

УДК 69:658.567

А. А. ШУВАЄВ^{1*}

^{1*}Каф. «Промислове та цивільне будівництво», Запорізький національний університет, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (096) 180 45 99, ел. пошта shywazp@gmail.com, ORCID 0000-0002-4919-485X

Організаційно-функціональна структура системи інформаційно-аналітичного управління потоками відходів будівництва

Мета. За основну мету роботи поставлено визначення та обґрунтування принципів, функціональних вимог і завдань реалізації інформаційно-аналітичної підтримки управління потоками відходів будівництва та зносу як вторинних ресурсів; розроблення організаційно-функціональної структури системи інформаційно-аналітичного управління, яка б задовольняла умовам упровадження логістичного підходу в межах комплексного управління потоками відходів будівництва і стала основою створення єдиної інформаційної платформи. **Методика.** Як методологічну основу дослідження процесу управління потоками вторинних ресурсів і реверсивних потоків у будівельній галузі застосовано логістичний підхід, що передбачає аналіз факторів впливу на систему та дослідження її динамічної поведінки як складної адаптивної системи. Системний підхід у розробці інформаційно-аналітичних систем управління передбачає розв'язання таких задач: розробку функціональної моделі системи управління потоками відходів будівництва та зносу; побудову матриць взаємодії автоматизованих процесів і процесів маршрутизації даних; моделювання логічної архітектури сховища даних; розробку комплексу програмних і технічних засобів. **Результати.** Обґрунтовано основні завдання розроблення інформаційної підтримки логістичної системи управління потоками відходів будівництва та зносу. Запропоновано інтеграцію в систему таких функціональних блоків: формування бази даних; блок оцінки сукупних економічних витрат на процес; блок оцінки екологічних збитків; оцінки інформаційних ризиків; оцінки альтернативних способів управління потоками відходів; блок формування оптимального маршруту; блок візуалізації. На підставі узагальнення вимог і можливостей проаналізованих за функціональністю інформаційно-аналітичних систем та вимог, які б забезпечували ефективність управління потоками відходів будівництва, запропоновано організаційно-функціональну структуру системи інформаційно-аналітичного управління. **Наукова новизна.** У роботі аргументовано включення до переліку функціональних блоків організаційно-функціональної структури системи інформаційно-аналітичного управління, яка має стати основою створення інформаційної платформи управління потоками відходів будівництва та зносу, оцінки екологічних ризиків та оцінки інформаційних ризиків. **Практична значимість.** Реалізація в межах інформаційно-аналітичного управління оцінки екологічних збитків (як складової оцінки ефективності управління потоками відходів будівництва) та оцінки інформаційних ризиків (як інструменту логістичного підходу) забезпечить можливість прогнозування ключових показників системи, прийняття оптимальних рішень, спрямованих на максимальне включення до системи потоків відходів будівництва як потенційної вторинної сировини, достатній рівень економічної та екологічної ефективності з оптимальним рівнем логістичних витрат.

Ключові слова: логістичний підхід; організаційно-функціональна структура; система комплексного управління потоками відходів будівництва та зносу (СКУПВ); інформаційно-аналітична підтримка; функціональні блоки інформаційної системи; інформаційна платформа

Вступ

Проблема управління відходами будівельної галузі набуває актуальності як у контексті наукових досліджень, спрямованих на створення ефективної та науково-обґрунтованої концепції управління (з урахуванням економічних, екологічних, соціальних, технологічних факторів впливу), так і запровадження практичного ін-

струментарію, у тому числі зарубіжного досвіду управління потоками відходів будівництва.

Вважаємо обґрунтованим, що систему управління переробкою будівельних відходів потрібно розглядати як систему комплексного управління потоками відходів будівництва (СКУПВ) [3], що охоплює комплекс взаємопов'язаних заходів, процедур та задач організаційно-технічного, технологічного та економічного характеру, які здатні забезпечити збір, со-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ртування, транспортування, переробку будівельних відходів та отримання вторинної сировини (матеріалів) із заданими техніко-економічними показниками, а також максимально залучити будівельні відходи до повторного господарського циклу [4]. Окремо в межах СКУПВ необхідно розглядати систему логістики потоків відходів будівництва, що безпосередньо впливає на ефективність функціонування першої (оптимізація розподілу, вартість транспортування, інтеграція інформаційних потоків та ін.) і здатна забезпечити перерозподіл відходів будівництва з одночасною максимізацією їх залучення до СКУПВ.

Сьогодні в більшості країн світу відбувається активне формування логістичної системи вторинних ресурсів, яка дозволяє залучити максимальні обсяги відходів виробництва, у тому числі будівництва, до вторинної переробки; забезпечувати цілеспрямовану діяльність служб замовника, будівельних, проєктних, транспортних, постачальницьких та переробних підприємств за рахунок узгодженості дій, збалансованості трудових та матеріально-технічних ресурсів.

