

**СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ТРИВАЛІСТЬ ТА ВАРТІСТЬ
РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЄКТІВ КОМПЛЕКСНОЇ
РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ**

Д.С. Нечепуренко

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Формулювання проблеми. На сьогодні надзвичайно важливим питанням в Україні є ресурсозбереження, зокрема великий невикористаний потенціал енергозбереження припадає на будівництво та житловий сектор. Близько 40% резерву енергозбереження знаходиться саме у існуючому житловому фонді. А отже дослідження шляхів підвищення енергоефективності будівель та інженерних мереж і реалізація енергозберігаючих проєктів комплексної реконструкції житлової забудови є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні десятиліття активний розвиток отримали роботи, що мають на меті пошук ефективних організаційно-технологічних рішень з модернізації спочатку промислових, а потім і цивільних будівель. До таких віднесемо роботи В.І. Большакова., Б.С. Дамаскіна, В.М. Пилипенка, В.М. Кірнос, Р.Б. Тяна, С.А. Ушацького, В.В. Савйовського, Є.П. Уварова та інших [5, 9]. Дані дослідження стосуються оцінки впливу різних організаційно-технологічних факторів на тривалість, вартість та трудомісткість будівництва та реконструкції об'єктів промислового та житлово-цивільного призначення.

Разом з тим багато робіт цього часу А.І. Білоконя, М.В. Савицького, Є.Л. Юрченка, Т.С. Кравчуновської, К.А. Шрейбера, Л.М. Шутенка, В.Т. Шаленного, В.М. Пилипенка та інших [6, 8, 10, 11] присвячено проблемі визначення енергоефективності як для окремих етапів реалізації інвестиційно-будівельних проєктів, так і для всього життєвого циклу житлових будівель.

Видається можливими поширення запропонованих в наукових працях концепцій і на дослідження часових та вартісних показників складної керованої організаційно-технологічної системи формування енергозбереження при комплексній реконструкції житлової забудови.

Метою даної статті є систематизувати організаційно-технологічні фактори, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проєктів комплексної реконструкції житлової забудови, та визначити, як розрахувати їх чисельні значення.

Основний матеріал. Система енергозбереження при комплексній реконструкції житлової забудови формується за рахунок енергозбереження будівель та енергозбереження інженерних систем мікрорайону (кварталу), що підлягає комплексній реконструкції. Тому логічним є розділити організаційно-технологічні фактори, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проєктів комплексної реконструкції житлової забудови, на дві відповідні групи. До першої групи відносяться організаційно-технологічні фактори, які впливають на показники енергоефективності будівель; а до другої

– організаційно-технологічні фактори, які впливають на показники енергоефективності інженерних систем мікрорайону (кварталу). Однак, слід також відмітити, що серед усієї множини факторів можна виокремити і ті, що характеризують ефективність енергозберігаючих заходів в цілому для мікрорайону, тобто комплексні фактори.

Для узагальненої оцінки впливу факторів на техніко-економічні показники енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови доцільно скористатися безрозмірними факторами, значення яких змінюються в межах від 0 до 1 в залежності від їх впливу на результативний показник, при цьому найкращою оцінкою прийнято 1, найгіршою – 0.

Розглянемо більш детально основні, на нашу думку, фактори.

Основним показником енергетичної ефективності будинку, що визначає витрати теплової енергії на забезпечення оптимальних теплових умов мікроклімату в приміщенні і відноситься до одиниці опалованої площі або об'єму будинку, є питомі витрати теплової енергії [1].

Існує два шляхи зниження питомих тепловтрат через оболонку будівлі: спрощення форми будівлі та зниження коефіцієнту компактності; збільшення опору теплопередачі, тобто товщини утеплювача та збільшення теплотехнічної однорідності коефіцієнту теплопередачі будівлі [3].

Показник компактності будинку розраховується як відношення загальної площі внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожуючих конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалованого приміщення, до опалованого об'єму будівлі, що дорівнює об'єму, обмеженому внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків (1) [1]:

$$\Lambda_K \delta_{уд} = \frac{F_{\Sigma}}{V_h}, \quad (1)$$

де F_{Σ} - загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опаловального приміщення, m^2 ,

V_h - опаловальний об'єм будівлі, що дорівнює об'єму, обмеженому внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків, m^3 .

Поліпшення «компактності» будівлі призводить до зменшення питомої тепловіддаючої поверхні огорожень, тобто зменшення модулю F/V , пропорційного питомим тепловтратам Q/V будівлі (де F та V – зовнішня тепловіддаюча поверхня та об'єм будівлі по зовнішньому контуру відповідно, m^2 і m^3 ; Q – розрахункові теплові втрати будівлі, (Вт) [8].

Фактор компактності будинку F_K відображує зміну показника компактності у результаті реконструкції даної будівлі і визначається за формулою (2):

$$F_K = 1 - \frac{\Lambda_K \delta_{уд}^{після}}{\Lambda_K \delta_{уд}^{до}}, \quad (2)$$

де $\Lambda_K \delta_{уд}^{до}$, $\Lambda_K \delta_{уд}^{після}$ - показник компактності будинку відповідно до та після реконструкції.

