

Анатолій ГОЙКО,

канд. екон.наук, професор

ORCID: 0000-0002-9591-0829

Лєся СОРОКІНА,

докт. екон.наук, професор

ORCID: 0000-0002-9981-4615

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

У статті обґрунтовано критерії доцільності інвестування у реконструкцію об'єктів житлового фонду. Запропоновано методичний підхід до оцінювання можливості отримання економічного ефекту від реалізації проектів реконструкції житла. Обґрунтовано спеціальний показник для обґрунтування інвестиційних рішень із відновлення застарілого житлового фонду. Він являє собою індекс співвідношення вартості житла на вторинному і первинному ринках, і має бути нижчим за одиницю для об'єктів, реконструкція яких забезпечить певний позитивний економічний ефект.

Виконано аналіз ринкової вартості житлових будинків для низки обласних центрів України, визначено пріоритетні ціноутворюючі характеристики, які детермінують стохастичний зв'язок із змінами індексу вартості житла. Доведено практичну значущість отриманої лінійної регресійної залежності та можливість її використання без територіальної локалізації. Проаналізовано статистичну значущість отриманих моделей і кожного із їх параметрів. Розроблено методику оптимізації портфелю інвестицій у реконструкцію житлового фонду, сутність якого полягає у побудові й розв'язанні оптимізаційної задачі. Її обмеження складено на підставі результатів статистичного аналізу місцевих ринків вторинної нерухомості. Уточнено первинні індикатори ризиків недосягнення запланованого економічного ефекту від реалізації проектів капіталовкладень у реконструкцію житлового фонду економічно розвинених обласних центрів. Визначено перспективні напрямки використання оптимізаційних розв'язків для проектування систем штучного інтелекту, спрямованих на забезпечення максимального соціального та економічного ефекту реконструкції житлового фонду. Доведено, що нехтування пропонованими оптимізаційними розв'язками призведе до марнотратства, знецінення інвестицій через відставання збільшення ринкової вартості відремонтованого житлового фонду від суми додаткових витрат на капітальний ремонт і реконструкцію. Окреслено перспективи подальших досліджень проблеми оптимізації портфелю інвестицій у реконструкцію житлового фонду у вигляді інтервальних оцінок ціноутворюючих характеристик земельних поліпшень і необхідний для цього методичний інструментарій – теорія нечітких множин, нечітка логіка, алгоритми нечіткого логічного висновку.

Ключові слова: *інвестиційний портфель, житловий фонд, вторинний ринок житла, ринкова вартість, кошторисна вартість будівництва, цільова функції, обмеження, інтервальна оцінка.*

Постановка проблеми. Застарілість житловий фонду негативно позначається на всіх, без винятку, сферах життєдіяльності та економічної активності суспільства. Фізичний дискомфорт, спричинений тривалим перебуванням у незручних, затісних, холодних, погано освітлюваних приміщеннях, стає причиною втрати працездатності, або, принаймні, її зниження. Крім того, некомфортне середовище перебування погіршує емоційний стан людини, чим створює передумови для зниження будь-якої активності, насамперед економічної. Брак елементарних зручностей, невідповідність побутового оточення природнім потребам людини особливо загострились у період тривалих ізоляційних обмежень, викликаних безпековою ситуацією. Спочатку через карантинні обмеження за часів пандемії Covid, а надалі внаслідок екзистенційної загрози, спричиненої вторгненням ^{рашистів} більшість працездатного населення була змушена працювати дистанційно, а тому час перебування у не надто зручних просторах житлових приміщень суттєво зріс. Звичайно, реконструкція фізично та функціонально застарілих об'єктів насамперед має сприяти поліпшенню умов життєдіяльності користувачів нерухомості, але корисний ефект від оновлення житлового фонду істотно обмежений економічними чинниками. З одної сторони – це бюджетні обмеження інвесторів, чиї кошти мають не лише відшкодувати собівартість технічного та функціонального оновлення будівель, але й забезпечити можливість отримання прибутку підрядними організаціями – безпосередніми виконавцями робіт. З іншої сторони, тривалість і складність із реконструкції спонукають інвесторів змінити свій вибір на користь вкладення коштів у нове будівництво, спрямоване на втілення задумів щодо власного простору «з чистого аркушу», оскільки такий варіант не вимагає витрат ресурсів на перепланування, демонтаж, утилізацію непридатних конструкцій. Звичайно, найкращим є такий спосіб використання нерухомого майна, за якого досягається його максимальна продуктивність, при цьому не порушуються вимоги правових актів та існують технічні можливості такого використання. Для об'єктів нерухомості критерієм найбільш ефективного використання зазвичай виступає максимум вартості земельної ділянки, на якій вони розташовані, і саме ця умова має бути передусім вихована для забезпечення оптимальності вкладень коштів.

