

УДК 504.064:658

І.О. Ушакова, А.Б. Миколайчук

*Харківський національний економічний університет, Харків*

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

*Запропоновано раціональну технологію прийняття рішень на основі аналізу різних шкіл теорії прийняття рішень. Побудовано модель прийняття рішень щодо зменшення викидів забруднюючих речовин за допомогою пакету «Імператор».*

**Ключові слова:** технологія прийняття рішень, зменшення викидів забруднюючих речовин.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Сучасний стан соціально-економічного розвитку міста Харкова характеризується погіршенням якості атмосферного повітря. Атмосферне повітря є життєво важливим компонентом навколишнього природного середовища, необхідного для проживання людини. Саме тому однією з найбільш важливих екологічних проблем України й усього світу є забруднення атмосферного повітря. Діяльність промислових підприємств впливає на екологію, внаслідок забруднення атмосфери промисловими викидами, що негативно впливає на здоров'я та тривалість життя людей, які проживають у безпосередній близькості з даними підприємствами. Важливою проблемою реалізації системи управління якістю атмосферного повітря є недостатнє пророблення алгоритмічних засобів для практичного застосування при збиранні та аналізованні інформації для моніторингу атмосфери. Для реалізації ефективної системи підтримки прийняття рішень необхідний аналіз та удосконалення математичних моделей, методів аналізу та застосування побудованих на основі моделювання засобів моніторингу, що здійснюють оперативні виміри викидів забруднюючих речовин в умовах безупинно мінливих параметрів атмосфери [1 – 6].

**Формулювання цілей статті.** Відповідно, ціллю статті є аналіз різних шкіл теорії прийняття рішень для визначення раціональної технології прийняття рішень, а також розроблення моделі підтримки прийняття рішень щодо зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на основі визначеної технології прийняття рішень.

### Основна частина

#### Раціональна технологія прийняття рішень.

Щоб визначити найбільш обґрунтований порядок прийняття управлінського рішення, зрівняємо етапи процесу прийняття управлінських рішень різними школами: американською, німецькою, японською та пострадянською.

Американська школа прийняття управлінських рішень передбачає, що у процесі раціонального вирішення проблем менеджер піклується не стільки про саме рішення, скільки про те, що пов'язане з ним і виходить із нього. При цьому кількість етапів у процесі прийняття рішення визначається самою проблемою. Американська школа прийняття управлінських рішень містить наступні етапи: діагноз проблеми, формулювання обмежень і критеріїв прийняття рішення, визначення альтернатив, оцінка альтернатив, кінцевий вибір. Практика американських менеджерів показує, що прийняти оптимальне рішення при дефіциті часу дуже важко, і керівники обмежуються задовільним рішенням, а не оптимальним. Вони вважають, що на процес прийняття рішення впливають: їхні особисті оцінки, рівень ризику, час й оточення, що змінюється, можливість негативних наслідків, взаємозалежність рішень на різних рівнях ієрархії [2].

Німецька школа прийняття управлінських рішень розглядає процес прийняття рішень як складову частину процесів планування та контролю. В ідеалі вона містить у собі наступні етапи: ідентифікація проблеми, пошук інформації, оцінка можливостей дій по впливі на мету, прийняття рішення. До критеріїв прийняття рішення відносять корисність рішення, фінансовий аспект рішення, кількість й якість рішень, час процесу використання рішення [5].

Японська школа прийняття управлінських рішень передбачає методичний і стандартизований підхід до рішення. Цей підхід спростовує всі правила, висунуті теоретиками. Проте, їхні рішення на практиці виявляються ефективними. Відповідно до традиційної теорії першою, найважливішою стадією є коректна постановка завдання. Друга стадія - пропозиція різних варіантів рішень і третя – вибір кращого з них. Класична теорія менеджменту формулює принцип єдиноначальності, відповідно до якого кожна людина в організації повинна одержувати доручення тільки від старшого адміністратора й відповідати за роботу лише перед ним. Отже, за наказ відповідальність несе тільки одна людина. Японська

система протилежна: відповідальність за прийняття рішення несе не індивідуум, а вся група. Передбачається, що жодна людина не має права одноосібно приймати рішення [4].

