

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 69:658.7-047.58

А. В. РАДКЕВИЧ^{1*}, І. А. АРУТЮНЯН²

^{1*}Каф. «Будівельне виробництво і геодезія», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. + 38 (0562) 47 18 65, ел. пошта bely-a@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6325-8517

²Каф. «Промислове і цивільне будівництво», Запорізька державна інженерна академія, пр. Леніна, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (066) 900 78 28, ел. пошта iriara@yandex.ru

ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

Мета. В основу дослідження покладено розробку науково-методичних основ до моделювання раціонального управління матеріальними потоками у сфері забезпечення будівництва із урахуванням міжсистемних зв'язків із підприємствами будіндустрії. **Методика.** Аналіз стану функціонування будівельної галузі України за останні роки дозволяє виокремити цілу низку проблем, що негативно впливають на сталий розвиток будівництва як складової системи економіки держави. Тому вкрай необхідним є дослідження існуючих методів організації системи забезпечення будівельних об'єктів необхідними матеріальними ресурсами. У зв'язку з цим у роботі здійснюється обґрунтування використання методу аналізу ієрархій (метод Сааті) для знаходження оптимального рішення задачі закріплення підприємств будіндустрії за будівельними об'єктами. **Результати.** Результати дають можливість керівництву будівельної організації оцінити та вибрати вигідних постачальників – підприємства будіндустрії – провести їх рейтинг, оцінку з урахуванням основних характеристик, таких як: якість, ціна, надійність поставок, спеціалізація, фінансовий статус та інші. **Наукова новизна.** На основі методу Сааті удосконалено методики управління, організації та планування надійної системи забезпечення будівництва необхідними матеріальними ресурсами, які відповідають технологічним умовам виконання будівельно-монтажних робіт. **Практична значимість.** Вклад у рішення багатьох складних організаційних завдань, які супроводжуються проблемами розвитку будівництва, забезпечується за рахунок організації надійної системи закупівлі матеріальних ресурсів.

Ключові слова: організація будівельного виробництва; матеріальні ресурси; система забезпечення; альтернативи; математичні моделі; математичне забезпечення; будівельний комплекс

Вступ

За останні роки обставини ділової активності у сфері будівництва оцінюються більш ніж негативні. Соціально-економічні перетворення стали причиною різкого зростання невизначеності зовнішнього середовища для будівельної галузі.

Структурні зміни, що відбуваються в галузях економіки країни, вимагають ефективного переосмислення (реформування). До них належать: зміна форми власності; зміна галузевої структури виробництва в результаті її пристосування до нової системи замовлень; роздрібнення підприємств; зміна умов зовнішньоекономічної діяльності у поєднанні із складним інвестиційним кліматом і обмеженими ресурсами [9, 10].

З вище зазначеного виявляється стагнація надійної системи матеріально-технічного забезпечення, що призводить до цілої низки негативних явищ [1, 2, 4]:

– не виконання умов договорів підряду в частині термінів реалізації програм будівельно-монтажних робіт;

– не виконання умов договорів підряду в частині термінів реалізації програм будівельно-монтажних робіт;

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

- зростання вартості будівництва;
- зниження (втрата) авторитету фірми.

Комплекс завдань системи забезпечення будівельних об'єктів необхідними матеріальними ресурсами повинен охоплювати наукове обґрунтування і розробку принципово нових або впровадження раніше розроблених методів, які дозволять прийняти рішення з комплексної багатоцільової оцінки і вибору вдалих варіантів постачальників – підприємств будіндустрії [3, 4, 8].

Мета

Розгляд надійної системи забезпечення та комплектації будівельних об'єктів за рахунок інноваційних організаційних підходів, які впроваджують оптимальні умови безперервного виконання будівельних процесів на базі рішення завдання оптимального закріплення підприємств будіндустрії за будівельними об'єктами.

Методика

Існуюча система забезпечення об'єктів будівництва має істотні недоліки, серед яких потрібно відзначити недостатній зв'язок із підприємствами-постачальниками, транспортними організаціями та будівельними фірмами. Щоб вдосконалити цей зв'язок, забезпечити ефективно взаємодію в процесі комплектації будівництва матеріалами, виробами необхідна надійна система забезпечення та комплектації. Як будь-яка форма інженерної підготовки виробництва виробничо-технологічна комплектація повинна впроваджувати новий підхід у вигляді формування логістичної системи [5, 6].

Логістична система – сукупність дій учасників ланцюга будівельного комплексу (підприємств-виробників, транспортних, торговельних організацій, будівельних організацій), побудованих так, щоб виконувалися основні завдання з раціонального забезпечення будівельних об'єктів [6].

Логістичні системи дуже різноманітні по охопленню діяльності підприємства. Для деяких логістика це просто вміння працювати з базами даних, для деяких – постачальницька або складська діяльність [7].

Але однією з особливостей логістики в будівництві є спільна діяльність учасників будівельного комплексу (БК) при просуванні матеріалів і виробів від постачальників до замовників.

Одне із завдань логістизації будівництва, а саме: просування матеріального потоку (будівельний матеріал, конструкції, деталі, напівфабрикати) від постачальника на приоб'єктні майданчики будівництва дозволяє вирішити один з методів лінійного програмування – транспортну задачу, але вона має класичний вигляд.

Тому загальну задачу вибору постачальника необхідно вирішувати використовуючи метод аналізу ієрархій, який дозволить класичну задачу представити у вигляді абстрактної моделі.

Одним із методів, який використовується для вирішення задачі багатокритеріального вибору, є метод, розроблений на початку 1970 року американським математиком Томасом Сааті [11,12]. Сааті розробив процедуру підтримки прийняття рішень, яку назвав «Analytic hierarchy process» (АНР). Автори російського видання перевели цю назву як «Метод аналізу ієрархій» (МАІ). Цей метод відноситься до класу критеріальних і займає особливе місце завдяки тому, що він набув широкого поширення і активно застосовується. На основі цього методу розроблені потужні системи підтримки прийняття рішень, наприклад «Expert choice».

