

БУХКАЛО С.І., канд. техн. наук, проф. НТУ «ХП»

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЯК СКЛАДОВА КОНЦЕПЦІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МІКСУ

У роботі розглянуті питання дослідження екологічної безпеки і хіміко-технологічних задач розробки науково-обґрунтованих інтегрованих процесів утилізації полімерних відходів різного походження та терміну експлуатації. Показані можливості вирішення цих задач із застосуванням методів математичного моделювання процесів і урахуванням зміни фізико-хімічних, молекулярних, хімічних і структурно-механічних характеристик полімерних матеріалів при експлуатації. Основна мета розробки – вибір екологічно безпечних енерго- і ресурсозберігаючих способів виробництва полімерної продукції нового асортименту з вторинної полімерної сировини, проектування ефективного обладнання для реалізації її випуску. При цьому вказані можливі напрямки утилізації полімерних відходів які не підлягають повторній переробці.

Ключові слова: екологічна безпека, утилізація, полімерні відходи, термін експлуатації, ідентифікація, критерії оцінювання, науково-обґрунтовані технологічні процеси

Вступ. Сучасність характеризується не тільки бурхливим розвитком науково-технічної думки і інтенсивного впровадження наукових розробок у повсякденне життя суспільства, а й наявністю супутніх процесів – виникнення все нових небезпек для життєдіяльності людини. Одним з таких нових факторів, безпосередньо пов'язаних з діяльністю людини є наявність великої кількості побутових відходів, значну частину яких складають полімерні відходи [1–3].

Токсичність полімерних матеріалів оцінюють шляхом порівняння з гранично припустимою концентрацією виділюваних токсичних речовин і елементів. Першорядне значення для такої оцінки має клас небезпеки, склад шкідливих речовин та їх кількісний вміст. У сучасній промисловості полімерні матеріали знаходять все більш широке застосування, що зв'язано з їх перевагами, наприклад, у якості полімерних будівельних матеріалів [1]:

- тривалі терміни експлуатації – до 20 років без зміни основних характеристик виробів;

© С.І. Бухкало. 2014

- відносно невисока вартість різноманітних процесів переробки у виробі;
- можливість створення матеріалів із заданими експлуатаційними та екологічними властивостями;
- простота та небезпека у виготовленні конструкцій, їх монтажу та експлуатації;
- забезпечення практично 100 % корозійної стійкості при експлуатації;
- можливість надання виробам необхідної міцності, еластичності і гнучкості;
- відповідність виробів вимогам нормативів та стандарту, а також параметрів естетичності та ін

Аналіз останніх досліджень та літератури. При оцінці екологічної безпеки, наприклад, полімерних будівельних матеріалів керуються такими основними вимогами до них: полімерні матеріали не повинні створювати в приміщенні стійкого специфічного запаху в період експлуатації; не виділяти в повітря летючі токсичні речовини в небезпечних для людини концентраціях; не стимулювати розвиток патогенної мікрофлори на своїй поверхні протягом усього терміну експлуатації; не мати впливу або не погіршувати мікроклімат приміщень; повинні бути доступними для вологої дезінфекції; напруженість поля статичної електрики на поверхні полімерних матеріалів не повинна бути більше 150 В/см^2 (при відносній вологості повітря в приміщенні 60–70 %) і ін.

Численні дослідження показали, що практично всі полімерні будівельні та оздоблювальні матеріали, в процесі використання можуть виділяти токсичні леткі компоненти, які при тривалій дії можуть несприятливо впливати на живі організми, в тому числі і на здоров'я людини. Розвиток більшості галузей промисловості, спрямований на підвищення матеріального рівня життя, одночасно призводить до появи певного виду техногенної небезпеки як для здоров'я людини, так і для навколишнього середовища [4–6]. Концептуальні засади екологічної політики нашої держави сформульовані в документі «Основні напрямки державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки», затвердженому ще По-

становою Верховної Ради України від 5 березня 1998 р. У розробці Основних напрямків, до яких входить і утилізація полімерних відходів, виходили з того, що нинішня екологічна ситуація в Україні визначається як кризова. За описаними системними дослідженнями [7], кількісні оцінки пріоритетів механізмів екологічної безпеки України розподілилися таким чином: економічні механізми екологічної безпеки (0,321), державна система управління екологічною безпекою (0,273), промислова безпека та технологічні основи екологічно безпечного розвитку промисловості, енергетики і транспорту (0,237), нормативно-правова діяльність у сфері екологічної безпеки (0,142), наукові основи екологічної безпеки (0,113), громадські організації у сфері екологічної безпеки (0,006).

