

швидкістю фільтрувалась рідина. Аналіз проб здійснювався електропотенціометричним і ваговим методом, залежно від досліджуваного об'єкта.

За даною методикою визначались коефіцієнти стислої дифузії при екстрагуванні селітри ( $\text{KNO}_3$ ) з пористих частинок приготовлених штучно ( пористість – 25%, діаметр частинок – 1,5 мм і швидкість фільтрації складала 0,00033 м/с). Визначений коефіцієнт дифузії становив  $D_M=1.5 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Аналогічно визначались коефіцієнти дифузії для системи “бокситові спеки – 15% NaOH” при вилученні  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , який складав при температурі 60°C  $D_M=1.83 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ . Для умов екстрагування сірки з руд Роздольського басейну при температурі 140°C,  $d_{\text{сер}}=4.0 \text{ мм}$  і швидкості фільтрації  $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$  -  $D_M=7.6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ .

1. Аксельруд Г.А. *Массообмен в системе твердое тело – жидкость*. Львів, 1970. – 182с.
2. Аксельруд Г.А., Семенов Е.М., *Кинетика извлечения окиси алюминия из спеков.* // *Цветные металлы*. – 1966. – №10. – С.48 – 51.
3. Аксельруд Г.А., Семенов Е.М., Дацко Р.М. *Массообмен при извлечении серы из слоя руды* // *ИФЖ*. – 1971. – Т. 21. – №3. – С. 447 – 451.
4. Аксельруд Г.А., Абрамов В.Я., Семенов Е.М. *Определение коэффициента диффузии алюмината натрия*. В кн.: *Производство глинозёма*. – Л.: *Металлургия*, 1969. – С. 72 – 75.

УДК 504:658.562

**В.В. Семенюк, В.І. Семенюк, В.Г. Камбург, В.В. Венгржановська**  
Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

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

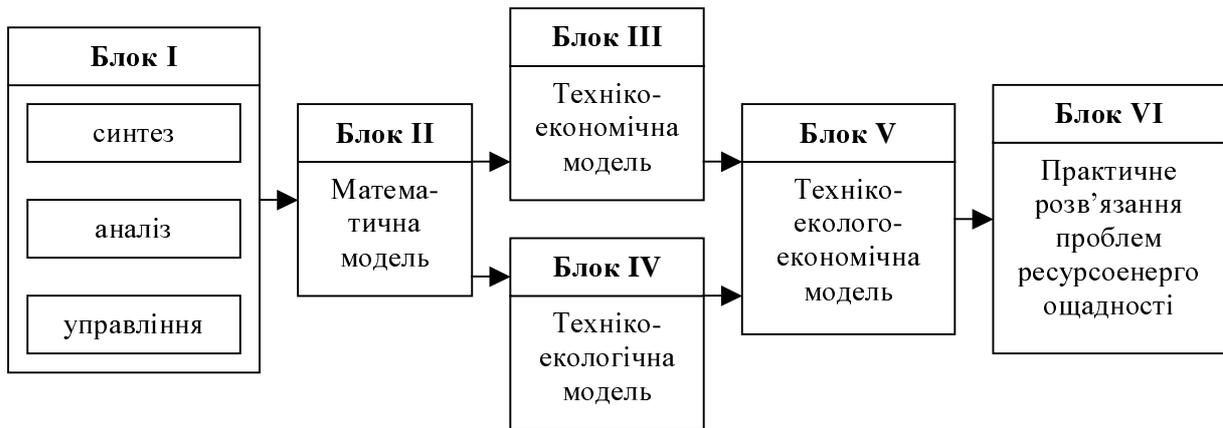
© Семенюк В.В., Семенюк В.І., Камбург В.Г., Венгржановська В.В., 2002

**Показані 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.**

Найближчим часом в Україні буде прийнято закон про екологічний аудит, який є складовою частиною екологічного менеджменту. Екоаудит є інструментом управління, який системно охоплює всі питання екологічної оцінки діяльності підприємства, удосконалення системи регулювання впливу підприємства на довкілля та оцінки його інвестиційної привабливості, в тому числі 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 знайшов широке застосування як в промисловості, так і в моделюванні соціально-економічних та екологічних систем [2 – 7]. Пояснимо це на схемі:



Розв'язування ресурсоенергетичних проблем методом системного аналізу

Природно, що блок IV є функцією “роботи” блоків I-V. Система синтез – аналіз управління виробництвом є аргументацією для побудови блоку II [3 – 5]. На основі блоку II створюється математична модель підприємства (Блок II, рис. 1), яка дає можливість розглянути техніко-економічну модель (блок III) [8] та виявити вплив виробництва (всього підприємства) на довкілля (блок IV). Об'єднання математичних моделей блоків III і IV дає змогу створити техніко-еколого-економічну 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.

При побудові техніко-еколого-економічної моделі необхідно на кожному етапі моделювання мати оптимальні вихідні характеристики, для чого може бути застосовано метод динамічного програмування [9], тобто:

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

де  $x_k^{(k)}$  – параметри, які описують роботу кожного блоку (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]:

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

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;  $\bar{H}_i$  – вектор-функція

обмежень параметра стану зв'язків та компонентів глобальної соціоєкосистеми;  $\bar{V}_i$  – вектор параметрів довкілля.

