

мутанты *S. albus* 105 і 107 с підвищеною в 1,6 раз здатністю к синтезу бактериолизинів.

Ключевые слова: Streptomyces albus 2435, сверхпродуцент, бактериолизини, селекція, нитрозогуанидин, стрептомицин.

Громико Олександр Миколайович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, кафедра генетики і біотехнології, Львівський національний університет ім. Івана Франка, Україна, e-mail: o_gromyko@franko.lviv.ua.

Буцяк Андрій Васильович, аспірант, кафедра генетики і біотехнології, Львівський національний університет ім. Івана Франка, Україна, e-mail: a.v.butziak@ukr.net.

Федоренко Віктор Олександрович, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри генетики і біотехнології, Львівський національний університет ім. Івана Франка, Україна, e-mail: v_fedorenko@lnu.edu.ua.

Тодосійчук Тетяна Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент, в. о. завідувача кафедри промислової біотехнології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: todosiychuk@bigmir.net.

Громько Александр Николаевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, кафедра генетики и биотехнологии, Львовский национальный университет им. Ивана Франка, Украина.

Буцьяк Андрей Васильевич, аспирант, кафедра генетики и биотехнологии, Львовский национальный университет им. Ивана Франка, Украина.

Федоренко Виктор Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой генетики и биотехнологии, Львовский национальный университет им. Ивана Франка.

Тодосийчук Татьяна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой промышленной биотехнологии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Gromyko Oleksandr, Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine, e-mail: o_gromyko@franko.lviv.ua.

Butziak Andriy, Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine, e-mail: a.v.butziak@ukr.net.

Fedorenko Victor, Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine, e-mail: v_fedorenko@lnu.edu.ua.

Todosiychuk Tetiana, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: todosiychuk@bigmir.net

УДК 005.334 : 502.174

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.40582

Маркіна Л. М.,
Тимченко І. В.

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ «ЕКОПІРОГЕНЕЗІС»

В статті представлено структуру автоматизованої системи управління екологічними ризиками при утилізації відходів за технологією «Екопірогенезіс». Запропоновано алгоритм функціонування системи управління екологічними ризиками та методика багатокритеріальної оцінки факторів екологічної небезпеки при експлуатації обладнання технології термічної утилізації органічних відходів. Представлено результати оцінки факторів за рівнем небезпеки на основі методу аналізу ієрархій згідно сформованих критеріїв.

Ключові слова: екологічні ризики, фактори екологічної небезпеки, піроліз, аварії, аналіз ієрархій.

1. Вступ

На сьогоднішній день до одного із ефективних, з точки зору екологічної безпеки та економічної ефективності, способів переробки твердих побутових відходів можна віднести процес багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП) — високотемпературної глибокої деструкції органічних відходів без доступу кисню при 600–800 °С, в результаті якого можна отримати нетрадиційні енергоносії (рідке, тверде та газоподібне паливо).

Підвищення еколого-економічної ефективності процесу БЦП досягається шляхом його поєднання з іншими технологічними процесами в загальній технології «Екопірогенезіс», яка включає технологічні лінії БЦП полімерних відходів і зношених автомобільних шин, та технологічні лінії багатоконтурної двозонної циркуляційної газифікації (БЦДГ) різних видів вологих органічних відходів.

Експлуатація комплексу, який працює за технологією «Екопірогенезіс» пов'язана з ймовірністю виникнення

небезпечних ситуацій різного характеру тому актуальною задачею є прогнозна оцінка рівнів промислової, пожежної та екологічної небезпеки на всіх етапах технологічного процесу з метою забезпечення надійної та безпечної роботи обладнання. Це може бути досягнуто створенням автоматизованої системи управління екологічними ризиками, яку планується впровадити на модульних установках, якими комплектуються заводи по термічній утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) за технологією «Екопірогенезіс» з отриманням альтернативних видів палива.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Проведено аналіз сучасних підходів до оцінки ризиків функціонування небезпечних промислових об'єктів, які дозволяють сформулювати ефективну систему управління ризиками, в тому числі екологічними [1, 2], визначити

відповідні рекомендації та заходи по зменшенню рівня небезпеки на етапі проектування [1]. Проаналізовано результати наукових досліджень іноземних авторів по оцінці антропогенного впливу процесів утилізації відходів, зокрема методом піролізу [3, 4].