Мета дослідження, постановка проблеми. Основна мета концепції утилізації полімерних відходів з точки зору забезпечення екологічної безпеки – вибір екологічно безпечних енерго- і ресурсозберігаючих способів виробництва полімерної продукції нового асортименту з вторинної полімерної сировини, проектування ефективного обладнання для реалізації її випуску та інші питання комплексної переробки. При цьому необхідно враховувати розробку можливих напрямки утилізації полімерних відходів які не підлягають повторній переробці.

Ключовим у концептуалізації ідеї сталого розвитку утилізації полімерних відходів, а в її структурі – техногенно-екологічної безпеки, є уявлення про об'єкт концепції, який, по-перше, давав би змогу для коректної співпраці з ним відповідним науковим напрямкам, узгоджуючи їх методи та можливості, і, по-друге, створював би необхідні передумови для реалізації управління та сталого розвитку.

Матеріали досліджень. Концепція управління техногенно-екологічною безпекою у процесах утилізації полімерних відходів [8] зв'язана з необхідністю доповнення за змістом – одночасного паралельного застосування соціально-економічної безпеки і є органічним наслідком синтезу їх обох в єдиному управлінні на засадах підходу, що набув назву «змішаного» [9]. Конкретна реалізація «змішаного» підходу, яка може варіювати залежно від об'єкта управління, для еколого-економічної системи (ЕЕС) дає змогу об'єднати детермінованість рівня техногенно-екологічної безпеки траєкторією сталого розвитку з регулюванням його стохастичних коливань.

Сама ЕЕС має власну мету – постійне забезпечення максимального рівня певної позитивної якості. Такою якістю, на думку авторів, має бути категорія інтегрованої безпеки, котра в концепції сталого розвитку структурується на дві основні складові: соціально-економічну та техногенно-екологічну безпеку [10].

Деякі питання постановки проблеми інтегрованої безпеки вирішені на певному рівні у роботі Г. І. Рудька [11], яка базується на класичному системному підході – техногенно-природна геосистема визначена у вигляді цілісного системного утворення:

$$S = \{X, Q\},$$

де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ множина елементів x_i системи S ;

Q – множина закономірностей змін елементів x_i , їх взаємодія між собою і з навколишнім середовищем, тобто вона уявляє собою сукупність залежностей, які зв'язують елементи x_i системи S [12].

Системно-динамічна концепція в парадигмі сталого розвитку виявляє себе у двох аспектах: 1) методологічний визначається сучасною синтетичною теорією еволюції [13]; траєкторія сталого розвитку формується відповідно до вибору оптимальних режимів діяльності множини технологічних систем та геоекосистем; 2) предметний виходить із розуміння системно-динамічної концепції як інструментарію, адекватного ідеям та завданням соціальної екології, яка визначає себе як відгалуження від загальної, біологічної екології з акцентом на оптимізацію взаємодії між категоріями (системами): «суспільство» – «людина» – «техніка» – «природне середовище» [14]. Для утилізації полімерних відходів, з нашої точки зору, необхідним стає формування комплексної моделі дослідження з урахуванням дії на навколишнє природне середовище (НПС), наданої у вигляді системного утворення:

«суспільство» – «людина» – «стан₀ системи НПС» – «технологічний процес» – «стан₁ системи НПС»

Розв'язання задач ґрунтується на визначенні вірогідності випадкових негативних подій, сумарного показника забруднення ґрунтів і стосується завдань охорони довкілля за концепцією техногенно-екологічної безпеки. Для досягнення основної мети необхідно вирішувати безліч завдань

як наукового напрямку, так і побутового, наприклад, для поліетиленової плівки сільськогосподарського призначення:

1) розробка способів маркування полімерних виробів на стадії їх виготовлення;

2) організація роздільного збору на регіональному рівні та розробка автоматизованих методів ідентифікації полімерних відходів;

3) виявлення залежності кінетики фотоокислення від терміну експлуатації і молекулярних властивостей вихідного полімеру, наприклад, поліетилену;

4) дослідження механізму утворення кисневмісних функціональних груп у процесі експлуатації виробів з поліетилену;

5) зміна експлуатаційних характеристик поліетилену з виявленням критеріїв контролю строку експлуатації виробів та кризових точок;

6) дослідження механізму утворення і структури гельфракції в процесі експлуатації поліетиленової плівки;

7) дослідження конкуруючих реакцій деструкції і структурування на різних стадіях експлуатації плівки;

8) вибір критеріїв оцінки полімерних відходів різного терміну і місця експлуатації;

9) визначення способу утилізації для важко- або непереробних полімерних відходів з метою отримання цільових низькомолекулярних продуктів;

10) вибір способу переробки вторинної полімерної сировини з урахуванням певних критеріальних характеристик оцінки властивостей відходів та розробленого асортименту продукції;

11) вибір науково-обґрунтованих напрямів утилізації полімерних відходів що не підлягають повторній переробці.