Метод аналізу ієрархій, запропонований Т. Сааті, є замкнутою логічною конструкцією, що забезпечує за допомогою простих правил аналіз складних проблем у всій їхній розмаїтості. Метод заснований на парних порівняннях альтернативних варіантів за різними критеріями з використанням дев'ятибальної шкали і наступним ранжируванням набору альтернатив за всіма критеріями і цілям. Взаємини між критеріями враховуються шляхом побудови ієрархії критеріїв і застосуванням парних порівнянь для виявлення важливості критеріїв і підкритеріїв. Застосування МАІ дозволяє включити в ієрархію всі наявні в експерта-аналітика знання і уяву щодо розглянутої проблеми. Метод відрізняється простотою і дає достатньо високу відповідність інтуїтивним уявленням [12].

Останні властивості методу дозволяють розглядати його як базовий метод рішення багатокритеріальних задач у процесі інформаційно-аналітичної підготовки. Метод також може бути швидко реалізовано на програмному рівні для створення фрагментів автоматизованих систем підтримки прийняття рішень [12].

До основних переваг МАІ слід віднести такі:

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

1. Ваги критеріїв та оцінки об'єктів з погляду суб'єктивних критеріїв не назначаються безпосередньо як результат прямого волевиявлення, а на основі попарних порівнянь.

2. Критерії подаються у виді ієрархії. Така структура властива самому поняттю «критерій», тобто критерії з урахуванням їх природи – ієрархічні. Використовуючи лише значення критеріїв, можна спростити ситуацію, здійснюючи, власне, оцінку або для верхніх рівнів дерева критеріїв, або для найнижчих.

МАІ відкритий до подальшої розбудови та вдосконалення, наприклад адаптація методу до використання в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику [11].

Запропонований метод полягає в конструюванні моделі, на основі підтримки прийняття рішень за допомогою ієрархічної декомпозиції задачі і рейтингування альтернативних рішень.

Можливості методу:

1. Метод дозволяє виконати аналіз проблеми. При цьому проблема прийняття рішень надається у вигляді ієрархічно впорядкованих:

- головної цілі (головного критерію) рейтингування можливих рішень;
- декілька груп (рівнів) однотипних факторів;
- групи можливих рішень;
- системи зв'язків, що вказують на взаємний вплив факторів і рішень.

2. Метод дозволяє провести збір даних про проблему. Відповідно до результатів ієрархічної декомпозиції модель ситуації прийняття рішень має кластерну структуру. Набір можливих рішень і всі фактори, які впливають на пріоритети рішень, розбивається на відносно невеликі групи – кластери. Розроблена в методі аналізу ієрархій процедура попарних порівнянь дозволяє визначити пріоритети об'єктів, що входять в кожний кластер. Для цього використовується метод власного вектору. Таким чином, складна задача збору даних розбивається на ряд простих.

3. Метод дозволяє оцінити суперечливість даних і мінімізувати її. Для цього в МАІ розроблені процедури погодження. Зокрема, є можливість визначити найбільш суперечливі дані, що дозволяє виявити найменш ясні місця проблеми і організувати більш ретельне вибіркове вивчення проблеми.

4. Метод дозволяє провести синтез проблеми прийняття рішень. Після того, як виконано аналіз проблеми і зібрано дані за всіма кластерами,

за спеціальним алгоритмом розраховується результативний показник – набір пріоритетів альтернативних рішень. Характеристики цього рейтингу дозволяють здійснити підтримку прийняття рішень. Крім цього, метод дозволяє скласти рейтинги для груп факторів, що дозволяє оцінювати важливість кожного фактору.

5. Метод дозволяє організувати обговорення проблеми, сприяє досягненню консенсусу. Думки, що виникають під час обговорення проблеми прийняття рішень, можуть в цій ситуації розглядати як можливі рішення. Тому МАІ можна застосовувати для визначення важливості обліку думки кожного учасника обговорення.

6. Метод дозволяє оцінити важливість обліку кожного рішення і важливість обліку кожного фактора, які впливають на пріоритети рішень. Величина пріоритету напряму пов'язана з оптимальністю рішення. Тому рішення з низькими пріоритетами відхиляються як несуттєві. Тому якщо при виключенні деякого фактору пріоритети рішень змінюються незначно, такий фактор можна вважати несуттєвим.

7. Метод дозволяє оцінити стійкість рішення, що приймається.

Переваги методу аналізу ієрархій [11]:

- поєднує в собі переваги аналітичних та експертних методів;
- забезпечує реалізацію найбільш ефективного способу оцінки кількісно не вимірювальних, але разом з тим важливих факторів для прийняття рішень;
- не передбачає введення обмежень на транзитивність (метод працює з неузгодженими судженнями і не потребує, щоб вибір споживачів або осіб, що приймають рішення (ОПР), відповідали аксіомам корисності);
- дозволяє звести дослідження складних проблем до достатньо простої процедури проведення послідовно попарних порівнянь;
- не передбачає прямого визначення вагових коефіцієнтів для показників, які використовуються в оцінюванні якості рішення задач;
- простий в реалізації, а також не потребує значних фінансових і часових ресурсів на виконання необхідних розрахунків;
- дозволяє розв'язувати задачі з необмеженою кількістю критеріїв.

Умови використання методу [11]:

1. Кваліфікованість експертів, які беруть участь у створенні структури моделі прийняття

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

рішень, підготовки даних та інтерпретації результатів.

2. Модель повинна мати зворотний зв'язок.