Однак особливості новітньої технології «Екопірогенезис», розробленої науковцями Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, характер невизначеності деяких параметрів при оцінці рівнів екологічної небезпеки обумовило необхідність створення системи управління екологічними ризиками, представленої в даній статті. Слід зазначити, що на сьогодні оцінено деякі фактори негативного впливу на навколишнє середовище (НС) функціонування комплексу утилізації ТПВ за технологією «Екопірогенезис» [5, 6], а також розроблено програмно-технічні засоби реалізації системи контролю і керування технологічним комплексом «Екопірогенезис» [7]. При цьому комплексна (з урахуванням всіх факторів) оцінка екологічних ризиків процесу екопірогенезису відсутня та, як наслідок, не розроблена система управління ризиками.

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — комплекс утилізації ТПВ за технологією «Екопірогенезис».

Метою роботи є розробка автоматизованої системи управління екологічними ризиками при здійсненні процесу утилізації відходів за технологією «Екопірогенезис», яка включає багатокритеріальну оцінку факторів небезпеки (з врахуванням промислової, пожежної та екологічної небезпеки) для формування оптимальних технічних рішень і заходів, попереджуючих виникнення аварійних ситуацій та оптимізації методів управління ризиками.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

1. Ідентифікацію параметрів екологічної небезпеки та ймовірних аварійних ситуацій при утилізації відходів за технологією «Екопірогенезис» та створення відповідної бази даних.

2. Розробка методики багатокритеріальної оцінки факторів екологічної небезпеки на основі експертних методів з включенням процедури усунення ймовірних некоректних рішень експертів.

3. Формування комплексної програми заходів щодо запобігання аварійних ситуацій та зменшення негативного впливу на НС з врахуванням корекції рішень в режимі «ON-LINE».

4. Метод розробки алгоритму функціонування системи управління екологічними ризиками

Дослідження функціонування розробленої системи управління екологічними ризиками проводилось на стадії

проектування експериментального комплексу по термічній утилізації твердих побутових відходів.

Алгоритм функціонування автоматизованої системи управління екологічними ризиками при утилізації відходів за технологією «Екопірогенезис» представлено на рис. 1.

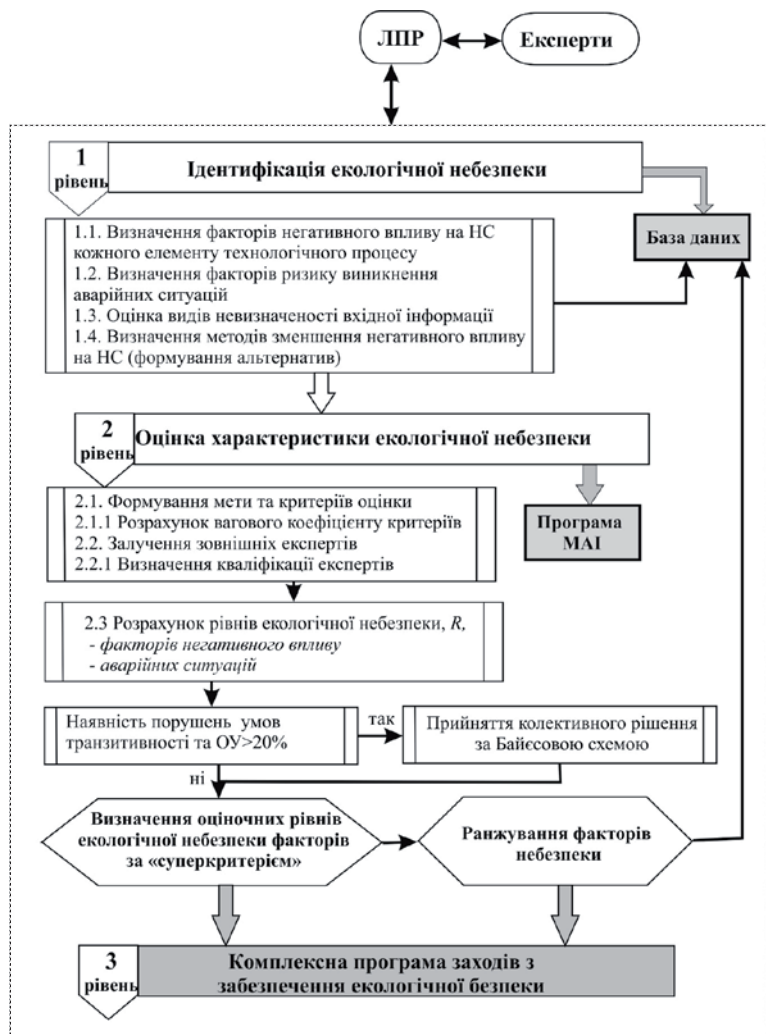


Рис. 1. Алгоритм функціонування автоматизованої системи управління екологічними ризиками при утилізації органічних відходів за технологією «Екопірогенезис», де ЛПР — людина, що приймає рішення, МАІ — метод аналізу ієрархій, R — рівень екологічного ризику, OY — оцінка узгодженості експертів

4.1. Визначення рівня екологічного ризику та розрахунок оцінки небезпеки для технології ЕПГ. Система управління екологічними ризиками функціонує на наступних рівнях:

1. Перший рівень включає методи та засоби ідентифікації екологічної небезпеки (формується основні причини виникнення небезпечних ситуацій, фактори небезпеки та можливі аварійні ситуації всіх технологічних процесів, будується інформаційна модель та логіко-психологічна структура прийняття рішень з забезпеченням екологічної безпеки). Всі дані зберігаються в електронній базі даних та базі знань. Перший рівень системи управління екологічними ризиками представляє собою систему управління базами даних (СУБД).