Відповідно до наданих результатів досліджень Я. О. Адаменко [15] розв'язання задач екологічної безпеки значно залежить від впровадження в практику науково-теоретично обґрунтованої процедури оцінки впливів техногенно-небезпечних об'єктів на навколишнє середовище.

Функцію корисності екологічної безпеки запропоновано встановлювати на основі критеріїв проектних рішень, які формуються за регіональними, місцевими (локальними) та нормативними показниками (або критеріями) заданої діяльності.

Функція екологічної безпеки базується на розрахунку окремих функцій корисності для кожної альтернативи та критеріями за формулою:

$$U_{екол}(A_n) = \sum U_{рег}(C_i^{рег}) + \sum U_{лок}(C_m^{лок}) + \sum U_{мер}(C_o^{мер}),$$

де $U_{екол}(A_n)$ – функція корисності екологічної безпеки n -ї альтернативи за критеріями проектних рішень щодо запропонованої діяльності;

$U_{рег}(C_i^{рег})$ – функція корисності за i -ми критеріями оптимізації проектних рішень на регіональному рівні;

$U_{лок}(C_m^{лок})$ – функція корисності за m -ми критеріями оптимізації проектних рішень на локальному рівні;

$U_{мер}(C_o^{мер})$ – функція корисності за o -ми критеріями містобудівельних, санітарних і екологічних обмежень в межах території впливу запропонованої проектом діяльності.

Кожна з означених функцій корисності розраховується згідно з критеріями нормування впливу на природне, соціальне і техногенне середовища і забезпечує необхідний рівень екологічної безпеки за концепцією сталого розвитку на основі соціально-економічної безпеки.

Оцінка існуючих хіміко-технологічних систем у процесах виробництва, експлуатації та утилізації полімерних матеріалів в рамках проблем забезпечення екологічної безпеки видається особливо важливою та актуальною. Мета роботи – підвищити ефективність і оперативність методів оцінки впливу на навколишнє середовище технологічних процесів виробництва, експлуатації та утилізації полімерних матеріалів, а також у рамках «концепції сталого розвитку утилізації ТПВ», забезпечити більш високий рівень екологічної безпеки цих процесів.

Для реалізації цих цілей необхідно було вирішити такі наукові та прикладні технічні завдання: провести оцінку стадій життєвого циклу полімерних матеріалів з точки зору визначення факторів забезпечення екологічної безпеки; провести аналіз існуючих показників і методів інтегральної оцінки якості полімерних матеріалів; встановити найбільш ефективні критерії та методики оцінки основних джерел «екологічної шкоди», виявлених в існуючих хіміко-технологічних процесах виробництва, експлуатації та утилізації полімерних матеріалів, і класифікувати

ці джерела для подальшого вибору найбільш ефективних шляхів їх усунення, знешкодження або мінімізації, використовуючи у якості модельної системи поліетиленову плівку, що має різні умови та терміни експлуатації. При вирішенні проблем, пов'язаних з цими факторами, отримані наукові результати, опубліковані в [16–23], вказують на можливості, що зумовлюють підвищення рівня екологічної безпеки технології утилізації полімерних матеріалів такими способами:

1) запропоновано оцінювати екологічну безпеку технологічних процесів виробництва, експлуатації та утилізації полімерних матеріалів з точки зору «концепції зміни кисне-вмісних та ненасичених груп, фізико-механічних та інших основних властивостей окремо для кожної групи полімерних матеріалів у процесах експлуатації»;

2) визначено, що для виділення факторів екологічної безпеки необхідно розглянути технологічний цикл процесів виробництва, експлуатації та утилізації полімерних матеріалів, використовуючи нові розроблені автором та існуючі методи інтегральної оцінки стану полімерних матеріалів, а також повітряного і водного середовищ.

З метою виконання вимог екологічної безпеки технології утилізації полімерних матеріалів може бути запропонований підхід компараторної ідентифікації екологічної якості складних систем [24, 25]. У роботі [25] реалізовано відповідно до розробленого алгоритму визначення рейтингу областей України за екологічністю їх стану (X_i). Аналіз здійснено в рамках дев'яти параметрів, кожен з яких визначає певний соціально-еколого-економічний стан: x_{i1} – приріст населення за останній рік (1 – номер у таблиці 1); x_{i2} – народжуваність (2); x_{i3} – кількість померлих віком до одного року (3); x_{i4} – середня заробітна плата (4); x_{i5} – кількість безробітних працездатного віку (5); x_{i6} – реалізована промислова продукція (6), млн. грн.; x_{i7} – викиди забруднюючих речовин (7), тис. тон; x_{i8} – утворено відходів, тис. тон (8); x_{i9} – утилізовано відходів (9), тис. тон. Вихідні дані наведено в таблиці 1 [24, 25], але деякі відомості (стовпчики 1 – 5) для утилізації полімерних матеріалів відсутні на даний час і потребують подальшої конкретної корекції.

