

**МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ  
ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ  
ПІДПРИЄМСТВАХ ЗА УМОВИ ВСТАНОВЛЕННЯ  
ГАЛУЗЕВИХ ЛІМІТІВ НА ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ  
ГАЗІВ**

Е. КОЗУБ

**MODELS OF OPTIMAL USE OF ENERGY  
RESOURCES IN STEEL MILLS BY SETTING  
BRANCH LIMITS ON GREENHOUSE GAS  
EMISSIONS**

**Анотація.** В роботі вирішуються задачі оптимізації структури виробництва та споживання паливно-енергетичних ресурсів, що дозволяє удосконалити організаційно-виробничий механізм функціонування металургійних підприємств та сформулювати практичні пропозиції щодо оптимізації структури виробництва з урахуванням комплексу економічних, енергетичних та природно-екологічних факторів, враховуючи такі особливості діяльності сучасних металургійних комбінатів, як кількісну і якісну недосконалість їх структури виробництва, які спричинюють випуск неконкурентоспроможної продукції.

**Ключові слова:** паливно-енергетичні ресурси, енергоефективність, енергозбереження, енергоспоживання, парникові гази, металургійні підприємства, структура виробництва.

**Анотация.** В работе решаются задачи оптимизации структуры производства и потребления топливно-энергетических ресурсов, что позволяет усовершенствовать организационно-производственный механизм функционирования металлургических предприятий и сформулировать практические предложения по оптимизации структуры производства с учетом комплекса экономических, энергетических и природно-экологических факторов, учитывая такие особенности деятельности современных металлургических комбинатов, как количественное и качественное несовершенство их структуры производства, которые вызывают выпуск неконкурентоспособной продукции.

**Ключевые слова:** топливно-энергетические ресурсы, энергоэффективность, энергосбережение, энергопотребление, парниковые газы, металлургические предприятия, структура производства.

**Annotation.** In this paper carry out solving the optimization's tasks of production structure and consumption structure of energy resources for improving organizational and production mechanism of the operation of steel mills and for formulating the practical suggestion on optimize the structure of production, taking into account the complex of economic, energy and environmental factors, including the following features of modern steel mills, as quantitative and qualitative shortcomings of the production structure that cause release of uncompetitive products.

**Key words:** energy resources, energy efficiency, energy saving, energy consumption, greenhouse gases, steel mills, production structure.

**Загальна постановка проблеми оптимізації структури виробництва на підприємствах гірничо-металургійного комплексу**

Металургійна галузь є найбільш енергоємною галуззю економіки України. Досягнутий рівень енергоємності металургійної продукції європейських виробників на 20...40% нижче, ніж на вітчизняних підприємствах. Це підтверджує те, що збільшення рівня ефективності енерговикористання є одним з основних напрямків підвищення конкурентоспроможності вітчизняної металургійної продукції й зниження техногенного впливу на навколишнє середовище [1].

Серед основних причин високого рівня енерговитрат необхідно виділити незбалансовану структуру енергоспоживання і нерациональне використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на всіх стадіях виробництва. Більшість фахівців [2, 3] як основний механізм зниження енергоємності виробництва пропонують зосередження на впровадженні сучасних енергозберігальних технологій, створення законодавчої та нормативної бази для їх реалізації та впровадження енергетичного аудиту [4]. Однак для досягнення європейських показників енергоспоживання при реалізації пропонуваного програм енергозбереження в Україні потрібні роки.

Для того, щоб забезпечити ефективне зниження енерговитратності ВВП і загального енергоспоживання, в країні слід докорінно змінити вітчизняну структуру промислового виробництва, орієнтовану на випуск енергоємної продукції, з високою часткою витрат на сировинні та паливні ресурси. Крім того, в сучасних умовах дії міжнародних кліматичних угод [5, 6] слід вирішувати задачу економіко-математичного моделювання структури виробництва металургійних підприємств, що дає можливість оптимізувати використання енергоресурсів виробництва для підвищення ефективності виробничої діяльності в сучасних умовах, підвищення конкурентоспроможності продукції, підвищувати екологічність виробництва.

Для цього необхідне вирішення комплексу питань, пов'язаних з формуванням моделей оптимізації виробничої діяльності металургійних підприємств [7].

