

Нормована вихідна потужність (рис. 2,г), яка важлива для ряду електроприводів, є далекою від максимальної, але двигун у зазначеній робочій точці працює з номінальним навантаженням і максимальною енергетичною ефективністю.

Отже, використання принципів ТД НП відкриває нові можливості для аналізу енергетики електроприводів постійного струму. Аналогічно до наведених у цій статті, можна легко формувати різні інші критерії ефективності роботи систем електроприводів.

1. Де Гроот С., Мазур П. *Неравновесная термодинамика*. М., 1964.
2. Гуров К.П. *Феноменологическая термодинамика необратимых процессов (физические основы)*. М., 1978.
3. Вестерхоф Х., ван Дам К. *Термодинамика и регуляция превращений свободной энергии в биосистемах*. М., 1992.
4. Эткин В.А. *Термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии*. Саратов, 1991.

УДК 504:658.562

В. Семенюк, В. Семенюк, В. Камбург, В. Венгржановська  
Технологічний університет Поділля

## ВІД ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ДО ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

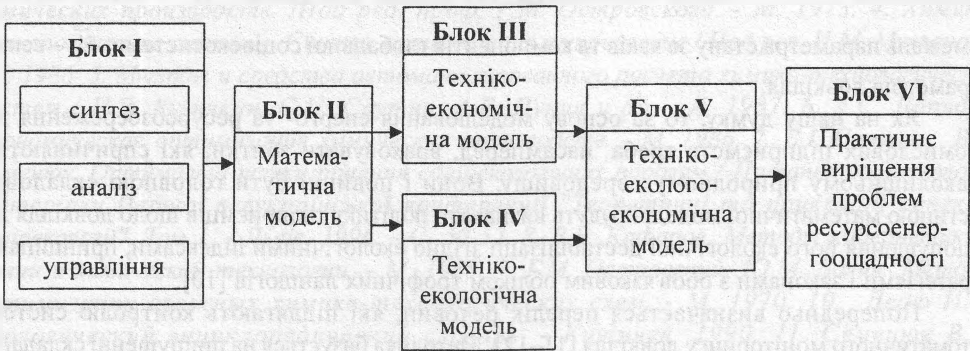
© Семенюк В., Семенюк В., Камбург В., Венгржановська В., 2002

**Показано необхідні та достатні умови переходу від техніко-економічного до еколого-економічного моделювання ресурсо- та енергозбереження.**

**We are show questions of wanting from technical-economics to ecology-economics models power and resource abilities.**

В найближчий час на Україні буде прийнято закон про екологічний аудит, який є складовою частиною екологічного менеджменту. Екоаудит являє собою інструмент управління, який системно охоплює всі питання екологічної оцінки діяльності підприємства, удосконалення системи регулювання впливу підприємства на довкілля та оцінки його інвестиційної привабливості, зокрема вирішення проблем збереження енергії та ресурсів [1-2]. А оскільки одним з головних споживачів природних ресурсів та енергії є промислові підприємства різних галузей народного господарства (також ці підприємства є широкомасштабними забруднювачами довкілля), то для них конче потрібна модернізація виробництв із застосуванням методів системного екологічного підходу. Під цим терміном ми розуміємо комплекс технологічних, управлінських і господарчих удосконалень і нововведень, які здатні поліпшити екологічні характеристики підприємства і зменшити його негативний тиск на природу та людину.

Розв'язати цю задачу можливо за допомогою системного аналізу, який широко застосовується як в промисловості, так і в моделюванні соціально-економічних та екологічних систем [2-7]. Пояснимо це на схемі (див. рисунок):



*Розв'язування ресурсоенергетичних проблем методом системного аналізу*

Природно, що Блок IV є функцією "роботи" Блоків I-V. Система синтез-аналіз управління виробництвом являє собою аргументацію для побудови Блока II [3-5]. На основі Блока II створюється математична модель підприємства (Блок II, рис.), яка дає можливість розглянути техніко-економічну модель (Блок III) [8] та виявити вплив виробництва (всього підприємства) на навколишнє природне середовище (Блок IV). Об'єднання математичних моделей Блоків III і IV дає змогу створити техніко-екологоекономічну модель (Блок V), яка діє в оптимальному режимі [6], і перейти до розв'язування задач, пов'язаних зі збереженням природних ресурсів та зниженням енерговитрат на виробництві.

