

УПРАВЛІННЯ ЗАХОДАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ В УМОВАХ ЇХ НЕДОСТАТНЬОГО ФІНАНСУВАННЯ

© 2014 ХАН Т. Ф.

УДК 658.26:65.012

Хан Т. Ф. Управління заходами енергозбереження на машинобудівних підприємствах в умовах їх недостатнього фінансування

Мета статті полягає в дослідженні ефективного управління заходами енергозбереження в умовах недостатнього фінансування на підприємствах. Застосування методичних розробок щодо економічного забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів на підставі економіко-математичних методів дозволило вдосконалити планування програм енергозбереження, що сприяє формуванню набору заходів із енергозбереження на підприємстві та приводить до досягнення найбільшого економічного ефекту. Методичні рекомендації щодо оптимізаційного розподілу інвестицій в енергозберігаючі заходи можуть бути також запропоновані для впровадження на підприємствах інших галузей машинобудування після додаткових змін.

Ключові слова: енергозбереження, заходи з енергозбереження, оптимізація розподілу інвестицій, економічний ефект.

Рис.: 1. **Табл.:** 2. **Формул.:** 10. **Бібл.:** 10.

Хан Тетяна Феліксівна – асистентка, кафедра організації виробництва та управління персоналом, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (вул. Фрунзе, 21, Харків, 61002, Україна)

E-mail: xtf81@mail.ru

УДК 658.26:65.012

UDC 658.26:65.012

Хан Т. Ф. Управление энергосбережением на машиностроительных предприятиях в условиях их недостаточного финансирования

Khan T. F. Power Saving Management in Engineering Enterprises in Terms of Lack of their Funding

Цель статьи заключается в исследовании эффективного управления мероприятиями энергосбережения в условиях недостаточного финансирования на предприятиях. Применение методических разработок по экономическому обеспечению эффективного использования энергетических ресурсов на основе экономико-математических методов позволило усовершенствовать планирование программ энергосбережения, что способствует формированию набора мероприятий по энергосбережению на предприятии и приводит к достижению наибольшего экономического эффекта. Методические рекомендации по оптимизационному распределению инвестиций в энергосберегающие мероприятия могут быть также предложены для внедрения на предприятиях других отраслей машиностроения после дополнительных изменений.

The purpose of the article is to investigate the effective management of energy-saving measures in the conditions of lack of funding for enterprises. Application of methodological approaches to economic support for the effective use of energy resources on the basis of economic-mathematical methods allowing to improve planning of energy efficiency programs, which contributes to a set of energy efficiency measures at the plant and leads to the achievement of the greatest economic benefit. Guidelines for the optimization allocation of investment in energy-saving measures can also be proposed for implementation in the enterprises of other branches of engineering after additional changes.

Ключевые слова: энергосбережение, мероприятия по энергосбережению, оптимизация распределения инвестиций, экономический эффект.

Key words: energy efficiency, energy conservation measures, optimization of the distribution of investments, the economic effect.

Рис.: 1. **Табл.:** 2. **Формул.:** 10. **Библ.:** 10.

Рис.: 1. **Табл.:** 2. **Formulae:** 10. **Bibl.:** 10.

Хан Татьяна Феликсевна – ассистент, кафедра организации производства и управления персоналом, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина)

Khan Tetiana F. – Assistant, Department of organization of production and management personnel, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (vul. Frunze, 21, Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: xtf81@mail.ru

E-mail: xtf81@mail.ru

У сучасному світі питання енергозбереження давно вже перестали носити виключно економічний характер. Сьогодні важливими складовими цих питань є екологічні, соціальні та політичні аспекти. Для України питання енергозбереження є важливими напрямками забезпечення незалежності та національної безпеки [1]. З іншого боку, складне фінансово-економічне становище як держави в цілому, так і окремих підприємств, зокрема машинобудівних, не дозволяє забезпечувати фінансовими ресурсами всі актуальні енергозберігаючі проекти в повному обсязі.

