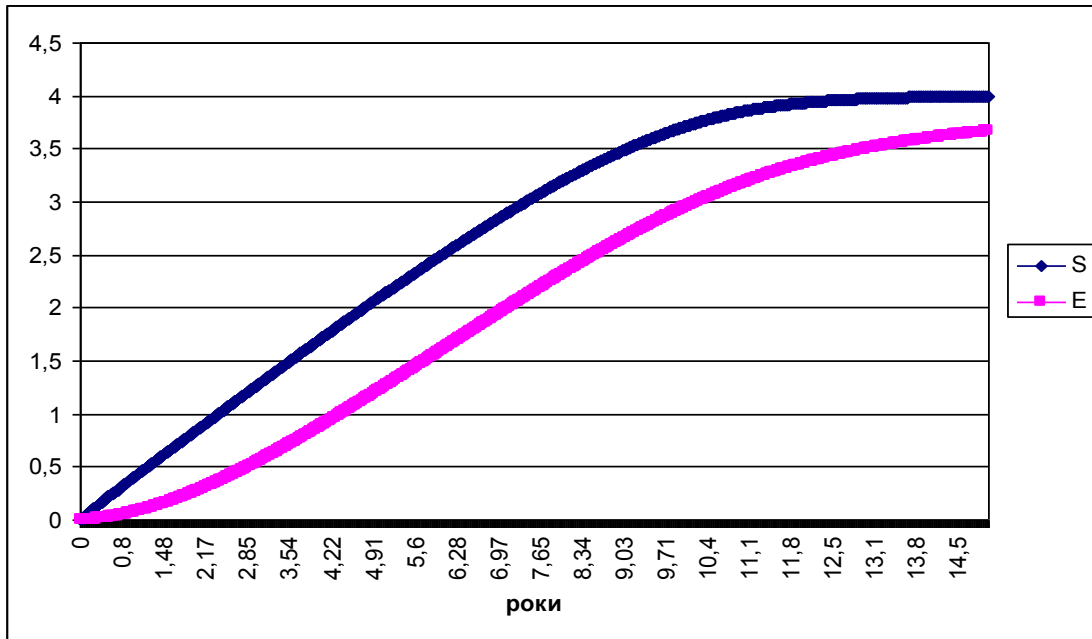


Рис.1. Значення загальних виявлених ресурсів та тих, що в експлуатації

Коли більше 50 % ресурсів вже розвідано (рис. 1) інвестиційні витрати стають занадто високими, в зв'язку із складностями розвідки і видобування тих резервів, які залишились, і інвестування починає скорочуватись як в ННК так і в прикладі приватної нафтової компанії (рис .2). Рис. 2 показує, що ННК інвестує в ресурси менше, ніж приватна компанія.