3. Метод найкраще підходить для тих випадків, коли основна частина даних заснована на виборі ОПР.

4. Метод дає більш реалістичні результати під час моделювання повільної зміни ситуації, для прийняття стратегічних рішень.

5. Рейтинг можливих рішень повинен мати низьку чутливість до незначних змін даних або структури моделі.

Алгоритм реалізації МАІ в найбільш узагальненому вигляді включає в себе такі етапи [12]:

- 1) формування ієрархії цілей;
- 2) визначення пріоритетів;
- 3) обчислення локальних векторів пріоритетів або факторів зважування;
- 4) перевірка органічності оцінки пріоритетів;
- 5) обчислення пріоритетів цілей і заходів для ієрархії в сукупності.

Певні етапи можуть повторюватися багаторазово, зокрема при неправильному оцінюванні пріоритетів.

Етапи впровадження алгоритму реалізації МАІ наведені на рис. 1 у вигляді загальної схеми розв'язування завдання закріплення підприємств будівельної промисловості за будівельними об'єктами на логістичних засадах.

Результати

У стандартній постановці завдання задані m пунктів постачання, з яких продукція (матеріальний потік) може транспортуватися в кожен з n пунктів споживання. Продуктивність i -го пункту постачання дорівнює A_i , а споживання j -го пункту – B_j . Значення A_i і B_j – фіксовані в заданому періоді планування. Вартість перевезення одиниці продукції з пункту i до пункту j не залежить від кількості вантажу, що перевозиться, і дорівнює C_{ij} . Класична транспортна задача. Але для покращення (удосконалення) її вирішення для вибору постачальників використовуємо МАІ. Для заданого відрізка планування потрібно визначити схему перевезення продукту, за яким загальні транспортні витрати є мінімальними. Візьмемо до уваги, що перевозиться один вид продукції [8].

Грунтуючись на досвіді В. І. Сергієва, який проводить вибір постачальників згідно з набором з п'яти головних критеріїв: 1) якість, куди

відноситься і відповідність специфікаціям, і відповідність споживчим очікуванням, і відсоток браку; 2) надійність постачальника, включаючи чесність, обов'язковість, фінансову стабільність і багато що інше; 3) ціна з урахуванням усіх витрат, пов'язаних з постачанням; 4) якість обслуговування, куди відноситься рівень післяпродажного обслуговування і швидкість реакції на вимоги, що змінюються, і обставини; 5) умови платежу і можливість позапланових поставок. Усі ці критерії можуть мати абсолютно різний сенс для різних ситуацій, і для отримання кількісних оцінок [6, 7].

Завдання з вибору постачальника, враховуючи альтернативи та критерії, буде мати таку модель ієрархії (рис. 2).

Критерії:

1. Спеціалізація (С).
2. Якість (Як).
3. Резервна потужність (РП).
4. Надійність поставок (Н).
5. Статус фінансування (Ф).
6. Ціна (Ц).

На попередньому етапі нами було виділено 6 критеріїв, за допомогою яких можна охарактеризувати постачальників, тим самим комплексно оцінити порівнювану значимість потенційних постачальників.

Ієрархія, яка побудована на першому етапі, є моделлю, що відображає виконаний нами аналіз найбільш важливих елементів і їх взаємовідносини.

Другим етапом побудови рейтингу постачальників саме й є надання ваги окремим критеріям. Найпоширенішим методом порівняння є метод попарних порівнянь, згідно з яким будується множина матриць попарних порівнянь елементів ієрархічної структури, що містяться на певному рівні ієрархії (окрім інтегрального) з погляду сили їх дії на елемент вищого рівня, який деталізує порівнювані елементи. Значимість при цьому інтерпретується по відношенню до цільових критеріїв як внесок у досягнення головної цілі.

При цьому скористаємося методом парних порівнянь із шкалою оцінювання елементів, запропонованою Т. Сааті [12].

Якщо ваги (інтенсивності) елементів ієрархії невідомі, то попарні порівняння здійснюються на основі суб'єктивних суджень, що чисельно оцінюються за певною шкалою.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

