

УДК 658.583:519.6

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛУ КОШТІВ НА ОНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ФОНДІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ

**Грекова В.А.***Дніпродзержинський державний технічний університет*

Статтю присвячено дослідженню методичних підходів до оптимального розподілу коштів на оновлення основних фондів металургійних підприємств. Встановлено, що існуючі задачі не дозволяють розподілити відразу повну суму, необхідну для оновлення конкретного типу основних фондів. Вони розраховують якусь проміжну суму, розподіляючи виділені на оновлення кошти на всі типи обладнання. Обґрунтовано методичний підхід до оптимального розподілу коштів на оновлення основних фондів за допомогою методу нелінійного динамічного програмування як чинника збільшення приросту економічних вигод від оновлення. Що досягається, на відміну від існуючих підходів, максимізацією майбутніх економічних вигід з розподілом відразу повної суми. Це дозволяє застосовувати ці розробки у практиці діяльності металургійних підприємств для підвищення економічної ефективності оновлення основних фондів.

**Ключові слова:** основні фонди, оновлення основних фондів, економічні вигоди, ефективність, грошовий потік, нелінійне динамічне програмування.

The article studies the methodological approaches to the optimal allocation for the renewal for fixed funds metallurgical enterprises. It is established that the existing tasks can not at once distribute the full amount needed for the renewal a particular type of fixed funds. They count intermediate sum by distributing funds allocated for the renewal all types of equipment. Methodical approach to the optimal allocation of funds for the renewal of fixed funds using the method of nonlinear dynamic programming as a factor in increasing of economic benefits from the renewal was justified. In contrast to existing approaches, maximizing future economic benefits to the distribution of the full amount at once were achieved. This allows you to apply these developments in the practice of metallurgical enterprises to enhance economic efficiency the renewal fixed funds.

**Keywords:** fixed funds, the renewal of fixed funds, economic benefits, efficiency, cash flow, nonlinear dynamic programming

**Актуальність проблеми** Металургійна промисловість є найважливішою базовою галуззю національної економіки України, з

якою тісно пов'язані суміжні галузі (гірничодобувна, коксохімічна, виробництво вогнетривів, флюсоделомітна, транспортний комплекс, будівництво, машинобудування, банківська система тощо). Обсяги її виробництва в докризовий період забезпечували близько третини ВВП. Також третину склали валютні надходження від експорту чорних металів та виробів з них. Як продемонструвала металургійна криза, яка затяглася донині, падіння металургійного виробництва України загрожує банкрутством не лише металургійному комплексу, а і усій країні. В яке, в умовах України, тривалий час не вкладали кошти, а якщо і вкладали, то за принципом екстреної необхідності. Отже, застарілі технології, фізичний та моральний знос основних фондів не дозволяють досягти високого рівня конкурентоспроможності вітчизняного металургійного виробництва. Для цього необхідно вкладати кошти в основні фонди, навіть в умовах їх хронічного дефіциту.

Загальна наявність коштів металургійних підприємств завжди є обмеженою та в умовах значного фізичного та морального зношення основних фондів у металургійній промисловості є значно меншою за потреби в них. Це породжує необхідність проведення досліджень з оптимального управління наявними коштами.

**Аналіз останніх наукових досліджень.** Метод оптимізації запропонований для визначення оптимального розподілу обмежених ресурсів на оновлення основних фондів між підприємствами компанії багатьма авторами: Петруня Ю.Є. [1], Осовська Г.В. [2], Ульяновко О.В. [3], Кремер Н.Ш. [4] та іншими. Але задачі поставлені та вирішені ними не дозволяють розподілити відразу повну суму, необхідну для оновлення конкретного типу основних фондів. Вони розраховують якусь проміжну суму, розподіляючи виділені на оновлення кошти на всі типи обладнання. Отже, проблема ефективного розподілу обмежених коштів на оновлення основних фондів потребує подальших досліджень.