Аналіз публікацій. Чимало дослідників присвячують увагу гострій проблемі фінансового забезпечення реконструкції житлового фонду. В їх дослідженнях міститься детальний аналіз бюджетних програм фінансування відтворення житлового фонду, наводяться теоретичні узагальнення та практичні розробки щодо оцінювання доцільності капіталовкладень у даному напрямку, систематизуються напрацювання світового досвіду [1, 2, 5, 7-10]. Своєю чергою дослідження оптимізації інвестиційних портфелів також здобули широкого розповсюдження серед наукової спільноти [3, 4, 6]. Предметом дослідження наразі обирають не тільки фінансові, але й реальні об'єкти, проте будівельна діяльність і досі займає невелику частку серед інвестиційно привабливих бізнес-напрямків.

На сьогоднішній день відсутні науково-практичні застосунки, спрямовані на оптимізацію портфелю інвестицій у відтворення чи ревіталізацію вже існуючих об'єктів нерухомості – часто подібні дослідження здійснюють поверхнево, у вигляді початкових етапів потужних інвестиційних проектів промислового чи інфраструктурного розвитку. При цьому проблема оптимізації капіталовкладень у реконструкцію житлового фонду залишається невирішеною і досі.

Мета статті: постановка та розв'язування оптимізаційної задачі, спрямованої на підвищення віддачі капіталовкладень у реконструкцію житлового фонду, розташованих в обласних центрах України.

Методи дослідження обирались, виходячи із завдання наукового пошуку, – обґрунтувати такий об'єкт житлового фонду чи їх сукупність, реконструкція яких забезпечила потреби суспільства у сучасному просторі, комфортному для відтворення працездатності й відпочинку, при одночасній максимізації економічного ефекту витрат на проектні й ремонтно-будівельні роботи. Тому під час підготовки статті було застосовано не лише методи математичної оптимізації, такі як симплекс-метод та лінійне програмування, але й методи статистичного аналізу великих інформаційних масивів, а саме: описові статистики та статистичні групування – з метою упорядкування вихідних даних про вартісноутворюючі характеристики об'єктів житлового фонду та уточнення обмежень оптимізаційної задачі; регресійний аналіз – для обґрунтування набору її змінних та коефіцієнтів цільової функції.

Основні результати дослідження. Розв'язок гострої проблеми фізичної та функціональної застарілості житлового фонду може здійснюватись двома напрямками: або реконструювати існуючі земельні поліпшення, або побудувати нові, попередньо ліквідувавши існуючі. З позицій економічної ефективності переваги буде віддано тому варіанту, який дозволить отримати максимальну віддачу від понесених витрат. Індикатором корисності досягненого результату передусім виступає ринкова вартість отриманих об'єктів житлової нерухомості. Адже реконструйоване житло інвестор може не лише використовувати для проживання, але й отримати вигоду від його перепродажу. Тому вагомим чинником на користь напрямку інвестування коштів виявляється ринкова вартість – максимальна сума коштів, яку може отримати продавець за наявності численної кількості пропонованих аналогічних об'єктів та покупців, добре поінформованих щодо якісних характеристик об'єкту оцінки. Ринкова вартість є динамічним показником, а тому у різні моменти часу вона може як збільшуватись, так і зменшуватись. Мінімальну межу ринкової вартості для новозбудованих житлових об'єктів визначити значно простіше, ніж для тих, що існують та експлуатуються тривалий час. У першому випадку цінову «підлогу» формує вартість нового будівництва, результати її моніторингу на загальнодержавному рівні регулярно розміщують у відкритому доступі. Зокрема, щоквартально оновлюється інформація із додатків до наказів Міністерства розвитку громад про показники опосередкованої вартості спорудження житла за регіонами України. Для вторинного ринку житлової нерухомості аналогічних спостережень не виконують, тому чи не єдиним інформаційним ресурсом залишаються результати емпіричних досліджень. У якості інформаційної бази таких розвідок можуть бути використані дані Єдиної бази даних звітів про оцінку, яку щотижня оновлюють на сайті Фонду державного майна України. За інформацією, наданою експертами-оцінювачами про місце розташування і основні технічні характеристики об'єктів нерухомості, нескладно визначити оціночну вартість квадратного метру житла на вторинному ринку. В силу чималої кількості вартісних показників аналогів такої нерухомості, подібні звітні дані слід вважати ринковими. Закономірно припустити, що цінність вторинної нерухомості є вирішальним чинником впливу на користь рішення про доцільність її реконструкції, замість знесення і нового будівництва. Кількісно викладену умову можна відобразити за допомогою індексу співвідношення

вартості житла ($I_{жв/п}$) на вторинному і первинному ринках, що буде нижчим за одиницю для об'єктів, реконструкція яких забезпечить певний позитивний економічний ефект:

$$I_{жв/п} = \frac{\text{Вартість квадратного метру житлової нерухомості за даними звітів з оцінки}}{\text{Опосередкована вартість будівництва житла (у регіоні)}} < 1$$

↓

Реконструкція доцільна

Взаємозв'язок між значенням індексу співвідношення вартості житла на вторинному та первинному ринках і обґрунтуванням рішення у доцільності реконструкції пояснюється наступним: капіталовкладення у будівельні роботи мають відшкодовуватись в результаті продажу оновленого об'єкту. Звичайно, коли $I_{жв/п} > 1$, сенс в інвестуванні у капітальний ремонт чи реконструкцію втрачається, оскільки не існує жодної можливості відшкодування понесених витрат.

