

УДК 005.8:725-056.26 +316.346.2

### **Фесенко Тетяна Григорівна**

Кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри будівництва та архітектури, [orcid.org/0000-0001-9636-9598](https://orcid.org/0000-0001-9636-9598)  
Луганський національний аграрний університет, Харків

### **Фесенко Галина Григорівна**

Кандидат філософських наук, доцент, доцент кафедри історії та культурології, [orcid.org/0000-0001-9636-9598](https://orcid.org/0000-0001-9636-9598)  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків

### **Якунін Анатолій Вікторович**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, [orcid.org/0000-0002-0635-1755](https://orcid.org/0000-0002-0635-1755)  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків

### **Фесенко Григорій Васильович**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ремонту машин, експлуатації машинно-тракторного парку та охорони праці, [orcid.org/0000-0001-9749-8746](https://orcid.org/0000-0001-9749-8746)  
Луганський національний аграрний університет, Харків

## **МОНІТОРИНГ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗА МОДЕЛЯМИ ОЦІНКИ АРХІТЕКТУРНО-ПРОСТОРОВОЇ ДОСТУПНОСТІ**

***Анотація.** Окреслено модель оцінки інклюзивності вокзальних комплексів, проведено її параметричну ідентифікацію. Висвітлено особливості застосування методики формування діагностичної матриці параметрів архітектурно-просторової доступності, визначено вагові коефіцієнти. Проведено порівняльний моніторинг архітектурно-просторової доступності залізничних вокзальних комплексів «Київ-Пасажирський», «Харків-Пасажирський», «Одеса-Головна» і «Львів-Головний» за 34 вимогами-параметрами. Виконано обчислення збалансованих (по усіх маломобільних групах пасажирів для кожної вимоги; по усіх вимогах для кожної маломобільної групи пасажирів) та інтегральних оцінок інклюзивності залізничних вокзальних комплексів. Визначено міні-рейтинг доступності (клієнт-орієнтованості) вокзалів великих міст України: 1 – «Київ-Пасажирський», 2 – «Одеса-Головна», 3 – «Харків-Пасажирський», 4 – «Львів-Головний». Представлено інфографіку архітектурно-просторової доступності вокзальних комплексів великих міст України з «маркуванням» проблемних питань (загроз) для здоров'я різних маломобільних груп пасажирів.*

***Ключові слова:** інклюзивність; проекти архітектурно-просторової доступності; залізничний вокзальний комплекс; математична модель*

### **Вступ**

Серед важливих секторів соціально-економічного розвитку, здатних акумулювати різноманітні ресурси та отримувати бажані ефекти, є проекти архітектурно-просторової доступності. Зокрема, мова може йти про будівництво, реконструкцію інфраструктурних об'єктів, відкритих і доступних для усіх. Одним із головних об'єктів міста є вокзали та вокзальні комплекси. Слід зазначити, що сучасні стратегії розвитку української залізниці (ПАТ «Укрзалізниця») орієнтовані на підвищення зручності і якості будівель та споруд вокзалів [1].

### **Аналіз літературних джерел та постановка проблеми**

Організація вокзального комплексу і терміналів, доступних для маломобільних груп, обумовлена

відомчими будівельними нормами України [2], а також відповідними державними будівельними нормами [3–4].

Врахуванню принципів доступності в будівельних проектах присвячені окремі дослідження [5–6]. Також дослідники аналізують потенціал інтеграції інтересів користувачів будівельного проекту у процедуру прийняття архітектурно-просторових рішень як передумову створення додаткових цінностей [7]. У роботі [8] автори висвітлюють геолокаційний потенціал для виявлення координат безпечності/небезпечності (доступності / недоступності) міських локацій та оцінки рівня якості міського середовища. Досвід проектування міських залізничних вокзалів Великої Британії [9], Японії [10], Північної Кореї [11] доводить необхідність розробки національних стандартів з універсального дизайну вокзалів.

В Україні зберігається тенденція недотримання чинних будівельних нормативів, кращі світові практики активно не впроваджуються. Так, в роботі [12] звертається увага на оцінку результативності регіональних філій ПАТ «Укрзалізниця» щодо організації доступності вокзалів для маломобільних груп. У роботі [13] представлено фотофіксації елементів доступності вокзалу «Харків-Пасажирський».

На сьогодні організація вокзальних комплексів «дружніх для усіх» має ґрунтуватись на визначенні актуальних потреб пасажирів. В роботі [13] запропоновано модель врахування потреб маломобільних груп пасажирів щодо користування вокзальним комплексом у вигляді діагностичної матриці – «матриці параметрів архітектурно-просторової доступності вокзального комплексу для маломобільних груп пасажирів», що доповнена балансовими аналітичними співвідношеннями, вагові коефіцієнти яких підлягають ідентифікації.

Дане дослідження є продовженням авторських розробок [12; 13] щодо оцінки архітектурно-просторової доступності у напрямку апробації запропонованих моделей та інструментів на прикладі вокзальних комплексів великих міст України (Києва, Харкова, Одеси, Львова).

### Мета статті

Метою даного дослідження є порівняльний моніторинг залізничних вокзальних комплексів великих міст України («Київ-Пасажирський», «Харків-Пасажирський», «Одеса-Головна» і «Львів-Головний») на основі авторської моделі кількісної оцінки інклюзивності (архітектурно-просторової доступності) вокзальних комплексів.

Для досягнення поставленої мети пропонується вирішити такі завдання:

- провести аудит (експериментальне дослідження) архітектурно-просторової доступності залізничних вокзальних комплексів великих міст України («Київ-Пасажирський», «Харків-Пасажирський», «Одеса-Головна» і «Львів-Головний»);

- оцінити проектні рішення організації доступності вокзальних комплексів за 34 вимогами [13];

- виконати обчислення збалансованих оцінок інклюзивності проектних рішень вокзальних комплексів за усіма маломобільними групами пасажирів для кожної вимоги ( $LM_i$ ), за усіма вимогами для кожної маломобільної групи пасажирів ( $LM_{bj}$ ) та інтегральну оцінку ( $LM$ );

- сформулювати інфографіку архітектурно-просторової доступності вокзальних комплексів великих міст України.