Значні наукові результати у сфері енергозбереження висвітлені в наукових працях зарубіжних і вітчизняних вчених, серед яких особливо можна відмітити: Уейна Тернера, Ерика Вудрафа, Луї Браке, А. А. Андрижівського, Дж. Стігліца, Л. Абалкіна, В. Гейця, М. Гнідого, В. Жовтнянського, В. Микитенко, Ю. Бажала, М. Краснянського. На взаємозв'язку технічних і енергетичних проблем провели свої дослідження Л. Мельник, І. Карп, А. Паршин, В. Ро-

зен. Планування і регулювання енергоємності розглядали у своїх роботах Є. Галиновський, А. Праховник, В. Лисенко, Т. Поспелова, А. Щокін, Б. Стогній, А. Долінський.

Зацікавленість і увага вчених до проблематики енергозбереження в різних її наукових напрямках привели до винятково значущих результатів, що зрушили з точки консерватизму не тільки практичну діяльність у сфері енергозбереження, а і сам характер мислення і відношення до проблеми в широкому колі економістів і енергетиків, керівників підприємств.

Мета статті – пошук ефективного управління заходами енергозбереження в умовах недостатнього фінансування на підприємствах.

Актуальним вбачається застосування методів математичного комп'ютерного моделювання до оптимального управління заходами енергозбереження на машинобудівному підприємстві в умовах недостатнього фінансування цих заходів. Зауважимо, що проекти з енергозбереження,

як правило, вимагають значного часу для їх виконання. Обсяги фінансування тут залежать від багатьох факторів, а саме: доходів підприємства, можливості залучення запозичених коштів, суб'єктивне відношення керівництва до важливості питань енергозбереження тощо. Таким чином, обсяги фінансування заходів енергозбереження машинобудівних підприємств часто носять стохастичний характер.

У процесі розробки методики оптимального управління заходами енергозбереження будемо орієнтуватися на методи лінійного програмування, що зрозумілі та доступні більшості економістів та інженерів. Тим більше, що ці методи реалізовані надбудовою «Пошук рішення» Microsoft Excel, яка є недорогим, простим і зрозумілим широкому колу споживачів програмним продуктом. Питання стохастичного характеру процесу фінансування енергозберігаючих проектів на машинобудівному підприємстві будемо вирішувати шляхом багатокрокового, циклічного, ітераційного характеру застосування методів лінійного програмування [2 – 4]. Надбудова «Пошук рішення» дозволить нам оперативної знаходити нові оптимальні рішення при суттєвій зміні числових характеристик моделі під впливом випадкових і неврахованих у моделі факторів [5 – 10]. Враховуючи актуальність та перелічені вище особливості оптимального управління заходами енергозбереження на сучасному машинобудівному підприємстві, перейдемо до розробки його методики.

Запропонований автором алгоритм методики оптимального управління заходами енергозбереження на машинобудівному підприємстві в умовах їх недостатнього фінансування представлено на рис. 1.

Спочатку відбувається вибір заходів, їх змісту, планового періоду їх виконання, поділ планового періоду на часові відрізки.

Потім відбувається поділ заходів на етапи за часовими відрізками. Тут можливі два підходи до поділу. Перший полягає в поділі заходів на етапи залежно від їх технічного змісту, такий підхід є найбільш перспективним. Другий підхід полягає в поділі заходів на етапи залежно від обсягів їх

фінансування. Такий принцип прийнятний лише тоді, коли його застосування дозволяє технічна сутність проекту.

Поділ заходів на етапи дозволяє визначити кількість та економічний зміст керованих (інструментальних) змінних майбутньої оптимізаційної задачі. Допустима також комбінація двох вказаних принципів.

Незалежно від вибраного підходу до розподілення енергозберігаючого заходу (проекту) по етапах, принципи обрання критерію оптимальності для оптимізаційної задачі лишаються такими ж самими. Приклади можливих критеріїв оптимальності, їх переваги та недоліки наведено в табл. 1. Також на етапі вибору критерію оптимальності доцільно визначитися із економічним змістом майбутніх цільових коефіцієнтів табл. 1.

Після обрання критерію оптимальності оптимізація процесу управління заходами енергозбереження на машинобудівному підприємстві в умовах невизначеності пропонується два шляхи вирішення цієї задачі.