Як на нашу думку, то за основу моделювання енерго- та ресурсозбереження для промислових підприємств треба, в першу чергу, враховувати збитки, які спричиняються в довкіллі. Вони і повинні бути головною складовою частиною математичної моделі і будуть визначати політику підприємців відносно довкілля з метою недопущення його екологічної дестабілізації згідно з екологічними індексами, принципів, стратегій і законів з обов'язковим обліком трофічних ланцюгів [10].

При цьому попередньо визначається перелік речовин, які контролюють системи автоматичного моніторингу довкілля [11 – 12]. Методика базується на припущенні складання списку пріоритету забруднюючих речовин з врахуванням параметра використання повітря (ПП): реального  $ПП_i = \frac{M_i}{Q_i}$  та вимагаемого  $ПП_{ri} = \frac{M_i}{ГДК_i}$ , де  $M_i$  – сумарна кількість викидів і-ї домішки;  $q_i$  – концентрація за даними розрахунків або досліджень;  $ГДК_i$  – граничнодопустима концентрація забруднювальної речовини з урахуванням значень граничного забруднення атмосфери (ГЗА).

При цьому 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 провести даний цикл розрахунків [15, 19]:

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

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

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

де  $K$  – константа хімічної рівноваги;  $C_i, C_j$  – концентрації вихідних та кінцевих речовин;  $\gamma_i, \gamma_j$  – порядок реакцій за і- 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 навколишнього середовища;  $\tau$  – час досягнення хімічної рівноваги.

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

1. Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. та ін. Екологічний аудит: Посібник з екологічного менеджменту і екологічного аудиту. – К.: Символ-Т, 1997. – 221 с. 2. Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. та ін. Модернізація виробництва: системно-екологічний підхід. – К.: Символ-Т, 1997. – 245 с. 3. Кроу К., Гамилец А., Хоффман Т. и др. Математическое моделирование химических производств // Пер с англ.; Под ред. проф. Г.М. Островского. – М.: Мир, 1973. – 392 с. 4. Химико-технологические системы. Синтез, оптимизация и управление / Под ред. И.М. Мухленова. – Л.: Химия, 1986. – 424 с. 5. Методы и средства автоматизированного расчета химико-технологических систем / Н.В.

Кузичкин, С.Н. Саутин, А.Е. Пунин и др. – Л.: Химия, 1987. – 152 с. 6. Лapidус А.С. Экономическая оптимизация химических производств. – М.: Химия, 1986. – 208 с. 7. Семенюк В.І., Семенюк В.В. Оптимальні шляхи рішення соціоекологічних проблем / Питання соціоекології. Матеріали Першої всеукраїнської конференції “Теоретичні та прикладні аспекти соціоекології”. Том 1. – Львів: ЛДУ, 1996. – С. 50 – 52. 8. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1985. – 448 с. 9. Островский Г.М., Волин Ю.М. Методы оптимизации сложных химико-технологических схем. – М.: Химия, 1970. – 328 с. 10. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1990. – 408 с. 11. Семенюк В.І., Венгржановський В.А., Семенюк В.В. Щодо вдосконалення системи моніторингу в Україні // Вісн. Технологічного ун-ту Поділля, частина 1, технічні науки. – 2000. – №5. – С. 181 – 182. 12. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД.52.04.186-89. – М.: Госком СССР по гидрометеорологии, Минздрав СССР, 1991. – 693 с. 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. Валерий Семенюк, Виктор Венгржановский, Владимир Семенюк. Мониторинг в контроле за энергосбережением / Вісн. Державного університету “Львівська політехніка”. – 1999. – №2. – 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”. – 2000. – №1. – С. 176 – 179. 16. Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух различными производствами (на основе «Руководства по инвентаризации выбросов в атмосферу CORINAIR»). – Донецк: УкрНЦТЭК, 2001. – 268 с.

УДК 504:658.562

В.В. Семенюк, В.І. Семенюк, В.Г. Камбург, В.А. Венгржановський  
Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

## ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

© Семенюк В.В., Семенюк В.І., Камбург В.Г., Венгржановський В.А., 2002

**Наведена модель розрахунку розсіювання забруднювальних речовин залежно від висоти стаціонарного джерела викиду. На базі цієї моделі показано можливість зміни стану довкілля та його енергетичних та ресурсних здібностей.**

**The model of calculation of dispersion of polluting substances is given on height of a stationary source of emission. On the basis of this model the opportunity of change of a condition of an environment and its power and resource abilities is shown.**

Сучасні методи розрахунку розсіювання забруднювальних речовин (ЗР) в атмосферному повітрі від стаціонарних джерел викидів базуються на формулі Саттона [1] або на залежностях, які наведено в ОНД-86 [2] (останній документ є обов’язковим для екологічних досліджень в Україні).

Однак у формули Саттона є ряд недоліків:

$$C_{x,y,z} = \frac{10^3 M}{\Pi \sigma_j \sigma_z \bar{u}} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \exp\left[-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right], \quad (1)$$