В результаті дослідження факторів екологічної небезпеки при екопірогенезисі визначено:

1. Можливі потоки забруднюючих речовин в навколишнє середовище в процесі переробки відходів, у тому числі:

F_1 — надходження димових газів у повітря робочої зони;

F_2 — утворення відходів у вигляді золи, яка направляється на звалище або утилізацію із лінії багатокошторної циркуляційної двозонної газифікації (БЦДГ) вологих органічних відходів «хвостів»;

F_3 — вібрація і шум в процесі функціонування грохоту;

F_4 — вихід різкого неприємного запаху при наявності відходів і їх просуванні по технологічній лінії;

F_5 — надходження в атмосферу токсичних газів в процесі зберігання одержаного рідкого палива при великому та малому диханні клапанів;

F_6 — надходження на звалище дрібнодисперсних органічних відходів разом з піском, землею та іншими не органічними відходами утворених після грохоту;

F_7 — утворення забруднених стічних вод після скрубера.

2. Ймовірні аварійні ситуації, в тому числі:

A_1 — порушення герметичності фланцевих з'єднань на трубопроводах БЦП (вихід піролізного газу в навколишнє середовище);

A_2 — порушення герметичності або виникнення тріщини в реакторі БЦП (вихід піролізного газу в навколишнє середовище);

A_3 — гасіння полум'я пальника і вільний вихід піролізного газу в навколишнє середовище;

A_4 — значне підвищення тиску в реакторі БЦП (руйнування реактора);

A_5 — витік розплавленого полімеру через завантажувальний пристрій сировини в реактор, або розвантажувальний пристрій твердого залишку із реактора;

A_6 — порушення герметичності фланцевих з'єднань на виході генераторного газу з БЦДГ;

A_7 — нестабільний процес газифікації в робочій камері БЦДГ;

A_8 — порушення умов зберігання палива (при підвищенні температури навколишнього середовища до температури загоряння);

A_9 — вихід з ладу дихальних клапанів в ємності для зберігання рідкого піролізного палива;

A_{10} — порушення герметичності фланцевих з'єднань на вході ємності для зберігання рідкого палива;

A_{11} — порушення технологічного процесу сушки відходів і само загоряння відходів;

A_{12} — вихід зі строю системи очистки димових газів;

A_{13} — порушення процесу сортування відходів (зупинка системи вентиляції індивідуальних кабін персоналу, який займається ручним сортуванням).

3. Другий рівень включає методи та засоби кількісної оцінки характеристики екологічної безпеки. Визначення рівня та розрахунок оцінки безпеки для кожного фактору.

Слід зазначити, що визначення рівня екологічного ризику є складним із-за частой відсутності статистичної інформації та неможливості отримання адекватних експериментальних даних.

Існування такої невизначеності вхідної інформації обумовлює створення альтернативної системи експертних оцінок, яка б дозволила визначити ймовірність виникнення аварійної ситуації, де критеріями оцінювання виступають види аварій, ймовірність виникнення екологічної небезпеки, очікувані наслідки від негативного впливу екологічно небезпечного фактору, технічний стан кожного технологічного вузла установки, якість технологічних та технічних рішень щодо запобігання аварійної ситуації.

Другий рівень системи управління ризиками представляє собою програмне середовище для багатокритеріальної оцінки факторів екологічної небезпеки з використанням методу аналізу ієрархій [8, 9] та включенням процедури усунення ймовірних некоректних рішень експертів [10].

4. На третьому рівні формується комплексна програма заходів щодо запобігання аварійних ситуацій та зменшення негативного впливу на НС процесу утилізації відходів за технологією «Екопірогенезис». Програма включає технологічні та технічні рішення щодо зменшення впливу негативних факторів, заходи щодо запобігання екологічно небезпечних ситуацій та усунення їх наслідків.

Оцінку та ранжування сформованих факторів екологічної безпеки за алгоритмом 1 проведено в три етапи за допомогою методу аналізу ієрархій [10].