## Виклад основного матеріалу

### Модель оцінки інклюзивності вокзальних комплексів та її параметрична ідентифікація

Ядром запропонованої в роботі [13] моделі кількісного визначення інклюзивності слугує діагностична матриця. Балансові оцінки інклюзивності здійснюються за регресійними співвідношеннями, що включають:

- часткову модель збалансованої по усіх групах оцінки архітектурно-просторової доступності вокзального комплексу для кожної вимоги, яка має вигляд:

$$LM_i = \alpha_1 I_{i1} + \alpha_2 I_{i2} + \dots + \alpha_m I_{im}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де  $I_{ij}$  – оцінка інклюзивності  $i$ -ї вимоги до архітектурно-просторової доступності для  $j$ -ї групи,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ;  $n$  – кількість вимог, що висувуються для організації архітектурно-просторової доступності;  $m$  – кількість видів маломобільних груп, оцінки яких враховуються;  $LM_i$  – збалансована по усіх групах оцінка архітектурно-просторової доступності для  $i$ -ї вимоги,  $i = \overline{1, n}$ ;  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  – невід’ємні вагові коефіцієнти, що задовольняють умову нормування  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m = 1$ ;

- часткову модель збалансованої по усіх вимогах оцінки архітектурно-просторової доступності вокзального комплексу для кожної маломобільної групи пасажирів, яка має вигляд:

$$LM_{bj} = \beta_1 I_{1j} + \beta_2 I_{2j} + \dots + \beta_n I_{nj}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де  $LM_{bj}$  – збалансована оцінка архітектурно-просторової доступності («інклюзивності», «безбар’єрності», «універсальності») вокзального комплексу  $j$ -ю маломобільною групою пасажирів,  $j = \overline{1, m}$ ;  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  – невід’ємні вагові коефіцієнти, що задовольняють умову нормування  $\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = 1$ ;

- модель інтегральної оцінки  $LM$  архітектурно-просторової доступності вокзального комплексу, яка може бути представлена або у вигляді зваженого усереднення збалансованих за групами оцінок для усіх вимог

$$LM = \beta_1 LM_1 + \beta_2 LM_2 + \dots + \beta_n LM_n, \quad (3)$$

або у вигляді зваженого усереднення збалансованих за вимогами оцінок архітектурно-просторової доступності для усіх груп:

$$LM = \alpha_1 LM_{b1} + \alpha_2 LM_{b2} + \dots + \alpha_m LM_{bm}. \quad (4)$$

Таким чином, для інтегральної оцінки  $LM$  архітектурно-просторової доступності сформовано модель:

$$LM = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \beta_i \alpha_j I_{ij}. \quad (5)$$

З математичних співвідношень (3) і (4) формується рівняння:

$$\beta_1 LM_1 + \beta_2 LM_2 + \dots + \beta_n LM_n = \alpha_1 LM_{b_1} + \alpha_2 LM_{b_2} + \dots + \alpha_m LM_{b_m},$$

що дозволяє контролювати оптимальні значення вагових коефіцієнтів  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  і  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ .

На практиці для параметричної ідентифікації в подібних задачах [14–17], коли відсутні статистичні характеристики змінних, які описують об’єкт, зазвичай використовується метод найменших квадратів (МНК). У даній ситуації слід мати на увазі такі ускладнення: комплекс моделей (1), (2), (5) є лінійними за показниками архітектурно-просторової доступності, проте нелінійним за параметрами, що оцінюються. Це викликає необхідність застосування ітераційних обчислювальних процедур. Для отримання обґрунтованих регресійних оцінок об’єму спостережень повинен у декілька разів перевищувати кількість вагових коефіцієнтів, проте розмір діагностичної матриці окремого об’єкта цій умові не відповідає. Крім того, рядки та стовпці матриці характеризуються високим рівнем мультиколінеарності. Тому навіть у лінійному за параметрами наближенні спостерігається потенційна числова нестійкість.

З міркувань предметної області задачі оцінювання слідує природні обмеження на коефіцієнти:

$$\alpha_j \geq 0, \quad j = \overline{1, m}; \quad \beta_i \geq 0, \quad i = \overline{1, n};$$

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1; \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 1. \quad (6)$$

Зважаючи на особливості діагностичної матриці та задачі ідентифікації в цілому, для знаходження оптимальних оцінок вагових коефіцієнтів використовується зважений МНК з урахуванням обмежень і регуляризацією, що забезпечує стійкість комп’ютерних обчислень і відображає наявність апріорних уявлень про значення коефіцієнтів. Критерієм, який підлягає мінімізації, слугує функція:

$$\begin{aligned} \phi = & \gamma_1 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m \alpha_j I_{ij} - LM_i^{(e)} \right)^2 + \\ & + \gamma_2 \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n \beta_i I_{ij} - LM_{bj}^{(e)} \right)^2 + \\ & + \gamma_s \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \beta_i \alpha_j I_{ij} - LM^{(e)} \right)^2 + \\ & + \varepsilon \sum_{i=1}^n \left( \beta_i - \beta_i^{(a)} \right)^2 + \varepsilon \sum_{j=1}^m \left( \alpha_j - \alpha_j^{(a)} \right)^2, \end{aligned} \quad (7)$$

де  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_s$  – невід’ємні ваги реальних спостережень  $LM_i^{(e)}, LM_{bj}^{(e)}$  і  $LM^{(e)}$  відповідних показників архітектурно-просторової доступності;  $\beta_i^{(a)}$  і  $\alpha_j^{(a)}$  – апріорні оцінки відповідних вагових коефіцієнтів;  $\varepsilon$  – додатний параметр регуляризації,  $j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$ .

Вибір значень  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_s, \beta_i^{(a)}, \alpha_j^{(a)}, \varepsilon$  дозволяє врахувати наявну додаткову інформацію про якість контрольних замірів та їх експертного опрацювання, набутий досвід дослідження подібних об’єктів та складно формалізовані думки експертів. Якщо оцінки  $\beta_i^{(a)}$  і  $\alpha_j^{(a)}$  невідомі, то апріорі береться  $\beta_i^{(a)} = 0, \alpha_j^{(a)} = 0$ , що додатково обмежує за нормою оптимальні значення вагових коефіцієнтів. Ступінь стабілізації оптимальних оцінок вагових коефіцієнтів визначається значенням параметра регуляризації  $\varepsilon$ , апріорі береться  $\varepsilon = 0,001$ . Вибором співвідношення між значеннями вагових елементів  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_s$  можна регулювати відносний ступінь мінімізації відповідних відхилень. Виходячи з масштабу величин, які розглядаються, та об’єму даних апріорі беруть:  $\gamma_1 = 1, \gamma_2 = 1, \gamma_s = 40$  ( $n + m \sim 40$ ).