Дослідження співвідношень вартості житла на вторинному і первинному ринку було виконано за даними, наведеними у звітах із експертної оцінки [11], здійсненої у лютому 2025 р. До вибіркової сукупності було включено багатоквартирні будинки, розташовані у економічно активних обласних центрах України: Києві, Дніпрі, Івано-Франківську, Львові, Одесі, Харкові [11]. Всього дослідженням було охоплено 455 об'єктів, виявилось, що середня ціна квадратного метру у житловому будинку як нерухомому об'єкті, склала 12'995,54 грн., що становить лише 55,32% від усередненої вартості будівництва нового житла – 23'841 грн. На рис. 1 представлено інформацію про середні по обласних центрах показники вартості квадратного метру на вторинному ринку, обсяги підвибірок, а також значення індексів вартості житла. Як видно з графіку, найбільш економічно ефективною буде реконструкція житлового фонду у Дніпрі, оскільки на момент дослідження існує житло коштує лише 44,61% від кошторисної вартості новозбудованого. Чималий інвестиційний потенціал мають Одеса і Харків, де ринкова вартість житла у багатоквартирних будинках не перевищує 50% вартості спорудження новобудов. Оскільки базою для розрахунку індексу вартості житла обрано усереднену в розрізі областей кошторисну вартість будівництва, яка значно менша за вартість пропозиції від забудовників та девелоперів, можна зробити висновок, що у зазначених обласних центрах витрати на реконструкцію забезпечать такі доходи від продажу оновлених квадратних метрів, які не лише відшкодують собівартість будівництва, але й принесуть бажаний прибуток інвесторам. Для обласних центрів, розташованих у західних регіонах країни, також вигідним є реконструкція житла, оскільки наразі квадратний метр на вторинному ринку коштує трохи вище за половину кошторисної вартості нового будівництва: 56,15% та 55,9 % відповідно для Львову та Івано-Франківську (рис. 1)

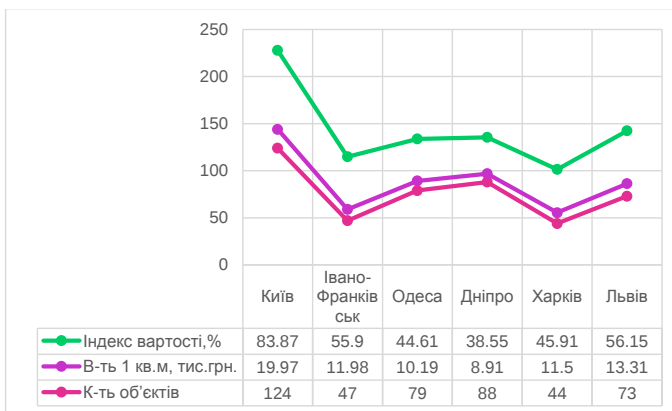


Рис. 1. Показники вартості житлової нерухомості на вторинному ринку станом на 01.03.2025 р. (Розраховано автором)

Винятком може бути хіба що столиця, оскільки у Києві і області вторинне житло в середньому коштує на рівні 84,87% новобудов, що ставить під сумнів рентабельність проектів із реконструкції житлового фонду.

Для оцінки інтенсивності впливу основних ціноутворюючих характеристик житлових будинків на співвідношення ринкової вартості об'єктів до кошторисної вартості нового будівництва було виконано регресійний аналіз вибірових даних. Проаналізований вище індекс вартості було обрано у якості залежної, пояснювальної змінної, а набір факторних змінних, початково обґрунтований у кількості 9 факторних змінних зазнав суттєвого скорочення. Початково було зроблено припущення, що вартість житла залежить від таких факторів, як: місце розташування всередині населеного пункту, тип житла, загальна площа квартир, поверховість будинку, рік його вводу в експлуатацію, матеріал стін, матеріал перекриттів, наявність інженерного обладнання, технічний стан об'єкту. Регресійному моделюванню передувала робота із кодування тих характеристик нерухомості, які задаються номінальними змінними, наприклад: матеріал стін (цегла, природний камінь, бетон тощо) чи технічний стан (добрий, задовільний, під оздоблення). Значенням змінних такого типу було присвоєно ідентифікаційний бал, причому вищі його значення відповідали тим значенням ціноутворюючих характеристик, які більшою мірою затребувані ринком і забезпечують вищий рівень ринкової вартості об'єктів. Втім, після вибору методу побудови багатofакторної лінійної регресії, відомого як Backward stepwise, сутність якого полягає у кількаразовому застосуванні МНК через усталене вилучення із вихідного масиву даних тих факторних змінних, які є малозначимими у поясненні варіації результативної, остаточно було одержано двофакторну лінійну регресію. Разом із тим виявилось, що регресійні рівняння для всіх обласних центрів характеризуються низькою статистичною значимістю, оскільки не здатні пояснити більше, аніж 22 – 29% варіації результативної змінної. Про прийнятну значимість моделювання можна було стверджувати лише для регресійного рівняння, отриманого по всій вибірці даних:

$$\widehat{\text{Івж}}_{\text{в/п}} = -15,2108 \pm 3,94 + (0,0078 \pm 0,002) \cdot x_1 + (0,1227 \pm 0,093) \cdot x_2, \quad (1)$$

де x_1 – рік вводу будинку в експлуатацію;

x_2 – ідентифікатор оцінки технічного стану будинку (незадовільний, або ветхий – 2 бали, задовільний – 3 бали, під оздоблення – 4 бали, добрий – 5 бали), під час присвоєння балів нами враховано той факт, що об'єкти з характеристикою «під оздоблення» у свої переважній більшості мали вищу вартість квадратного метру, аніж «задовільні», незважаючи на розбіжності чи відповідність по інших ціноутворюючих чинниках.

Обидва фактори та вільна константа рівняння статистично значущі, оскільки $|t_2| = 3,396$, $|t_1| = 10,079$, $|t_0| = 9,996$, у той час, як критичне значення коефіцієнта довіри при імовірності помилки $p = 0,01$ і кількості ступенів волі $452 (= 455 \text{ обсяг вибірки} - 2 \text{ змінних} - 1)$ становить лише $t^* = 2,587$. Рівень достовірності апроксимації прийнятний, оскільки $R^2 = 0,596$, тобто модель (1) пояснює майже 60% варіації індексу вартості житла, а не поясненими лишається менше половини мінливості досліджуваного співвідношення. Відповідно F-критерій перевищує табличний поріг статистичної значущості для імовірності помилки $p = 0,01$: $F = 333,406 > 4,652 = F^*(0,01; 2; 452)$. Це означає, що параметри залежності (1) – не випадкові, якби до досліджуваної вибірки потрапили інші об'єкти із подібними розподілами ознак технічного стану та строку експлуатації, то в отриманій моделі коефіцієнти при змінних могли бути дещо іншими, проте вони б не вийшли за межі своїх надійних інтервалів у 99 випадках із 100. Стандартна помилка моделі (1) склала 0,169, тобто її застосування для досліджуваних вибірових даних дозволило отримати теоретичні значення, що відрізняються від фактичних в межах 16,9 процентних пунктів. Остання обставина спонукає до подальших досліджень в даному напрямку, зокрема до застосування альтернативних технологій вивчення факторного зв'язку, зокрема кусково-лінійних регресій, або неро-нечітких гібридних моделей. Втім, зважаючи на значні розбіжності між ринковою вартістю існуючого житла та кошторисною вартістю будівництва нового, вважаємо за доцільне використати залежність (1) у якості цільової функції оптимізаційної задачі, спрямованої на максимум економічного ефекту від обмежених інвестиційних ресурсів.

Економічна інтерпретація параметрів залежності (1) полягає у наступному: ринок вторинної нерухомості більшою мірою цінує нещодавно побудовані об'єкти, які перебувають у доброму фізичному стані. Адже обидва коефіцієнти при незалежних змінних додатні, натомість менші за 1 значення індексу вартості вторинного ринку пояснюються дією інших факторів, які не було включено до моделі на всіх попередніх етапах досліджень. Ці фактори, екзогенні по відношенню параметрів будівель, можуть спричинятись макроекономічним середовищем, без пековою ситуацією, транспортним забезпеченням та низкою інших детермінант зміни попиту на житло у багатоквартирних будинках. За кількісним значенням коефіцієнтів моделі можна припустити, що кожен рік, який наближає дату вводу будинку в експлуатацію до дати оцінки, сприяє підвищенню індексу вартості на $0,78 \pm 2$ процентних пункти, кожен додатковий бал ідентифікатору технічного стану об'єкту додає до індексу $\widehat{\text{Івж}}_{\text{в/п}}$ $12,27 \pm 9,3$ процентні пункти. Останню обставину варто враховувати на етапі схвалення рішення про доцільність реконструкції, приймаючи нечітке число біля 12% із розтягненням 9,5% у якості критерію рентабельності капіталовкладень.