Актуальність дослідження логістичної системи потоків відходів будівництва (вторинних ресурсів) пов'язана з її динамічністю, складністю механізму формування та розвитку, постійним виникнення нових факторів (економічні проблеми галузі, зростання вартості ресурсів, обмеженість ресурсів, зростання екологічного навантаження, соціальні зміни та ін.), що мають істотний та неоднозначний вплив [5–10].

Згідно з дослідженнями [1, 2, 6], присвяченими логістиці в управлінні потоками відходів, використання сучасних інформаційних технологій та відповідних програмних рішень є запорукою ефективного та оптимального застосування наявних ресурсів для транспортування, розподілу потоків відходів будівництва, зниження рівня впливу на навколишнє середовище. Відповідно, логістика відходів, або екологістика, акумулює процеси планування, організації, управління, контролю, регулювання процесів збору і транспортування відходів за умови мінімізації витрат та негативного впливу на екологію [8–10].

Актуальним завданням у цій сфері є формування адаптивної системи організаційного уп-

равління потоками відходів будівництва, що передбачає також забезпечення адекватної інформаційно-аналітичної підтримки процесів управління логістикою відходів будівництва та зносу [1, 2, 7].

Інформаційно-аналітична підтримка (як основа логістичної системи в складі СКУПВ) повинна забезпечити базу для інтеграції різномановної інформації щодо всіх аспектів діяльності з управління потоками відходів будівництва та зносу, розвитку можливостей обміну даними та впорядкування інформаційних потоків між усіма стейкхолдерами системи на всіх етапах – від збору і транспортування до переробки та утилізації.

Мета

Основною метою дослідження є визначення та обґрунтування принципів, функціональних вимог і завдань реалізації інформаційно-аналітичної підтримки управління потоками відходів будівництва як потенційних вторинних ресурсів; розроблення організаційно-функціональної структури системи інформаційно-аналітичного управління, яка б задовольняла умовам впровадження логістичного підходу в комплексне управління потоками відходів будівництва та зносу і стала основою створення єдиної інформаційної платформи.

Також передбачено обґрунтування необхідності впровадження єдиної цифрової платформи комплексного управління потоками відходів будівництва, яка дозволить в онлайн-режимі контролювати рух відходів будівництва від продуцентів (місця утворення) до місця їх переробки (утилізації); здійснювати облік; виявляти порушення; будувати оптимальну логістику; прогнозувати та моделювати управлінські процеси в межах системи та визначати оптимальне розміщення інфраструктури.

Методика

Застосування логістичного підходу як методологічної основи дослідження процесу управління потоками вторинних ресурсів і реверсивних потоків у будівельній галузі базується на аналізі факторів впливу на систему, дослідженні її динамічної поведінки як складної адаптивної системи [6]. Особливість логістич-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ного підходу як системного в дослідженні процесів управління потоками відходів будівництва та зносу полягає в тому, що кожний стан досліджуваної системи та їх сукупність розглядають у взаємозв'язку, наступності та розвитку в процесі переходу до якісно нового стану. При цьому складні об'єкти системи потрібно розглядати як ієрархічно побудовані відкриті системи, а в процесі прийняття обґрунтованого рішення враховувати його вплив на суміжні елементи та зв'язки. Інструментами застосування логістичного підходу в цьому дослідженні є аналіз і синтез системи управління потоками відходів будівництва.

Відповідно, із точки зору систематики управління будівельними відходами слід розглядати як складну адаптивну систему, тобто сукупність окремих агентів, що можуть діяти непередбачувано [1, 6, 9], тому розуміння окремих складових системи не дає автоматичного розуміння її поведінки в цілому [6].

Системний підхід у розробці інформаційно-аналітичних систем управління передбачає розв'язання таких задач: розробку функціональної моделі системи управління потоками відходів будівництва та зносу; побудову матриць взаємодії автоматизованих процесів та процесів маршрутизації даних; моделювання логічної архітектури сховища даних; розробку комплексу програмних і технічних засобів.

Результати

Активний розвиток концепції інтегрованої (комплексної) системи управління відходами будівництва пов'язаний з технологічно обґрунтованим зростанням потенціалу використання вторинних ресурсів (відходів будівництва та зносу) [8]. Згідно з цією концепцією, у першу чергу необхідно скорочувати кількість відходів (джерел відходів), тобто зменшити потенційно небезпечні відходи до того, як вони стануть потоками відходів, а потім уже здійснювати доцільну та раціональну переробку відходів (тобто повернути відходи до виробничого ланцюга). У більшості західних країнах, цю концепцію застосовують як 3R-концепцію (reduce, reuse, recycle), що безпосередньо пов'язано з реалізацією задач підвищення ефективності інвестиційних проєктів у сфері будівництва. Ефективність реалізації 3R-концепції у сфері

управління потоками відходів будівництва та зносу можна значно підвищити за рахунок застосування логістичних методів управління [5, 9].