**Мета роботи** - удосконалення методичних підходів до оптимального розподілу коштів на оновлення основних фондів металургійного підприємства за допомогою методу нелінійного динамічного програмування з метою підвищення його ефективності.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Обмеженість в коштах та нагальна потреба в оновленні основних фондів металургійних

підприємств, потребують оптимального розподілу перших. Критерієм його оптимальності в даному випадку може служити або збільшення обсягу зиску (задача максимізації) або зменшення експлуатаційних витрат (задача мінімізації) [1, с.407]. Можна вважати, що в умовах ринку єдино можливим критерієм оптимальності є сумарні майбутні економічні вигоди. Де під майбутніми економічними вигодами розуміється потенційна можливість отримання підприємством приросту прибутку від подальшого використання оновленого об'єкту основних фондів.

Зазначимо, під оновленням основних фондів слід розуміти економічну категорію, що відображає процес, основна мета якого підвищення майбутніх економічних вигід від використання основних фондів, і який здійснюється у напрямку технічного переозброєння, розширення, нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту з елементами модернізації. Цей підхід до визначення основного змісту оновлення основних фондів обґрунтовує і використання його лише до активної частини виробничих основних фондів, і усунення їх морального зносу, і підвищення технічного рівня, і збільшення рівня ефективності основних фондів.

При оновленні завжди задіяні передові технологічні, конструкторські, управлінські та проектні рішення, що приводить до скорочення витрат матеріальних ресурсів, підвищення технічної озброєності та фондоозброєності праці, а відтак – і підвищення її продуктивності, в результаті чого створюється нова, додаткова вартість [5], тобто прибуток. Зростання прибутку за рахунок оновлення основних фондів обґрунтовується в ринковій економіці на основі закону попиту та пропозиції, в результаті якого встановлюється певний рівень ціни. Так як при завданні ціни нижче тієї собівартості, котра формується з використанням сучасних основних фондів, питома вага яких найбільша у світі на даний момент часу, буде відсутня пропозиція. Таким чином, оновлення основних фондів однозначно призводить до збільшення прибутку чи то через зниження собівартості продукції, чи то через підвищення обсягу виробництва.

Для оптимізації рішення щодо визначення пріоритетності напрямків оновлення основних фондів залежно від максимального рівня майбутніх економічних вигід було розроблено наступну економіко-матиматичну

модель.

Введемо позначення:  $BO_l$  – витрати на оновлення;

$ГП_l$  – грошовий потік (майбутні економічні вигоди та амортизація);

$l$  – тип машин, обладнання, транспортних засобів,  $l = [1, M]$ ;

$M$  – кількість типів машин, обладнання, транспортних засобів;

$t$  – період виконання оновлення  $t = [1, T]$ ;

$T$  – горизонт розрахунку;

$S$  – сума коштів, яку маємо для капіталовкладення в оновлення на 1-му етапі.

Припускаємо, що суми  $BO_l$  та  $ГП_l$  є постійними для всього періоду розрахунку.

Оскільки оптимізувати необхідно витрати на оновлення основних фондів, тобто активної частини виробничих основних фондів, то в податковому та бухгалтерському обліках вони складають четверту та п'яту групи. Для яких Податковим Кодексом України встановлено мінімально допустимі строки корисного використання – п'ять років, яким і буде дорівнювати горизонт розрахунку ( $T = 5$  років).

Припустимо, що весь прибуток від оновлення основних фондів іде на капіталовкладення в оновлення інших  $l$  типів основних фондів в наступному році.

Введемо цілочисловий масив  $X_{it} \in [0; 1]$ , для якого значення 1 в момент  $t$  означає, що саме у цей рік потрібно робити оновлення  $l$ -го агрегату.

Матриця періоду здійснення капіталовкладень в оновлення основних фондів  $l$ -го типу буде мати вигляд, наведений на рис. 1.

Тип основних фондів (ОФ)	Період виконання оновлення ОФ (t)				
	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік	5-й рік
1. ...					
2. ...					
...					
1 ...					

Рис. 1. Матриця  $X_{it}$  здійснення капіталовкладень в оновлення основних фондів

Для масиву  $X_{it}$  необхідно ввести обмеження

$$\sum_{t=1}^T X_{it} = 1 \quad (1)$$

Вихідні данні для вибору напрямку оновлення основних фондів металургійного підприємства, а саме вартість оновлення за типами основних фондів ( $BO_i$ ) та грошовий потік від оновлення ( $ГП_i$ ) задані в табл. 1.