Отримана модель (1) дає змогу не лише оцінити економічний ефект від реалізації проектів реконструювання житла, але й може бути використаною для цілей відбору об'єктів реконструкції до оптимального портфелю забудовника. Мається на увазі формування такого «набору» об'єктів нерухомості, інвестиції у покращення споживчих характеристик яких забезпечать максимальну вигоду. На перший погляд, враховуючи вище викладене, варто зосередити увагу на будинках, технічний стан яких потребує негайного усунення недоліків, при цьому надаючи перевагу будівлям, строк експлуатації яких виявиться якнайдовшим. Втім, здійснення подібного рішення ускладнюється особливостями масової забудови обласних центрів у різні історичні періоди. Розглядаючи виконані замовлення на проведення експертної оцінки нерухомості, можна встановити, що у різних обласних центрах домінують об'єкти, збудовані у різні часові періоди та відповідно за різними проектно-конструктивними рішеннями. Вказану обставину нами було враховано у якості обмежень оптимізаційних задач, спрямованих на обґрунтування таких характеристик існуючих житлових будинків, реконструкція яких сприятиме максимальним фінансовим результатам забудовників.

Як ішлося вище, рівняння (1) було використано у якості цільової функції оптимізаційної задачі, напрямком якої – **мінімізація поточного співвідношення ринкової вартості нереконструйованого об'єкта до кошторисної вартості спорудження нової**. Кількість змінних моделі – 2, і для кожної з них ми обґрунтували верхню й нижню межу, отже оптимізаційна задача містила 4 обмеження, саме вони забезпечили розмаїття оптимальних рішень для аналізованої вибірки обласних центрів. Досліджувані населені пункти знаходяться на різних територіях, відмінних за своїми природно-кліматичними особливостями, доступом до будівельних ресурсів, і де історично склались розбіжності в суспільних пріоритетах, уподобаннях щодо облаштуванні побуту. Тому закономірно спостерігатимуться і значні розбіжності в архітектурно-планувальних, конструктивно-технічних, естетичних рішеннях стосовно міської забудови. Крім того, міграційні потоки, спричинені рухом робочої сили, економічними і політичними збуреннями упродовж непростого історичного шляху нашої держави, призводили до змін обсягів потреби населених пунктів у житлових площах, причому останні відбувались не синхронно. Все вищезазначене призвело до того, що пропозиція нерухомості на ринку досліджуваних об'єктів характеризується не однаковими типовими представниками, і тому під час формування обмежень оптимізаційної задачі ми враховували 95%-ві надійні інтервали середніх значень року вводу в експлуатацію оцінюваних житлових будинків і ідентифікаторів їх технічного стану.

статочно було сформульовано наступні оптимізаційні задачі:

Цільова функція:

$$\widehat{Iвж}_{в/п} = -15,2108 + 0,0078 \cdot x_1 + 0,1227 \cdot x_2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

Обмеження:

Дніпро:

$$\begin{cases} 1963 \leq x_1 \leq 1973 \\ 2 \leq x_2 \leq 4 \end{cases} \quad (3.1),$$

Харків:

$$\begin{cases} 1953 \leq x_1 \leq 1969 \\ 2 \leq x_2 \leq 4 \end{cases} \quad (3.2),$$

$$\begin{array}{l} \text{Київ:} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1941 \leq x_1 \leq 2007 \\ 2 \leq x_2 \leq 5 \end{array} \right. \end{array} \quad (3.3)$$

$$\begin{array}{l} \text{Одеса:} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1968 \leq x_1 \leq 1980 \\ 2 \leq x_2 \leq 4 \end{array} \right. \end{array} \quad (3.4),$$

$$\begin{array}{l} \text{Львів:} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1966 \leq x_1 \leq 1978 \\ 2 \leq x_2 \leq 4 \end{array} \right. \end{array} \quad (3.5),$$

$$\begin{array}{l} \text{Івано-Франківськ:} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1975 \leq x_1 \leq 1991 \\ 2 \leq x_2 \leq 4 \end{array} \right. \end{array} \quad (3.6),$$

$$\begin{array}{l} \text{Вся вибірка:} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1975 \leq x_1 \leq 1980 \\ 2 \leq x_2 \leq 4 \end{array} \right. \end{array} \quad (3.7).$$

Їх розв'язки зведено до табл.1, у якій також подано і результати розв'язування аналогічної задачі але із протилежним напрямком оптимізації. Тобто розділ табл. 1 «Максимально неефективна реконструкція» містить розв'язки задач, обмеження яких відображені системами (3.1–3.7), проте цільова функція спрямована на досягнення **максимуму, а не мінімуму**.