Будуючи техніко-еколого-економічну модель, необхідно на кожному етапі моделювання мати оптимальні вихідні характеристики, для чого може бути застосовано метод динамічного програмування [9], тобто:

$$\begin{aligned}
 Q_k^* [x_1^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}] &= \min Q_k [x_1^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}, u_i^{(k+1)}, \dots, u_n^{(N)}] = \\
 &= \min \left\{ \varphi_{k+1} [u_1^{(k+1)}, \dots, u_r^{(k+1)}] + Q_{k+1}^* [x_1^{(k+1)}, \dots, x_n^{(k+1)}] \right\} \\
 u_i^{(k+1)}, \dots, u_i^{(N)} &\in D_i
 \end{aligned} \quad (1)$$

де  $x_k^{(k)}$  – параметри, які описують роботу кожного блока (функція  $Q_k$ );  $u_i^{(k+1)}$  – параметри управління;  $Q_k^*$  – мінімальне значення функції  $Q_k$  при визначених аргументах  $\bar{x}$  та  $\bar{u}$ ;  $D_i$  – область оптимізації задачі.

В загальному вигляді математичну техніко-еколого-економічну модель можна подати як сукупність математичних моделей окремих елементів системи, зв'язаних між собою визначеними співвідношеннями [7]:

$$\left. \begin{aligned}
 \bar{Y}_i &= \bar{F}_i(\bar{X}_i, \bar{K}_i, \bar{V}_i) \\
 \bar{H}_i &= \phi_i(\bar{X}_i, \bar{K}_i, \bar{V}_i) \\
 \bar{Y}_k &= \bar{X}_n
 \end{aligned} \right\}, \quad (\text{в першому представленні "чорна скринька"}) \quad (2)$$

де:  $\bar{X}_i(\bar{Y}_i)$  – вектор параметрів стану вхідних (вихідних) матеріальних та енергетичних потоків;  $\bar{K}_i$  – вектор параметрів  $i$ -го елемента глобальної екосистеми;  $i = \overline{1, N}$  – кількість її

компонентів;  $k$  і  $n$  – номери компонентів, які зв'язані між собою;  $\overline{H}_i$  – вектор-функція обмежень параметра стану зв'язків та компонентів глобальної соціоекосистеми;  $\overline{V}_i$  – вектор параметрів довкілля.

Як на нашу думку, то за основу моделювання енерго- та ресурсозбереження для промислових підприємств треба, насамперед, враховувати збитки, які спричиняються навколишньому природному середовищу. Вони і повинні бути головною складовою частиною математичної моделі і будуть визначати політику підприємств щодо довкілля для недопущення його екологічної дестабілізації згідно екологічними індексами, принципами, стратегіями і законами з обов'язковим обліком трофічних ланцюгів [10].

Попередньо визначається перелік речовин, які підлягають контролю системи автоматичного моніторингу довкілля [11–12]. Методика базується на припущенні складання списку пріоритету забруднювальних речовин з врахуванням параметра використання повітря

$$(ПП): \text{реального } ПП_i = \frac{M_i}{Q_i} \text{ та того, що вимагається } ПП_{Гі} = \frac{M_i}{ГДК_i}.$$

де  $M_i$  – сумарна кількість викидів  $i$ -ї домішки;  $q_i$  – концентрація за даними розрахунків або досліджень;  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація забруднювальної речовини з урахуванням значень граничного забруднення атмосфери (ГЗА).