Розглянемо концептуальні механізми створення та проектування моделі оптимізації структури виробництва металургійних підприємств за умови встановлення відповідальності при перевищенні встановлених лімітів на викиди парникових газів (ПГ).

**Математична постановка задачі оптимізації структури виробництва за умови встановлення відповідальності при перевищенні лімітів на викиди парникових газів**

За умов дії міжнародних угод зі зміни клімату пропонується встановлення галузевих лімітів на викиди ПГ, їх розподіл по підприємствах. Реальні викиди ПГ від металургійних підприємств в основному перевищують встановлені ліміти. Згідно з ст. 35 Проекту Закону України "Про регулювання у сфері енергозбереження" № 7231 від 1.11.2010 за перевищення встановлених лімітів на викиди ПГ підприємство сплачує штраф: "Розмір штрафу повинен бути пропорційний кількості відсутніх обсягів прав на викиди парникових газів і встановлюється у розмірі п'ятдесяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян за кожен тону  $\text{CO}_2$ -еквівалента викидів парникових газів даного оператора установки, на викид яких такий оператор установки не отримав право на викиди парникових газів» [8]. Виникає необхідність оптимізації структури виробництва за умови встановлення відповідальності при перевищенні лімітів на викиди ПГ для підвищення ефективності використання ПЕР в цілому [9].

На етапі аналізу структури виробництва важливо визначити обсяги планового виробництва на наступний звітний період та відповідно до них квоти на викиди ПГ, яких не вистачає для підприємства, обґрунтувати необхідність корекції структури виробництва продукції та раціонального використання ПЕР [10] разом із досягненням максимального енергетичного ефекту – економією енергетичних ресурсів на металургійних підприємствах, та екологічного – виконання зобов'язань згідно з міжнародними угодами.

Нехай загальна кількість вибраних металургійних підприємств —  $n$  і  $k = \overline{1, n}$ . Кожне  $k$ -е підприємство має обсяг виробництва  $y_{jk}^0$ . Виробництво кожного  $j$ -го виду продукції дає екологічне навантаження (викиди парникових газів на одиницю виготовленої продукції, т  $\text{CO}_2$ -екв/т продукції) у розмірі  $EF_{jk}$ . Загальна кількість видів продукції, що випускається металургійними підприємствами —  $m$  і  $j = \overline{1, m}$ . Коефіцієнт скорочення викидів ПГ для металургійної галузі позначимо через  $l$ .

Для врахування екологічної складової визначення енергоефективності виробництва того чи іншого виду продукції вводимо поняття середньогалузевого питомого викиду парникових газів —  $EF_j$ .

Метою рішення задачі є вибір найбільш енергоефективної структури виробництва  $y_{jk}$  на металургійних підприємствах за умов встановлених обмежень на викиди ПГ та системи штрафів при перевищенні виділених лімітів для досягнення максимально-можливої енергоефективності конкретного металургійного підприємства.

Розглянемо модель розв'язання задачі оптимізації структури виробництва за умови встановлення відповідальності при перевищенні лімітів на викиди ПГ для металургійних підприємств.

Цільова функція полягає у максимізації прибутку металургійних підприємств та приймає вигляд:

$$Z = f(y_{jk}) = \sum_{j,k=1}^{m,n} (c_j - x_{jk} \sum_{i=1}^f s_{ik} h_i) y_{jk} - p \sum_{j,k}^{m,n} F(EF_{jk} - lEF_j) y_{jk} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Запишемо обмеження на викиди ПГ для металургійних підприємств:

$$\begin{aligned} \beta_{\min} y_{jk}^0 &\leq y_{jk} \leq \beta_{\max} y_{jk}^0, \\ \sum_{j,k}^{m,n} EF_{jk} y_{jk} &\leq l \sum_{j,k}^{m,n} EF_j y_{jk}^0, \\ \bar{k} &= \overline{1, n}, \bar{j} = \overline{1, m}, \end{aligned} \quad (2)$$