Розглянемо найпростіший шлях оптимізації, коли поділ на етапи для кожного з проектів відбувається залежно від обсягів фінансування заходів. Така задача може бути зведена до тривіальної задачі лінійного програмування, формалізована та вирішена в один етап. Після чого проводиться аналіз чутливості та вироблення практичних рекомендацій, впровадження управлінського рішення. Цей варіант є достатньо простим і зводиться до тривіальної задачі розподілення коштів між декількома проектами.

Однак у нього є два суттєві недоліки. Перший із них ми вже розглянули – кошти розподіляються між етапами заходу енергозбереження, не враховуючи його технічну сутність. До того ж, при суттєвій зміні числових характеристик оптимізаційної моделі оптимальне рішення стане в цілому непридатним до практичного впровадження, що призведе до необхідності суттєвого коригування прийнятого управлінського рішення, і ми замість отримання високого економічного ефекту отримаємо збитки.

Другий підхід, хоча і виглядає більш складним, але значно зменшує ризики необхідності суттєвої зміни при-

Таблиця 1

Альтернативні критерії оптимальності управління заходами енергозбереження, коротка характеристика критеріїв

№	Критерій оптимальності	Переваги	Недоліки	Економічний зміст цільових коефіцієнтів
1	Максимальна сумарна економія енергії на одиницю вкладених коштів	Зрозумілість, однозначність, сталість в умовах інфляції	Технічна складність визначення на початку проекту, необхідність приведення до однієї одиниці виміру.	Економія енергії, що дає кожній із етапів проекту
2	Очікувана максимальна рентабельність	Хороший показник для обґрунтування доцільності проекту.	Необхідність врахування інфляції	Приведений прибуток від виконання певного етапу проекту
3	Максимальна кількість виконаних етапів проекту	Простота та зрозумілість	Етапи проектів, що потребують незначного фінансування будуть мати перевагу над вартісними етапами та проектами	Цільові коефіцієнти дорівнюють одиниці.
4	Максимальний дисконтований дохід	Зрозумілість, однозначність, простота визначення економічного ефекту впровадження оптимізаційного рішення	Необхідність дисконтування	Дисконтований дохід від впровадження певного етапу кожного із заходів енергозбереження