*Таблиця 1. Вихідні данні для вибору напрямку оновлення основних фондів ПАТ “Дніпровський металургійних комбінат ім. Ф.Е. Дзержинського”, тис.грн.*

Тип основних фондів (ОФ)	Вартість онов-лення ОФ, $BO_i$	Грошовий потік, $ГП_i$
1	2	3
Агломераційний цех		
1. Будівництво нової сучасної агломашини №1	87900	43950
2. Будівництво нової сучасної агломашини №2	95640	47820
3. Кільцевий охолоджувач	20360	13573
4. Розвантажувальні агрегати рудного двору	11080	5276
5. Штабелеукладальні агрегати рудного двору	25570	10654
Доменний переділ		
6. Реконструкція доменної печі (ДП) №10	908000	363200
7. Будівництво нової сучасної ДП V 3000 м <sup>3</sup>	3734330	1333689
8. Будівництво нової сучасної ДП V 1640 м <sup>3</sup>	1865300	932650
9. Повітероздільний агрегат (кисневий блок) АКАр-40	60954	32081
10. Вакууматор з хімічним підігрівом	172090	101229
11. Компресор ДО1800	19120	12747
12. Компресор ДО1800	26780	17853
13. Азотний компресор ДО390	40300	26867
14. Установа пилувугільного палива	1215000	528260
15. Установа десульфурації чавуну	89560	44780
16. Енергетичний агрегат	48660	25610
Сталеплавильний переділ		
17. Капітальний ремонт з модернізацією конвертера №2	52000	22608
18. Котел-охолоджувач сталеплавильного переділу	24370	12826
19. Фільтрокомпенсуюча установка	19560	7523
20. Будівництво 7-струмкової МБЛЗ №1	258300	99346
21. Реконструкція блюмової сортової МБЛЗ №2	92100	43857
22. Реконструкція блюмової сортової МБЛЗ №3	123000	58293
23. Передаточний візок МБЛЗ	2700	1350
24. Парогенеруюча установка	15880	9925
25. Будівництво нового кисневого блоку	35000	15909
Прокатний переділ		
26. Агрегат позапічної обробки сталі «під-ківш» №1, продуктивністю 1 млн.т. сталі/рік	94220	47110
27. Агрегат позапічної обробки сталі «під-ківш» №2, продуктивністю 2,3 млн.т. сталі/рік	203220	70075
28. Устаткування нового балкового стану “Siemens VAI”	202100	80840
29. Спорудження середньосортного-арматурного стану 400/200	1534500	639375
30. Спорудження арматурно-дротового стану 200	1340000	558330
Разом	12202614	x

В таких припущеннях задача зводиться до задачі нелінійного динамічного програмування, оскільки необхідно врахувати той факт, що

економічний ефект від оновлення  $l$ -го типу обладнання можна отримати тільки на наступний рік.

Окрім того, один раз проведене оновлення більше не потрібно проводити у наступних періодах. Узагальнюючи вищесказане, нами запропоновано методичний підхід до вибору напрямку оновлення основних фондів металургійних підприємств за допомогою методу математичного програмування.

В нашому випадку було застосовано метод динамічного програмування, як чинника збільшення приросту економічних вигід від оновлення за допомогою системи нерівностей, складених як суму грошових потоків для кожного року розрахунку. Грошові потоки шостого року будуть складатися тільки з доходів від оновлення і стануть функціоналом, що прагне до максимуму.

Отже, зобразимо математично системи нерівностей за роками  $t$ :

$t = 1$ ;

$$S - \sum_{i=1}^M BO_i * x_{1i} \geq 0 \quad (2)$$

$t = 2$ ;

$$\sum_{i=1}^M \begin{cases} ГП_i, \text{ якщо } x_{1i} = 1; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} - \sum_{i=1}^M \begin{cases} BO_i, \text{ якщо } x_{1i} = 0; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} * x_{2i} \geq 0 \quad (3)$$