Необхідно передбачити можливість взаємодії забруднювальних речовин, наявність рівноважних процесів та зміну концентрації забруднення з врахуванням швидкості повітря, що було показано нами в роботі, тобто використовувати такі рівняння, які дають змогу виконати цикл розрахунків [15, 19]:

$$K = \frac{\prod_{j=1}^m C_j^{\gamma_j}}{\prod_{i=1}^n C_i^{\gamma_i}}, \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}) \quad (3)$$

$$W_{rj} = \sum_{r=1}^l \mu_{rj} \cdot k_r(T) \prod_{i,j=1}^{n,m} C_j^{\gamma_j}, \quad (r = \overline{1, l}) \quad (4)$$

$$C_{jr} = \frac{C_{jr}^0 V_1}{\frac{V_1}{V(1+k_r)} - \frac{V_1}{V(1+k_r)-1} \cdot e^{-\tau(1+k_r)}}, \quad (5)$$

де  $K$  – константа хімічної рівноваги;  $C_i, C_j$  – концентрації вихідних та кінцевих речовин;  $\gamma_i, \gamma_j$  – порядок реакцій за  $i$ - та  $j$ -м компонентами;  $W_{rj}$  – швидкість хімічної реакції за  $j$ -м компонентом в  $r$ -й реакції;  $\mu_{rj}$  – стехіометричний коефіцієнт компонента в  $r$ -й реакції;  $V_1$  – обсяг викидів забруднень;  $V$  – обсяг довкілля;  $\tau$  – час досягнення хімічної рівноваги.

На нашу думку, кошторис повинен складатися з витрат, що зумовлені нанесенням збитків довкіллю з урахуванням сучасних підходів; прикладом може бути система CORINAIR [15-16].

1. Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. та інші. Екологічний аудит: Посібник з екологічного менеджменту і екологічного аудиту. - К. 1997. 2. Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. та інші. Модернізація виробництва: системно-екологічний

- підхід. - К. 1997. 3. Кроу К., Гамилеу А., Хоффман Т. и др. Математическое моделирование химических производств. /Под ред. проф. Г.М. Островского. - М. 1973. 4. Химико-технологические системы. Синтез, оптимизация и управление / Под ред. И.М. Мухленова. - Л. 1986. 5. Методы и средства автоматизированного расчета химико-технологических систем / Н.В. Кузичкин, С.Н. Саутин, А.Е. Пунин и др. - Л. 1987. 6. А.С. Лапидус. Экономическая оптимизация химических производств. - М. 1986. 7. В.І. Семенюк, В.В. Семенюк. Оптимальні шляхи рішення соціоекологічних проблем / Питання соціоекології. Матеріали Першої всеукраїнської конференції "Теоретичні та прикладні аспекти соціоекології". Том 1. - Львів. 1996. - С. 50-52. 8. В.В. Кафаров. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М. 1985. 9. Г.М. Островский, Ю.М. Волин. Методы оптимизации сложных химико-технологических схем. - М. 1970. 10. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. - Кишинев. 1990. 11. Семенюк В.І., Венгржановський В.А., Семенюк В.В. Щодо вдосконалення системи моніторингу в Україні / Вісник Технологічного ун-ту Поділля, Ч. 1, Технічні науки. №5. 2000. - С. 181-182. 12. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД.52.04.186-89. - М. 1991. 13. Семенюк В.І., Семенюк В.В. Об учете химического взаимодействия вредных выбросов в атмосфере / Тезисы докладов Украинской конференции "Моделирование и исследование устойчивости систем", Киев 20-24 мая 1996 г. - С. 122-123. 14. Семенюк В., Венгржановский В., Семенюк В. Мониторинг в контроле за энергосбережением / Вісн. Державного університету "Львівська політехніка" "Проблеми економії енергії". -№2 -1999. -С. 288-292. 15. Семенюк В.І., Камбург В.Г., Семенюк В.В. До впровадження системи CORINAIR в Україні / Міжнародний науково-технічний журнал "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" №1, 2000. - С. 176-179. 16. Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух различными производствами (на основе "Руководства по инвентаризации выбросов в атмосферу CORINAIR"). - Донецк. 2001.