Інтеграція інфраструктур з управління потоками відходів будівництва та зносу в регіональні (міжрегіональні) логістичні центри здатна забезпечити такі переваги:

- максимальне залучення обсягів відходів будівництва як потенційної вторинної сировини до централізованого управління;
- полегшення процесу контролю за екологічними нормами переробки та утилізації відходів будівництва та зносу;
- підвищення ефективності переробки відходів та їх залучення в повторний господарський обіг (за рахунок оптимізації логістичних витрат, зниження собівартості переробки);
- оптимізація транспортних потоків, перевезення, у тому числі великогабаритних відходів;
- активізація розвитку переробної галузі, створення додаткової вартості, робочих місць та збільшення податкових надходжень;
- зниження навантаження на екосистему шляхом вибору найбільш екологічних організаційно-технологічних рішень.

Основними завданнями інформаційної підтримки логістичної системи управління потоками відходів будівництва та зносу є:

- 1) інформаційний супровід процесів збору та транспортування відходів будівництва і зносу (на підставі акумулювання статистичних даних щодо обсягів утворення відходів за видами, отриманих від продуцентів відходів; даних щодо виробничих потужностей і технологічних можливостей підприємств – від переробників відходів будівництва; даних щодо можливостей транспортування – від транспортних компаній; даних щодо наявних обмежень на утилізацію, захоронення та переробку відходів будівництва за класами небезпеки – від регулювальних органів влади);
- 2) диспетчеризація управління процесом транспортування (контроль і моніторинг);
- 3) автоматизація формування маршрутів (геоінформаційні системи) та планування графіків і розкладів транспортування;
- 4) розрахунок фінансових витрат, з урахуванням забезпечення принципів ефективності управління потоками відходів для кожного ок-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ремого стейкхолдера системи та системи в цілому (на підставі обмежень, критеріїв прийняття рішень);

5) забезпечення динамічного розвитку системи у випадку настання ситуації невизначеності (інформаційних ризиків), що передбачає коригування управлінських рішень, із метою досягнення цільових показників ефективності;

б) оцінка екологічного збитку, у тому числі його розміру, якого можна запобігти за умови оптимізації та ефективного управління потоками відходів будівництва та зносу (із метою його врахування як складової оцінки ефективності СКУПВ).

Виходячи з цього, функціональними можливостями, які повинна забезпечувати інформаційна система логістичного управління потоками відходів будівництва та зносу, є:

- планування ресурсів для реалізації логістичного підходу;
- розрахунок економічних витрат (вартість збору та транспортування);
- формування статистики даних;

– оцінка екологічних збитків (у тому числі відвернених екологічних збитків у разі оптимального логістичного рішення);

- коригування планів на підставі оцінки інформаційних ризиків;
- формування звітності;
- планування оптимальних маршрутів;
- врахування дорожньої обстановки – моніторинг руху автотранспорту в реальному часі.

Серед можливих для застосування інформаційних систем, які б задовольняли поставленим перед логістичною системою управління потоками відходів завданням, слід виділити: ANTOR Logistics Master – програмний комплекс для транспортної логістики [11]; Top Logistic – програмна система планування та управління перевезенням вантажів [6]; Magenta Systems – мультиагентні системи для моделювання і планування логістики, які забезпечують бізнес-процеси [8]; системи підтримки прийнятих рішень (СППР) для управління транспортною системою міста та система контролю мобільних об'єктів (СКМО) [9] (табл. 1).

Таблиця 1

Функціональні можливості інформаційних систем у сфері логістичного управління [6]

Table 1

Functional capabilities of information systems in the field of logistics management [6]

Функціональні можливості	Програмні рішення				
	ANTOR Logistics Master	Top Logistic	Magenta Systems	СППР	СКМО
Планування ресурсів для реалізації логістичного підходу	так	так	так	так	ні
Розрахунок економічних витрат (вартість збору та транспортування)	ні	так	так	так	ні
Формування статистики даних	так	ні	так	так	так
Оцінка екологічних збитків	ні	ні	ні	ні	ні
Коригування планів з урахуванням інформаційних ризиків	ні	ні	ні	ні	ні
Формування звітності	так	так	так	так	так
Планування оптимальних маршрутів	так	так	так	так	так
Урахування дорожньої обстановки	так	так	ні	так	так
Моніторинг руху автотранспорту в реальному часі	так	так	так	ні	так

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Із табл. 1 видно, що ANTOR Logistics Master, Top Logistic та Magenta Systems мають функціональні можливості, які здебільшого задовольняють вимогам логістичної системи управління потоками відходів будівництва та зносу, крім того, їх успішно застосовують в управлінні побутовими відходами в межах міст [5].