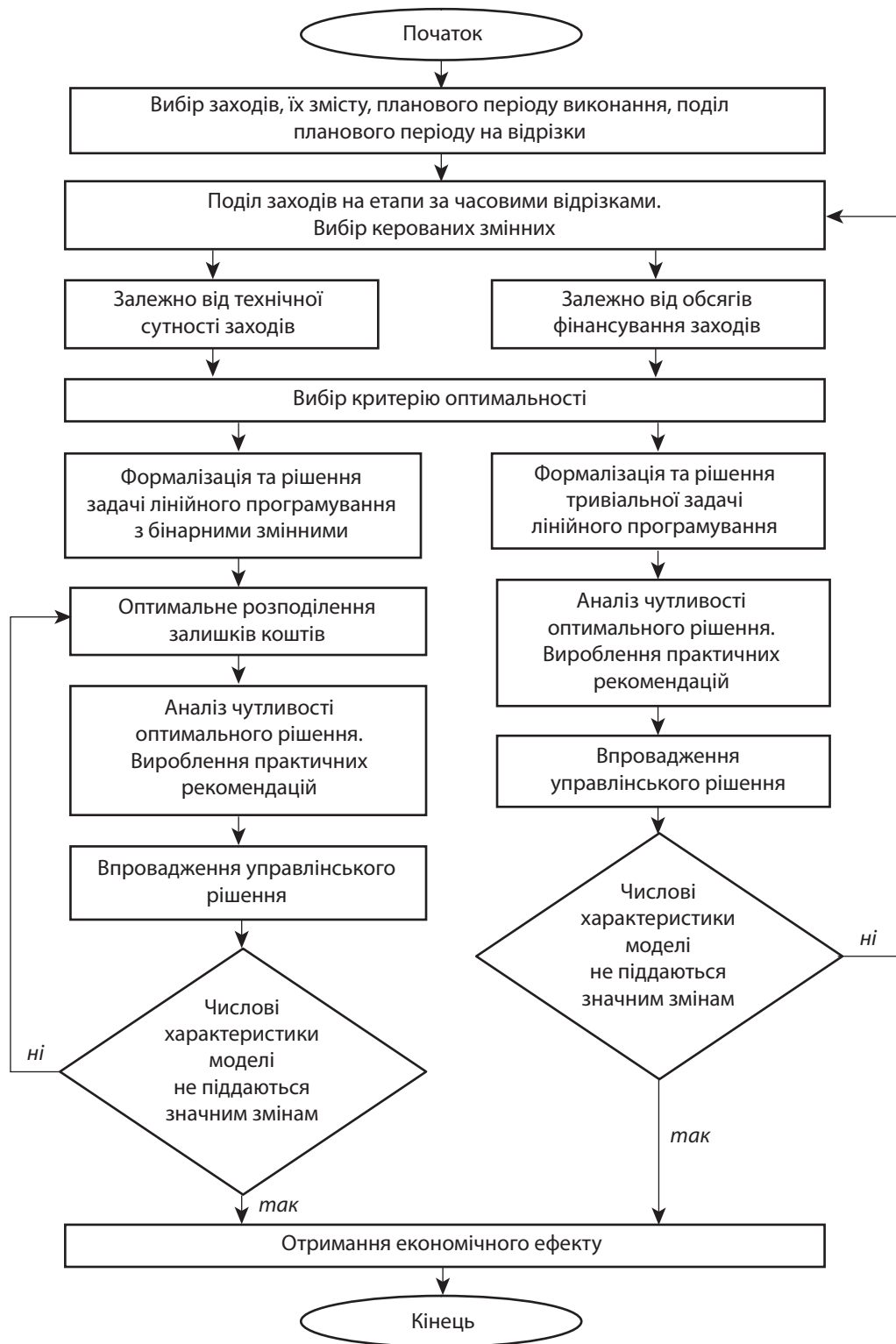


Рис. 1. Алгоритм оптимального управління заходами енергозбереження в умовах недостатнього фінансування

йнятого управлінського рішення на етапі його виконання. Він полягає в тому, що поділ заходів на певні етапи відбувається за їх технічною суттю. Причому пропонується кожний етап, тобто комплекс технічних заходів з енергозбереження, класифікувати за можливістю його часткового виконання. Введемо такі поняття.

Обов'язковий комплекс заходів енергозбереження – етап виконання проекту, який передбачає обов'язкове повне виконання всіх його складових і має забезпечуватись першочергово в умовах недостатнього фінансування.

Цілісний комплекс заходів енергозбереження – етап виконання проекту, який передбачає повне виконання або не виконання всіх його складових.

Умовно-цілісний комплекс заходів енергозбереження – етап виконання проекту, для якого рекомендоване повне виконання або невиконання всіх його складових. Однак в умовах недостатнього фінансування такий комплекс допускає часткове виконання.

Подільний комплекс заходів енергозбереження – допускає часткове виконання як в умовах повного, так і в умо-

вах недостатнього фінансування енергозберігаючих проєктів на машинобудівному підприємстві.

З огляду на вищесказане етап формалізації та рішення задачі оптимального управління заходами енергозбереження на машинобудівному підприємстві в умовах їх недостатнього фінансування почнемо з конкретизації кількості, економічного змісту та області допустимих значень керованих змінних. Припустимо, ми маємо m енергозберігаючих заходів (проєктів), що мають бути розділені на n кроків, тоді керовані змінні будуть складати матрицю розмірністю $(m \times n)$:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & x_{ij} & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $i = 1 \dots m, j = 1 \dots n$.

Таким чином, задача оптимального управління заходами енергозбереження на машинобудівному підприємстві в умовах їх недостатнього фінансування буде відноситись до двохіндексних задач лінійного програмування [1 – 5].

У табл. 2 наведено область допустимих значень для керованих змінних, що відповідають певному комплексу заходів енергозбереження на машинобудівному підприємстві. Таблиця 2 показує область допустимих значень як на першому етапі оптимізації – формалізація та рішення задачі із бінарними змінними, так і на другому – оптимальне розподілення залишків коштів.