Специфіка набору моделей (1), (2), (5) і структура задачі умовної мінімізації (6), (7) дозволяє декомпонувати ітераційний процес параметричної ідентифікації на окремі складові. На першому етапі розв’язуються редуковані задачі значно меншого розміру, допускається паралельність обчислень. При цьому цільові функції – квадратичні, тому мають єдиний безумовний глобальний мінімум. На другому етапі відбувається узгодження результатів попередніх розрахунків та всеохоплююча корекція множини значень параметрів моделей у цілому. Перший етап забезпечує вибір початкового наближення в околі сумісного умовного екстремуму.

За допустимі вхідні початкові оцінки вагових коефіцієнтів можна взяти нормальні (мінімальні за нормою) розв’язання обмежень-рівнянь із (6).

На першому етапі, виходячи з початкових значень вагових коефіцієнтів, знаходяться їх уточнені оцінки як розв’язки двох паралельних задач  $P_1$  і  $P_2$  квадратичного програмування:

$$\begin{aligned} P_1 : \phi_{P1} = & \gamma_1 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m \alpha_j I_{ij} - LM_i^{(e)} \right)^2 + \\ & + \varepsilon \sum_{j=1}^m \left( \alpha_j - \alpha_j^{(a)} \right)^2 \rightarrow \min \end{aligned}$$

з обмеженнями:  $\alpha_j \geq 0, j = \overline{1, m}; \sum_{j=1}^m \alpha_j = 1;$

$$P_2: \Phi_{P2} = \gamma_2 \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n \beta_i I_{ij} - LM_{bj}^{(e)} \right)^2 + \epsilon \sum_{i=1}^n (\beta_i - \beta_i^{(a)})^2 \rightarrow \min$$

з обмеженнями:  $\beta_i \geq 0, i = \overline{1, n}; \sum_{i=1}^n \beta_i = 1,$

де цільові функції  $\Phi_{P1}$  і  $\Phi_{P2}$  – відокремлені за  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  і  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  складові критерію (7), в якому покладено  $\gamma_s = 0$  та враховано відповідні балансові співвідношення (6).

На другому етапі, спираючись на безпосередньо незалежні між собою попередні оцінки вагових коефіцієнтів, здійснюється їх узгодження та остаточна оптимізація як результат розв'язування у цілому загальної задачі на умовний екстремум (6), (7).

Для реалізації обчислювальних процедур параметричної ідентифікації використовується програмне середовище Scilab [18]. Одержані МНК-оцінки вагових коефіцієнтів слугуватимуть інформаційною базою подальших експертних досліджень.

#### Дослідження архітектурно-просторової доступності вокзальних комплексів

Розрахунок оцінки інклюзивності проектних рішень вокзальних комплексів починається з визначення вагових коефіцієнтів вимог  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  (табл. 1) та вагових коефіцієнтів маломобільних груп пасажирів  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  (табл. 2) експертним шляхом.

Таблиця 1 – Вагові коефіцієнти вимог до проектних рішень організації доступності вокзального комплексу

Вимоги до проектних рішень організації доступності вокзального комплексу	Ваговий коефіцієнт, $\alpha$	
1. Безбар'єрне пересування по привокзальній площі та прилеглий території	1	0,03
	2	0,04
	3	0,06
	4	0,04
	5	0,03
	6	0,01
2. Зона паркування автомобілів	7	0,02
	8	0,02
	9	0,02
3. Входи-виходи, двері	10	0,06
	11	0,03
	12	0,04
	13	0,03
4. Сходи і пандуси	14	0,04
	15	0,01
	16	0,02
	17	0,02

Закінчення табл. 1

5. Коридори, переходи до платформ, перонів	18	0,04
	19	0,07
	20	0,03
	21	0,07
	22	0,02
	23	0,01
6. Санвузли	24	0,03
	25	0,02
	26	0,02
	27	0,01
	28	0,01
	29	0,01
	30	0,02
	31	0,02
	32	0,04
7. Каси, камери схову, таксофони, банкомати	33	0,03
	34	0,03
	Разом	1,00

Таблиця 2 – Вагові коефіцієнти для маломобільних груп пасажирів

Маломобільні групи пасажирів	Ваговий коефіцієнт, $\beta$
1. Особи з інвалідністю, які пересуваються на візку	0,15
2. Особи з інвалідністю, які слабо бачать; особи з інвалідністю, які слабо чують	0,10
3. Особи з тимчасовим порушенням здоров'я (на милицях, з гіпсом)	0,10
4. Вагітні жінки група	0,20
5. Особи старшого (похилого) віку	0,15
6. Особи, які подорожують з малолітніми дітьми (з дитячими візочками)	0,20
7. Особи, які подорожують з великим багажем, велосипедом і т.ін.)	0,10
Разом	1,00

При цьому вирішальна роль надається досліднику-експерту, який здійснює скореговане узагальнення їх відповідних числових оцінок, одержаних методами параметричної ідентифікації балансових моделей інклюзивності за критерієм мінімуму суми квадратів відхилень модельних значень архітектурно-просторової доступності від реальних.

Першим об'єктом для польових досліджень обрано «Харків-Пасажирський» – пасажирська позакласна залізнична станція, головна залізнична станція Харківського залізничного вузла Південної залізниці. Будівля вокзалу побудована у 1952 році в стилі «сталінського ампіру» з елементами класицизму (архітектори – Г. Волошин, Б. Мезенцев, О. Лимар; інженер С. Філіна). Вокзальний комплекс «Харків-

Пасажирський» включає: будівлю вокзалу; готель «Експрес»; квиткові каси; котельню, гаражі, багажне відділення; торговий комплекс «Залізничник» з магазинами, кафе, барами і кіосками; 7 пасажирських платформ та 2 тунелі для виходу пасажирів; привокзальну площу; автопарковку.