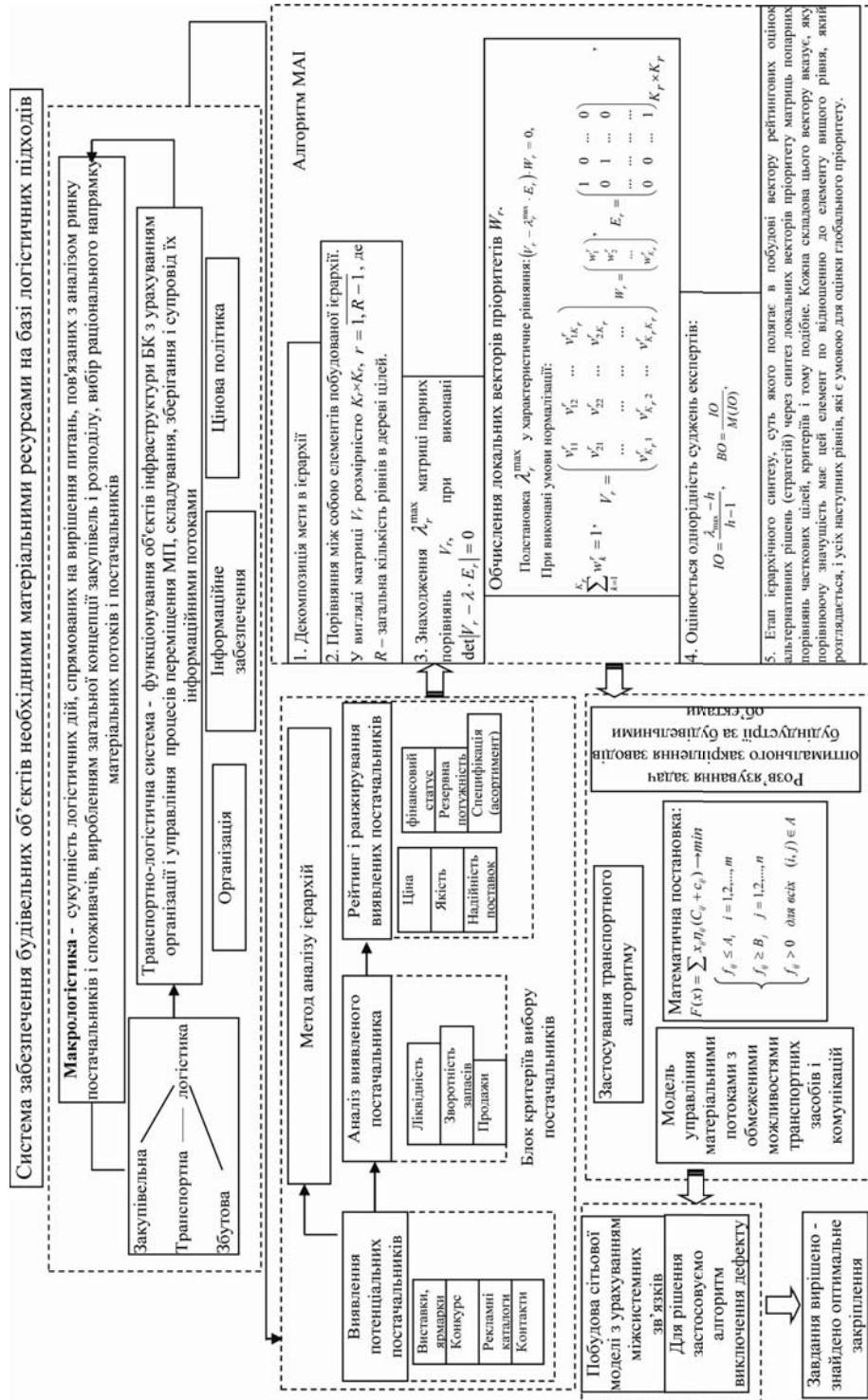


Рис. 1. Загальна схема розв'язання завдання закріплення підприємств будівництва за будівельними об'єктами на логістичних засадах

Fig. 1. The general scheme of solving the problem of companies consolidation in construction industry for building objects on the logistics principles

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

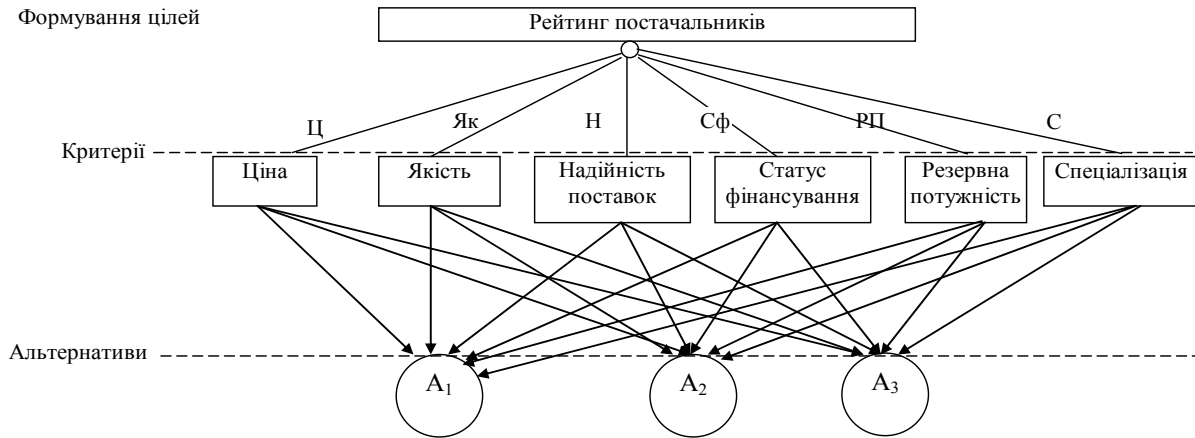


Рис. 2. Дерево цілей для задачі моделювання рейтингу постачальників

Fig. 2. Objectives tree for the problem of suppliers ranking modeling

Необхідною умовою є те, що ОПР надає всім параметрам єдине вимір'яне за відносною шкалою значення v , яке показує, в скільки разів один параметр більш значимий, ніж інший по відношенню до конкретного елемента наступного вищого рівня ієрархії [11].

Результати порівнянь наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Матриця парних порівнянь значимості критеріїв для задачі вибору постачальників

Table 1

The matrix of pair comparisons of criteria significance for suppliers' selection problem

Порівнювані критерії	Ціна	Якість	Надійність поставок	Статус фінансування	Резервна потужність	Спеціалізація (асортимент)
Ціна	1	3	3	4	7	5
Якість	1/3	1	1	3	3	2
Надійність поставок	1/3	1	1	1/3	1/2	3
Статус фінансування	1/4	1/3	3	1	4	1/3
Резервна потужність	1/7	1/3	2	1/4	1	1/3
Спеціалізація (асортимент)	1/5	1/2	1/3	3	3	1

Знайдемо локальний вектор пріоритетів $W = (w_1, \dots, w_9)$ за умови дотримання рівності $\sum_{i=1}^9 w_i = 1$. Фактично даний вектор виступає системою ваг розмірністю «9». Скористаємося методикою знаходження вектору локальних пріоритетів за формулами (1–4):

1. Знайти максимальне власне число λ_r^{\max} матриці парних порівнянь V_r , розв'язавши рівняння:

$$\det|V_r - \lambda E_r| = 0, \tag{1}$$

де E_r – одинична матриця розмірністю $K_r \times K_r$, λ – власне число матриці V_r .