- де  $y_{jk}$  – оптимальний план виробництва  $j$ -го виду продукції  $k$ -м підприємством, т;  
 $y_{jk}^0$  – фактичний план виробництва  $j$ -го виду продукції  $k$ -м підприємством, т;  
 $x_{jk}$  – питомі витрати ПЕР на виробництво  $j$ -го виду продукції  $k$ -м підприємством, т у п./т;  
 $c_j$  – умовна вартість  $j$ -го виду продукції, грн./т;  
 $S_{ik}$  – частка палива типу  $i$  у загальній структурі енерговикористання  $k$ -го підприємства,  $i = \overline{1, f}$ ;  
 $h_i$  – умовна вартість  $i$ -го виду палива, грн./т;  
 $p$  – штраф за кожну тонну CO<sub>2</sub>-еквівалента викидів парникових газів для підприємства, на викид яких підприємство не отримало права, грн./т CO<sub>2</sub>-екв.;  
 $\beta_{\min}$  – коефіцієнт можливого скорочення початкового плану виробництва;  
 $\beta_{\max}$  – коефіцієнт можливого збільшення початкового плану виробництва.

Нижні границі плану виробництва для металургійних підприємств можуть бути продиктовані укладеними договорами, а верхні – виробничими потужностями.

- $EF_j$  – середньогалузеві питомі викиди ПГ при виробництві  $j$ -го виду продукції, т CO<sub>2</sub>-екв.;  
 $EF_{jk}$  – питомі викиди ПГ при виробництві  $j$ -го виду продукції  $k$ -м підприємством, т CO<sub>2</sub>-екв.;  
 $l$  – коефіцієнт скорочення викидів ПГ для металургійної галузі;

- $\sum_{j,k=1}^{m,n} y_{jk} c_j$  – загальна вартість виготовленої продукції підприємствами, грн.;  
 $\sum_{j,k=1}^{m,n} y_{jk} x_{jk}$  – загальні витрати енергоресурсів на виробництво продукції, т у п.;  
 $\sum_{i,k=1}^{f,n} s_{ki} h_i \sum_{j=1}^m y_{jk} x_{jk}$  – загальні грошові витрати на енергоресурси, грн.;

$pF(u)$  – штрафна функція при перевищенні об'єму викидів деякими підприємствами, причому:

$$F(u) = \begin{cases} u, & \text{якщо } u > 0 - \text{підприємство перевищує встановлену квоту;} \\ 0, & \text{якщо } u \leq 0 - \text{підприємство не перевищує встановлену квоту.} \end{cases}$$

$$u = \sum_{j,k}^{m,n} EF_{jk} y_{jk} - l \sum_{j,k}^{m,n} y_{jk} EF_j. \quad (3)$$

Загальний об'єм викидів ПГ по галузі буде становити  $\sum_{j,k}^{m,n} EF_{jk} y_{jk}$ . При цьому викиди не повинні

перевищувати ліміт, який був встановлений для металургійної галузі.

Задача оптимізації структури виробництва за умови встановлення відповідальності при перевищенні лімітів на викиди ПГ для металургійних підприємств являє собою звичайну задачу лінійного програмування [10].

Отримана задача оптимізації вирішується відомими методами [11], найефективніше реалізується за допомогою симплекс-методу [12]. Рішення задачі цим методом забезпечує можливість розрахунку ефективності за початковими джерелами економічних ресурсів, дає можливість оперативного перерахунку вибору оптимальної структури виробництва металургійного підприємства, які дають більший ефект від скорочення викидів ПГ, а й, відповідно, ефективного використання ПЕР залежно від зміни ліміту на викиди ПГ.