Таблиця 1. Вхідні дані з оцінки стану регіонів України

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	max	max	max	max	max	max	min	min	max
Автономна Республіка Крим						16864	137,8	3709,1	321,9
Вінницька						16087,2	182,7	3132,6	855,6
Волинська						7255,7	50,4	733,8	56,3
Дніпропетровська						152557,7	1173,1	291188	94763,3
Донецька						152185,7	1714,7	56650,7	13187,8
Житомирська						11555,1	85,7	866,8	121,6
Закарпатська						6672,1	72,1	561,9	7,1
Запорізька						55192,1	316	6120,9	1686,6
Івано-Франківська						14870,8	249,1	1782,8	530,6
Київська						29863,1	308,1	3015,9	571,1
Кіровоградська						10429,6	73,8	40091,2	18639,5
Луганська						51432,7	529,5	16706,2	4998,5
Львівська						22000,8	253,9	3350,4	170,4
Миколаївська						15814,9	87,1	2475,1	116,1
Одеська						18065,2	169	1337,2	46,9
Полтавська						46050,8	178,9	6300,2	4481,9
Рівненська						10797,2	60,4	1281,4	168,3
Сумська						15969,5	80,1	1261,7	402
Тернопільська						5232,2	65	1001,2	203,7
Харківська						45742,0	319,4	2417,5	320,6
Херсонська						7899,8	73,6	485,6	74,6
Хмельницька						11871,7	79,7	1471,1	526,4
Черкаська						20903,7	146,4	1895,4	957,8
Чернівецька						2889,4	41,1	550,5	117,7
Чернігівська						10235,2	93,6	740,6	103,1

Надалі здійснюється вибір еталонних значень (табл. 2).

Таблиця 2 – Еталонні значення по кожному з параметрів

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	max	max	max	max	max	max	min	min	max
Значення						152557,7	41,1	485,6	94763,3

Наступний крок – нормування даних, наведених в таблиці 1, відповідно до еталонних значень. На даному етапі дослідження можна зробити висновок, що потрібний більш широкий метод рейтингової оцінки екологічної безпеки при впровадженні нових технологій в технологічних процесах виробництва, експлуатації та утилізації полімерних

матеріалів. Запропонована методика з оцінки стану об'єктів утилізації полімерних відходів, що ґрунтується на методі компараторної ідентифікації, визначається новизною підходу стосовно використання принципу системності з оцінки «стан–відповідність–фактори порушення рівноваги–рейтинг першочергових рішень».

Для процесів утилізації полімерних відходів при виконанні інноваційних комплексних проектів необхідно враховувати усі полімерні компоненти твердих побутових відходів (ТПВ) у вигляді екологічних індикаторів навантаження «поводження з відходами», тис. тон/рік:

- кількість виробництва ТПВ (всього, на душу населення);
- полімерна частина промислових полімерних відходів, що підлягають сортуванню на термо- та реактопласти;
- полімерна частина комунальних ТПВ, що підлягають сортуванню на термо- та реактопласти;
- полімерна частина комунальних ТПВ, що підлягають повторному переробленню;
- полімерна частина комунальних ТПВ, що підлягають повторному використанню;
- полімерна частка комунальних ТПВ, що не підлягають перероблюванню і використуванню повторно та ін.

Для кожного з вищевказаних кроків екологічної ідентифікації та подальшої науково-обґрунтованої утилізації полімерних відходів можна навести технологічні процеси виконання вищевказаних пунктів у вигляді комплексу інноваційних проектів, а при наявності статистичних даних можна прогнозувати продуктивність таких підприємств. Але першим кроком у цій системі необхідно вимагати від комунальних підприємств різного рівня (державних, регіональних, селищних, міських та ін.) роздільного збору ТПВ відповідно стандартам ЄС. До екологічних індикаторів проектної діяльності відносять також показники – індикатори: 1) стану якості довкілля; 2) стану здоров'я населення; 3) навантаження забруднення навколишнього середовища; 4) навантаження ресурсоспоживання; 5) реагування екологічне управління; 6) реагування екологічна освіта і просвіта.

Аналіз ситуації, на жаль, на сьогоднішній день у віртуальній галузі утилізації різновидів відходів (таку галузь ще необхідно створити) показує потенційну можливість підвищення ефективності їхнього використання з погляду ресурсо- і енергозбереження шляхом створення виробничих комплексів (рис. 1).

Створення нових безвідхідних технологічних процесів і комплексів вигідніше, ніж модернізація існуючих виробництв із цією ж метою.