Таблиця 1

Результати оптимізації відбору об'єктів реконструкції за критерієм віддачі капіталовкладень

Населений пункт	максимально ефективна реконструкція			максимально неефективна реконструкція		
	Дата вводу об'єкта	Оцінка техстану	Індекс вторинного ринку	Дата вводу об'єкта	Оцінка техстану	Індекс вторинного ринку
Дніпро	1963	ветхий	0.346	1973	задовільний	0.669
Харків	1953	ветхий	0.268	1969	задовільний	0.638
Київ	1942	ветхий	0.182	2007	добрий	1.057
Одеса	1968	ветхий	0.385	1980	задовільний	0.724
Львів	1966	ветхий	0.369	1978	задовільний	0.708
Івано-Франківськ	1974	ветхий	0.432	1990	задовільний	0.802
Вся вибірка	1975	ветхий	0.440	1980	задовільний	0.724

Протилежний напрямок оптимізації дав змогу визначити такі характеристики об'єктів житлового фонду, економічна ефективність реконструкції яких вбачається сумнівною. Попри ціноутворюючі характеристики, типові для місцевого ринку нерухомості, і вартість одиниці площі, дещо нижчу за вартість зведення новобудов, кошти, спрямовані на усунення зносу подібних будинків з високою імовірністю не забезпечать належного збільшення їх ринкової вартості після реконструкції. Висока невизначеність щодо доцільності інвестування у реконструкцію передусім пояснюється некритично високим рівнем фізичної зношеності будівель, оскільки загальна характеристика їх технічного стану – «задовільний». За строком експлуатації дещо несподівано видається ситуація в

Харкові та Дніпрі, оскільки дата вводу будинку в експлуатацію, близька до 1969 та 1973, свідчить про те, що об'єкти використовуються вже не менше половини свого призначеного часового ресурсу. Втім, високий клас капітальності передбачає фізичну можливість експлуатації будівель і понад 100 років, і, крім того чимала кількість об'єктів експертної оцінки, розташованих у Дніпрі та Харкові, введені в експлуатацію іще раніше. Згідно розрахунків, максимальна різниця між ринковою вартістю, порівняно кошторисною вартістю новобудов спостерігається у таких об'єктів Дніпра і Харкова, які споруджено приблизно у 63 і 53 рр. минулого сторіччя. Якщо технічний стан таких будинків з урахуванням зношеності всіх конструктивних елементів досягатиме 80%, що відповідає рівневі «ветхій», тоді інвестиції у реконструкцію досягнуть максимального ефекту. Адже поточна ринкова вартість подібних фізично та функціонально застарілих об'єктів складає на дату дослідження лише 35% (Дніпро) чи 27% (Харків) вартості будівництва нових сучасних житлових будинків. Для оптимізації ефекту від інвестицій у реконструкцію житлових будинків, розташованих у Львові чи Одесі, варто обирати ті з них, які експлуатуються, починаючи з кінця 60-х років минулого сторіччя (відповідно з 1966 чи 1968 рр.) і вже досягли ветхого стану. Такий же стан будинків, проте із більшим наближенням до сьогодення початку експлуатації – приблизно від 1974 – 1975 рр. заслуговує більш прискіпливої уваги інвесторів з Івано-Франківська, а також в цілому по вибірці, сформованої за даними звітів про оцінку житлової нерухомості економічно розвинених обласних центрів. Для столиці ж «ідеальний» об'єкт реконструкції має бути спорудженим більш, аніж 80 років тому (табл. 1). Однак, оптимальні розв'язки можуть залишитись лише аналітичним узагальненням, якщо взяти до уваги сутність симплекс-методу розв'язку оптимізаційної задачі – встановлення множини допустимих рішень із подальшою перевіркою на оптимальність тільки вершин багатогранника розв'язків. Насправді, для об'єктів, визначених у якості оптимальних (табл.1) за своїми характеристиками, рік введення в експлуатацію збігаються із нижньою межею надійних інтервалів середнього, використаних нами у якості обмежень мінімального допустимого значення змінної x_1 (3.1, – 3.7, перші нерівності). В дійсності ж фактичні дати початку експлуатації об'єктів не обов'язково збігатимуться із розрахунковими межами. Тому подальші дослідження даного напрямку передбачатимуть способи агрегування оптимізаційних розв'язків із прийомами та правилами теорії нечітких множин, оскільки, замість поняття «рівний», для значень змінної «дата вводу в експлуатацію» коректним було б вживати термін «близький». При цьому міру прийняття відповідності фактичного об'єкту умовам оптимізації слід було б визначати за допомогою нечітких чисел 1-го та 2-го типів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Для обґрунтування доцільності інвестування у реконструкцію об'єкта нерухомості доцільно порівняти очікувані вигоди від продажу оновленої нерухомості із понесеними витратами. Для функціонуючих житлових будівель подібний висновок можна зробити шляхом порівняння середньої ринкової вартості подібних аналогів на вторинному ринку із усередненою кошторисною вартістю будівництва нового житла. Чим більшими будуть розбіжності між зазначеними вартісними показниками на користь усередненої вартості нового будівництва, тим більша імовірність відшкодування капіталовкладень у реконструкцію та отримання прибутку. Співвідношення поточної ринкової вартості об'єктів та кошторисної вартості зведення нового житла у регіоні, яке варто назвати як індекс