В країнах пострадянського простору, куди належить і Україна, схема прийняття рішення припускає, що процес являє собою прямоточний рух від одного етапу до іншого. Після виявлення проблеми й установлення умов і факторів, що сприяють її виникненню, розробляються рішення, з яких вибирається краще [3].

Розглянувши процеси прийняття управлінських рішень різними управлінськими школами, можна зробити деякі висновки та привести рекомендації особі, що приймає рішення.

По-перше, в основу традиційної японської методології прийняття рішень покладено принцип: одержання згоди відносно рішення відбувається шляхом опитування без скликання наради або засідання. Звична ієрархічна структура управління перемістилася в сферу відносин між людьми, коли зовні існують неформальні відносини, і керівник здійснює непряме управління на основі формальної влади. У даній системі працівник відчуває себе співпричетним до процесу прийняття рішень й, генеруючи ідеї та критикуючи їх, вносить пропозиції щодо їхнього виконання, стимулює появу нетривіальних рішень.

По-друге, у розглянутих моделях прийняття рішень варіанти колективної роботи характеризуються наступними вимогами:

керівникові потрібне узгодження цілей працівників, які відносяться до колективного прийняття рішень; необхідно пояснити колективу, яку проблему потрібно вирішити;

потрібно організувати колектив для вирішення проблеми;

результати роботи залежать від готовності керівника виконувати роль чи модератора, чи твердого автократа, який використовує адміністративну владу для припинення дій тих, хто зловживає демократією;

керівник повинен володіти технологіями організації інформаційного обміну серед персоналу управління, міжособистісних комунікацій, організації системної діяльності по виробленню рішення та колективного прийняття рішення.

Прийняте рішення не стає організуючим початком системної діяльності людей, як це характерно для японської системи управління.

По-третє, для українського працівника характерний пострадянський, менш ефективний підхід до прийняття рішення. З обліком національної й управлінської культури можна припустити, що в умовах України доцільно використовувати «твердий менеджмент». Застосовувати в повсякденній практиці елементи, властиві японським і західним школам управління щодо прийняття рішень, необхідно тіль-

ки після їхньої адаптації до конкретної обстановки.

Узагальнюючи й аналізуючи подання різних шкіл про процес прийняття рішення, можна виявити наступні особливості:

прийняття рішень - це процес, що представляє собою певну послідовність взаємозалежних етапів;

на всіх етапах прийняття рішень передбачаються збирання, оброблення й оцінювання інформації;

на всіх етапах процесу прийняття рішень основними є: з'ясування проблеми, збирання інформації, виявлення альтернатив, визначення обмежень, критеріїв, оцінювання альтернатив і прийняття рішення;

процес прийняття рішення представляється як системна діяльність менеджера, він підлеглий законам управління, організації діяльності людей.

Таким чином, для умов України можна запропонувати узагальнену модель раціональної технології прийняття рішень, що наведена на рис. 1.