$t = 3$ ;

$$\sum_{i=1}^M \begin{cases} ГП_i, \text{ якщо } x_{1i} = 1 \text{ або } x_{2i} = 1; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} - \sum_{i=1}^M \begin{cases} BO_i, \text{ якщо } x_{1i} = 0 \text{ і } x_{2i} = 0; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} * x_{3i} \geq 0. \quad (4)$$

$t = 4$ ;

$$\sum_{i=1}^M \begin{cases} ГП_i, \text{ якщо } x_{1i} = 1 \text{ або } x_{2i} = 1 \text{ або } x_{3i} = 1; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} - \sum_{i=1}^M \begin{cases} BO_i, \text{ якщо } x_{1i} = 0 \text{ і } x_{2i} = 0 \text{ і } x_{3i} = 0; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} * x_{4i} \geq 0. \quad (5)$$

$t = 5$ ;

$$\sum_{i=1}^M \begin{cases} ГП_i, \text{ якщо } x_{1i} = 1 \text{ або } x_{2i} = 1 \text{ або } x_{3i} = 1 \text{ або } x_{4i} = 1; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} - \sum_{i=1}^M \begin{cases} BO_i, \text{ якщо } x_{1i} = 0 \text{ і } x_{2i} = 0 \text{ і } x_{3i} = 0 \text{ і } x_{4i} = 0; \\ 0, \text{ в інших випадках.} \end{cases} * x_{5i} \geq 0. \quad (6)$$

$$t = 6;$$

$$\sum_{i=1}^M \begin{cases} 4ГП_i, \text{ якщо } x_{1i} = 1; \\ 3ГП_i, \text{ якщо } x_{2i} = 1; \\ 2ГП_i, \text{ якщо } x_{3i} = 1; \\ ГП_i, \text{ якщо } x_{4i} = 1; \\ 0, \text{ вінших випадках.} \end{cases} \rightarrow \max. \quad (7)$$

Для вирішення поставленої задачі було використано програмний комплекс wxMaxima 12.04.0, який вільно розповсюджується Інтернетом [7]. В якості оптимізаційного алгоритму було обрано квазіньютонівський алгоритм з обмеженим використанням пам'яті [8]. Оскільки це алгоритм виконує мінімізацію, функціонал було перетворено на мінімізаційний шляхом заміни знаків у рівнянні на протилежні. Нижче наведено фрагмент лістингу програмного комплексу для знайдення оптимального рішення визначення моменту та типу обладнання, яке буде оновлюватися. Для зручності перегляду інформаційні оператори та проміжні результати розрахунків було прибрано. Розмір первинної суми інвестицій, призначених для оновлення обладнання було визначено як  $S = 2654654$  тис. грн.

Реалізація у wxMaxima 12.04.0:

```
(%i1) load (lbfgs);

(%o2) /usr/share/maxima/5.10.0cvs/share/lbfgs/lbfgs.mac

(%i2) bftrunc (arrayapply (x1, [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]));

(%i3) bftrunc (arrayapply (x2, [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]));

(%i4) bftrunc (arrayapply (x3, [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]));

(%i5) bftrunc (arrayapply (x4, [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]));

(%i6) bftrunc (arrayapply (x5, [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]));

(%i7) (arrayapply (VO, [87900, 95640, 20360, 11080, 25570, 908000, 3734330,
1865300, 60954, 172090, 19120, 780, 40300, 1215000,
89560, 48660, 52000, 24370, 19560, 258300, 92100,
123000, 2700, 15880, 5000, 94220, 203220, 202100,
1534500, 1340000]));

(%i8) (arrayapply (GP, [43950, 47820, 13573, 5276, 10654, 363200, 1333689,
```

932650, 32081, 101229, 28680, 40170, 60450, 528260,  
44780, 25610, 22608, 12826, 7523, 99346, 43857, 58293,  
1350, 9925, 15909, 47110, 70075, 80840, 639375, 558330));

(%i9)  $2654654 - \sum(\text{VO}[I] * \text{X1}[I]) > 0$  ;

(%i10)  $\sum(\text{if } \text{X1}[I]=1 \text{ then } \text{GP}[I] \text{ else } 0) - \sum(\text{if } \text{X1}[I]=0 \text{ then } \text{VO}[I] * \text{X2}[I] \text{ else } 0) > 0$ ;