співвідношення вартості житла, статистично значимо детермінується тільки двома ціноутворюючими характеристиками вторинного ринку нерухомості. Цими пояснюючими змінними виявились рік вводу об'єкта в експлуатацію і оцінка технічного стану житлового будинку, ідентифікована за допомогою умовних балів. Статистичне моделювання виявило, що двофакторна лінійна регресійна залежність індексу співвідношення вартості житла має приблизно однакові апроксимаційні властивості, незалежно від місця розташування об'єктів. При цьому чим пізніше об'єкт почав експлуатуватись і чим краще його технічна придатність, тим менш ефективними будуть капіталовкладення у його капітальний ремонт і реконструкцію. Для обґрунтування характеристик житлових будинків, інвестиції у реконструкцію яких даватимуть максимальний економічний ефект, побудовано і розв'язано моделі математичної оптимізації, у яких цільовою функцією визнано двофакторну регресію факторного впливу на індекс вартості житла. Обмеженнями моделі було визнано інтервальні оцінки середніх значень пояснюючих змінних, обчислені в розрізі конкретних населених пунктів – економічно розвинених обласних центрів. Особливості розрахункових процедур симплекс-методу дозволяють визначити оптимальне рішення у вигляді точкової оцінки. Натомість для формування портфелю замовлень на реконструкцію житлових об'єктів доводиться оперувати наближеними оцінками, що доводить необхідність подальшого оброблення результатів математичної оптимізації засобами теорії нечітких множин. Обґрунтування алгоритмів нечіткого логічного висновку, пошук інтервальних оцінок складових економічно вигідної стратегії девелопменту житлового фонду на основі нечіткої арифметики визначає перспективу подальших досліджень в обраному напрямку.

Список літератури:

1. Васильців Т.Г., Рудковський О.В. Проблемні аспекти та механізми державного управління розвитком житлового фонду в Україні. *Innovation and Sustainability*. 2023. № 1. С. 127-132. DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2023.1.127.132>.
2. Горін Н.О. Міжнародний досвід повоєнної відбудови житлового фонду та вирішення житлових проблем ВПО. *Український соціум*. 2023. № 1. С. 136-154. <https://doi.org/10.15407/socium2023.01.136>.
3. Гупал А.М., Пашко С.В. Оптимізація розподілу капітальних інвестицій на основі динамічної економіко-математичної моделі. *Кібернетика та системний аналіз*. 2024. Т. 60, № 3. С. 45–53. DOI 10.34229/KCA2522-9664.24.3.4.
4. Дзюба П.В. Оптимізація міжнародних інвестиційних портфелів за середньою геометричною дохідністю: еволюційний погляд на позапарадигмальну концепцію. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки*. 2017. Вип. 26(1). С. 38-44. URL: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_26/economic_26_1.pdf.
5. Дубина М.В., Забаштанський М.М. Актуальні тенденції розвитку житлового фонду в Україні. *Innovation and Sustainability*. 2023. № 1. С. 188-196. DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2023.1.188.196>.
6. Маляр С. Модель інтелектуальної підтримки прийняття рішень з пошуку оптимальних напрямів модернізації та відновлення житлового фонду. *Innovation and Sustainability*. 2022. № 2. С. 177–183. <https://doi.org/10.31649/ins.2022.2.177.183>.

7. Попенко О.І. Публічно-приватне партнерство співфінансування термомодернізації житлового фонду на регіональному рівні. *Право та державне управління*. 2020. № 1(2). С. 166-169. DOI <https://doi.org/10.32840/pdu.2020.1-2.24>.
8. Забаштанський М., Євтушенко Ю. Концептуальні засади функціонування організаційно-економічного механізму розвитку житлового фонду України. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2022. № 4(32). С. 97-108. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-4\(32\)-97-108](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-4(32)-97-108).
9. Сердюк В.Р., Франишина С.Ю., Сердюк Т.В., Христич О.В. Організаційно-технологічні заходи термомодернізації застарілого житлового фонду. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2022. Вип. 2. С. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-161-2-6-17>.
10. Сердюк Т.В., Франишина С.Ю. Актуальність реновації застарілого житлового фонду в контексті забезпечення його енергоефективності. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2021. № 1. С. 140-147. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-140-147>.
11. Інформація з Єдиної бази звітів про оцінку. Фонд державного майна України. URL: <https://www.spfu.gov.ua/ua/content/spf-estimate-basereport-dani-z-edinoi-bazi.html>