Але жодна з інформаційних систем не забезпечена функцією оцінки екологічних збитків (відвернених екологічних збитків). Прикладом вирішення цієї проблеми є розроблена програмна система управління логістикою побутових відходів АИС УЛО [6], яка здійснює розрахунок збитків, завданих зовнішньому середовищу в процесі транспортування відходів. Але в межах СКУПВ цього недостатньо для вибору оптимального варіанта спрямування потоків відходів будівництва, з урахуванням мінімальної шкоди для екології (не лише в процесі транспортування, а і в процесі збору, утилізації і переробки відходів). Тобто інформаційна система на підставі бази даних повинна визначити найбільш ефективний та екологічно безпечний спосіб спрямування потоків відходів будівництва, що дозволяє здійснювати найбільш оптимальний вибір із можливих альтернатив.

Важливість цієї функціональної можливості пояснюється включенням розміру екологічних збитків (за різними альтернативами спрямування потоків будівництва та зносу) до сукупного показника ефективності СКУПВ [4], що дає можливість обирати варіант спрямування потоків відходів будівництва з найбільшим екологічним та економічним ефектом.

Крім того, у жодній із розглянутих інформаційних систем не передбачено оцінки інформаційних ризиків та, відповідно, автоматичного коригування планів на підставі її результатів.

Процес управління потоками відходів неминує буде здійснюватись в умовах невизначеності, що пов'язано з виникненням інформаційних ризиків, наслідками яких, у свою чергу, є збитки, що передбачають зниження ефективності.

Тому проблему невизначеності слід вирішувати шляхом планування та прогнозування обсягів ресурсів, необхідних для управління потоками відходів будівництва, обсягів відходів будівництва, динаміки випуску продукції із

вторинної сировини та рівня логістичного інформаційного ризику.

Інформаційні ризики пов'язані з потоками інформації, що спрямовується від продуцентів відходів будівництва (обсяги та види відходів будівництва і зносу), переробників (технічні можливості і технологічні потужності) до єдиної інформаційної платформи та у зворотному напрямі – інформація щодо оптимізації логістичних витрат, розподілу матеріальних потоків, прогнозні обсяги ресурсів.

Адаптація наявних, або створення нової інформаційно-аналітичної системи має передбачати інтеграцію в систему функціональних блоків, здатних забезпечити процес управління логістикою потоків відходів будівництва та зносу (рис. 1):

- формування бази даних (координати продуцентів відходів, обсяги та види відходів будівництва, координати переробників та місць утилізації, види технологій, за якими можна здійснювати переробку, виробничі потужності переробників та обмеження, інформація перевізників);

- блок оцінки сукупних економічних витрат на процес від збору, сортування до переробки та утилізації відходів будівництва;

- блок оцінки екологічних збитків (вплив на екологію в разі захоронення відходів на звалищах, у процесі переробки відходів будівництва за видами й технологіями, у процесі транспортування);

- оцінки інформаційних ризиків (оцінка непередбачуваних витрат (ризиків), пов'язаних із невідповідністю вхідних даних і ситуацій невизначеності системи; оцінка логістичних витрат (витрати, пов'язані з транспортуванням відходів від продуцента до переробника, місця утилізації, оптимізацією маршрутизації потоків відходів);

- оцінки альтернативних способів управління потоками відходів будівництва та зносу (кожен варіант можливого спрямування потоку відходів будівництва (місце спрямування, спосіб транспортування, спосіб переробки) потрібно оцінювати за критеріями оптимальних витрат, ефективності та розміру нанесення збитків навколишньому середовищу);