Розрахунки проводились для 15-ти металургійних комбінатів України. Використовуючи симплекс-метод, враховуючи обмеження, були отримані результатні дані, які відображають оптимальну структуру виробництва за умови встановлення відповідальності при перевищенні лімітів на викиди ПГ для всіх підприємств ГМК. Згідно з оптимальним планом виробництва в умовах дії міжнародних кліматичних угод та встановлення лімітів на викиди парникових газів для підприємств ГМК оптимізація структури виробництва для підприємств з повним металургійним циклом виробництва полягає в зниженні частки виробництва найбільш енергоємної і дешевої продукції. За заданих умов – це агломерат та чавун. Виробництво агломерату згідно з оптимальним планом приймає значення нижньої границі плану виробництва (обмеження, яке задається на основі укладених договорів та виробничих потужностей). В результаті оптимізації виробництва на металургійних підприємствах, для всіх підприємств з повним циклом виробництва, обсяг енергоресурсів, необхідних для виконання плану виробництва, зменшився за рахунок скорочення обсягів виробництва енергоємної продукції. Обсяг коштів, які можна заощадити за рахунок оптимізації структури виробництва металургійної продукції для досліджуваних підприємств лежить в межах від 0,6% до 7%. Для підприємств з неповним циклом виробництва обсяги енергоресурсів, необхідних на виконання плану, відповідно збільшенню обсягів виробництва, зросли на 10%, оскільки відсутні варіації щодо структури виробництва (металургійні підприємства випускають один вид продукції). Відповідно до тенденції зміни обсягів споживання енергоресурсів, витрати на паливо мають ту ж тенденцію спаду для металургійних підприємств з повним циклом виробництва, та росту – для металургійних підприємств з неповним циклом виробництва.

#### **Математична постановка задачі оптимізації споживання енергоресурсів на металургійних підприємствах за умови встановлення лімітів на викиди парникових газів**

За умови встановлення лімітів на викиди ПГ виникає необхідність оптимізації структури споживання енергетичних ресурсів в системі енерговикористання металургійних підприємств для підвищення ефективності використання ПЕР в цілому по галузі [14].

На етапі аналізу структури споживання ПЕР металургійними підприємствами по основних виробництвах важливо обґрунтувати необхідність корекції структури споживання енергоресурсів та раціонального їх використання [15] разом із досягненням максимального енергетичного ефекту – економією енергетичних ресурсів на металургійних підприємствах, та екологічного – виконання зобов'язань згідно з міжнародними угодами.

Метою рішення задачі є вибір найбільш енергоефективної структури споживання ПЕР на металургійних підприємствах з урахуванням екологічних аспектів за умов встановлених обмежень на викиди для досягнення максимально-можливої енергоефективності конкретного металургійного підприємства.

Спочатку розглянемо лінійну модель розв'язання задачі оптимізації викидів ПГ за рахунок зміни структури енерговикористання на металургійних підприємствах.

Цільова функція задачі полягає у мінімізації загальних викидів парникових газів за рахунок зміни структури енерговикористання на металургійних підприємствах.

Цільова функція полягає в максимізації прибутку металургійних підприємств і приймає вигляд:

$$Z = f(s_{ik}) = \sum_{j,k}^{m,n} x_j y_{jk}^0 \sum_{i,k}^{f,n} s_{ik} d_i \rightarrow \min. \quad (4)$$

Запишемо обмеження на викиди ПГ для металургійних підприємств:

$$\beta_{\min} s_{ik}^0 \leq s_{ik} \leq \beta_{\max} s_{ik}^0,$$

$$\sum_i^f s_{ik} = 1, \quad (5)$$

$$\bar{k} = \overline{1, n}, \bar{i} = \overline{1, f},$$

де  $y_{jk}^0$  – фактичний план виробництва  $j$ -го виду продукції  $k$ -м підприємством, т;  
 $x_j$  – середньогалузеві питомі витрати ПЕР на виробництво  $j$ -го виду продукції, т у. п.;  
 $s_{ik}$  – частка палива типу  $i$  у загальній структурі енерговикористання  $k$ -го підприємства;  
 $s_{ik}^0$  – оптимальна частка палива типу  $i$  у загальній структурі енерговикористання  $k$ -го підприємства;  
 $d_i$  – коефіцієнт викидів діоксиду вуглецю від спалювання палива типу  $i$ , т CO<sub>2</sub>-екв./т у. п.;  
 $EF_{jk}$  – питомі викиди ПГ при виробництві  $j$ -го виду продукції  $k$ -м підприємством, т CO<sub>2</sub>-екв.:

$$EF_{jk} = x_j \sum_{i,k}^{f,n} s_{ik} d_i, \quad (6)$$

де  $\beta_{\min}$  – мінімально-можливий коефіцієнт заміщення одного виду енергоресурсу на інший;  
 $\beta_{\max}$  – максимально-можливий коефіцієнт заміщення одного виду енергоресурсу на інший.