Таким чином, для пошуку оптимальних варіантів безвідхідних технологій можлива наступна послідовність дій:

- виявлення принципових недоліків існуючих технологій з обліком всіх розглянутих принципів, визначення вихідних потоків системи, які мають потребу в очищенні або мають продукти для утилізації;
- визначення основних причин, що перешкоджають модернізації існуючих виробництв із метою створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів;
- розробка нових методів одержання цільового продукту або вдосконалювання одного з існуючих, задовольняючим принципам створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів;
- розробка декількох варіантів безвідхідних технологій з обліком обраного нового методу;
- вибір пріоритетної технології з погляду основних економічних показників і мети – створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів.

Більшість підприємств і комплексів промисловості є джерелами вторинних енергетичних ресурсів:

- 1) відходи виробництв, які можна віднести до категорії палива;
- 2) теплові викиди різного походження;
- 3) рідини й гази для скидання порівняно низької температури;
- 4) енергія надлишкового тиску й багато чого іншого.

Перший вид джерел вторинних енергетичних ресурсів практично повністю використовують самі підприємства, за винятком тих випадків, коли їхнє спалювання пов'язане з технічними труднощами різного плану. Четвертий вид – припускає наявність спеціального устаткування.

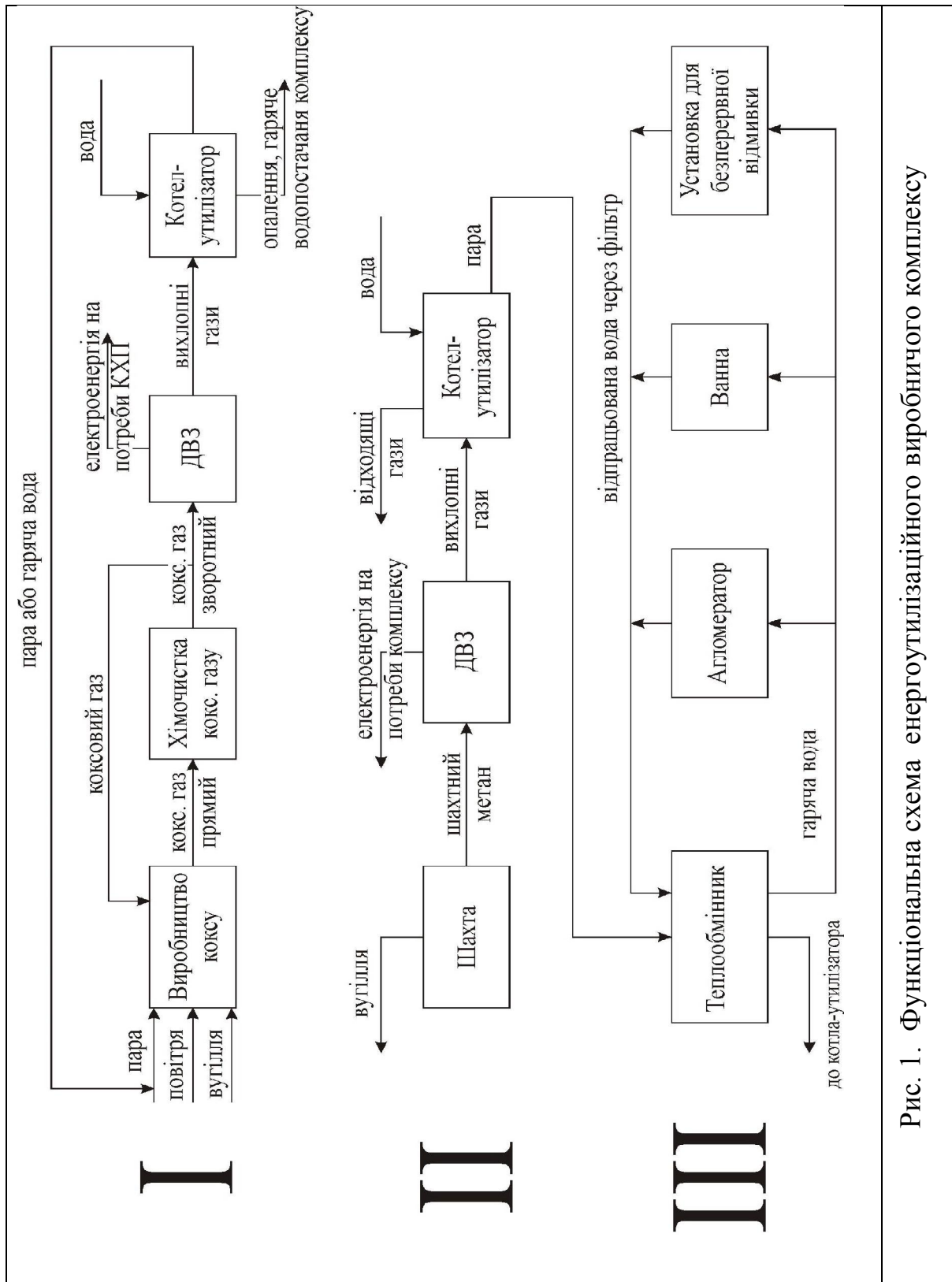


Рис. 1. Функціональна схема енергоутилізаційного виробничого комплексу

Такі виробничі комплекси (рис. 1). можуть бути створені: на базі підприємств великотоннажних виробників енергоносіїв, наприклад, коксохімізаводи й шахти – утилізація коксового газу або шахтного метану; підприємств по виділенню із твердих побутових та промислових відходів окремих видів потенційних енергоносіїв і ін. Ці енергоутилізаційні виробничі комплекси дозволяють не тільки утилізувати різні викиди підприємств або одержувати енергію з не підлягаючих переробці відходів, але створити й переробні підприємства для різних видів відходів, що підлягають переробці.

З методів використання, наприклад, полімерних відходів, найбільш перспективним з погляду ресурсозбереження є напрямок одержання вторинних полімерів. Дослідження спрямовані на рішення завдань підвищення ефективності використання відходів різних галузей промисловості в єдиному комплексі підприємств, що забезпечує всі свої енергетичні потреби самостійно. Розв'язання проблем утворення комплексних енергозберігаючих інноваційних підприємств в період високих цін на енергоносії представляють для України важливу й актуальну проблему державного значення, що безпосередньо пов'язана із впровадженням енергозберігаючих технологій, ефективним використанням енергоресурсів, запобіганням екологічних катастроф. Основна мета представленої розробки – роз'яснення можливостей використання енергетичного міксу різновидів природного газу у вигляді нових технологій з організації, виконання та упровадження комплексного інноваційного проектування на підприємствах з урахуванням вимог екологічної безпеки.

Висновки даного дослідження і перспективи подальших досліджень в даному напрямку. У роботі відповідно до постановки задачі дослідження отримані результати:

1) визначено можливий початковий зміст методики оцінки екологічної безпеки складних систем за методом компараторної ідентифікації факторів небезпеки у вигляді відношення показників стану чи динаміки систем до встановлених норм;

2) встановлені адекватні можливі критерії оцінювання для отримання результатів визначення екологічного рейтингу областей України на основі методики компараторного оцінювання екологічності техніко-еколого-економічних об'єктів (табл. 1 та 2).

Обґрунтованість переваг компараторної ідентифікації в методиці оцінки стану екологічності об'єктів визначається можливістю розвитку теоретично-практичних положень з врахування зв'язки між системами різної природи і визначення стану складових систем і об'єкта в цілому за всіма даними інформаційного простору моніторингу. Таким чином, далі буде розроблено алгоритмічне забезпечення з практичної реалізації методики оцінювання екологічності стану техніко-еколого-економічних систем; перспективним для даних досліджень з метою отримання якісних виробів з вторинного поліетилену є напрямок визначення експериментальних залежностей для всього спектру хімічного складу кисневмісних і ненасичених груп, а також механізмів зміни фізико-хімічних властивостей і будови поліетиленової плівки в залежності від термінів, місця і умов експлуатації. У подальшій повторній переробці такі дослідження дозволяють вибрати методи модифікації даної вторинної полімерної сировини з урахуванням особливостей її будови та хімічної активності.

Список літератури: 1. Передельский Л.В., Приходченко О.Е. Строительная экология: Учеб. пособие. Ростов-н/Д: Феникс, 2003. – 320 с. 2. Экологическая химия. / Под ред. Ф. Кортге. – М.: Мир, 1997. – 396 с. 3. Козуля Т.В. Процеси екологічного регулювання. Концепція корпоративної екологічної системи: монографія / Т.В. Козуля. – Х.: НТУ «ХПИ», 2010. – 588 с. 4. Пирожков С.І. Національна безпека України: сучасне розуміння / С.І. Пирожков, В. Селіванов // Вісник АН України. 1992. – № 9. – С. 3–10. 5. Качинський А.Б. Державна політика у сфері забезпечення екологічної безпеки (пропедевтичний аспект): н.-метод. посіб. / А. Б. Качинський. – К. : НА СБ України, 2005. – 117 с. 6. Дорогунцов С.І. Управління техногенно-екологічною безпекою у парадигмі сталого розвитку: концепція системно-динамічного вирішення / С.І. Дорогунцов, О.М. Ральчук – К. : Наукова думка, 2001. – 173 с. 7. Руденко С.В. Екологічна безпека техногенно навантажених урбанізованих екосистем : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / С.В. Руденко. – Мико-лаїв, 2007. – 36 с. 8. Бухкало С.И. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А.В. Сериков, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166. 9. Солженцев Е.Д. Концепция обеспечения безопасности сложных систем: «нулевого риска», «ненулевого риска», «смешанного подхода» / Е.Д. Солженцев, И.В. Солженцев // Теория и информ. технология моделирования безопасности слож. систем. – СПб. : Изд-во Ин-та проблем машиноведения РАН, 1994. – Вып. 4. – С. 67–82. 10. Дорогунцов С. І. Управління техногенно-екологічною безпекою у парадигмі сталого розвитку: концепція системно-динамічного вирішення / С.І. Дорогунцов, О.М. Ральчук – К.: Наукова думка, 2001. – 173 с. 11. Рудько Г.І. Кибернетические методы изучения природных ресурсов. – К.: ИК, 1980. – 77 с. 12. Рудько Г.І. Екологічна безпека техноприродних геосистем (наукові та методичні основи) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Г.І. Рудько. –