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

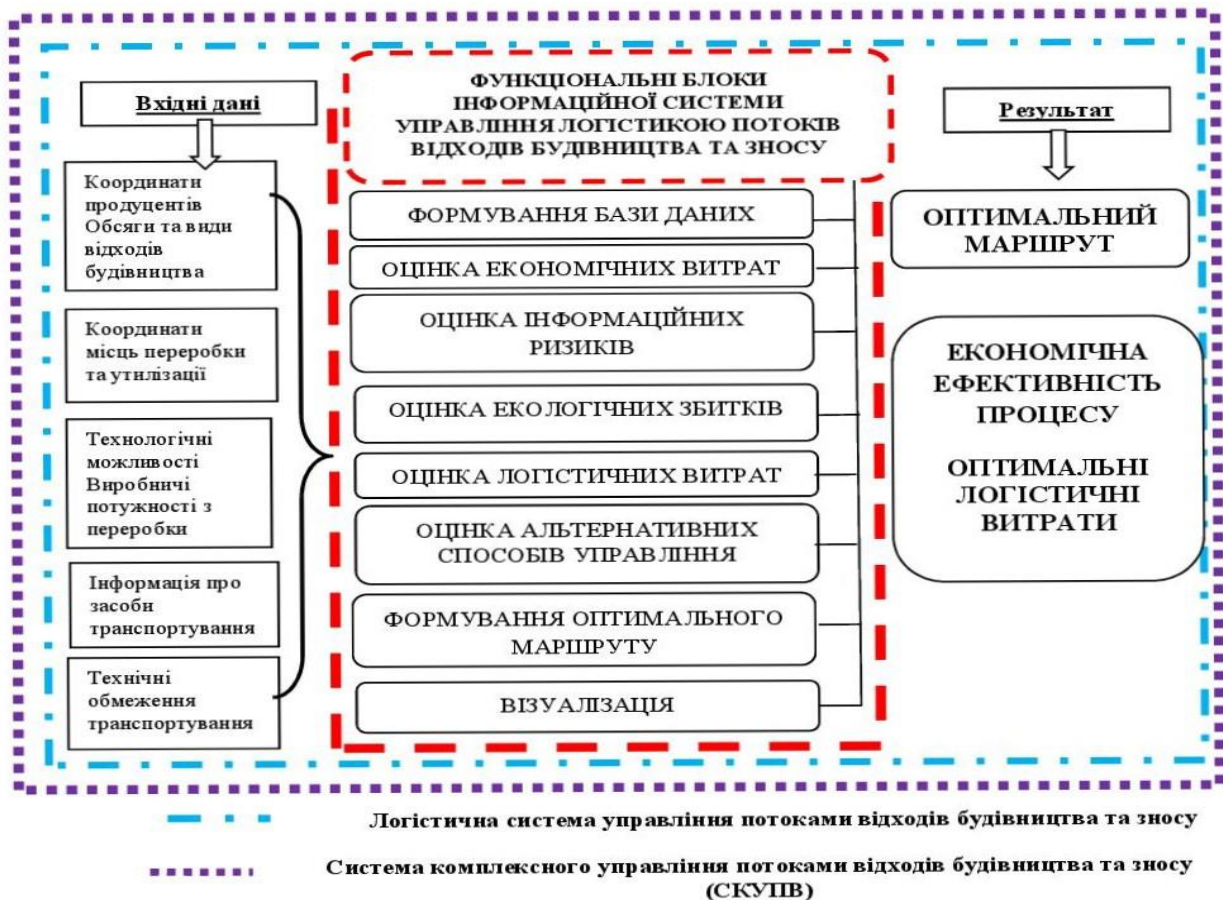


Рис. 1. Функціональні блоки інформаційної системи управління логістикою потоків відходів будівництва та зносу

Fig. 1. Functional blocks of the information system of logistics management of construction and wracking waste streams

– блок формування оптимального маршруту (передбачає врахування як транспортних витрат, так і габаритів, ступеня безпеки відходів будівництва, геолокацій продуцентів та переробників, маршрутних обмежень);

– блок візуалізації (передбачає обов'язкове застосування ГІС-технологій – обробка та використання просторової інформації) [13].

Узагальнивши вимоги й можливості проаналізованих за функціональністю інформаційно-аналітичних систем та вимоги, які б забезпечували ефективність СКУПВ [4, 7, 10, 14], пропонуємо організаційно-функціональну структуру системи інформаційно-аналітичного управління потоками відходів будівництва (рис. 2).

Слід зауважити, що в запропонованій організаційно-функціональній структурі інформаційно-аналітичної системи управління потоками відходів будівництва геоінформаційні технології виступають не лише як інструмент візуалізації, але і як комплексне інформаційно-аналітичне забезпечення процесів управління потоками відходів, бо забезпечують ефективні засоби для розв'язання задач зберігання, обробки та використання просторової інформації, а також є інструментами для створення цифрових моделей карт, розробки ГІС-додатків, для забезпечення управління інформаційними ресурсами та організації доступу до геоданих [5, 13].