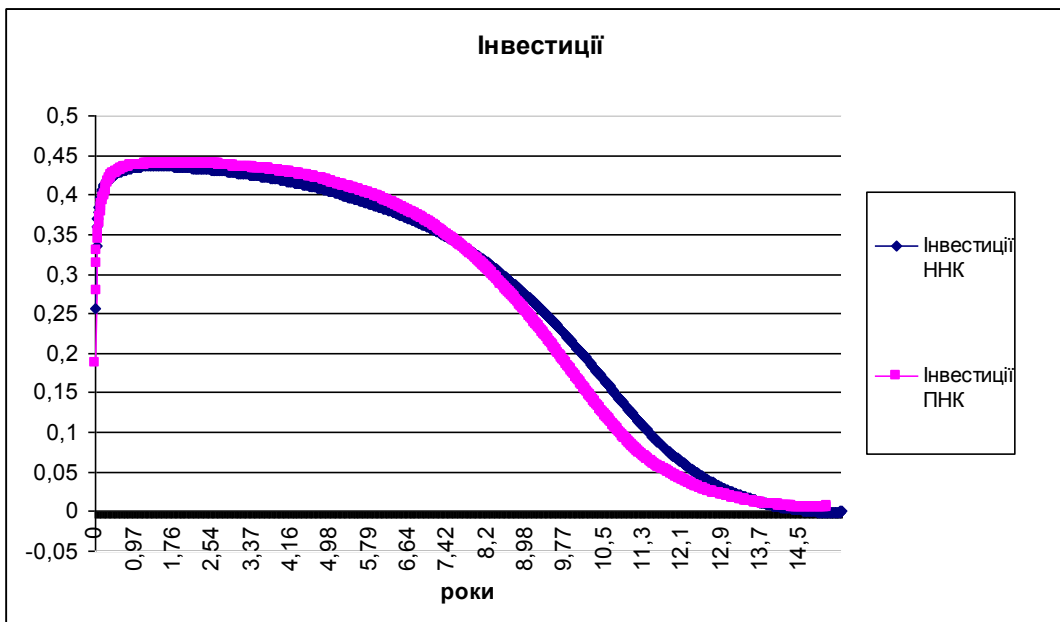


Рис. 2 Інвестування ННК та ПНК

Параметр ψ_3 регулює, як швидко загострюються інвестиційні витрати, коли розробляється більша частина матеріальної бази. Коли $\psi_3=0,1$, витрати

збільшуються приблизно на 10 %, коли половина ресурсів розвинута, і трішки менше, ніж на 30 %, коли розроблено три четверті ресурсів. Витрати не збільшаються більше, ніж на 50 %, поки не буде розроблено більше 83 % відсотків початкової матеріальної бази.

Відповідно, витрати збільшуються достатньо рівномірно, відображаючи припущення, що геологічні характеристики запасів ресурсів відносно гомогенні (однорідні). Різницю вихідної продукції між ННК та ефективною компанією наведено на рис. 3.

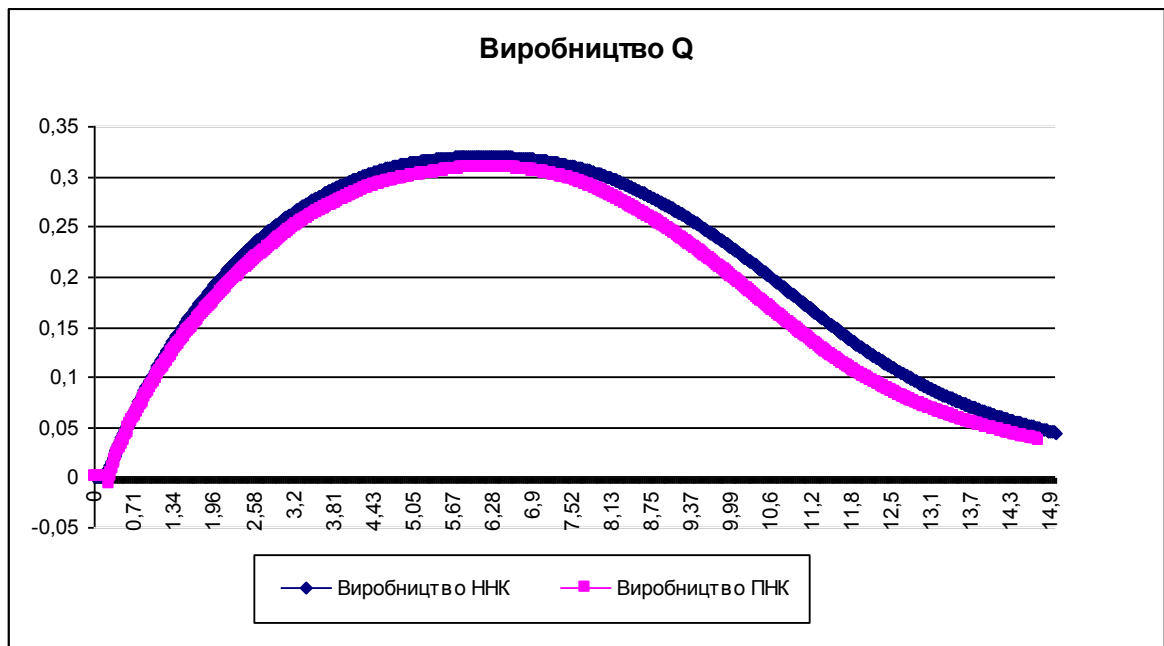


Рис. 3. Виробництво ННК та ПНК

Власне виробництво спадає після досягнення 75 % можливого значення, стрімко зростає в перші три роки, коли інвестиції знаходяться на найвищому рівні, та збільшується найм робочої сили в компаніях (рис. 4) – ефект збільшення державного значення внутрішньої зайнятості.