(%i11)  $\sum(\text{if } \text{X1}[I]=1 \text{ or } \text{X2}[I]=1 \text{ then } \text{GP}[I] \text{ else } 0) - \sum(\text{if } \text{X1}[I]=0 \text{ and } \text{X2}[I]=0 \text{ then } \text{VO}[I] * \text{X3}[I] \text{ else } 0) > 0$ ;

(%i11)  $\sum(\text{if } \text{X1}[I]=1 \text{ or } \text{X2}[I]=1 \text{ or } \text{X3}[I]=1 \text{ then } \text{GP}[I] \text{ else } 0) - \sum(\text{if } \text{X1}[I]=0 \text{ and } \text{X2}[I]=0 \text{ and } \text{X3}[I]=0 \text{ then } \text{VO}[I] * \text{X4}[I] \text{ else } 0) > 0$ ;

(%i12)  $\text{X1}[I], \text{X2}[I], \text{X3}[I], \text{X4}[I], \text{X5}[I] >= 0$ ;

(%i13)  $\sum(\text{if } \text{X1}[I]=1 \text{ or } \text{X2}[I]=1 \text{ or } \text{X3}[I]=1 \text{ or } \text{X4}[I]=1 \text{ then } \text{GP}[I] \text{ else } 0) - \sum(\text{if } \text{X1}[I]=0 \text{ and } \text{X2}[I]=0 \text{ and } \text{X3}[I]=0 \text{ and } \text{X4}[I]=0 \text{ then } \text{VO}[I] * \text{X5}[I] \text{ else } 0) >= 0$ ;

(%i14) FOM :  $-\sum(\text{if } \text{X1}[I]=1 \text{ then } 4 * \text{GP}[I] \text{ else if } \text{X2}[I]=1 \text{ then } 3 * \text{GP}[I] \text{ else if } \text{X3}[I]=1 \text{ then } 2 * \text{GP}[I] \text{ else if } \text{X4}[I]=1 \text{ then } \text{GP}[I] \text{ else } 0)$ ;

(%i15) lbfgs (FOM,  $[\text{X1}[I], \text{X2}[I], \text{X3}[I], \text{X4}[I], \text{X5}[I], [1, 0])$ );

Результати розрахунку у вигляді матриці з нулями та одиницями, представлені в табл. 2.

**Таблиця 2.** Програма реконструкції обладнання по роках з моменту розрахунку

Тип основних фондів (ОФ)	Значення масиву $X_{it}$				
	$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$	$t=5$
<i>I</i>	2	3	4	5	6
Агломераційний цех					
1. Будівництво нової сучасної агломашини №1	1	0	0	0	0
2. Будівництво нової сучасної агломашини №2	1	0	0	0	0
3. Кільцевий охолоджувач	1	0	0	0	0
4. Розвантажувальні агрегати рудного двору	0	0	1	0	0
5. Штабелеукладальні агрегати рудного двору	0	0	0	1	0
Доменний переділ					
6. Реконструкція доменної печі (ДП) №10	0	0	0	1	0
7. Будівництво нової сучасної ДП V 3000 м <sup>3</sup>	0	0	0	0	1
8. Будівництво нової сучасної ДП V 1640 м <sup>3</sup>	1	0	0	0	0
9. Повіртроздільний агрегат (кисневий блок) АКАр-40/35-4	1	0	0	0	0
10. Вакууматор з хімічним підігрівом	1	0	0	0	0
11. Компресор ДО1800	1	0	0	0	0
12. Компресор ДО1800	1	0	0	0	0
13. Азотний компресор ДО390	1	0	0	0	0
14. Установка пиловугільного палива	0	1	0	0	0
15. Установка десульфурації чавуну	1	0	0	0	0
16. Енергетичний агрегат	1	0	0	0	0
Сталеплавильний переділ					
17. Капітальний ремонт з модернізацією конвертера №2	0	0	0	1	0