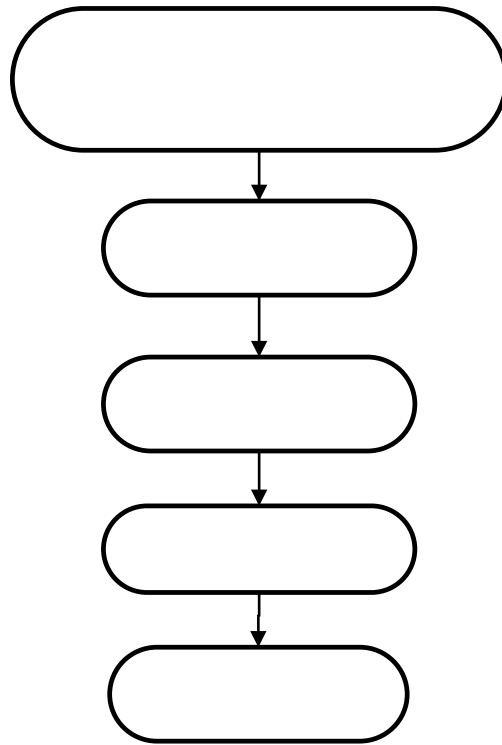


Рис. 1. Раціональна технологія прийняття управлінських рішень

**Модель прийняття рішень щодо зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.** В даний час на ринку інформаційних продуктів існує багато програмного забезпечення для моделювання процесу прийняття рішень. Найбільш поширеними є Expert Choice, «Імператор», Statistica, Any Logic, Arena, «Експерт», «Вибір» та ін. Для моделювання процесу зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря був обраний програмний засіб «Імператор», що представляє собою універсальну систему підтримки прийняття рішень для бізнесменів, політиків, працівників управління,

експертів. В основі системи підтримки прийняття рішення, реалізованої в пакеті «Імператор», лежить процедура рейтингування альтернативних варіантів рішень за методом аналізу ієрархій.

Метод аналізу ієрархій – методологічна основа для вирішення задач вибору альтернатив за допомогою їх багатокритерійного рейтингування. Основне застосування методу - підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної композиції завдання та рейтингування альтернативних рішень. В результаті визначається відносна значущість досліджуваних альтернатив для всіх критеріїв, які знаходяться в ієрархії. Відносна значущість виражається чисельно у вигляді векторів пріоритетів.

Нехай  $E_1, E_2, \dots, E_n$  – множина з  $n$  елементів (альтернатив) і  $v_1, v_2, \dots, v_n$  – відповідно їх ваги, або інтенсивності. Порівнюючи попарно вагу кожного елемента з вагою будь-якого іншого елемента множини по відношенню до загальної для них якості або мети, отримують матрицю парних порівнянь.

Матриця парних порівнянь володіє властивістю зворотної симетрії, тобто:

$$a_{ij} = 1 / a_{ji}, \quad (1)$$

де  $a_{ij} = v_i / v_j$ .

Ранжирування елементів, аналізованих з використанням матриці парних порівнянь [E], здійснюється на основі головних власних векторів, які отримуються в результаті обробки матриці.

Обчислення головного власного вектору W додатної квадратної матриці [E] проводиться на основі рівності:

$$EW = \lambda_{\max} W, \quad (2)$$

де  $\lambda_{\max}$  – максимальне власне значення матриці [E].

Додаємо до квадратної матриці [E] правий власний вектор W, що відповідає максимальному власному значенню  $\lambda_{\max}$ , з точністю до постійного співмножника C можна обчислити за формулою:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{[E]^k e}{e^T [E]^k e} = CW, \quad (3)$$

де  $e = \{1, 1, 1, \dots, 1\}^T$  – одиничний вектор;  $k = 1, 2, 3, \dots$  – показник ступеня; C – константа; T – знак транспонування.

Обчислення власного вектору W за виразом (3) здійснюється до досягнення заданої точності:

$$e^T | W^{(l)} - W^{(l+1)} | \leq \xi, \quad (4)$$

де  $l$  – номер ітерації такої, що  $l = 1$  відповідає  $k = 1$ ;  $l = 2, k = 2$ ;  $l = 3, k = 3$  і т.д.;  $\xi$  – допустима погрішність.

З достатньою для практики точністю можна прийняти  $\xi = 0,01$  незалежно від порядку матриці.

Максимальне власне значення обчислюється за формулою:

$$\lambda_{\max} = e^T [E] W \quad (5)$$

Після того, як побудована матриця парних по-

рівнянь і розраховані її власні вектори, проводиться подальший аналіз отриманих результатів [1].

Побудування моделі підтримки прийняття рішень засобами пакету «Імператор» базується на об'єктивних даних, які отримані у результаті тривалого періоду аналізу діяльності лабораторії методичного та метрологічного забезпечення моніторингу атмосферного повітря Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем. В якості об'єкту аналізу виступає ДП «Завод ім. Малишева», а саме цехи ливарного заводу.

Для аналізу небезпечності цехів підприємства загальноприйнятним методом є оцінка за низкою параметрів: обсяг викидів, умови праці, кількість робітників, режим відпочинку, ступінь автоматизації виробництва, обсяг випуску продукції, шкідливість виробництва, ступінь очистки викидів, складність продукції. Ці параметри відносяться до факторів, що впливають на досягнення мети: екологічний, технологічний та соціальний. Також розглядаються зацікавлені сторони: відділ екології, адміністрація та профспілки.