За результатами моніторингу доступності залізничного вокзалу «Харків-Пасажирський» отримано кількісні оцінки інклюзивності (табл. 3). Встановлено, що вокзал найменш доступний для «осіб, які пересуваються на інвалідному візку» та «осіб з тимчасовим порушенням здоров'я» (рис. 1).



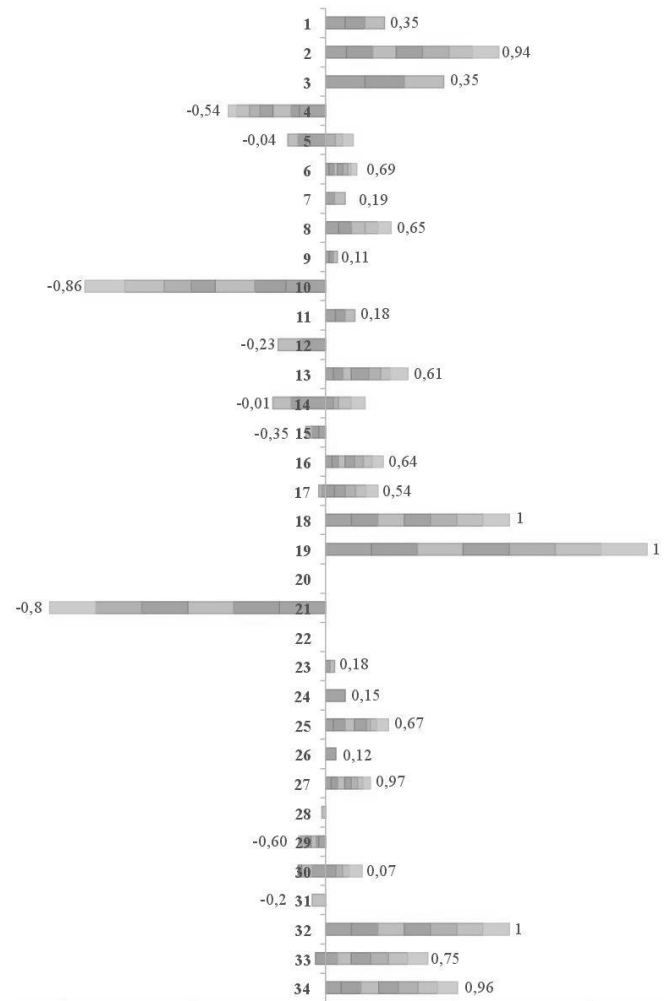
Рисунок 1 – Збалансована оцінка по усіх вимогах архітектурно-просторової доступності вокзального комплексу «Харків-Пасажирський» для кожної маломобільної групи пасажирів (LM<sub>ij</sub>)

В контексті «вимог» (рис. 2) – недоступність для усіх маломобільних груп пов'язана з: бардюрами (вимога 4); головним входом у вокзал (вимога 10); відсутністю ліфтів на платформах (вимога 21); облаштованістю санвузлів (вимоги 28, 29, 30). У підсумку, інтегральна оцінка інклюзивності вокзального комплексу «Харків-Пасажирський» склала LM=0,22.

З метою компаративного аналізу проведено аналогічні польові випробування архітектурно-просторової доступності вокзалних комплексів у Києві, Одесі та Львові.

Вокзальний комплекс «Київ-Пасажирський» об'єднує три вокзали: Центральний, Південний та Приміський. Головна станційна споруда – Центральний вокзал, побудована у 1927–1932 рр. (архітектори – О. Вербицький, П. Альошин) у стилі Українського бароко з елементами конструктивізму. У 1955 році побудовано Приміський вокзал та прокладено підземні тунелі (для зв'язку Вокзальної площі з платформами). Споруда Південного вокзалу (побудована у 2011 р.) з'єднана з Центральним вокзалом пішохідним переходом (конкорсом). Також до інфраструктури вокзального комплексу належать:

22 платформи для пасажирських платформ (у 8 – для приміських поїздів), 2 тупикові колії, Північний зупинний пункт, торговий центр, автопарковка.



- Особі з інвалідністю, які пересуваються на візку
- Особі з інвалідністю, які слабо бачать, слабо чують
- Особі з тимчасовим порушенням здоров'я (на милицях, з гіпсом)
- Вагітні жінки
- Особі старшого (похилого) віку
- Особі, які подорожують з малолітніми дітьми (з дитячими візочками)
- Особі, які подорожують з великим багажем, велосипедом

Рисунок 2 – Збалансована оцінка інклюзивності за усіма маломобільними групами пасажирів для кожної вимоги архітектурно-просторової доступності вокзального комплексу «Харків-Пасажирський» (LM<sub>i</sub>)

«Одеса-Головна» – головний залізничний вокзал міста Одеси, побудований (відновлений) у 1952 році (архітектор – А.М. Чупріна). Вокзальний комплекс включає: будівлю вокзалу, комплекс технологічних приміщень багажного відділення, комплекс приміщень господарського призначення, 6 пасажирських платформ, 1 багажну платформу та платформу-накопичувач.

«Львів-Головний» – перший вокзал на території України, головний вокзал Львова та

Львівської залізниці. Будівля побудована у 1904 році (архітектори – А. Захаревич, Т. Обмінський та О. Лушпинський) у стилі віденської сецесії. Вокзальний комплекс «Львів-Головний» включає: 5 перонів, 8 колій, 1 касовий зал, 6 залів очікування різної комфортабельності (у т.ч. VIP-зал, зал офіційних делегацій, кімнати відпочинку), бари, ресторан, перукарню.

Слід зазначити, що залізничні вокзальні

комплекси «Київ-Пасажирський», «Харків-Пасажирський», «Львів-Головний» і «Одеса-Головна» віднесені до пам'яток архітектури.

За результатами експертні оцінки для кожного залізничного вокзального комплексу оформлено у вигляді матриць, аналогічно табл. 3.