На першому етапі побудовано ієрархічну структуру прийняття рішень (рис. 2), яка включає визначення кількості ієрархій (розглядається 3 рівня ієрархій), формування мети та критеріїв оцінки, визначення кваліфікації експертів.

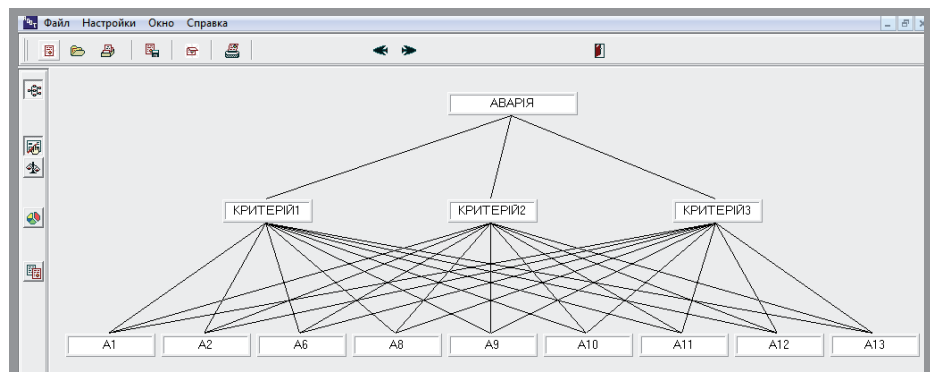


Рис. 2. Ієрархічна структура прийняття рішень для ранжування аварійних ситуацій

Сформовано наступні критерії оцінки:

а) ймовірність виникнення тої чи іншої загрози навколишньому середовищу (КРИТЕРИЙ1);

б) очікувані наслідки від дії фактору (КРИТЕРИЙ2);

в) рівень якості впроваджених технічних або технологічних рішень щодо запобігання прояву цього фактору (КРИТЕРИЙ3).

В якості експертів обрано досвідчених спеціалістів в галузі поводження з твердими побутовими відходами, всього залучено 5 експертів.

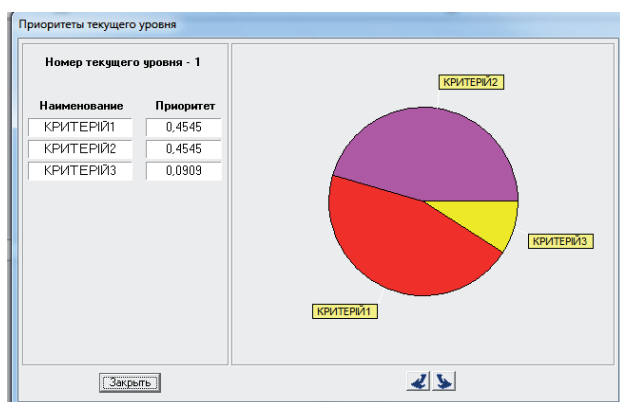
Кваліфікація кожного експерту $P(W_1), \dots, P(W_M)$, визначено задалегідь, за формулою:

$$P(W_k) = E_k / G, \quad (1)$$

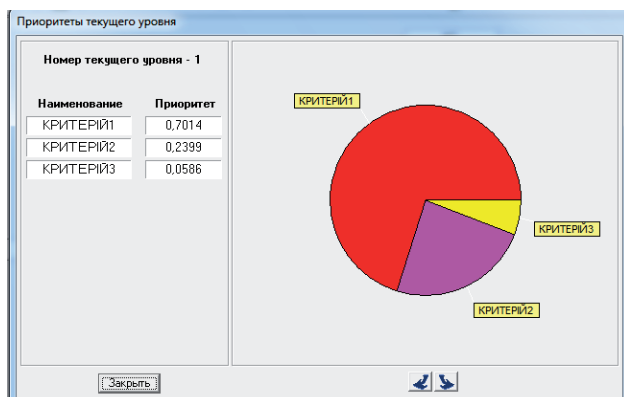
де E_k — загальна кількість помилок k -го експерта в виборці із G спостережень, складених з досвіду попередніх ситуацій та програвання сценаріїв ситуацій, наслідки яких вже відомі; W_k — оцінка k -го експерта.

Оцінено вагові оцінки критеріїв, $\omega_1 \dots \omega_3$ (на рис. 3 позначено як «Приоритет»). Для спрощення розрахунків використано програмне середовище MAI, результати наведено на рис. 3:

- для факторів впливу на НС (рис. 3, а),
- для аварійних ситуацій (рис. 3, б).