2. Підстановкою λ_r^{\max} в характеристичне рівняння:

$$(V_r - \lambda_r^{\max} E_r) W_r = 0, \tag{2}$$

за виконання умови нормалізації:

$$\sum_{k=1}^{K_r} w_k^r = 1, \tag{3}$$

$$\text{де } V_r = \begin{pmatrix} v_{11}^r & v_{12}^r & \dots & v_{1K_r}^r \\ v_{21}^r & v_{22}^r & \dots & v_{2K_r}^r \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{K_r,1}^r & v_{K_r,2}^r & \dots & v_{K_r,K_r}^r \end{pmatrix}, \tag{4}$$

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

$$W_r = \begin{pmatrix} w_1^r \\ w_2^r \\ \dots \\ w_{K_r}^r \end{pmatrix}, E_r = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}_{K_r \times K_r}$$

обчислити власний вектор W_r , який й взяти за локальний вектор пріоритетів r -го рівня ієрархії.

Оцінимо однорідність суджень індексом однорідності (IY), скориставшись формулою:

$$IY = \frac{\lambda_{\max} - h}{h - 1}, \quad (5)$$

обчислюємо тепер відношення однорідності (BY) відповідно з формулою (6):

$$BY = \frac{IO}{M(IO)}. \quad (6)$$

Знаходження вектору пріоритетів у вигляді табл. 2:

Таблиця 2

Знаходження вектору пріоритетів

Table 2

Finding the vector of priorities

Матриця порівнянь					
1,00	3,00	3,00	4,00	7,00	5,00
0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00
0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	3,00
0,25	0,33	3,00	1,00	4,00	0,33
0,14	0,33	2,00	0,25	1,00	0,33
0,20	0,50	0,33	3,00	3,00	1,00

проміжний вектор	вектор пріоритетів
23,00	0,38
10,33	0,17
6,17	0,10
8,91	0,15
4,06	0,07
8,03	0,13
60,50	1

Знаходимо найбільше власне число матриці парних порівнянь λ_{\max} (табл. 3).

Таблиця 3

Найбільше власне число матриці парних порівнянь

Table 3

The largest matrix eigenvalue of pair comparisons

Матриця порівнянь					
1,00	3,00	3,00	4,00	7,00	5,00
0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00
0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	3,00
0,25	0,33	3,00	1,00	4,00	0,33
0,14	0,33	2,00	0,25	1,00	0,33
0,20	0,50	0,33	3,00	3,00	1,00

вектор пріоритетів	λ_{\max}
0,38	2,92
0,17	1,31
0,10	0,88
0,15	0,92
0,07	0,46
0,13	0,97
1	7,46

$$\lambda_{\max} = 7,46 \quad IY = \frac{7,46 - 6}{6 - 1} = 0,27$$

$$BY = \frac{0,27}{1,24} = 0,202$$

Відношення узгодженості знаходиться в припустимих межах (в деяких випадках допускається $BY = 20\%$), але не більше, бо відбувається перехід до п'ятого етапу алгоритму.

Виконаємо порівняння постачальників стосовно шести характеристик у вигляді табл. 4–15.

Таблиця 4

Порівняння постачальників стосовно спеціалізації

Table 4

Suppliers' comparison relatively to specialization

Спеціалізація	A1	A2	A3
A1	1	1/2	1/3
A2	2	1	3
A3	3	1/3	1

Таблиця 5

Розв'язування порівняння постачальників стосовно спеціалізації

Table 5

The solution of suppliers' comparison relatively to specialization

Спеціалізація Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	<i>IU</i>	<i>BU</i>
1,00	0,33	0,50	0,15	0,48		
3,00	1,00	3,00	0,58	1,85	0,05	0,08
2,00	0,33	1,00	0,27	0,77		
			1,00	3,10		

Таблиця 6

Порівняння стосовно постачальників якості

Table 6

Suppliers' comparison relatively to quality

Якість	A1	A2	A3
A1	1	1	1
A2	1	1	1
A3	1	1	1

Таблиця 7

Розв'язування порівняння постачальників стосовно якості

Table 7

The solution of suppliers' comparison regarding to quality

Якість Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	<i>IU</i>	<i>BU</i>
1	1	1	0,33	1		
1	1	1	0,33	1	0	0
1	1	1	0,33	1		
			1,00	3		

Таблиця 8

Порівняння постачальників стосовно резервної потужності

Table 8

Suppliers' comparison relatively to reserve capacity

Резервна потужність	A1	A2	A3
A1	1	3	5
A2	1/3	1	3
A3	1/5	1/3	1

Таблиця 9

Розв'язування порівняння постачальників стосовно резервної потужності

Table 9

The solution of suppliers' comparisons relatively to reserve capacity

Резервна потужність Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	<i>IU</i>	<i>BU</i>
1,00	3,00	5,00	0,61	2,00		
0,33	1,00	3,00	0,29	0,80	0,06	0,10
0,20	0,33	1,00	0,10	0,32		
			1,00	3,12		

Таблиця 10

Порівняння постачальників стосовно надійності постачань

Table 10

Suppliers' comparison relatively to reliability of supply

Надійність постачань	A1	A2	A3
A1	1	1	2
A2	1	1	2
A3	1/2	1/2	1

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Таблиця 11

Розв'язування порівняння постачальників стосовно надійності постачань

Table 11

The solution of suppliers' comparison relatively to reliability of supply

Надійність постачань Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	I_U	B_U
1	1	2	0,4	1,2		
1	1	2	0,4	1,2	0,00	0,00
0,5	0,5	1	0,2	0,6		
			1	3		