Таблиця 3 – Показники архітектурно-просторової доступності вокзального комплексу «Харків-Пасажирський» для маломобільних груп пасажирів

Номер вимоги, і [13]	Оцінка інклюзивності проектних рішень вокзального комплексу для маломобільних груп пасажирів						
	для осіб з інвалідністю, які пересуваються на візку	для осіб з інвалідністю, які слабо бачать; особи з інвалідністю, які слабо чують	для людей з тимчасовим порушенням здоров'я (на милицях, з гіпсом)	для вагітних жінок	для людей старшого (похилого) віку	для людей, які подорожують з малолітніми дітьми (з дитячими візочками)	для осіб, які подорожують з великим багажем, велосипедом і т. ін.)
1	1	1	1	0	0	0	0
2	0,8	1	0,9	1	1	0,9	1
3	1	1	1	0	0	0	0
4	-1	-0,3	-0,7	-0,5	-0,4	-0,5	-0,3
5	-1	-0,4	-0,5	0	0,5	0,4	0,5
6	0,5	0,8	0,5	0,9	0,7	0,6	0,8
7	0,7	0	0,8	0	0	0	0
8	1	1	1	0	0	1	1
9	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0
10	-1	-0,8	-1	-0,6	-0,7	-1	-1
11	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0
12	-0,9	0	-0,9	0	0	0	0
13	0,4	0,5	0,4	0,9	0,6	0,5	0,9
14	-1	-0,3	-0,7	0,3	0,2	0,5	0,5
15	-1	-1	-1	0	0	0	0
16	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,8
17	-0,3	0,7	-0,2	0,8	0,8	0,8	0,9
18	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1
20	0	0	0	0	0	0	0
21	1	-1	-1	-1	-1	0	-1
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0,7	0	0,7	0	0	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0
25	0,6	0,9	0,7	0,9	0,3	0,5	0,9
26	0,8	0	0	0	0	0	0
27	0,9	1	1	1	1	0,9	1
28	0	0	0	0	0	-0,5	0
29	-1	0,4	-0,8	-0,8	-0,7	-0,2	-0,2
30	-1	0,8	-0,8	-0,3	0,5	0,5	1
31	0	0	0	0	0	-1	0
32	1	1	1	1	1	1	1
33	0,6	-0,5	0,7	1	0,9	1	1
34	0,8	1	0,9	1	1	1	1

За результатами обчислень встановлено міні-рейтинг доступності (клієнт-орієнтованості) вокзалів великих міст України:

- 1 – «Київ-Пасажи́рський»,  $LM = 0,64$ ;
- 2 – «Одеса-Головна»,  $LM = 0,52$ ;
- 3 – «Харків-Пасажи́рський»,  $LM = 0,22$ ;
- 4 – «Львів-Головний»,  $LM = 0,14$ .

Загальна презентативність вокзальних комплексів за 34 вимогами доступності для маломобільних груп пасажирів (рис. 3) демонструє «інфраструктурні загрози» (оцінки зі знаком «мінус»), зокрема:

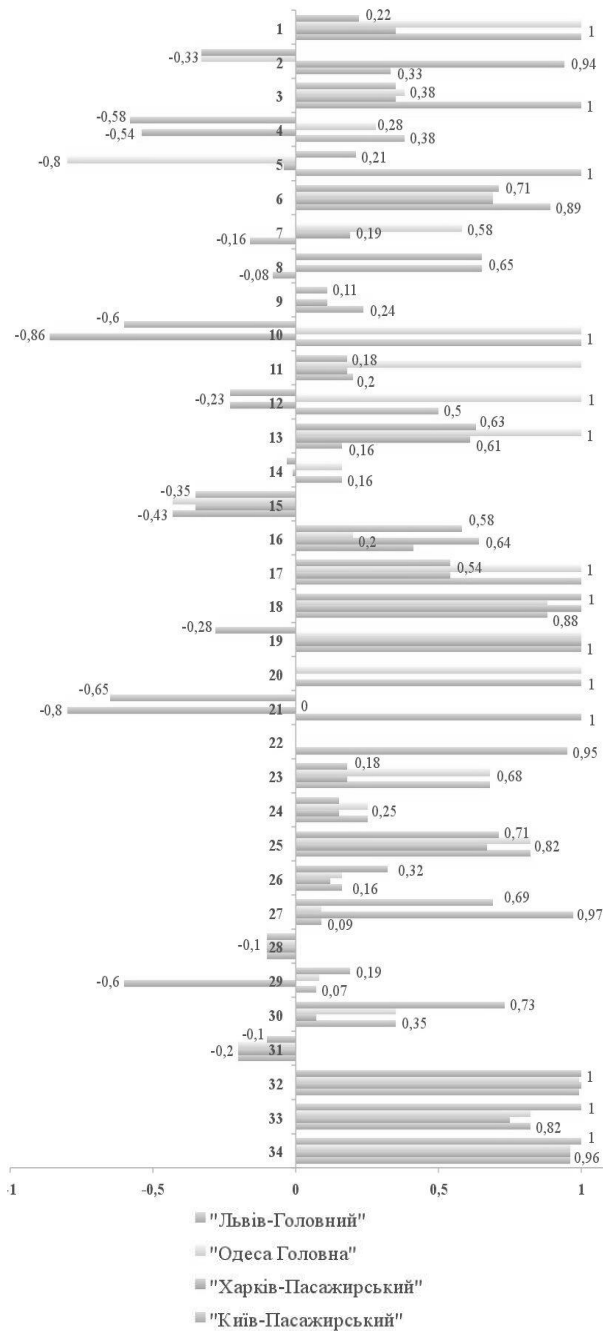


Рисунок 3 – Інфографіка збалансованих оцінок за усіма маломобільними групами пасажирів для кожної вимоги архітектурно-просторової доступності вокзальних комплексів ( $LM_i$ ): «Київ-Пасажи́рський», «Харків-Пасажи́рський», «Львів-Головний» і «Одеса-Головна»

– висота бордюрів на прилеглий території вокзалів Львова ( $LM_4 = -0,58$ ), Харкова ( $LM_4 = -0,54$ );  
 – наявність пандусів (що відповідають ДБН [3]) в місцях підземного переходу через проїжджу частину вулиці від зупинки громадського транспорту до привокзальної площі на тротуар перед вокзалом «Одеса-Головна» ( $LM_5 = -0,80$ );  
 – доступність головного входу «Харків-Пасажи́рський» ( $LM_{10} = -0,86$ ) та «Львів-Головний» ( $LM_{10} = -0,60$ );  
 – відсутність ліфтів на пасажирських платформах у Харкові ( $LM_{21} = -0,8$ ) і Львові ( $LM_{21} = -0,65$ ).