Деталізація запропонованої раціональної технології прийняття рішень дозволяє визначити послідовність підготовки прийняття рішення за допомогою пакету «Імператор», що складається з наступних кроків.

Крок 1. Визначення можливих рішень і мети прийняття рішення (головний критерій, за яким визначається пріоритет рішення). Мета може бути сформульована дуже узагальнено.

Крок 2. Визначення групи факторів, які впливають на прийняття рішення. Як правило, частина таких груп – це деталізації сформульованої узагальнено головної мети рейтингування альтернатив.

Крок 3. Формування рівнів: перший рівень (вершина) – головна мета (головний критерій) рейтингування рішень, нижній рівень – можливі рішення, проміжні рівні – групи однотипних факторів, що впливають на рейтинг рішень.

Крок 4. З'ясування структури впливів між метою, факторами і рівнями.

Крок 5. Додання до структури моделі зв'язку між вузлами.

Крок 6. Аналіз кластерної структури моделі прийняття рішення. При необхідності внести корективи: додати або видалити вузли, додати або видалити зв'язки.

Крок 7. Внесення даних для кластерів: необхідно провести порівняння для вузлів кожного кластеру.

Крок 8. Розрахунок рейтингу пріоритетів рішень.

Крок 9. Інтерпретація отриманих результатів для підтримки прийняття рішення, тобто провести синтез.

Послідовність виконання розглянутих кроків дозволила побудувати модель прийняття рішень, наведену на рис. 2.