а



б

Рис. 3. Вагові коефіцієнти важливості критеріїв оцінки: а — для факторів впливу на НС; б — для аварійних ситуацій

На другому етапі проведено безпосередньо визначення кількісної оцінки пріоритетів (за рівнем екологічної небезпеки) експертами за кожним критерієм 1...3. Оцінено фактори екологічної небезпеки технології «Екопірогенезіс» (окремо аварійні ситуації) за шкалою [0,1], шляхом порівняння одного фактору відносно іншого методом аналізу ієрархій Сааті [10].

При цьому для кожного i -го фактору визначено коефіцієнт $a_j \in Q$ за умови, що при зрівнянні одного фактору i -го з іншим j -им отриманні значення $a_j = b$, при:

$$b = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-ий фактор та } j\text{-ий рівноправний,} \\ 3, & \text{якщо } i\text{-ий фактор менш важливіший ніж } j\text{-ий,} \\ 5, & \text{якщо } i\text{-ий фактор явно важливіший ніж } j\text{-ий,} \\ 7, & \text{якщо } i\text{-ий фактор значно важливіший ніж } j\text{-ий,} \\ 9, & \text{якщо } i\text{-ий фактор по значимості абсолютно перевершує } j\text{-ий,} \end{cases}$$

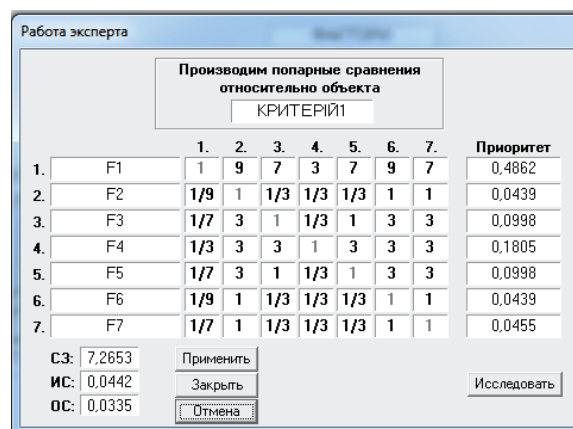
а при зрівнянні j -го фактору з i -им отримано:

$$a_j = \frac{1}{b}.$$

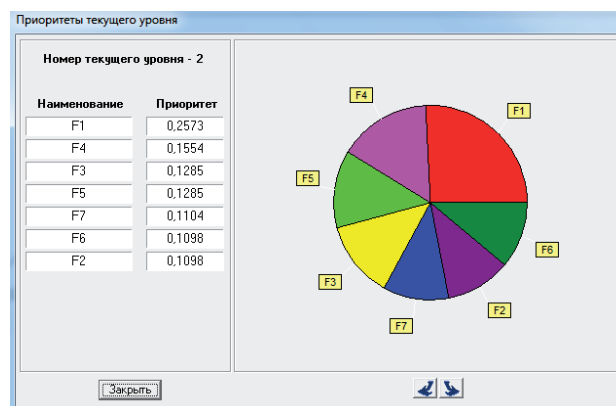
Значення пріоритету, ρ_i розраховано як:

$$\rho_i = \sum_{j=1}^N a_{ij}. \quad (2)$$

На рис. 4 наведено результати оцінки пріоритетів для визначення рівня небезпеки наступних факторів: $F_1 \dots F_7$.



а

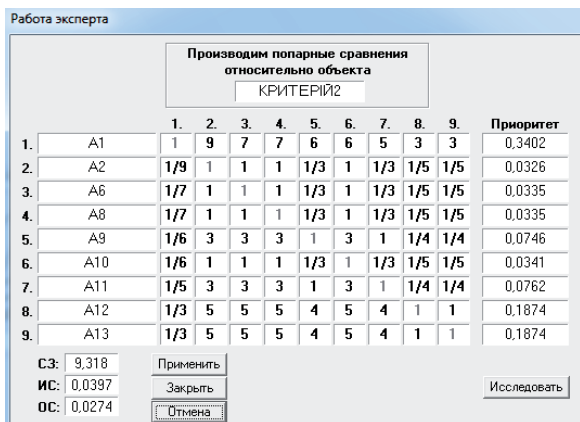


б

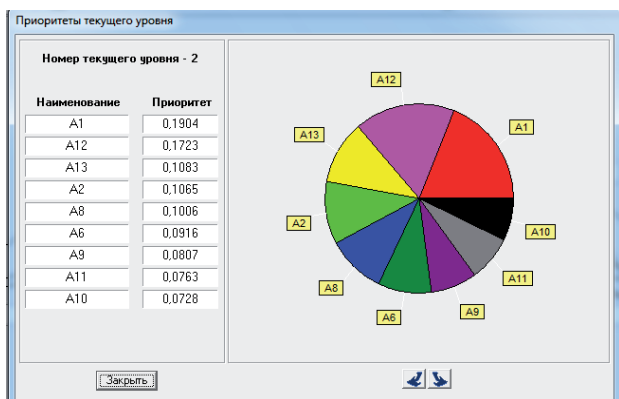
Рис. 4. Діалогові вікна програми оцінки пріоритетів (а) та ранжування факторів екологічної небезпеки (б) відносно ймовірності виникнення загрози навколишньому середовищу