Крім того, «слабкими місцями» для усіх вокзальних комплексів є: конструкції сходів ( $LM_{15}$  від  $-0,43$  до  $-0,35$ ), відсутність спеціального обладнання для дітей в санвузлах ( $LM_{28} = -0,1$ ) та стола для сповивання ( $LM_{31} = -0,2$ ).

Інфографіка збалансованих оцінок за усіма вимогами архітектурно-просторової доступності для кожної маломобільної групи пасажирів наведено на рис. 4.

Результати обчислень демонструють найнижчий рівень доступності українських залізничних вокзальних комплексів для осіб з інвалідністю і тимчасовим порушенням здоров'я:

- «Київ-Пасажи́рський»:  $LM_{ММГ-2} = 0,48$ ;  
 $LM_{ММГ-1} = 0,58$ ;  $LM_{ММГ-3} = 0,60$ ;
- «Харків-Пасажи́рський»,  $LM_{ММГ-1} = 0,15$ ;  
 $LM_{ММГ-3} = 0,16$ ;  $LM_{ММГ-2} = 0,26$ ;
- «Одеса-Головна»,  $LM_{ММГ-2} = 0,33$ ;  $LM_{ММГ-1} = 0,38$ ;  
 $LM_{ММГ-3} = 0,43$ ;
- «Львів-Головний»,  $LM_{ММГ-1} = 0,07$ ;  $LM_{ММГ-3} = 0,07$ ;  
 $LM_{ММГ-2} = 0,19$ .

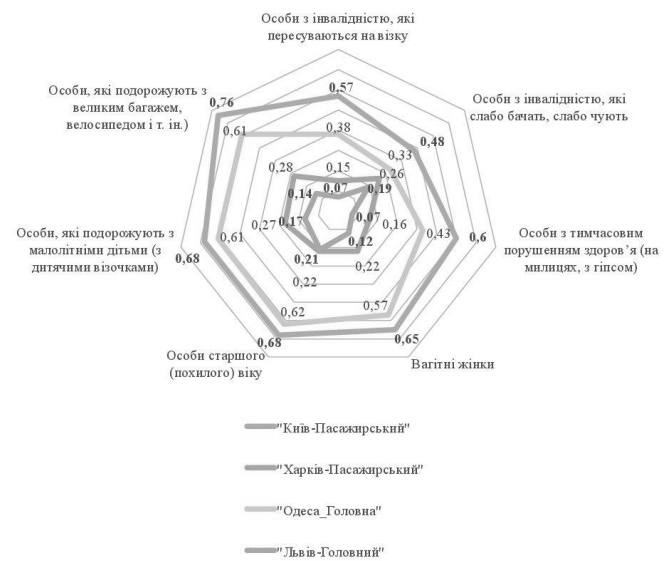


Рисунок 4 – Інфографіка збалансованих оцінок за усіма вимогами архітектурно-просторової доступності вокзальних комплексів ( $LM_{ij}$ ) «Київ-Пасажи́рський», «Харків-Пасажи́рський», «Львів-Головний» і «Одеса-Головна» для кожної маломобільної групи пасажирів

## Висновки

У підсумку виконання порівняльного моніторингу доступності залізничних вокзальних комплексів «Київ-Пасажирський», «Харків-Пасажирський», «Одеса-Головна» і «Львів-Головний» виявлено розподіл «факторів недоступності» як в контексті «вимог», так і для «маломобільних (вразливих) груп пасажирів». Обчислення збалансованих та інтегральних оцінок інклюзивності, а також їх компаративний аналіз, дозволило «промаркувати» проблемні питання за вимогами-параметрами та визначити ступінь загрози здоров'ю для кожної маломобільної групи пасажирів залізниці.

Запропонований підхід до проведення моніторингу й оцінки інклюзивності вокзального комплексу може бути використаний особами, які приймають рішення, для виконання проектних дій: «збирання вимог», «визначення змісту», «створення ієрархічної структури робіт» та ін.

Результати даного дослідження свідчать, що для ефективної реалізації проектів будівництва, реконструкції та експлуатації вокзальних комплексів, зміст яких передбачає універсальні архітектурно-просторові рішення, необхідно виконувати аудит доступності з точки зору усіх маломобільних груп пасажирів.