References:

1. Vasylytsiv, T., Rudkovsky, O. (2023). Problem aspects and mechanisms of state management the development of the housing fund in Ukraine. *Innovation and Sustainability*, 1, 127-132. DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2023.1.127.132>.
2. Gorin, N.O. (2023). International experience of post-war reconstruction of the housing fund and solving the housing problems of IDPs. *Ukr. socium*, 1 (84), 136–154. <https://doi.org/10.15407/socium2023.01.136>.
3. Gupal, A.M., Pashko, S.V. (2024). Optimization of capital investment distribution based on a dynamic mathematical model. *Kibernetika ta systemnyi analiz*. Vol. 60, № 3. Pp. 45–53. DOI 10.34229/KCA2522-9664.24.3.4.
4. Dziuba, P.V. (2017). Optimization of international investment portfolios using the mean geometric return: evolutionary view on non-paradigm concept. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series «Economic Sciences»*, 26(1), 38-44. - URL: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_26/economic_26_1.pdf.
5. Dubyna, M., & Zabashtanskyi, M. (2022). Current trends in the development of the housing fund in ukraine. *Innovation and Sustainability*, (1), 188–196. <https://doi.org/10.31649/ins.2023.1.188.196>.
6. Maliar, C. (2022). Model of intellectual decision support for assessment of the housing fund. *Innovation and Sustainability*, (2), 177–183. <https://doi.org/10.31649/ins.2022.2.177.183>.
7. Popenko, O. (2020). Public-private partnership of co-financing of the housing fund thermomodernization at the regional level. *Law and Public Administration*, 1(2), 166-169. DOI <https://doi.org/10.32840/pdu.2020.1-2.24>.
8. Zabashtanskyi, M., & Євтушенко, Ю. (2023). Conceptual principles of the functioning of the organizational and economic mechanism of the development of the housing fund of Ukraine. *Problems and Prospects of Economics and Management*, 4 (32), 97–108. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-4\(32\)-97-108](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-4(32)-97-108).
9. Serdiuk, V.R., Franyshyna, S.Y., Serdiuk, T.V., & Chrystych, O.V. (2022). Organizational and Technological Measures of Thermomodernization of Obsolete

Housing Fund. *Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute*, 2, 6–17. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-161-2-6-17>

10. Serdyuk, T., & Franishina, S. (2021). Relevance of the renovation solutions residential housing in the energy efficiency context Modern technologies, materials and designs in construction, 30(1), 140–147. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-140-147>.

11. Information from the Unified Database of Valuation Reports. State Property Fund of Ukraine. URL: <https://www.spfu.gov.ua/ua/content/spf-estimate-basereport-dani-z-edinoi-bazi.html>

Anatoliy GOYKO, Lesya SOROKINA

Optimization of the investment portfolio during the reconstruction of housing facilities

The article substantiates the criteria for the expediency of investing in the reconstruction of housing facilities. The analysis of the market value of residential buildings for a number of regional centers of Ukraine is carried out, the priority pricing characteristics that determine the stochastic relationship with changes in the housing cost index are determined. A methodological approach to assessing the possibility of obtaining an economic effect from the implementation of housing reconstruction projects has been proposed.

A special indicator for justifying investment decisions for the restoration of obsolete housing stock has been substantiated, It is an index of the ratio of housing costs in the secondary and primary markets, and should be lower than one for objects, the reconstruction of which will provide a certain positive economic effect. An analysis of the market value of residential buildings for a number of regional centers of Ukraine was performed, priority pricing characteristics were identified, which determine the stochastic relationship with changes in the housing cost index. The practical significance of the obtained linear regression dependence and the possibility of its use without territorial localization were proven. A methodology for optimizing the investment portfolio in the reconstruction of the housing stock has been developed, the essence of which is to construct and solve an optimization problem. Its constraints are based on the results of a statistical analysis of local secondary real estate markets. The primary indicators of the risks of not achieving the planned economic effect from the implementation of capital investment projects in the reconstruction of the housing stock of economically developed regional centers have been clarified. Promising directions for using optimization solutions for designing artificial intelligence systems aimed at ensuring the maximum social and economic effect of housing reconstruction have been identified. It has been proved that neglect of the proposed optimization solutions will lead to waste, depreciation of investments due to the lagging behind the increase in the market value of the renovated housing stock from the amount of additional costs for major repairs and reconstruction. The prospects for further research of the problem of optimizing the portfolio of investments in the reconstruction of the housing stock in the form of interval assessments of price-forming characteristics of land improvements and the methodological tools necessary for this are outlined – the theory of fuzzy sets, fuzzy logic, algorithms of fuzzy logical conclusion.

Keywords: *investment portfolio, housing stock, secondary housing market, market value, estimated construction cost, objective function, constraints, interval estimation.*