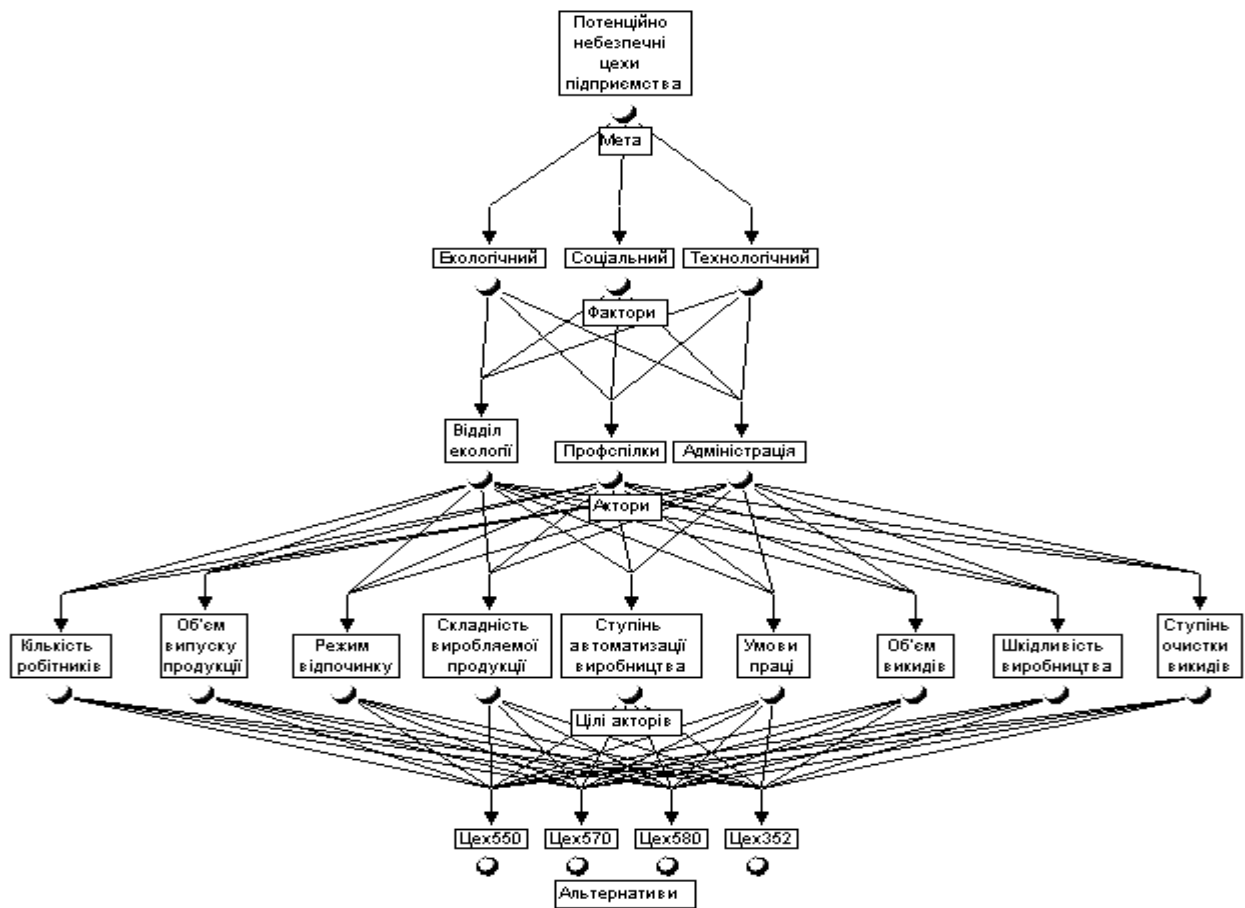


Рис. 2. Модель прийняття рішень

Далі необхідно провести порівняння для вузлів кожного кластеру та для кластерів, які мають спільну вершину або ввести відповідні вектори пріоритетів без проведення порівнянь.

Наприклад, на четвертому рівні ієрархії моделі, наведеної на рис. 2, кількість робітників по цехам складає: цех 550 – 280 робітників, цех 580 – 330 робітників, цех 570 – 311 робітників, цех 352 – 297 робітників. В якості бази порівняння обирають цех, в якому найбільше робітників, та присвоюють йому пріоритет 1. Пріоритети для інших цехів розраховуються діленням кількості працюючих робітників на базову кількість:

$$I_k = \frac{n_k}{N}, \quad (6)$$

де  $I$  – пріоритет;  $k$  – цех підприємства;  $n$  – кількість робітників;  $N$  – базова кількість робітників.

Тобто, цеху 550 можна поставити пріоритет 1,17, таким чином він має в 1,17 раз менше робітників, ніж базовий цех. Аналогічно ставимо пріоритети для інших цехів: цех 580 – 1, цех 570 – 1,06, цех 352 – 1,11.

У верхній таблиці, наведеної на рис. 3, у колонці «Рівні з кластерами» відображаються назви рівнів, в яких вузол має кластери. У даному випадку вузол «Кількість робітників» має тільки один клас-

тер в рівні «Альтернативи». У нижній таблиці відображається інформація про вузли, що входять в кластер – назви вузлів і їх пріоритети. Пріоритети при цьому відображаються на діаграмі праворуч від таблиці.

При розрахунках значення пріоритетів будуть перераховані так, щоб їх сума дорівнювала одиниці. Ця операція називається нормуванням та проводиться за формулою:

$$W_j = \frac{W_j}{\sum_{k=1}^m W_k}, \quad (7)$$

де  $W_j$  – рівень важливості параметру;  $j = \overline{1, m}$  – крок [1].

Ступінь автоматизації виробництва неможливо виразити в кількісному значенні. Тому скористуємось засобами для проведення якісних порівнянь і переведення їх результатів у чисельні значення пріоритетів вузлів. Для цього не обхідно ініціювати команду «Параметри» – «Параметри порівнянь», в результаті виконання якої з'явиться вікно, наведене на рис. 4. У групі «Спосіб порівнянь» обираємо класичний спосіб порівняння, тощо потрібно порівняти кожен вузол кластеру з іншими вузлами кластера. Ми не маємо кількісних оцінок порівнянь, то-

му обираємо тип шкали «Якісна». Кількість значень, які може приймати ступінь автоматизації виробництва, дорівнює 3, тому число градації порівнянь встановлюємо рівним 3. Градації, запропоновані дискретною шкалою, виглядають більш контрастними, тому встановлюємо дискретність в «Дискретна».