## Список літератури

1. Загальна інформація елементів доступності для осіб з обмеженими фізичними можливостями по вокзалах залізниць України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.uz.gov.ua/passengers/station\\_services\\_and\\_facilities/osob/](http://www.uz.gov.ua/passengers/station_services_and_facilities/osob/).
2. Відомчі будівельні норми України [Текст] / ВБН В.2.3-1-2008. Споруди транспорту. Проектування, будівництво та експлуатація будівель і службово-технічних споруд залізничного транспорту при швидкісному та високошвидкісному русі поїздів. – Введен. 2009-01-01. К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 111 с.
3. Державні будівельні норми України [Текст] / ДБН В.2.2-17:2006. Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для маломобільних груп. – Введен. 2007-05-01. К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 14 с.
4. Державний стандарт України [Текст] / ДСТУ-Н В.2.2-31:2011. Настанова з облаштування будинків і споруд цивільного призначення елементами доступності для осіб з вадами зору та слуху. – Введен. 2012.10.01. Київ: Мінрегіон України, 2011. – 17 с.
5. Фесенко Т.Г. Моніторинг проектів дитячих ігрових майданчиків із врахуванням принципу доступності [Текст] / Т.Г. Фесенко, Г.Г. Фесенко // Управління проектами: інновації, нелінійність, синергетика: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів, аспірантів та науковців. – Одеса: ОДАБА, 2016. – С. 87–89.
6. Аннабаєв Е.Д. «Гендер та інвалідність» як контекст архітектурно-планувального моніторингу дитячих майданчиків [Текст] / Е.Д. Аннабаєв, М.Ю. Розсильний, Т.Г. Фесенко // Гендерна політика очима української молоді: матеріали підсумкової конференції X Регіонального конкурсу молодих вчених, Харків, 30 листопада 2016 р. / [за заг. ред.: Н.В. Бібік, Г.Г. Фесенко]; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. – С. 271–277.
7. Фесенко Т.Г. Інтеграція інтересів бенефіціарів жилищного строительства в систему цінностей проекту [Текст] / Т.Г. Фесенко, Д.М. Мінаєв // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 21. – С. 81–86.
8. Fesenko T. The safe city: developing of GIS tools for gender-oriented monitoring (on the example Kharkiv city, Ukraine) [Text] / T. Fesenko, G. Fesenko, N. Bibik // Eastern-European Journal of Interiorise Technologies. – 2017. – № 3/2(87). – P. 25–33. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103054.
9. Design standards for accessible railway stations: a code of practice by the Department for Transport and Transport Scotland [Text]. – London, 2015. – 254 p. – Access mode: <https://www.gov.uk/government/publications/accessible-railway-stations-design-standards>. – Title screen : December 15, 2017.
10. Matsubara H. A user-specific passenger guidance system aimed at universal design. – Tokyo, 2005. – 21 p.
11. Byoung-Keun K. A Study on Universal Design Critical Factors of the Urban Railway Station [Text] / K. Byoung-Keun, L. Joo-Hyung, K. Sang-Woon, K. Tae-Sung, B. Seong-Heon // Journal of The Korea Institute of Healthcare. – 2014. – № 20(2). – P. 27–35. doi: 10.15682/jkiha.2014.20.2.027.
12. Мінаєв Д. М. Моніторинг проектів організації доступності будівель і споруд вокзалів залізниці України [Текст] / Д.М. Мінаєв, Т.Г. Фесенко, Г.Г. Фесенко // Управління проектами: проектний підхід в сучасному менеджменті: Матеріали VIII науково-практичної конференції фахівців, магістрантів, аспірантів та науковців. – Одеса: ОДАБА. 2017. – С. 51–57.
13. Фесенко Т. Г. Моделювання змісту проектів архітектурно-просторової доступності вокзальних комплексів [Текст] / Т. Г. Фесенко, Г. Г. Фесенко, Д. М. Мінаєв, А. В. Якунін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – 2 (1278). – С. 59–68. doi: 10.20998/2413-3000.2018.1278.9.
14. Айвазян С. А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей [Текст] / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – Москва: Финансы и статистика, 1985. – 487 с.
15. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя [Текст] / Л. Льюнг. – Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 432 с.



16. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Текст] / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с.

17. Демиденко Е. З. Линейная и нелинейная регрессии [Текст]. – Москва : Финансы и статистика, 1981. – 302 с.

18. Алексеев Е. Р. Scilab : Решение инженерных и математических задач [Текст] / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова, Е. А. Рудченко. – Москва : ALT Linux; БИНОМ : Лаборатория знаний, 2008. – 260 с.

Стаття надійшла до редколегії 16.04.2018

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.В. Брагінець, Луганський національний аграрний університет, Харків.

#### **Фесенко Татьяна Григорьевна**

Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительства и архитектуры, [orcid.org/0000-0001-9636-9598](https://orcid.org/0000-0001-9636-9598)  
Луганский национальный аграрный университет, Харьков

#### **Фесенко Галина Григорьевна**

Кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры истории и культурологии, [orcid.org/0000-0001-9636-9598](https://orcid.org/0000-0001-9636-9598)  
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков

#### **Якунин Анатолий Викторович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики, [orcid.org/0000-0002-0635-1755](https://orcid.org/0000-0002-0635-1755)  
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков

#### **Фесенко Григорий Васильевич**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ремонта машин, эксплуатации машинно-тракторного парка и охраны труда, [orcid.org/0000-0001-9749-8746](https://orcid.org/0000-0001-9749-8746)  
Луганский национальный аграрный университет, Харьков

### **МОНИТОРИНГ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО МОДЕЛЯМ ОЦЕНКИ АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДОСТУПНОСТИ**

**Аннотация.** Определена модель оценки инклюзивности вокзальных комплексов, проведена ее параметрическая идентификация. Освещены особенности применения методики формирования диагностической матрицы параметров архитектурно-пространственной доступности, определены весовые коэффициенты. Проведен сравнительный мониторинг архитектурно-пространственной доступности железнодорожных вокзальных комплексов «Киев-Пассажирский», «Харьков-Пассажирский», «Одесса-Главная» и «Львов-Главный» по 34 требованиям-параметрам. Выполнены расчеты сбалансированных (по всем маломобильным группам пассажиров для каждого требования; по всем требованиям для каждой маломобильной группы) и интегральных оценок инклюзивности железнодорожных вокзальных комплексов. Определен мини-рейтинг доступности (клиент-ориентированности) вокзалов больших городов в Украине: 1 – «Киев-Пассажирский», 2 – «Одесса-Главная», 3 – «Харьков-Пассажирский», 4 – «Львов-Главный». Представлена инфографика архитектурно-пространственной доступности вокзальных комплексов больших городов Украины с «маркированием» проблемных вопросов (угроз) для здоровья разных маломобильных групп пассажиров.

**Ключевые слова:** инклюзивность; проекты архитектурно-пространственной доступности; железнодорожный вокзальный комплекс; математическая модель

#### **Fesenko Tetiana**

Ph.D, docent, Professor of Department of Engineering and Architecture, [orcid.org/0000-0001-9636-9598](https://orcid.org/0000-0001-9636-9598)  
Luhansk National Agrarian University, Kharkiv

#### **Fesenko Galyna**

Ph.D, docent, Associate Professor of Department History and Cultural Studies, [orcid.org/0000-0001-7133-484X](https://orcid.org/0000-0001-7133-484X)  
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv

#### **Yakunin Anatolii**

Ph.D, docent, Associate Professor of Department of Higher Mathematics, [orcid.org/0000-0002-0635-1755](https://orcid.org/0000-0002-0635-1755)  
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv

#### **Fesenko Grygoriy**

Ph.D, docent, Associate Professor of Department of Repair of Machinery, Maintenance of Machine and Tractor Fleet and Labor Protection, [orcid.org/0000-0001-9749-8746](https://orcid.org/0000-0001-9749-8746)  
Luhansk National Agrarian University, Kharkiv

### **MONITORING OF RAILWAY STATION COMPLEXES WITH ASSESSMENT MODELS OF ARCHITECTURAL AND SPACE ACCESSIBILITY**

**Abstract.** The model of inclusive evaluation of station complexes is described; its parametric identification is carried out. The application peculiarities of the method of forming a diagnostic matrix of architectural and spatial accessibility parameters are highlighted, weight coefficients are determined. The comparative monitoring of the architectural and spatial accessibility of

railway stations “Kyiv-Pasazhyrskyy”, “Kharkiv-Pasazhyrskyy”, “Odessa-Holovna” and “Lviv-Holovnyy” is carried out for 34 requirements-parameters. The calculations of balanced (for all low-mobility groups of passengers for each requirement, according to all requirements for each small group of passengers) and integral estimates of the inclusiveness of railway station complexes performed. The mini-rating of accessibility (client-oriented) stations of the Ukrainian cities is as follows: 1 – Kyiv-Pasazhyrskyy, 2 – Odessa-Holovna, 3 – Kharkiv-Pasazhyrskyy, 4 – Lviv-Holovnyy. The infographics of the architectural and spatial accessibility of railway station complexes of the Ukrainian largest cities by “marking” of the problematic issues (threats) for the health of various less-mobile groups of passengers is represented.