Таблиця 12

Порівняння постачальників стосовно статусу фінансування

Table 12

Suppliers' comparison relatively to financing status

Статус фінансування	A1	A2	A3
A1	1	1	2
A2	1	1	2
A3	1/2	1/2	1

Таблиця 13

Розв'язування порівняння постачальників стосовно статусу фінансування

Table 13

The solution of suppliers' comparison relatively to financing status

Статус фінансування Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	I_U	B_U
1,00	1,00	3,00	0,46	1,34		
1,00	1,00	2,00	0,37	1,17	0,01	0,01
0,33	0,50	1,00	0,17	0,51		
			1,00	3,02		

Для отримання ранжирування постачальників, помножимо матрицю таблиці 16 справа на транспонований вектор-рядок вагів характеристик. Це процедура «зважування» кожного з отриманих вище з шести власних векторів пріоритетом

відповідної характеристики. Потім складемо. В результаті маємо.

Таблиця 14

Порівняння постачальників стосовно ціни

Table 14

Suppliers' comparison relatively to price

Ціна	A1	A2	A3
A1	1	3	7
A2	1/3	1	4
A3	1/7	1/4	1

Таблиця 15

Розв'язування порівняння постачальників стосовно ціни

Table 15

The solution of suppliers' comparison relatively to price

Ціна Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	I_U	B_U
1,00	3,00	7,00	0,62	2,07		
0,33	1,00	5,00	0,30	0,82	0,07	0,12
0,14	0,20	1,00	0,08	0,24		
			1,00	3,14		

Таблиця 16

Зважування кожного з отриманих вище з шести власних векторів пріоритетом відповідної характеристики

Table 16

Weighing each of six eigenvectors by priority of corresponding characteristic

Постачальники	Спеціалізація	Якість	Резервна потужність	Надійність поставок	Статус фінансування	Ціна
A1	0,33	0,33	0,44	0,41	0,29	0,43
A2	0,33	0,33	0,25	0,32	0,29	0,33
A3	0,33	0,33	0,31	0,27	0,43	0,24

Згодом з виконаних обчислень отримуємо загальну оцінку кожного постачальника $A1 = 0,36$; $A2 = 0,32$; $A3 = 0,31$.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

$$\begin{bmatrix} 0,33 & 0,33 & 0,44 & 0,41 & 0,29 & 0,43 \\ 0,33 & 0,33 & 0,25 & 0,32 & 0,29 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,31 & 0,27 & 0,43 & 0,24 \end{bmatrix} \times$$

$$\begin{bmatrix} 0,38 \\ 0,17 \\ 0,10 \\ 0,15 \\ 0,07 \\ 0,13 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,36 \\ 0,32 \\ 0,31 \end{bmatrix}$$

Таблиця 17

Пошук оптимального варіанта розміщення замовлення

Table 17

Finding the optimal variant of order placement

Варіанти постачальників і їх потужності	Споживачі і їх попит			
	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄
	2 700	2 500	6 500	3 300
<i>A</i> ₁ 8 200	(58 + 850) × 0,36	(65 + 850) × 0,36	(63 + 850) × 0,36	(54 + 850) × 0,36
<i>A</i> ₂ 7 800	(60 + 960) × 0,32	(55 + 960) × 0,32	(56 + 960) × 0,32	(59 + 960) × 0,32
<i>A</i> ₃ 9 000	(78 + 1 050) × 0,31	(68 + 1 050) × 0,31	(70 + 1 050) × 0,31	(66 + 1 050) × 0,31
25 000 > 15 000				

Таблиця 18

Вихідні дані

Table 18

Date output

№ пор.	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8 200	0	0	0
2	1	3	7 800	0	0	0
3	1	4	9 000	0	0	0
4	2	5	9 999	0	327	0
5	2	6	9 999	0	330	0

Закінчення табл. 18

End of Table 18

№ пор.	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
6	2	7	9 999	0	327	0
7	2	8	9 999	0	325	0
8	3	5	9 999	0	326	0
9	3	6	9 999	0	325	0
10	3	7	9 999	0	325	0
11	3	8	9 999	0	326	0
12	4	5	9 999	0	350	0
13	4	6	9 999	0	346	0
14	4	7	9 999	0	347	0
15	4	8	9 999	0	346	0
16	5	9	2 700	0	0	0
17	6	9	2 500	0	0	0
18	7	9	6 500	0	0	0
19	8	9	3 300	0	0	0
20	9	1	25 000	15 000	0	0

Після рейтингування постачальників застосовуємо класичну транспортну задачу (рис. 17), яка доведе рішення загальної задачі із закріплення об'єктів будівництва за заводами будіндустрії. Але рішення класичної задачі виконуються за допомогою алгоритму виключення дефекту, який є основою програми «ПОТОК» (табл. 18, 19).

Таблиця 19

Результати розрахунків

Table 19

Calculations results

№ пор.	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8 200	0	0	7 200
2	1	3	7 800	0	0	7 800
3	1	4	9 000	0	0	0
4	2	5	9 999	0	327	2 700
5	2	6	9 999	0	330	0
6	2	7	9 999	0	327	1 200
7	2	8	9 999	0	325	3 300
8	3	5	9 999	0	326	0
9	3	6	9 999	0	325	2 500

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Закінчення табл. 19

End of Table 19

№ пор.	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
10	3	7	9 999	0	325	5 300
11	3	8	9 999	0	326	0
12	4	5	9 999	0	350	0
13	4	6	9 999	0	346	0
14	4	7	9 999	0	347	0
15	4	8	9 999	0	346	0
16	5	9	2 700	0	0	2 700
17	6	9	2 500	0	0	2 500
18	7	9	6 500	0	0	6 500
19	8	9	3 300	0	0	3 300
20	9	1	25 000	15 000	0	15 000

Цільова функція: 4 882 800

Отримані результати відкритої транспортної задачі в програмі «ЛЮТИК v1.1» достовірніші і відповідають логіці рішення поставленої задачі. Це свідчить про те, що програма має низку обмежень і критерії більш розширеного спектра.