4.2. Результати оцінки ймовірності виникнення аварійних ситуацій. При оцінці ймовірності виникнення аварійних ситуацій попередньо експертами одноголосно було визначено незначну ймовірність виникнення аварійних ситуацій внаслідок утилізації відходів за технологією екопірогенезіс на обладнанні, що експлуатується та запроєктовано, а саме A_3, A_4, A_5 . Дані фактори не розглядалися в оцінці, а одразу зайняли останні місця в ранжованому ряді.

На рис. 5 наведено результати оцінки пріоритетів та ранжування по рівню екологічної небезпеки аварійних ситуацій $A_1, A_2, A_6, A_8 \dots A_{13}$.



а



б

Рис. 5. Диалогові вікна програми оцінки пріоритетів (а) та ранжування факторів екологічної небезпеки (аварійних ситуацій) відносно очікуваних негативних наслідків (б)

На третьому етапі проведено обробку результатів оцінювання шляхом перевірки порушень умов транзитивності та розрахунку оцінки узгодженості.

Оцінка узгодженості (ОУ), визначається через індекс узгодженості (ІУ), який дає інформацію про ступінь порушення умов транзитивності, за формулою:

$$IY = (\lambda_{max} - n) / (n - 1), \tag{3}$$

де

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^N \rho_i \sum_{j=1}^N a_{ij}, \tag{4}$$

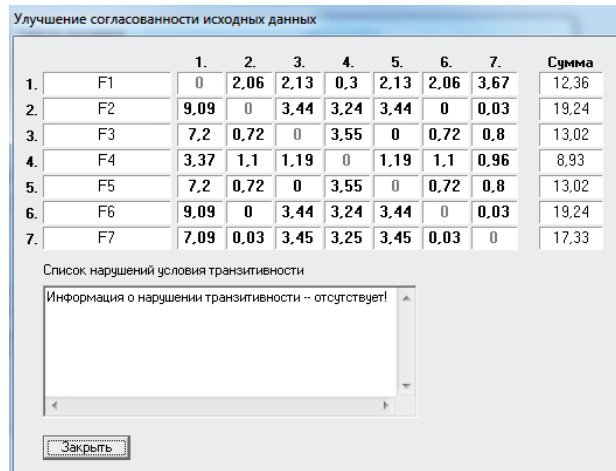
та

$$OY = \frac{IY}{OY_{табл.}}. \tag{5}$$

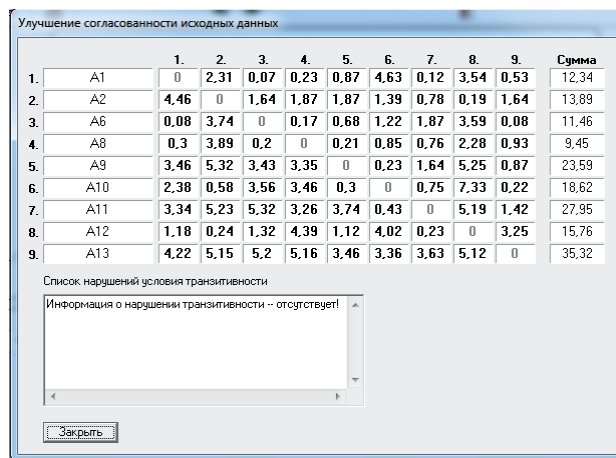
Табличне значення оцінки узгодженості, $OY_{табл.}$ визначається згідно статистичних даних випадкового узгодження матриць різного порядку [4].

Згідно методу Сааті, якщо ОУ більше ніж 20 %, треба перевірити правильність наданих вагових оцінок, в програмі МАІ зазначаються дані про порушення умов транзитивності.

На рис. 6 наведено результати перевірки порушень умов транзитивності (умови не порушені, оцінки узгоджені).



а



б

Рис. 6. Результати перевірки порушень умови транзитивності при оцінці факторів екологічної небезпеки (а) та оцінці факторів небезпеки при виникненні аварійних ситуацій (б) за критерієм 1

На четвертому етапі визначається результуюча оцінка з урахуванням оцінок за кожний критерій (за суперкритерієм) шляхом застосування методу лінійної згортки, тобто загальний рівень небезпеки R подається як лінійна комбінація значень критеріїв:

$$\Phi(R) = \max \left\{ \sum_{i=1}^n \omega_i \rho_i = \omega_1 \rho_1 + \omega_2 \rho_2 + \dots + \omega_n \rho_n \right\}, \tag{6}$$

де n – кількість критеріїв, ω_i – вага (важливість) i -го критерію, ρ_i – оцінка рівня небезпеки фактору R за i -м критерієм.