Нижні границі коефіцієнта заміщення одного виду енергоресурсу на інший для металургійних підприємств можуть бути продиктовані укладеними договорами, доступністю того чи іншого виду енергоресурсу; верхні границі – технологією спалювання палива.

В реальній ситуації нижні границі можуть бути продиктовані укладеними договорами, а верхні – виробничими потужностями.

Загальний об'єм викидів ПГ по галузі буде становити  $\sum_{j,k}^{m,n} EF_{jk} y_{jk}$ .

Задача оптимізації споживання енергоресурсів на металургійних підприємствах за умови встановлення лімітів на викиди ПГ являє собою звичайну задачу лінійного програмування.

Результатні дані для 15-ти металургійних комбінатів отримані при розв'язанні задачі симплекс-методом щодо зміни загальних викидів ПГ відповідно до оптимальної структури споживання ПЕР на металургійних підприємствах. Результатом оптимізації структури споживання ПЕР на підприємствах ГМК являється зменшення частки енергоресурсів з високим вмістом вуглецю, тобто вугілля, коксу металургійного та доменного газу для всіх підприємств. Таким чином, за рахунок зміни структури енерговикористання на металургійних підприємствах вказаних обмеження можна зменшити загальні викиди парникових газів майже на 4%. Обсяг коштів, які можна заощадити за рахунок оптимізації структури енерговикористання для досліджуваних підприємств, лежить в межах від 0,2% до 7%.

За сучасних умов дії міжнародних кліматичних угод, окрім задачі ефективного використання енергетичних ресурсів, слід вирішувати задачу щодо залучення в енергетичний баланс нових видів енергоносіїв з метою скорочення викидів ПГ. Для цього необхідний вихід на якісно новий рівень енергозбереження, перерозподіл сировинних ресурсів і залучення до сировинного та паливного балансу альтернативних енергетичних ресурсів, в тому числі – вторинного походження (ВЕР). При цьому слід збільшити використання більш екологічних видів ПЕР.

Таким чином, у вирішенні проблеми ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів за умов дії міжнародних угод особливе місце належить реструктуризації паливно-енергетичного балансу гірничо-металургійного комплексу, а також широке використання вторинних енергетичних ресурсів.

### Висновки

1. Одним з основних напрямків підвищення конкурентоспроможності вітчизняної металургійної продукції й зниження техногенного впливу на навколишнє середовище є підвищення рівня ефективності енерговикористання. Серед основних причин високого рівня енерговитрат необхідно виділити незбалансовану структуру енергоспоживання і нераціональне використання ПЕР на всіх стадіях виробництва. Для того, щоб забезпечити ефективне зниження енерговитратності ВВП і загального енергоспоживання в країні, слід докорінно

- змінити вітчизняну структуру промислового виробництва, орієнтовану на випуск енергоємної продукції, з високою часткою витрат на сировинні та паливно-енергетичні ресурси.
2. Вирішення задачі оптимізації структури виробництва дозволяє удосконалити організаційно-виробничий механізм функціонування металургійних підприємств та сформулювати практичні пропозиції щодо оптимізації структури виробництва з урахуванням комплексу економічних, енергетичних та природно-екологічних факторів, враховуючи такі особливості діяльності сучасних металургійних комбінатів, як кількісну і якісну недосконалість їх структури виробництва, які спричинюють випуск неконкурентоспроможної продукції.
  3. Встановлення штрафів за перевищення лімітів на викиди ПГ не для всіх підприємств-виробників являється ефективним засобом, який би спонукав до впровадження управлінських рішень з метою збільшення життєздатності підприємства в нових економічних умовах, тобто в рамках нових міжнародних угод. Тому у вирішенні проблеми ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів в умовах дії міжнародних угод особливе місце належить оптимізації структури виробництва при жорсткому виконанні встановлених зобов'язань щодо викидів ПГ та реструктуризації паливно-енергетичного балансу гірничо-металургійного комплексу, зменшенні використання органічного палива, заміні природних паливно-енергетичних ресурсів вторинними відпрацьованими енергоресурсами, наприклад, доменним та коксовим газом. Врахування впливу на довкілля під час планування та вибору технології виробництва, асортименту продукції та структури споживання ПЕР стимулює металургійні підприємства до технологічних нововведень, розробки та впровадження енергоефективних технологій.