Кластеры узла					
Уровни с класт	Заполненности	Достаточ	Относит	Вес класт	Связанная иерархия
Альтернативы	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Приоритеты узлов кластера	
Узлы кластера	Приоритеты
Цех550	0,27
Цех570	0,23
Цех580	0,24
Цех352	0,26

Рис. 3. Порівняння для вузла «Кількість робітників»

Щоб не шукати пари вузлів, для яких потрібно ввести значення порівнянь, можна задати авторежим проведення порівнянь. У цьому режимі програма сама знайде пари вузлів, для яких значення порівнянь ще не задані. Програма вибере цех 550 в списку «1-й вузол» і цех 570 у списку «2-й вузол». Цех 550 має трохи слабший рівень автоматизації, ніж цех 570. Це означає, що цех 570 має слабку перевагу відносно цеху 550. Тому встановлюємо в зоні переваги другого вузла ступінь порівняння СЛ – слабка перевага (рис. 5).

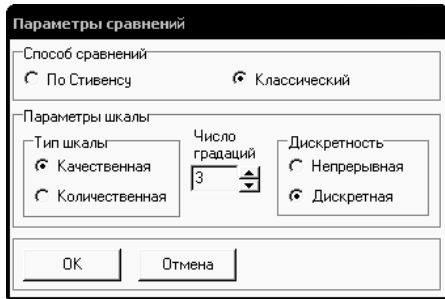


Рис. 4. Параметри порівнянь

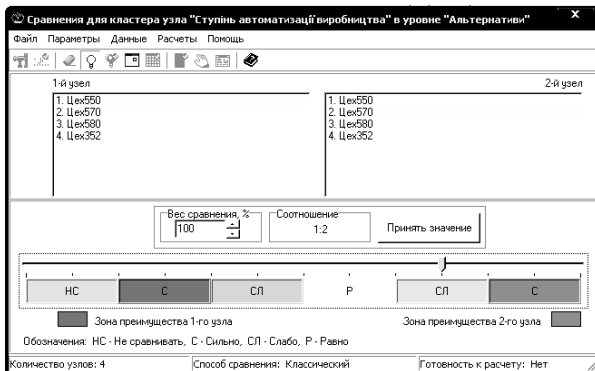


Рис. 5. Порівняння для вузла «Ступінь автоматизації виробництва»

Аналогічно проводимо порівняння для всіх рівнів ієрархії. Після цього можна розрахувати пріоритети щодо вибору найбільш небезпечного цеху підприємства. В результаті отримуємо результати розрахунків, наведені на рис. 6 – 9.

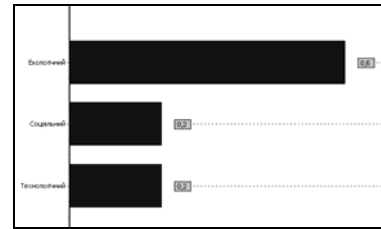


Рис. 6. Ранжирування факторів



Рис. 7. Ранжирування зацікавлених сторін

На першому рівні ієрархії були розглянуті наступні фактори: екологічний, соціальний та технологічний. Найбільший пріоритет 0,6 отримав екологічний фактор, що говорить про важливість саме екологічного аспекту в вирішенні проблеми зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря для працівників підприємства.



Рис. 8. Ранжирування цілей

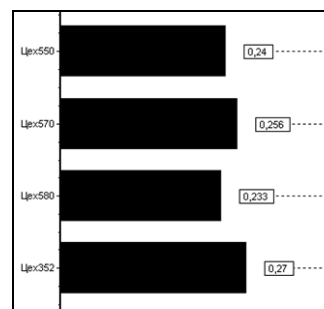


Рис. 9. Ранжирування альтернатив

На другому рівні ієрархії були розглянуті наступні актори: відділ екології, профспілки, адміністрація. Найбільший пріоритет 0,403 отримав відділ екології. Це свідчить про те, що моделювання процесу прийняття рішень щодо зниження викидів забруднюючих речовин значно допоможе відділу екології прийняти необхідні заходи для мінімізації можливої шкоди для здоров'я робітників.