На рис. 7 наведено результуючі оцінки та результуюче ранжування факторів небезпеки.

Результати ранжування факторів негативного впливу на навколишнє середовище за ступенем небезпеки (рис. 4, 5, 7) дозволяють ідентифікувати та кількісно оцінити рівні небезпеки технологічних вузлів відносно відповідних критеріїв та суперкритерію (рис. 7) в умовах неповної апріорної інформації, а також сформувати

рішення щодо запобігання небезпечних ситуацій на етапі проектування комплексів й визначити пріоритети впровадження заходів при обмежених матеріальних ресурсах.

6. Висновки

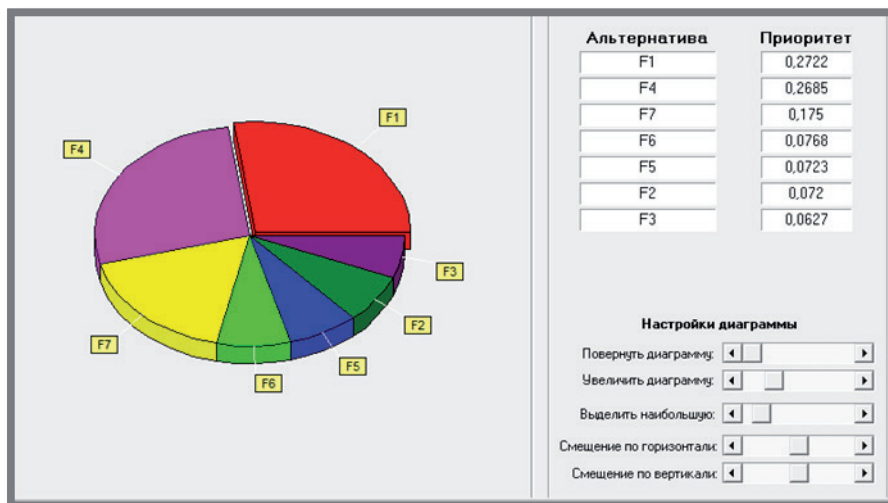
Запропонований алгоритм функціонування автоматизованої системи управління екологічними ризиками при

утилізації відходів за технологією «Екопірогенезис» дозволяє:

1. Ідентифікувати загрози навколишньому середовищу, кількісно оцінити вклад кожного фактору безпеки, створити систему управління базами даних.

2. Сформувані раціональну схему впровадження заходів щодо зменшення негативних наслідків, а також розробити нові оптимальні технічні та технологічні рішення по запобіганню небезпечних ситуацій.

При цьому використання запропонованої багатокритеріальної методики оцінки дозволяє в умовах невизначеності вхідної інформації значно зменшити ймовірну похибку оцінки експертів.



а



б

Рис. 7. Результаты багатокритеріальної оцінки та ранжування факторів екологічної небезпеки: а — для факторів негативного впливу на НС; б — для аварійних ситуацій

5. Обговорення результатів дослідження екологічних ризиків при утилізації відходів за технологією «Екопірогенезис»

Проведені в роботі дослідження являються частиною комплексної розробки, що полягає у створенні новітніх екологічно безпечних та енергетично незалежних технологій утилізації органічних відходів. Запропонований підхід, дозволяє в умовах неповної апріорної інформації про характер та ймовірність аварійних ситуацій кількісно оцінити вклад кожного фактору в загальний рівень безпеки з мінімальною похибкою та з урахуванням найбільш вагомих критеріїв безпеки. Недоліком запропонованого підходу є присутність суб'єктивного фактору при проведенні опитування експертів, який зменшується за рахунок створення декількох груп експертів та залучення кваліфікованих іноземних спеціалістів.