#### Література

1. Иншеков Е.Н. Техничко-экономические аспекты повышения энергоэффективности металлургического комплекса в условиях действия Киотского протокола/ Е.Н. Иншеков, Е.Н.Кравченко.- Киев, 2008.-41 с.– Деп. в ДНТБ Украины 07.07.2008, № 110-Ук2008.
2. Дзюбан В.С. Энергоресурсосбережение - приоритетная задача предприятий Украины: [Снижение энергопотребления предприятий горнодобывающей промышленности] /В.С.Дзюбан, М.И. Рымар// Энергосбережение.- 2006. - № 11.- С. 10-11.
3. Жуков Ю.П. Особенности расчета объемов энергосбережения промышленными экономическими агентами при энергоаудите: [Энергетика. Энергосбережение. Энергоменеджмент] / Ю.П. Жуков, В.Ф. Боронин // Энергосбережение.- 2006.- № 8.- С. 20-22.
4. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / [О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега, О.О.Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака]. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
5. Звіт про результати 16-тої конференції Сторін Рамкової конвенції ООН про зміни клімату в Канкуні від 28.02.2011 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.necu.org.ua/review-ghg-potential/>
6. Kyoto Protocol. Status of ratification [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.unfccc.int/files/essential\\_background/kyoto\\_protocol.pdf](http://www.unfccc.int/files/essential_background/kyoto_protocol.pdf)
7. До питання оптимізації енергоспоживання в металургії: [Економія енергетичних та сировинних ресурсів в металургії] / Державне підприємство "Укрпромзовнішпекспертиза", м. Київ // Енергоресурсозбереження.– 2006.–№ 3.– С. 9–15.
8. Проект Закону України "Про регулювання у сфері енергозбереження" від 1 листопада 2010 № 7231 // База "Законодавство України" на сайті Ліга закон [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/?s=search&idView=LZ\\_SUITE\\_LZ&beginPos=41&countBlock=10&kw2=251&sort=15](http://search.ligazakon.ua/?s=search&idView=LZ_SUITE_LZ&beginPos=41&countBlock=10&kw2=251&sort=15)
9. Иншеков С.М. Принципи формування відповідальності промислових підприємств за використання енергетичних ресурсів та викиди парникових газів [Текст] / С.М. Иншеков, О.С. Дробаха, О.М. Козуб // Науковий журнал „Промелектро”. – 2010. – №4. – С.23–28.
10. Цепенюк Н. Стратегічні пріоритети розвитку промисловості будівельних матеріалів регіону [Текст] / Н. Цепенюк // Галицький економічний вісник. — 2011. — №1(30). — С.123–127 – (економіка та управління національним господарством).
11. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Уч. пособие для студентов эконом. спец. вузов [Текст] / И.Л. Акулич. – М.: Высш. шк., 1986. – 319 с.
12. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: Підручник. – 4-е вид., перероб. і допов. [Текст] /Ю.П. Зайченко. – К. : 2000. – 688 с.

13. Попов Ю.Д. Методи оптимізації. Навчальний електронний посібник для студентів спеціальностей “Прикладна математика”, “Інформатика”, “Соціальна інформатика” /Ю.Д.Попов, В.І. Тюптя, –Київ: Електронне видання. Ел. бібліотека факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2003.–215 с. – Режим доступу: [http://fizmat.mdpu.org.ua/biblio/docs/met\\_opt/metod.pdf](http://fizmat.mdpu.org.ua/biblio/docs/met_opt/metod.pdf)
  14. Литвиненко В.Г. Расход энергоресурсов на производство металлургической продукции [Текст] / В.Г. Литвиненко, Д.В. Сталинский, Г.Н. Грецкая // Сталь. –2005. – № 7. – С. 124–128.
  15. Назюта Л.Ю. Проблемы энергообеспечения металлургического производства Украины [Текст]/ Л.Ю. Назюта, Н.В. Косолап, А.В. Губанова// Черные металлы.– 2006.– № 5.– С. 29–37.
-