Наукова новизна та практична значимість

В роботі розглянуто можливість удосконалення методики організації, планування та управління надійної системи забезпечення будівельних об'єктів необхідними матеріальними ресурсами, які відповідають технологічним умовам виконання будівельно-монтажних робіт.

Сформульовано теоретичні і методологічні основи управління матеріальними потоками в системах забезпечення будівельних об'єктів.

Наведена модель організації системи забезпечення матеріальними ресурсами дозволяє безпечно, вчасно забезпечувати будівельні об'єкти і виконувати розрахунки з постачальниками.

Висновки

У ході аналізу виконаних досліджень було виявлено, що для завдання покращення організації системи постачання і забезпечення будівельного виробництва відповідають методи МАІ (метод Сааті), сітьового моделювання та

алгоритм виключення дефекту (АВД). На їх основі можливо відобразити в єдиній моделі і взаємозв'язку весь комплекс варіантів виконання постачань, провести їх інформаційний опис, відповідно до встановлених критеріїв, здійснити пошук найбільш ефективного варіанта вибору постачальника. Особливість МАІ та сітьових методів полягає в тому, що вони ефективно застосовуються не тільки в процесі розробки системи забезпечення, але і в ході її виконання супровідного матеріального потоку, її постачання.

Застосування теорії систем до процесу управління дозволяє вивчати організацію як єдність складових її частин (цілей, структури, завдань, технології, ресурсів), що поєднуються із зовнішнім середовищем (макросередовищем).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов, Л. И. Организация и планирование строительного производства. Управление строительной организацией / Л. И. Абрамов, Э. А. Мищенко. – М. : Стройиздат, 1999. – 400 с.
2. Ефименко, А. З. Управление запасами сырьевых материалов и их оптимизация на предприятиях стройиндустрии / А. З. Ефименко, А. Н. Рыбко, Н. Н. Дергачев // Экономика стр-ва. – 2005. – № 10. – С. 38–45.
3. Завадкас, Э. К. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве / Э. К. Завадкас. – Вильнюс : Мокслас, 1987. – 212 с.
4. Кирнос, В. М. Организация строительства / В. М. Кирнос, В. Ф. Залуниин, Л. Н. Дадиверина. – Д. : Пороги, 2005. – 309 с.
5. Логистическая организация капитального строительства / под ред. В. Н. Стаханова. – Ростов н/Д. : РГСУ, 1998. – 256 с.
6. Неруш, Ю. М. Логистика / Ю. М. Неруш. – М. : ТК Велби, Проспект, 2006. – 520 с.
7. Организация та проектування логістичних систем: підруч. / за ред. М. П. Денисенка, П. Р. Лековця, Л. І. Михайлової. – К. : Центр учбової л-ри, 2010. – 336 с.
8. Павлов, И. Д. Модели управления проектами : учеб. пособие / И. Д. Павлов, А. В. Радкевич. – Запорожье : ГУ «ЗИГМУ», 2004. – 320 с.
9. Пшинько А. Н. Переход на модель высокоэффективной национальной экономики – реальный путь решения экономических проблем в государстве / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 41. – С. 294–303.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

10. Пшинько, А. Н. Повышение уровня системности экономики – основной путь выхода из кризиса / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 36. – С. 275–283.
11. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати ; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – М. : «Радио и связь», 1993. – 278 с.
12. Саати, Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Т. Л. Саати. – М. : Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
13. Jonsons, J. C. Contemporary Logistics / J. C. Jonsons, D. F. Wood. – New York : MacMillan, 2007. – 325 p.
14. Küpper, H. Planungsverfahren und Planungsinvestitionen als Instrumente des Controlling / H. Küpper, B. Winckler, S. Zhang. – Die Betriebswirtschaft. – 1990. – № 50. – С. 435–458.
15. Moller, C. Paradigms in Logistics / C. Moller, J. Johansen. – Department of Production. – Denmark : University of Aalborg, 2005. – 324 p.

А. В. РАДКЕВИЧ^{1*}, И. А. АРУТЮНЯН²

^{1*}Каф. «Строительное производство и геодезия», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (0562) 47 18 65, эл. почта bely-a@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6325-8517

²Каф. «Промышленное и гражданское строительство», Запорожская государственная инженерная академия, пр. Ленина, 226, Запорожье, Украина, 69006, тел. +38 (066) 900 78 28, эл. почта iriara@yandex.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Цель. В основу исследования положена разработка научно-методических основ к моделированию рационального управления материальными потоками в сфере обеспечения строительства с учетом межсистемных связей с предприятиями стройиндустрии. **Методика.** Анализ состояния функционирования строительной отрасли Украины за последние годы позволяет выделить целый ряд проблем, которые негативно влияют на устойчивое развитие строительства как составной системы экономики государства. Поэтому крайне необходимым является исследование существующих методов организации системы обеспечения строительных объектов необходимыми материальными ресурсами. В связи с этим в работе осуществляется обоснование использования метода анализа иерархий (метод Саати) для нахождения оптимального решения задачи закрепления предприятий стройиндустрии за строительными объектами. **Результаты.** Результаты дают возможность руководству строительной организации оценить и выбрать выгодных поставщиков – предприятия стройиндустрии – провести их рейтинг, оценку с учетом основных характеристик, таких как: качество, цена, надежность поставок, специализация, финансовый статус и другие. **Научная новизна.** На основе метода Саати усовершенствованы методики управления, организации и планирования надежной системы обеспечения строительства необходимыми материальными ресурсами, которые отвечают технологическим условиям выполнения строительно-монтажных работ. **Практическая значимость.** Вклад в решения многих сложных организационных задач, которые сопровождаются проблемами развития строительства, обеспечивается за счет организации надежной системы закупки материальных ресурсов.