Сімферополь, 2005. – 35 с. **13.** Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии / Н.Н. Воронцов. – М.: Прогресс – Традиция, 1999. – 640 с. **14.** Згуровский М., Доброногов А., Померанцева Т. Исследование социальных процессов на основе методологии системного анализа / М. Згуровский, А. Доброногов, Т. Померанцева. – К.: Наук. Думка, 1997. – 221 с. **15.** Адаменко Я.О. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науково-теоретичні основи, практична реалізація : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Я.О. Адаменко. – Івано-Франківськ, 2006. – 32 с. **16.** Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки // Интегровані технології та енергозбереження. 2005. – № 2. – С. 29–33. **17.** Бухкало С.И. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.И. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 73–78. **18.** Бухкало С.И. Анализ эколого-правовой базы комплексной утилизации отходов полимеров / С.И. Бухкало, Н.Н. Зипунников, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 140–145. **19.** Бухкало С.И. Оценка качества модификации полиэтиленовых отходов с помощью математической модели / С.И. Бухкало, О.И. Ольховская, К.А. Бындич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2010. – № 32. – С. 74–78. **20.** Бухкало С.И. / Анализ возможностей экономической оценки комплексной утилизации отходов полимеров // С.И. Бухкало, Р.Ф. Смоловик, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 133–139. **21.** Бухкало С.И., Гардер С.Е., Ольховская О.И. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80. **22.** Бухкало С.И. Математическое моделирование как инструмент модификации отходов полимеров / С.И. Бухкало, О.И. Ольховская, А.А. Борхович и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2010. – № 32. – С. 52–57. **23.** Бухкало С.И. Оценка направленной модификации полимерных отходов с помощью математической модели / С.И. Бухкало, О.И. Ольховская, А.А. Борхович и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2010. – № 32. – С. 63–67. **24.** <http://www.ukrstat.gov.ua/> «Державна служба статистики України» **25.** Козуля Т.В. Оцінка екологічного стану регіонів України за методом компараторної ідентифікації / Т.В. Козуля, М.О. Білова // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 13. – С. 67–75.

Bibliography (transliterated): **1.** Peredel'skij L.V., Prihodchenko O.E. Stroitel'naja jekologija: Ucheb. posobie. Rostov-n/D: Feniks, 2003. – 320 p. **2.** Jekologicheskaja himija. / Pod red. F. Korte. – Moscow.: Mir, 1997. – 396 p. **3.** Kozulja T.V. Procesi ekologichnogo reguljuvannja. Koncepcija korporativnoї ekologichnoї sistemi: monografija / T.V. Kozulja. – Kharkov.: NTU «KhPI», 2010. – 588 s. **4.** Pirozhkov S.I. Nacional'na bezpeka Ukraїni: suchasne rozuminnja / S.I. Pirozhkov, V. Selivanov. Visnik AN Ukraїni. 1992. – No. 9. – P. 3-10. **5.** Kachins'kij A.B. Derzhavna politika u sferi zabezpechennja ekologichnoї bezpeki (propedevtichnij aspekt): n.-metod. posib. / A.B. Kachins'kij. – Kyiv. : NA SB Ukraїni, 2005. – 117 p. **6.** Doroguncov S.I. Upravlinnja tehnogenno-ekologichnoju bezpekoju u paradigmi stalogo rozvitku: koncepcija sistemno-dinamichnogo virishennja / S.I. Doroguncov, O.M. Ral'chuk – Kyiv : Naukova dumka, 2001. – 173 p. **7.** Rudenko S.V. Ekologichna bezpeka tehnogenno navantazhenih urbanizovanih ekosistem : avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja dokt. tehn. nauk : spec. 21.06.01 «Ekologichna bezpeka» / S.V. Rudenko. – Mikolaïv, 2007. – 36 p. **8.** Buhkalo S.I. Ob utilizacii polimernyh othodov kak komplekse inno-