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

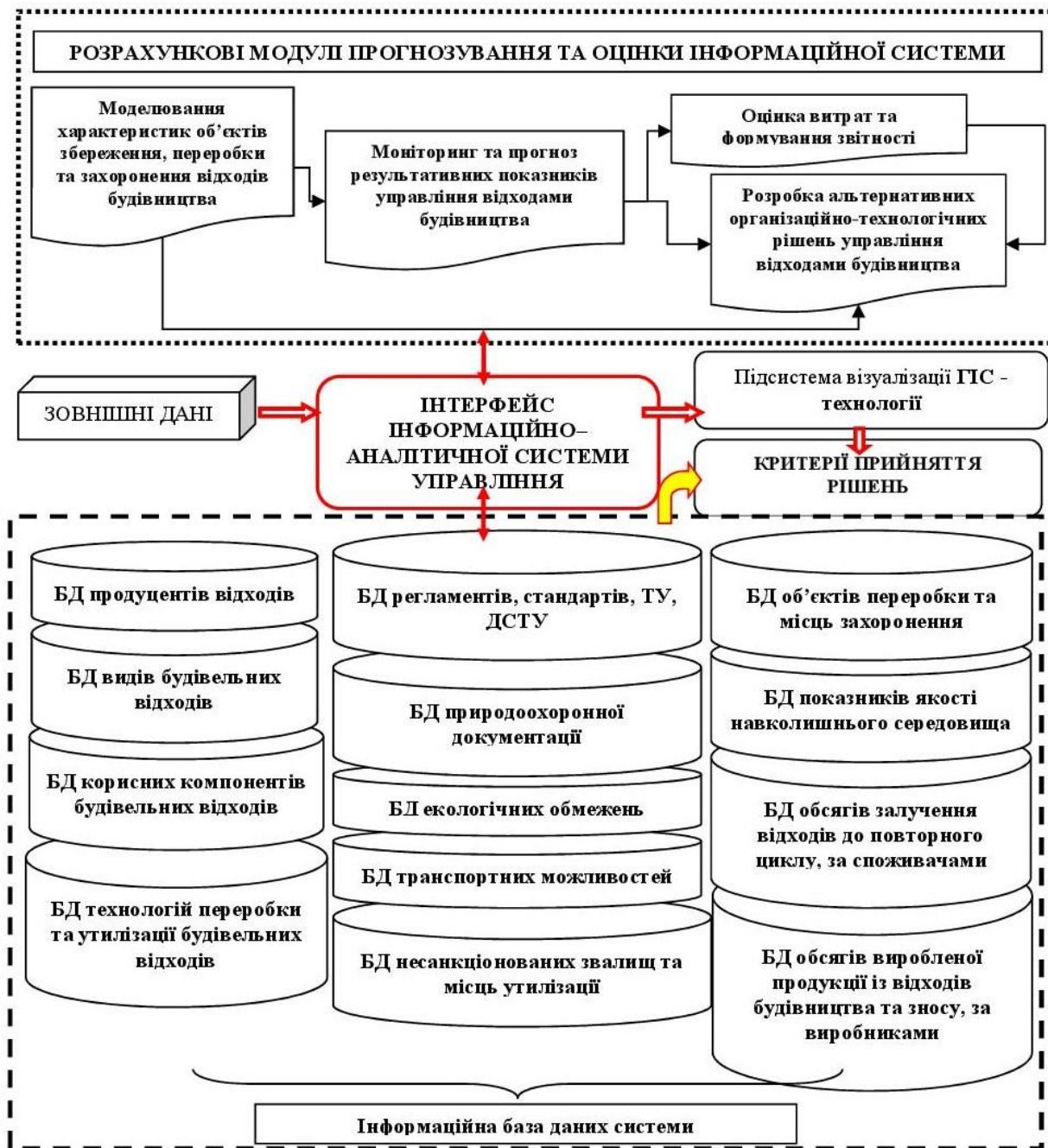


Рис. 2. Організаційно-функціональна структура системи інформаційно-аналітичного управління потоками відходів будівництва

Fig. 2. Organizational and functional structure of the system of information and analytical management of construction waste streams

Критерії прийняття рішень виконують функцію підвищення ефективності управління шляхом пошуку оптимального рішення в ек-

пертній базі даних. База даних системи складається з правил аналізу інформації, яка міститься в інформаційно-аналітичній системі управлін-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ня відходами будівництва; крім того, передбачено, що система повинна аналізувати ситуацію (залежно від спрямованості й задач управління потоками відходів будівництва в певних умовах) в автоматичному режимі з дотриманням установлених критеріїв і визначати рекомендації з прийняття рішення.

Наукова новизна та практична значимість

Особливістю запропонованої організаційно-функціональної структури системи інформаційно-аналітичного управління потоками відходів будівництва, яка має стати основою створення інформаційної платформи управління потоками відходів будівництва, є включення в структуру функціональних блоків інформаційно-аналітичної системи: оцінка екологічних ризиків та оцінка інформаційних ризиків. Практичну значимість такого підходу обґрунтовано з позиції розгляду оцінки екологічних збитків як складової оцінки ефективності управління потоками відходів будівництва та оцінки інформаційних ризиків як інструменту логістичного підходу, що дозволяють забезпечити можливість прогнозування ключових показників системи, приймати оптимальні рішення, спрямовані на максимальне включення до системи потоків відходів будівництва як потенційної вторинної сировини; забезпечення достатнього рівня економічної та екологічної ефективності з оптимальним рівнем логістичних витрат.

Висновки

Обґрунтування принципів, функціональних вимог та завдань реалізації інформаційно-аналітичної підтримки управління потоками вторинних ресурсів відходів будівництва передбачає процедуру формалізації процесів управління, створення логічних та функціональних моделей досліджуваної системи, що, у свою чергу, вимагає комбінації спеціальних методик у межах системного підходу й відповідної оптимальної послідовності їх застосування.