Результатом того, що керівництво національної нафтової компанії переслідує ще й інші цілі окрім максимізації прибутку, є менше його значення протягом усього часового ряду (рис. 5).

Опис, поданий вище, відображає ефект зміни параметрів, на які може впливати держава порівнянно з приватною компанією, тобто можна спостерігати, як би змінились значення основних величин ресурсів, які використовує компанія в оптимальному керуванні, та вихідної продукції, якби ННК діяла з значеннями параметрів, які відповідають приватній нафтовій компанії.

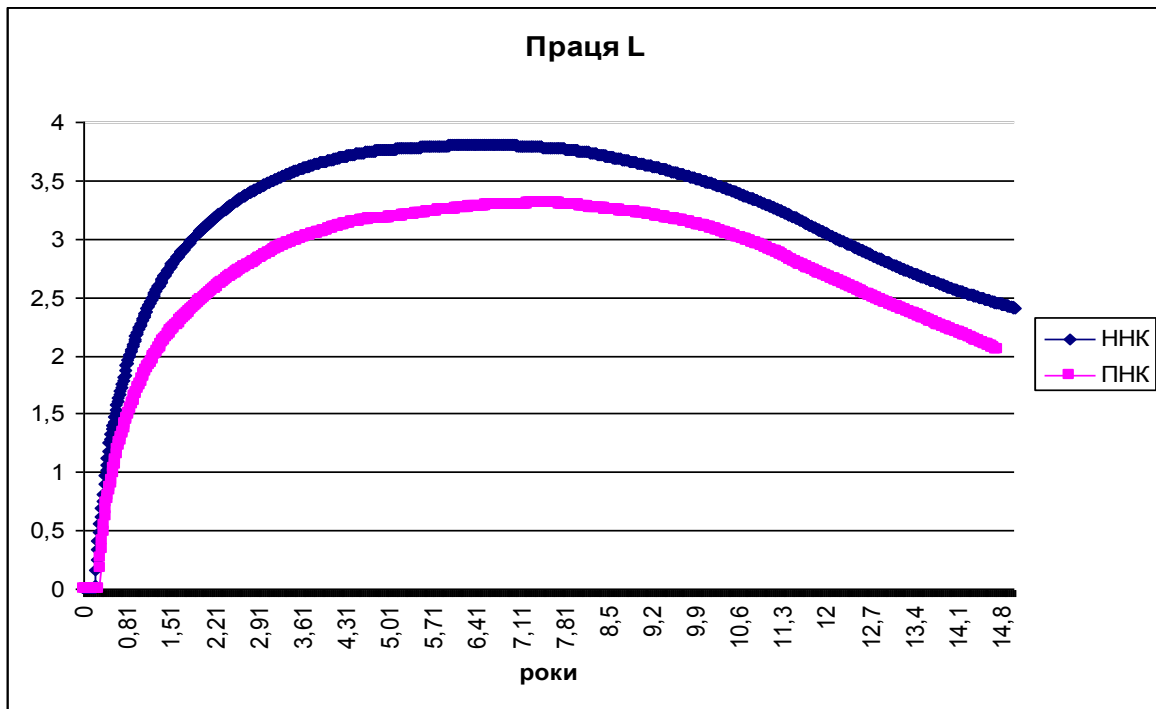


Рис.4. Використання праці ННК та приватною НК

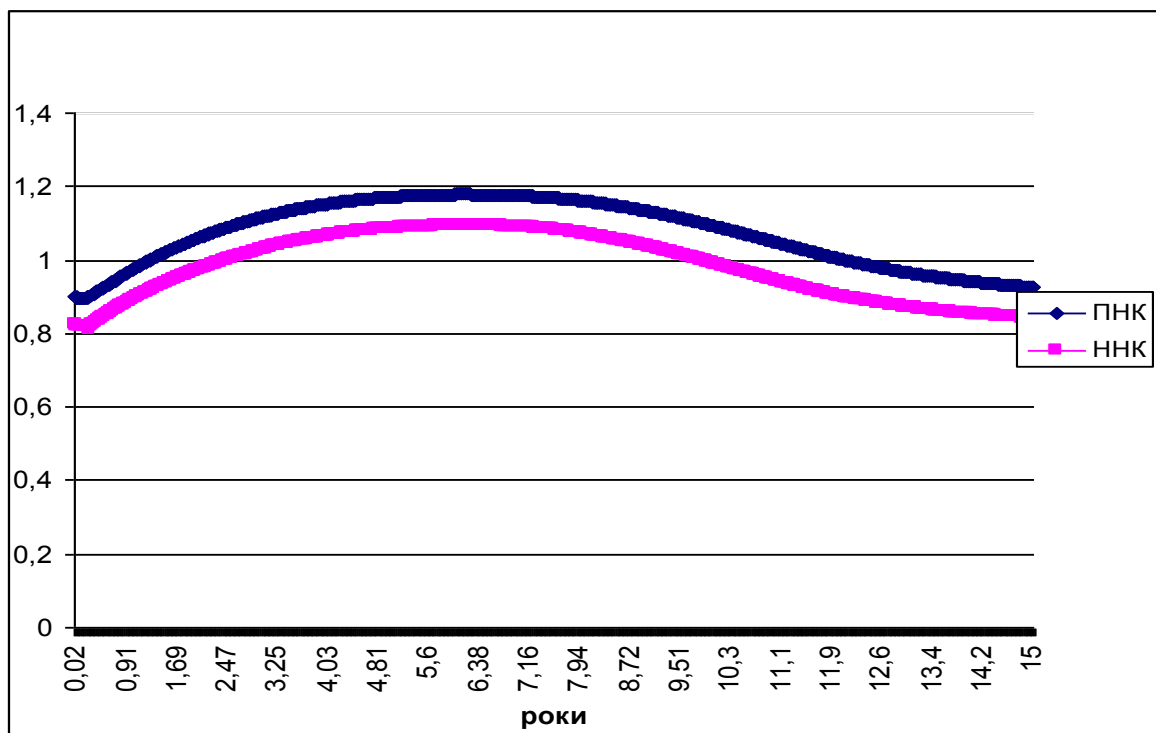


Рис. 5. Потік прибутку для ННК та приватної НК

Висновки. Наукова новизна даної роботи полягає у тому, що вперше в Україні поставлена задача діяльності національної нафтової компанії як інтегратора виробничої, фінансової, регуляторної та соціальної діяльності на ринку нафтопродуктів. Кількісно оцінений вплив регуляторної та соціальної діяльності на економічну ефективність національної нафтової компанії.

У даній роботі була поставлена і вирішена оптимізаційна задача оптимального керування та інвестування в національній нафтовій компанії. Ефекти, які спостерігали після зміни значень параметрів, на які має вплив держава, показали, що велика кількість державних впливів, що можуть відобразитися на діяльності НК, можуть зрівняти