Ключевые слова: организация строительного производства; материальные ресурсы; система обеспечения; альтернативы; математические модели; математическое обеспечение; строительный комплекс

A. V. RADKEVICH^{1*}, I. A. ARUTYUNYAN²

^{1*}Dep. «Building Production and Geodesy», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38(0562) 47 18 65, e mail bely-a@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6325-8517

²Dep. «Industrial and Civil Building», Zaporizhzhya State Engineering Academy, Lenin Sq., 226, 69006, Zaporizhzhya, Ukraine, tel. +38 (066) 900 78 28, e-mail of iriara@yandex.ru

SYSTEM ORGANIZATION OF MATERIAL PROVIDING OF BUILDING

Purpose. Development of scientific-methodical bases to the design of rational management of material streams in the field of building providing taking into account intersystem connections with the enterprises of building industry. **Methodology.** The analysis of last few years of functioning of building industry in Ukraine allows distinguishing a number of problems that negatively influence the steady development of building, as the component of the state economics system. Therefore the research of existent organization methods of the system of building objects providing with material resources is extremely necessary. In connection with this the article justifies the use of method of hierarchies analysis (Saati method) for finding the optimal task solution of fixing the enterprises of building industry after building objects. **Findings.** Results give an opportunity to guidance of building organization to estimate and choose advantageous suppliers - enterprises of building industry, to conduct their rating, estimation taking into account basic descriptions, such as: quality, price, reliability of deliveries, specialization, financial status etc. **Originality.** On the basis of Saati method the methodologies of organization are improved, planning and managements of the reliable system of providing of building necessary material resources that meet the technological requirements of implementation of building and installation works. **Practical value.** Contribution to the decisions of many intricate organizational problems that are accompanied by the problems of development of building, provided due to organization of the reliable system of purchase of material resources.

Keywords: organization of building production; material resources; system of providing; alternatives; mathematical models; mathematical providing; building complex.

REFERENCES

1. Abramov L.I., Minayenkova E.A. *Organizatsiya i planirovaniye stroitel'nogo proizvodstva. Upravleniye stroitel'noy organizatsiyey* [Organization and planning of building production. Management of building organization]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1999, 400 p.
2. Yefimenko A.Z., Rybko A.N., Dergachev N.N. *Upravleniye zapasami syryevykh materialov i ikh optimizatsiya na predpriyatiyakh stroyindustrii* [Management of reserve of raw materials and their optimization on enterprises of construction industry]. *Ekonomika stroitelstva – Construction economics*, 2005, no. 10, pp. 38-45.
3. Zavadskas E.K. *Kompleksnaya otsenka i vybor resursosberegayushchikh resheniy v stroitelstve* [Complex assessment and choice of resource-saving solutions in building]. Vilnius, Mokslas Publ., 1987, 212 p.
4. Kirnos V.M., Zalunin V.F., Dadiverina L.N. *Organizatsiya stroitelstva* [Organization of construction]. Dnepropetrovsk, Porohy Publ., 2005, 309 p.
5. Stahanov V.N. *Logisticheskaya organizatsiya kapital'nogo stroitelstva* [Logistic organization of major construction work]. Rostov na Donu, RGSU Publ., 1998. 256 p.
6. Neruch U.M. *Logistika* [Logistics]. TK Velbi, Prospekt Publ., 2006. 520 p.
7. Denisenko M.P., Levkovets P.R., Mykhailova L.I. *Orhanizatsiia ta proektuvannia lohistychnykh system* [Organization and design of logistic systems]. Kyiv, Tsentр uchbovoi literatury Publ., 2010. 336 p.
8. Pavlov I.D., Radkevich A.V. *Modeli upravleniya proyektami* [Control model of projects]. Zaporozhye, GU «ZIGMU» Publ., 2004. 320 p.
9. Pshinko A.N., Myamlin V.V., Myamlin S.V. *Perekhod na model vysokoeffektivnoy natsionalnoy ekonomiki – realnyy put resheniya ekonomicheskikh problem v gosudarstve* [Transition to the model of high-efficiency national economics as the real method of solving economic problems in the country]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni arademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 294-303.
10. Pshinko A.N., Myamlin V.V., Myamlin S.V. *Povysheniye urovnya sistemnosti ekonomiki – osnovnoy put vykhoda iz krizisa* [Enhancement of economics system level as the basic way out of the crisis]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni arademika V. Lazariana* [Bulletin

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

- of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 36, pp. 275-283.
11. Saati T.L. *Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy* [Making decision. Method of hierarchies' analysis]. Moscow, «Radio i svyaz» Publ., 1993. 278 p.
 12. Saati T.L. *Prinyatiye resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: Analiticheskiye seti* [Making decision at dependences and feed-backs: the Analytical networks]. Moscow, Izdatelstvo LKI Publ., 2008. 360 p.
 13. Jonsons J.C., Wood D.F. *Contemporary Logistics*. New York, MacMillan Publ., 2007. 325 p.
 14. Küpper H., Winckler B., Zhang S. Planungsverfahren und Planungsinvestitionen als Instrumente des Controlling, *Die Betriebswirtschaft*, 1990, no. 50, pp. 435-458.
 15. Moller C., Johanser J. *Paradigms in Logistics*. Denmark, University of Aalborg Publ., 2005. 324 p.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. М. І. Нетесою (Україна); д.т.н., доц. О. А. Чубом (Україна)

Надійшла до редколегії 05.03.2014

Прийнята до друку 23.04.2014