Реалізація визначених завдань можлива за умови використання автоматизованої інформаційної системи управління логістикою потоків відходів будівництва та зносу, відповідно, основною метою інформаційної системи повинно стати підвищення ефективності інформаційного забезпечення в межах СКУПВ з урахуванням обмежень, норм і стандартів управління відходами будівництва та зносу, пріоритетності екологічних параметрів і показників ефективності.

Запропоновані підходи й вимоги до розробки інформаційно-аналітичної системи управління потоками відходів будівництва дозволять поліпшити ключові характеристики системи такого управління, зокрема – підвищать оперативність та інформативність прийняття управлінських рішень щодо потоків відходів будівництва як потенційно вторинних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамова М. В., Бачурина Н. Д. Сетевая модель управления потоками отходов. *Вестник Восточно украинского университета им. В. Даля*. 2008. № 3 (121). С. 73–78.
2. Алексанин А. В. Автоматизация управления отходами строительного производства. *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 10. С. 79–81.
3. Аратюнян І. А., Шуваєв А. А. Екологічно-економічна доцільність комплексного управління потоками відходів в будівельній галузі. *Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика*. 2020. № 18. С. 9–17. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2020/217692>
4. Аратюнян І. А., Шуваєв А. А. Ефективність комплексного управління потоками вторинних ресурсів будівельної галузі. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2021. № 2 (93). С. 15–25. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.PMNTM.2413.270421.15.737>
5. Вайсман Я. И, Куликова Ю. В., Тагилова О. А., Хохрякова Я. С. Основные направления использования информационных технологий в сфере управления движением твердых бытовых отходов. *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика*. 2013. № 1 (9). С. 147–164.
6. Ладик А. С., Маслобоев А. В. Разработка автоматизированной информационной системы управления логистикой бытовых отходов (на примере г. Апатиты). *Вестник Мурманского государственного тех-*

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

- нического університета. 2016. Т. 19, № 1–2. С. 207–216.
DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-1/2-207-216>
7. Шуваєв А. Перспективи використання методів та принципів логістики в системі комплексного управління потоками вторинних ресурсів будівельної галузі. *Збірник наукових праць ЛОГОС*. 2021. С. 101–102. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-01.10.2021.v2.31>
 8. Bani M. S., Rashid Z. A., Hamid K. H. K., Harbawi M. E., Alias A. B., Aris M. J. The Development of decision support system for waste management; a Review. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2009. Vol. 37. P. 161–168.
 9. Chen Z., Li H., Wong C. T. An application of bar-code system for reducing construction wastes. *Automation in Construction*. 2002. Vol. 11. Iss. 5. P. 521–533. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0926-5805\(01\)00063-2](https://doi.org/10.1016/s0926-5805(01)00063-2)
 10. Hauschild M., Barlaz M. A. LCA in waste management: introduction to principle and method. *Solid Waste Technology & Management*. 2011. Vol. 1–2. P. 113–136.
 11. Keller T., Tergan S. O. Visualizing knowledge and information : an introduction. *Knowledge and Information Visualization*. 2005. Vol. 3426. P. 1–23. DOI: https://doi.org/10.1007/11510154_1
 12. Lagüela S., Díaz-Vilariño L., Martínez J., Armesto J. Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes. *Automation in Construction*. 2013. Vol. 31. P. 230–240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.013>
 13. Li H., Chen Z., Yong L., Kong S. C. W. Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency. *Automation in Construction*. 2005. Vol. 14. Iss. 3. P. 323–331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.007>
 14. Pradhananga N., Teizer J. Automatic spatio-temporal analysis of construction site equipment operations using GPS data. *Automation in Construction*. 2013. Vol. 29. P. 107–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.004>

A. A. SHUVAIEV^{1*}

^{1*}Dep. «Industrial and Civil Construction», Zaporizhzhia National University, Sobornyi Av., 226, Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, tel. +38 (096) 180 45 99, e-mail shywazp@gmail.com, ORCID 0000-0002-4919-485X

Organizational and Functional Structure of the System of Information and Analytical Management of Construction Waste Streams