Таблиця 2

Керовані змінні задачі оптимального управління заходами енергозбереження

Назва комплексу заходів енергозбереження	Область допустимих значень керованої змінної	
	на 1-му етапі	на 2-му етапі
Обов'язковий	$x_{ij}^{об.} = 1$	не застосовується
Цілісний	$x_{ij}^ц. = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$	не застосовується
Умовно-цілісний	$x_{ij}^{у.ц.} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$	$0 \leq x_{ij}^{у.ц.} \leq 1$
Подільний	$x_{ij}^п. = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$	$0 \leq x_{ij}^п. \leq 1$

Враховуючи вищевикладене, перший етап – задача лінійного програмування із бінарними змінними в загальному вигляді може бути формалізована таким чином:

$$f(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (c_{ij} \cdot x_{ij}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m (a_{ij} \cdot x_{ij}) \leq b_j, \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} x_{ij}^{об.} = 1, \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} x_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}, \end{cases} \quad (5)$$

де c_{ij} – цільові коефіцієнти;

a_{ij} – витрати на певний етап кожного із заходів енергозбереження;

b_j – кошти, що виділяються на енергозбереження протягом обраного проміжку часу, наприклад року.

Економічний зміст і значення цільових коефіцієнтів визначаються критерієм оптимальності (див. табл. 1).

Рішення оптимізаційної моделі проведемо засобами надбудови «Пошук рішення» Microsoft Excel, яка визначить ті етапи кожного із проєктів, які доцільно фінансувати в першу чергу.

Далі визначимо залишки коштів по кожному із відрізків часу:

$$p_j = b_j - \sum_{j=1}^m (a_{ij} \cdot x_{ij}). \quad (6)$$

Також величини можна отримати зі звіту за результатами надбудови «Пошук рішення».

Для рішення задачі оптимального розподілення залишків коштів використаємо матрицю (1), але ті змінні, що увійшли в попереднє оптимальне рішення приймемо рівними нулю. Тоді оптимізаційну модель представимо у вигляді:

$$f(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (c_{ij} \cdot x_{ij}) \rightarrow \max, \quad (8)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m (a_{ij} \cdot x_{ij}) = p_j, \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} 0 \leq x_{ij} \leq 1. \end{cases} \quad (10)$$

Рішення такої оптимізаційної задачі дозволить нам оптимально розподілити залишки фінансів.

За результатами звітів, що створює надбудова «Пошук рішення» Microsoft Excel, проаналізуємо чутливість оптимального рішення [6 – 10]. Тобто визначимо ті межі, в яких можуть змінюватись числові характеристики оптимізаційної моделі так, щоб оптимальне рішення залишалось незмінним. Також сформуємо інші практичні рекомендації по впровадженню управлінського рішення з оптимального управління заходами енергозбереження на машинобудівному підприємстві в умовах недостатнього фінансування.

У випадку, коли числові характеристики моделі не піддаються значним змінам, маємо отримати економічний ефект, який буде виражатися в збільшенні показника взятого за критерій оптимальності (див. табл. 1) порівняно із базовим рішенням.

Якщо числові характеристики моделі значно зміняться, потрібно шукати нове оптимальне рішення по розподіленню залишків коштів на енергозбереження для тих заходів, що допускають часткове виконання. Причому попереднє оптимальне рішення, в якому обрані найважливіші заходи в цілому, скоріше за все, залишиться незмінним. Саме в цьому полягає основна перевага запропонованої автором двохкрокової оптимізації розподілення коштів між заходами енергозбереження на машинобудівному підприємстві.

ВИСНОВКИ

Серед основних переваг запропонованої методики, що використовує класичний апарат лінійного та дискретного програмування, необхідно перелічити такі: практичне використання безпосередньо на машинобудівному підприємстві, без залучення сторонніх науково-дослідних організацій; можливість опанування даної методики спеціалістами із загальноекономічною або технічною освітою, без залучен-