Література

- Бойко, Т. В. Оцінка ризику промислового підприємства на стадії проектування в рамках стратегії сталого розвитку [Текст] / Т. В. Бойко, В. Т. Бендюг, Б. М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2012. — № 2/14(56). — С. 13–17. — Режим доступу: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3948>
- Площай, Ф. В. Параметричний аналіз ризиків в проєктах утилізації шахтного метану [Текст] / Ф. В. Площай // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2012. — № 1/11(55). — С. 53–55. — Режим доступу: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3604>
- Nema, S. K. Plasma pyrolysis of medical waste [Text] / S. K. Nema, K. S. Ganeshprasad // Current science, Bengaluru. — 2005. — Vol. 83, № 3. — P. 271–278.
- Юфит, С. С. Альтернативные технологии переработки бытовых отходов [Текст] / С. С. Юфит // Научно-практический журнал «Твердые бытовые отходы». — 2009. — № 1. — С. 36–41.
- Рижков, С. С. Екологічна безпека продуктів екопірогенезису та використання їх як альтернативного палива [Текст] / С. С. Рижков, Л. М. Маркіна, М. В. Мирошніченко // Екологічна безпека. — 2012. — № 2(14). — С. 98–103.
- Рижков, С. С. Анализ процессов деструкции диоксинов и тяжелых углеводородов при многоконтурном циркуляционном пиролизе твердых бытовых отходов [Текст] / С. С. Рижков, Л. М. Маркіна, М. В. Рудюк, О. В. Ощип // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2011. — № 6. — С. 43–48.
- Кондратенко, Ю. П. Математичне моделювання температурних режимів реактора багатоконтурної піролізної установки для задач автоматичного керування [Текст] / Ю. П. Кондратенко, Л. М. Маркіна, О. В. Козлов // Збірник наукових праць НУК. — 2012. — № 2. — С. 84–90.
- Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений [Текст] / О. И. Ларичев. — М.: Логос, 2002. — 392 с.

9. Ryzhkov, S. S. Expert system of estimation for the environmental risk levels of hazardous facilities of a shipbuilding plant [Електронний ресурс] / S. S. Ryzhkov, I. V. Timchenko // Вісник НУК. — 2012. — № 2(14). — Режим доступу: \www/URL: <http://evn.nuos.edu.ua/article/download/22593/20214>
10. Саати, Т. Принятие решений — метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ «ЭКОПИРОГЕНЕЗИС»

В статье представлена структура автоматизированной системы управления экологическими рисками при утилизации отходов по технологии «Экопирогенезис». Предложено алгоритм функционирования системы управления экологическими рисками и методику многокритериальной оценки факторов экологической опасности при эксплуатации оборудования технологии термической утилизации органических отходов. Представлены результаты оценки факторов по уровню опасности на основе метода анализа иерархий согласно сформированным критериям.

Ключевые слова: экологические риски, факторы экологической опасности, пиролиз, аварии, анализ иерархий.

Маркіна Людмила Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра екологічної безпеки та охорони праці, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Миколаїв, Україна, e-mail: markserg@ukr.net.

Тимченко Інна Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра екологічної безпеки та охорони праці, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Миколаїв, Україна, e-mail: inna.tymchenko@nuos.edu.ua.

Маркина Людмила Николаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра экологической безопасности и охраны труда, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Николаев, Украина.

Тимченко Инна Викторовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра экологической безопасности и охраны труда, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Николаев, Украина.

Markina Liudmyla, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: markserg@ukr.net.

Timchenko Inna, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: inna.tymchenko@nuos.edu.ua

УДК 665.64

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.40592

Левчук И. Л.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА ПУТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР НА ВХОДАХ РЕАКТОРОВ

В работе исследовано влияние температуры реакционной смеси на входах реакторного блока каталитического риформинга на приращение ароматических углеводородов в реакционной смеси. Предложен новый способ и алгоритм управления процессом каталитического риформинга, путем оптимального распределения температур реакционной смеси на входах реакторного блока в зависимости от ароматизации сырья, чувствительности процесса по каналу управления температурой и требуемой жесткости ведения процесса.

Ключевые слова: каталитический риформинг, управление, оптимальное распределение температур, жесткость процесса.

1. Введение

Бензины являются одним из основных видов горючего для двигателей современной техники. Производство бензинов — важнейшая отрасль нефтеперерабатывающей промышленности Украины, в значительной мере влияющая на экономическое развитие нашей страны. Каталитический риформинг — важнейшая стадия получения высокооктанового компонента моторных топлив, а также индивидуальных ароматических углеводородов (бензола, толуола, ксилолов), используемых в нефтехимии и промышленного водорода.

Мировые тенденции изменения цен на нефтепродукты показывают, что исследования направленные на увеличение производительности, а следовательно и технико-экономических показателей процесса каталитического риформинга бензинов, в настоящее

время особенно актуальны. Совершенствование способа управления — один из очевидных вариантов увеличения производительности технологического процесса.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Проблеме автоматизации каталитического риформинга и разработке систем оптимального управления, базирующихся на математических моделях, посвящено достаточное количество исследований и публикаций, среди которых можно выделить работы таких ученых, как J. Crane [1], J. M. Smith [2], Ю. М. Жоров [3], С. А. Ахметов [4]. Авторы работ [3–6] сходятся во мнении, что производительность и технико-экономические показатели установки каталитического риформинга в значительной мере зависят от способа управления данным процессом.