На третьому рівні ієрархії були розглянуті наступні цілі акторів: обсяг викидів, умови праці, кількість робітників, режим відпочинку, ступінь автоматизації виробництва, обсяг випуску продукції, шкідливість виробництва, ступінь очистки викидів, складність продукції. Найбільший пріоритет 0,174 отримала шкідливість виробництва, що говорить про важливість саме цього критерію при вирішенні даної задачі.

На четвертому рівні ієрархії були розглянуті наступні альтернативи: цех 550, цех 670, цех 580, цех 352. Найбільший пріоритет 0,27 отримав цех 352, що говорить про потенційну небезпечність для робітників цеху.

В результаті застосування методу аналізу ієрархій були проранжировані цехи підприємства за ступенем небезпечності.

Отриманий результат дозволяє обґрунтувати прийняття рішення щодо зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Отже, в першу чергу треба розробити заходи щодо зменшення викидів забруднюючих речовин для цеху 352.

## Висновки

Таким чином, була запропонована раціональна технологія прийняття рішень на основі аналізу різних шкіл теорії прийняття рішень. Її особливістю визначено те, що на всіх етапах процесу прийняття рішень основними кроками є з'ясування проблеми, збирання інформації, виявлення альтернатив, визначення обмежень, критеріїв, оцінювання альтернатив та прийняття рішення.

Також була побудована модель підтримки прийняття рішень щодо зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря засобами паке-ту «Імператор». Вона дозволила визначити найбільш небезпечний цех підприємства. Обґрунтоване визначення найбільш небезпечного цеху конкретного підприємства сприяє поглибленому аналізу поетапного зниження певного викиду забруднюючих речовин.

Застосування запропонованої моделі підтримки прийняття рішень дозволяє удосконалити систему регулювання викидів забруднюючих речовин.

## Список літератури

1. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник // В.В. Богоболяцій, К.Р. Чурбанов, П.Б. Палій, В.М. Шмандій. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
2. Миколайчук А.Б. Прийняття рішень при управлінні викидами забруднюючих речовин в атмосферу / А.Б. Миколайчук // Зб. наук. пр. студентів спеціальностей «Інформаційні управляючі системи та технології», «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг». – Х.: ХНЕУ, 2009. – С. 216-218.
3. Орлов А.И. Проблемы управления экологической безопасностью. [Электронный ресурс] / А.И. Орлов // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – № 6. – С. 78-86. – Режим доступа к ресурсу: <http://orlovs.pp.ru/ecol.php>.
4. Перепелица В.А. Структурирование данных методами нелинейной динамики для двухуровневого моделирования / В.А. Перепелица, Ф.Б. Тебуева, Л.Г. Темирова. – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 2006. – 350 с.
5. Целых А.Н. Моделирование процессов принятия решений в экологической экспертной системе / А.Н. Целых // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 1999. – № 4. – С. 17-23.
6. Шабалов А.А. Замкнутая многоконтурная система управления выбросами загрязняющих веществ промышленных предприятий / А.А.Шабалов // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2008. – № 2. – С. 164-167.

Надійшла до редколегії 26.04.2010

Рецензент: канд. економ. наук, проф. В.В. Чубук, Харківський національний економічний університет, Харків.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

И.А. Ушакова, А.Б. Миколайчук

*Предложена рациональная технология принятия решений на основе анализа различных школ теории принятия решений. Построена модель принятия решений относительно снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.*

**Ключевые слова:** технология принятия решений, снижение выбросов загрязняющих веществ.

## MODELLING OF DECISION-MAKING PROCESS CONCERNING DECREASE IN EMISSIONS OF POLLUTING SUBSTANCES IN THE ATMOSPHERE

I.A. Ushakova, A.B. Mikolaychuk

*The rational technology of decision-making on the basis of the analysis of various schools of the theory of acceptance decisions is offered. The model of decision-making concerning decrease in emissions of polluting substances in an atmosphere is constructed.*

**Keywords:** technology of decision-making, decrease in emissions of polluting substances.