**Keywords:** *inclusiveness; architectural and spatial accessibility projects; railway station complex; mathematical model*

#### References

1. General information on accessibility elements for people with disabilities at railroad stations in Ukraine. Retrieved from [http://www.uz.gov.ua/passengers/station\\_services\\_and\\_facilities/osob/](http://www.uz.gov.ua/passengers/station_services_and_facilities/osob/) [in Ukrainian].
2. Departmental building norms of Ukraine. VBN B.2.3-1-2008. Transport facilities. Designing, construction and operation of buildings and service structures of railway transport with high-speed and high-speed train traffic. (2009). Kyiv, SNTL of Ukraine, 111. [in Ukrainian].
3. State Building Regulations of Ukraine. DBN B.2.2-17: 2006. Buildings and structures. Availability of buildings and structures for low-mobility groups. (2007). Kiev, Minregionstroy of Ukraine, 14. [in Ukrainian].
4. State Standard of Ukraine. DSTU-N B.2.2-31-2011. A guide to the construction of buildings and structures for civil use as accessibility elements for people with visual and hearing impairments. (2011). Kyiv, Minrehion Ukrayiny, 17. [in Ukrainian].
5. Fesenko, T.G. & Fesenko, G.G. (2016). Monitoring of projects of children's playgrounds taking into account the principle of accessibility. Project management: innovation, nonlinearity, synergetics: Materials of the IV International scientific and practical conference of undergraduates, graduate students and researchers. Odesa, OSACEA, 87–89. [in Ukrainian].
6. Annabaev, E.D., Rozsyl'nyy, M.Y. & Fesenko, T.G. (2016). Gender and Disability as a Context of Architectural and Planning Monitoring of Children's Playgrounds. Gender Policy by the Eyes of Ukrainian Youth: Materials of the Final Conference of the X Regional Competition of Young Scientists, Kharkiv, November 30, 2016. Kharkiv: O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 271–277. [in Ukrainian].
7. Fesenko, T.G. & Minaev, D.M. (2015). Integration of the interests of beneficiaries of housing construction into the system of project values. Management of Development of Complex Systems, Issue 21, 81–86. [in Russian]
8. Fesenko, T., Fesenko, G. & Bibik, N. (2017). The safe city: developing of GIS tools for gender-oriented monitoring (on the example Kharkiv city, Ukraine). Eastern-European Journal of Interiorise Technologies, № 3/2(87), 25–33. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103054. [in English].
9. Design standards for accessible railway stations: a code of practice by the Department for Transport and Transport Scotland. (2015). London, 254. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/accessible-railway-stations-design-standards>. [in English].
10. Matsubara, H. (2005). A user-specific passenger guidance system aimed at universal design. Tokyo, 21. [in English].
11. Byoung-Keun, K., Joo-Hyung, L., Sang-Woon, K., Tae-Sung, K. & Seong-Heon, B. (2014). A Study on Universal Design Critical Factors of the Urban Railway Station. Journal of The Korea Institute of Healthcare, № 20(2), 27–35. doi: 10.15682/jkiha.2014.20.2.027. [in English].
12. Minaev, D.M., Fesenko, T.G. & Fesenko, G.G. (2017). Monitoring of projects for the organization of accessibility of buildings and structures of railway stations of Ukraine. Project Management: Project Approach in Modern Management: Proceedings of the VEII of the scientific and practical conference of specialists, undergraduates, graduate students and researchers. Odesa: OSACEA, 51–57. [in Ukrainian].
13. Fesenko, T.G., Fesenko, G.G., Minaev, D.M. & Yakunin, A.V. (2018). Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Strategic management, portfolio, program and project management. Kharkiv: NTU “KhPI”, № 2 (1278), 59–68. doi: 10.20998/2413-3000.2018.1278.9. [in Ukrainian].
14. Ayvazyan, S.A., Yenyukov, I.S. & Meshalkin, L.D. (1985). Applied Statistics: Investigation of dependencies. Moskva: Finansy i statistika, 487. [in Russian].
15. L'yun L. (1991). Identification of systems. Theory for the user. Moskva: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 432. [in Russian].
16. Samarskiy, A.A. & Mikhaylov, A.P. (2002). Mathematical Modeling: Ideas. Methods. Examples. Moskva: FIZMATLIT, 320. [in Russian].
17. Demidenko, Ye.Z. (1981). Linear and nonlinear regression. Moskva: Finansy i statistika, 302. [in Russian].
18. Alekseyev, Ye.R., Chesnokova, O.V. & Rudchenko, Ye.A. (2008). Scilab: Solution of engineering and mathematical problems. Moskva: ALT Linux; BINOM: Laboratoriya znaniy, 260. [in Russian].

#### Посилання на публікацію

- APA Fesenko, Tetiana, Fesenko, Galyna, Yakunin, Anatolii & Fesenko, Grygoriy. (2018). Monitoring of railway station complexes with assessment models of architectural and space accessibility. Management of Development of Complex Systems, 34, 68 – 77 [in Ukrainian].
- ДСТУ Фесенко, Т.Г. Моніторинг залізничних вокзальних комплексів за моделями оцінки архітектурно-просторової доступності [Текст] / Т.Г. Фесенко, Г.Г. Фесенко, А.В. Якунін, Г.В. Фесенко // Управління розвитком складних систем. – 2018. – № 34. – С. 68 – 77.