її з випадком приватної нафтової компанії. Будь-які державні чи бюрократичні розпорядження щодо зміни рівня зайнятості, підтримки внутрішнього споживання чи облікової ставки на інвестування можуть призвести до зміни основних показників діяльності НК.

Значення отриманих результатів полягає в позиціонуванні національної нафтової компанії як інструмента державного регулювання ринку нафтопродуктів з врахуванням витрат на соціальні функції. У подальшому планується розробити уточнену модель впливу діяльності НК на конкурентне середовище ринку.

Література

1. Бурлака В. Сучасні тенденції на українському ринку нафти і нафтопродуктів / В. Бурлака // Діловий вісник. – 2009. – № 4. – С. 14-15.
2. Національна акціонерна компанія “Нафтогаз України” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.naftogaz.net/>
3. Hartley P. A Model of the Operation and Development of a National Oil Company [Text] / Peter Hartley, Kenneth B. Medlock. — Huston: Rice University, 2007.
4. Pytlak O. Numerical methods for optimal control problems with state constraints / O. Pytlak. —N.Y.: Springer-Verlag, 2007. – 24 p.
5. Пантелеев А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Прикладная математика для вузов / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — М.: Высшая школа, 2005. – 544 с.
6. Понтрягин Л.С. Принцип максимума в оптимальном управлении / Л.С. Понтрягин. — М.: Едиториал, 2004. – 165 с.