ня фахівців з прикладної математики; реалізація рішення задач лінійного дискретного програмування із застосуванням надбудови «Пошук рішення» Microsoft Excel, без залучення дорогих і складних спеціальних програм комп'ютерної математики; оптимальне розподілення коштів не тільки між цілісними етапами енергозбереження, але і оптимізація залишків коштів, із їх направленням на умовно-цілісні та подільні етапи певних енергозберігаючих проєктів. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Ситник Г. П. Приоритети державної політики криз призму стратегії національної безпеки України / Г. П. Ситник // Матеріали круглого столу «Державна політика забезпечення національної безпеки України: актуальні проблеми та шляхи їх розв'язання», (19 лютого 2013 р.) / Національна академія державного управління при Президенті України. – Київ, 2013. – С. 5 – 13 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://derzhava.in.ua:8081/kafedry/kaf_nbu/SiteAssets/Збірник%20матеріалів_Державна%20політика%20забезпечення%20національної%20безпеки.pdf

2. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения / Дж. Данциг / Пер. с англ. – М. : Физматгиз, 1961. – 310 с.

3. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций / Таха, А. Хемди, 7-е изд.; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

4. Алесинская Т. В. Экономико-математические методы и модели. Линейное программирование : учеб.-метод. пособ. / Т. В. Алесинская, В. Д. Сербин, А. В. Катаев. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2001. – 79 с.

5. Белобродский А. В. Поиск решения с Excel 2000. Руководство по решению экстремальных задач в экономике / А. В. Белобродский, М. А. Гриценко. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2001. – 76 с.

6. Каткова Т. І. Використання економіко-математичних моделей підтримки прийняття рішень за умов невизначеності / Т. І. Каткова // Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. – 2008. – № 3(3). – С. 94 – 97.

7. Microsoft Excel 2010 Interactive Guide RUS – Microsoft Corporation, 2010.

8. Сингаевская Г. И. Функции в Microsoft Office Excel 2010 / Г. И. Сингаевская. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2011. – 1094 с.

9. Долженков В. А. Microsoft Office Excel / В. А. Долженков, А. С. Струченков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 816 с.

10. Курбатова Е. А. Microsoft Office Excel 2010. Самоучитель / Е. А. Курбатова – М. : Диалектика, 2010. – 416 с.

REFERENCES

Alesinskaia, T. V., Serbin, V. D., and Kataev, A. V. *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli. Lineynoe programmirovaniye* [Economic-mathematical methods and models. Linear programming]. Taganrog: TRTU, 2001.

Belobrodskiy, A. V., and Gritsenko, M. A. *Poisk resheniya s Excel 2000. Rukovodstvo po resheniiu ekstremalnykh zadach v ekonomike* [Search solutions with Excel 2000. Guideline for solving extremal problems in the economy]. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, 2001.

Dantsig, Dzh. *Lineynoe programmirovaniye, ego primeneniya i obobshcheniya* [Linear programming applications and generalizations]. Moscow: Fizmatgiz, 1961.

Dolzhenkov, V. A., and Struchenkov, A. S. *Microsoft Office Excel*. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 2011.

Katkova, T. I. "Vykorystannia ekonomiko-matematichnykh modelei pidtrymky pryiniattia rishen za umov nevyznachenosti" [The use of economic-mathematical models for decision support under uncertainty]. *Visnyk Berdianskoho universytetu menedzhmentu i biznesu*, no. 3 (3) (2008): 94-97.

Kurbatova, E. A. *Microsoft Office Excel 2010. Samouchitel* [Microsoft Office Excel 2010. Tutorial]. Moscow: Dialektika, 2010.

Microsoft Excel 2010 Interactive Guide RUS: Microsoft Corporation, 2010.

Singaevskaia, G. I. *Funktsii v Microsoft Office Excel 2010* [Functions in Microsoft Office Excel 2010]. Moscow: Viliams, 2011.

Sytnyk, H. P. "Pryoritety derzhavnoi polityky kriz pryizmu stratehii natsionalnoi bezpeky Ukrainy" [Priorities of public policy through the prism of national security strategy of Ukraine]. http://derzhava.in.ua:8081/kafedry/kaf_nbu/SiteAssets/Збірник%20матеріалів_Державна%20політика%20забезпечення%20національної%20безпеки.pdf

Takha, Khemdi A. *Vvedenie v issledovanie operatsiy* [Introduction to Operations Research]. Moscow: Viliams, 2005.