Purpose. The main purpose of the work is to define and substantiate the principles, functional requirements and objectives of the implementation of information and analytical support for the management of waste streams of construction and wracking as secondary resources; development of the organizational and functional structure of the information-analytical management system, which would satisfy the conditions for the introduction of a logistical approach within the framework of integrated management of construction waste streams and became the basis for creating a single information platform. **Methodology.** As a methodological basis for the research of the process of managing the secondary resources streams and reversible streams in the construction industry, a logistic approach is used. It involves the analysis of factors influencing the system and study of its dynamic behavior as a complex adaptive system. The system approach in the development of information-analytical management systems involves solving the following tasks: development of a functional model of the management system of construction and wracking waste streams; construction of interaction matrices of automated processes and data routing processes; modeling the logical architecture of the data warehouses; development of a software and hardware set. **Findings.** The main tasks of developing information support for the logistics management system of construction and wracking waste streams are substantiated. The integration into the system of the following functional blocks is proposed: database formation; block for estimating the total economic costs of the process; environmental damage assessment blocks; information risk assessment; evaluation of alternative methods of waste stream management; optimal route formation block; visualization block. Based on the generalization of requirements and possibilities of the functionality analyzed information-analytical systems and requirements which would provide efficiency of construction waste streams management, the organizational-functional structure of the system of information-analytical management is proposed. **Originality.** The work gives reasons for the inclusion in the list of functional blocks of the organizational and functional structure of the information-analytical management system, which should be the basis for creating an information platform for the management of construction and wracking waste streams, environmental and information

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

risk assessment. **Practical value.** Implementation within the information-analytical management of environmental damage assessment (as part of the efficiency assessment of the construction waste streams) and information risk assessment (as a tool of logistical approach) will provide the ability to predict key system indicators, make optimal decisions aimed at maximum inclusion of construction waste streams in the system as a potential secondary raw material, a sufficient level of economic and environmental efficiency with the optimal level of logistics costs.

Keywords: logistic approach; organizational and functional structure; integrated management of construction and wracking waste streams; information and analytical support; functional blocks of the information system; information platform

REFERENCES

1. Abramova, M. V., & Bachurina, N. D. (2008). Setevaya model' upravleniya potokami otkhodov. *Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 3(121), 73-78. (in Russian)
2. Aleksanin, A. V. (2014). Automation of waste management of construction production. *Industrial and Civil Engineering*, 10, 79-81. (in Russian)
3. Arutiunian, I. A., & Shuvaev, A. A. (2020). Environmentally-economic feasibility of integrated management of waste flows in the construction industry. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*, 18, 9-17. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2020/217692> (in Ukrainian)
4. Arutiunian, I. A., & Shuvaiev, A. A. (2021). Effectiveness of integrated management of secondary resource flows in the construction industry. *Physical Metallurgy and Heat Treatment of Metals*, 2(93), 15-25. DOI: <https://doi.org/10.30838/j.pmhtm.2413.270421.15.737> (in Ukrainian)
5. Vaisman, Y., Kulicova, Yu., Tagilova, O., & Khokhryakova, Ya. (2013). The principal directions of using information technologies in the sphere of management movement msw. *PNRPU Bulletin. Urban development*, 1(9), 147-164. (in Russian)
6. Ladik, A. S., & Masloboev, A. V. (2016). Development of automated information system for domestic waste logistics management (by the example of Apatity town). *Vestnik MGTU*, 19(1-2), 207-216. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-1/2-207-216> (in Russian)
7. Shuvaev, A. (2021). Perspektyvy vykorystannya metodiv ta pryntsyypiv lohistyky v systemi kompleksnoho upravlinnya potokamy vtorynnykh resursiv budivel'noyi haluzi. *Collection of Scientific Papers ΛΟΓΟΣ*, 101-102. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-01.10.2021.v2.31> (in Ukrainian)
8. Bani, M. S., Rashid, Z. A., Hamid, K. H. K., Harbawi, M. E., Alias, A. B., & Aris, M. J. (2009). The Development of decision support system for waste management; a Review. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 37, 161-168. (in English)
9. Chen, Z., Li, H., & Wong, C. T. (2002). An application of bar-code system for reducing construction wastes. *Automation in Construction*, 11(5), 521-533. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0926-5805\(01\)00063-2](https://doi.org/10.1016/s0926-5805(01)00063-2) (in English)
10. Hauschild, M., & Barlaz, M. A. (2010). LCA in Waste Management: Introduction to Principle and Method. *Solid Waste Technology & Management*, 1-2, 111-136. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470666883.ch10> (in English)
11. Keller, T., & Tergan, S.-O. (2005). Visualizing Knowledge and Information: An Introduction. *Knowledge and Information Visualization*, 3426, 1-23. DOI: https://doi.org/10.1007/11510154_1 (in English)
12. Lagüela, S., Díaz-Vilariño, L., Martínez, J., & Armesto, J. (2013). Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes. *Automation in Construction*, 31, 230-240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.013> (in English)
13. Li, H., Chen, Z., Yong, L., & Kong, S. C. W. (2005). Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency. *Automation in Construction*, 14(3), 323-331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.007> (in English)
14. Pradhananga, N., & Teizer, J. (2013). Automatic spatio-temporal analysis of construction site equipment operations using GPS data. *Automation in Construction*, 29, 107-122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.004> (in English)

Надійшла до редколегії: 31.03.2021

Прийнята до друку: 02.08.2021