Продовження таблиці 2.					
I	2	3	4	5	6
18. Котел-охолоджувач сталеплавильного переділу	1	0	0	0	0
19. Фільтрокомпенсуюча установка	0	0	0	1	0
20. Будівництво 7-струмкової МБЛЗ №1	0	0	1	0	0
21. Реконструкція блюмової сортової МБЛЗ №2	0	1	0	0	0
22. Реконструкція блюмової сортової МБЛЗ №3	0	1	0	0	0
23. Передаточний візок МБЛЗ	1	0	0	0	0
24. Парогенеруюча установка	0	0	1	0	0
25. Будівництво нового кисневого блоку	0	0	1	0	0
Прокатний переділ					
26. Агрегат позапічної обробки сталі «піч-ківш» №1	1	0	0	0	0
27. Агрегат позапічної обробки сталі «піч-ківш» №2	0	0	0	1	0
28. Устаткування нового балкового стану фірми “SiemensVAI”	0	0	1	0	0
29. Спорудження середньосортного-арматурного стану 400/200	0	0	1	0	0
30. Спорудження арматурно-дротового стану 200	0	0	0	1	0

З таблиці видно, що за указаний горизонт розрахунку оптимальним інвестуванням можуть бути зайняті тільки ті види обладнання, навпроти яких стоїть одиниця. Оптимальний розрахунок доводить, що в разі використання коштів від збільшення продуктивності обладнання внаслідок оновлення на оновлення інших типів обладнання, можна за 5 років оновити все існуюче на підприємстві обладнання.

Аналіз запланованих підприємством заходів з оновлення об'єктів основних фондів на п'ять років свідчить про те, що за однаковий період часу при однаковій вихідній сумі інвестицій, підприємство змогло б оновити основних фондів на загальну суму 10483070 тис. грн., тобто при загальній необхідній вартості оновлення в сумі 12202614 тис. грн. навіть не оновило б усі необхідні об'єкти основних фондів. А з використанням запропонованої вище моделі підприємство оновить усі об'єкти основних фондів та й ще отримає додатковий приріст грошових потоків в розмірі 434616 тис. грн. Таким чином, економічний ефект від впровадження розрахованого оптимального плану:

$$12637230 - 10483070 = 2154160 \text{ тис. грн., чи } 21 \%$$

Отже, використання моделей нелінійного динамічного програмування в умовах обмеженості ресурсів для планування діяльності підприємства з оновлення основних фондів представляє для керівників велику інформаційну цінність, так як за допомогою цих моделей можна обрати оптимальні операції з оновлення основних фондів.

**Висновки.** Обґрунтовано методичні підходи до оптимального розподілу коштів на оновлення основних фондів металургійних

підприємств за допомогою метода нелінійного динамічного програмування як чинника збільшення приросту економічних вигід від оновлення. Що досягається, на відміну від існуючих підходів, максимізацією майбутніх економічних вигід з розподілом відразу повної суми, що дозволяє застосування цих розробок у практиці діяльності металургійних підприємств для підвищення економічної ефективності оновлення основних фондів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прийняття управлінських рішень. Навч. посіб. / [Петруня Ю. Є., Говоруха В. Б., Літовченко Б. В. та ін.]; за ред. Ю. Є. Петруні. – [2-ге вид. ] – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 216 с.
2. Осовська Г. В. Стратегічний менеджмент : навч. посібн. / Осовська Г. В., Ішук О. Л., Жалінська І. В. – К.: Кондор, 2003. – 196 с.
3. Ульяновченко О. В. Дослідження операцій в економіці: Підручник / Ульяновченко О. В. – Суми: Видавництво “Довкілля”, 2009. – 582 с.
4. Исследование операций в экономике: Учебн. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; Под ред. проф. Н.Ш. Кремера. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 407 с.
5. Бень Т. До визначення економічної ефективності інвестицій / Т. Бень // Економіка України. – 2007. – №4. – С. 12-19.
6. Бень Т. Методи визначення економічної ефективності інвестицій: порівняльний аналіз / Т. Бень // Економіка України. – 2006. – №6. – С. 41-46.
7. Вільна система комп'ютерної алгебри для роботи із символічними та чисельними виразами [Електронний ресурс] / Уильям Шелтер. – Режим доступу: <http://www.softportal.com/software-19588-maxima.html>
8. Liu and J. Nocedal. On the limited memory BFGS method for large scale optimization // Mathematical Programming. – В 45, 1989. – Р. 503-528.