vacionnyh proektov / *S.I. Buhkalo, A.V. Serikov, O.I. Ol'hovskaja i dr.* Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2012. – No. 10. – p. 160–166. **9.** *Solzhenecv E.D.* Koncepcija obespechenija bezopasnosti slozhnyh sistem: «nulevogo riska», «nenulevogo riska», «smeshannogo podhoda» / *E.D. Solzhenecv, I.V. Solzhenecv.* Teorija i inform. tehnologija modelirovanija bezopasnosti slozh. sistem. – SPb. : Izd-vo In-ta problem mashinovedenija RAN, 1994. – Vyp. 4. – P. 67–82. **10.** *Doroguncov S.I.* Upravlinnja tehnogenno-ekologichnoju bezpekoju u paradigmi stalogo rozvitku: koncepcija sis-temno-dinamichnogo virishennja / *S.I. Doroguncov, O.M. Ral'chuk* – Kyiv.: Naukova dumka, 2001. – 173 p. **11.** *Rud'ko G.I.* Kiberneticheskie metody izuchenija prirodnyh resursov. – Kiev : IK, 1980. – 77 p. **12.** *Rud'ko G.I.* Ekologichna bezpeka tehnoprirodnih geosistem (naukovi ta metodichni os-novi) : avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja dokt. tehn. nauk : spec. 21.06.01 «Ekologichna bez-peka» / *G.I. Rud'ko.* – Simferopol', 2005. – 35 p. **13.** *Voroncov H.H.* Razvitie jevoljucionnyh idej v biologii / *H.H. Voronov.* – Moscow. : Progress – Tradicija, 1999. – 640 p. **14.** *Zgurovskij M., Dobronogov A., Pomeranceva T.* Issledovanie social'nyh processov na osnove metodologii sistemnogo analiza / *M. Zgurovskij, A. Dobronogov, T. Pomeranceva.* – Kiev : Nauk. Dumka, 1997. – 221 p. **15.** *Adamenko Ja.O.* Ocinka vpliviv tehnogenno nebezpečnih ob'ektiv na navkolishne seredovi-shhe: naukovo-teoretichni osnovi, praktichna realizacija : avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja dokt. tehn. nauk : spec. 21.06.01 «Ekologichna bezpeka» / *Ja.O. Adamenko.* – Ivano-Frankivs'k, 2006. – 32 p. **16.** *Buhkalo S.I.* K voprosu jenergosberezhenija processa aglomerirovanija polimernoj upakovki. Integrovani tehnologii ta energozberezhenija. 2005. – No. 2. – P. 29–33. **17.** *Buhkalo S.I.* Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predprijatij po pererabotke ot-hodov / *S.I. Buhkalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr.* Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2012. – No. 10. – P. 73–78. **18.** *Buhkalo S.I.* Analiz jekologo-pravovoj bazy kompleksnoj utilizacii othodov polimerov / *S.I. Buhkalo, N.N. Zipunnikov, O.I. Ol'hovskaja i dr.* Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2011. – No. 21. – P. 140–145. **19.** *Buhkalo S.I.* Ocenka kachestva modifikacii polijetilenovnyh othodov s pomoshh'ju matematicheskoy modeli / *S.I. Buhkalo, O.I. Ol'hovskaja, K.A. Byndich i dr.* Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2010. – No. 32. – P. 74–78. **20.** *Buhkalo S.I.* / Analiz vozmozhnostej jekonomicheskoy ocenki kompleksnoj utilizacii othodov polimerov. *S.I. Buhkalo, R.F. Smolovik, O.I. Ol'hovskaja i dr.* Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2011. – No. 21. – P. 133–139. **21.** *Buhkalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr.* Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predprijatijah po pererabotke othodov. Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2012. – No. 10. – P. 72–80. **22.** *Buhkalo S.I.* Matematicheskoe modelirovanie kak instrument modifikacii othodov polimerov / *S.I. Buhkalo, O.I. Ol'hovskaja, A.A. Borhovich i dr.* Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2010. – No. 32. – P. 52–57. **23.** *Buhkalo S.I.* Ocenka napravlennoj modifikacii polimernykh othodov s pomoshh'ju matematicheskoy modeli / *S.I. Buhkalo, O.I. Ol'hovskaja, A.A. Borhovich i dr.* Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2010. – No. 32. – P. 63–67. **24.** «Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni» <http://www.ukrstat.gov.ua/> **25.** *Kozulja T.V.* Ocinka ekologichnogo stanu regioniv Ukraïni za metodom komparatornoï identifikacii / *T.V. Kozulja, M.O. Bilova* // Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «Khpi». 2014. – No. 13. – P. 67–75.

Поступила (received) 05.09.14