При цьому слід враховувати також вплив форми будівлі, тому що при однакових об'ємах будівлі та показниках компактності питомі коефіцієнти теплопередачі оболонки будівлі можуть розрізнятися.

При виборі форм будівлі важливою задачею архітектора є мінімізація площі поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій з метою мінімізації тепловтрат у холодний час та теплонадходження у теплий час року. Таким чином найбільш ефективною є кругла форма. Вона має найменший периметр і відповідно буде мати найменшу площу огорожувальних конструкцій. Також дана форма є сприятливою з точки зору впливу вітрових потоків.

При реконструкції житлових будівель використовуються такі методи, як прибудова, надбудова з мансардою, надбудова декількох поверхів тощо. А отже також може змінюватися форма будівлі. При цьому слід враховувати, що чим більш складною є геометрія фасадів будівлі, тим більші питомі тепловтрати. Складність геометрії фасадів дорівнює кількості сторін (m) багатокутника, який являє собою план типового поверху будинку. Фактор зміни форми будівлі у результаті реконструкції (F_{Φ}) розраховується за формулою (3):

$$F_{\Phi} = 1 - \frac{m^{\text{після}}}{m^{\text{до}}}, \quad (3)$$

де $m^{\text{до}}$, $m^{\text{після}}$ - кількості сторін багатокутника, який являє собою план типового поверху будинку, відповідно до та після реконструкції.

Спосіб реконструкції будівлі і відповідно можливі варіанти енергозберігаючих рішень залежать, перш за все, від оцінки технічного стану об'єкту. А отже достатньо впливовим має бути фактор, який характеризується рівнем фізичного зносу будівлі ($F_{\Phi 3}$) і розраховується за формулою (4):

$$F_{\Phi 3} = 1 - \frac{\Phi 3}{100}, \quad (4)$$

де $\Phi 3$ – величина фізичного зносу будинку, %.

Під фізичним зносом конструкцій, технічних пристроїв і будинків у цілому мають на увазі втрату ними первісних техніко-експлуатаційних показників (міцності, стійкості, надійності і т. ін.) внаслідок дії природно-кліматичних, технічних факторів та життєдіяльності людини. Величина фізичного зносу будівлі характеризує ступінь погіршення технічних і пов'язаних з ними експлуатаційних показників будинків порівняно з первісними і виражається співвідношенням вартості об'єктивно необхідних робіт для усунення ознак фізичного зносу до їх вартості відтворення [2].

Також істотний вплив має фактор поверховості. Будівлі з різною поверховістю будуть досягати однакових питомих тепловтрат за рахунок різних значень опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. Крім того при реконструкції будівель в умовах міської забудови не завжди є можливість використовувати виробничі та мобільні підйомно-транспортні механізми, що ускладнює виробництво реконструктивних робіт. Тому реконструкція будівель більш ніж три поверхи потребує додаткових матеріальних і трудових витрат.

Фактор поверховості $F_{\text{ПОВ}}$ розраховується за формулою (5):

$$F_{ПОВ} = 1 - \frac{n^{до}}{n^{після}}, \quad (5)$$

де $n^{до}$, $n^{після}$ - кількість поверхів будинку відповідно до та після реконструкції.

Серед геометричних показників будинку при складанні його енергетичного паспорту важливим є також показник скління $m_{скл}$, який розраховується як відношення площі світлопрозорих конструкцій (віконних та дверних прорізів у зовнішніх стінах) до загальної площі фасадної частини будинку.

У результаті проведення заходів з реконструкції даний показник змінюється, що відображає фактор скління $F_{СКЛ}$ (6):

$$F_{СКЛ} = 1 - \frac{m_{скл}^{після}}{m_{скл}^{до}}, \quad (6)$$

де $m_{скл}^{до}$, $m_{скл}^{після}$ - показник скління будинку відповідно до та після його реконструкції.

Невід'ємною частиною сучасного енергоефективного будівництва є застосування обладнання, яке використовує та перетворює енергію відновлювальних джерел енергії для потреб опалення, вентиляції та водопостачання. До такого обладнання відносяться сонячні колектори, вітрові генератори; теплові насоси для рекуперації тепла з повітря, що викидає вентиляційні системи; використання тепла ґрунту або підземних вод. Енергія вітру і сонця при цьому способі завжди органічно доповнює основне джерело теплової енергії.

Фактор використання відновлювальних джерел енергії $F_{ВЕД}$ при реконструкції визначається часткою енергії від відновлювальних джерел у загальних потребах енергії (7):

$$F_{ВЕД} = \frac{Q_{ВЕД}}{Q_{заг}}, \quad (7)$$

де $Q_{ВЕД}$ - кількість енергії, отриманої будівлею за рахунок відновлювальних джерел енергії;

$Q_{заг}$ - загальні потреби в енергії.

На вибір стратегії комплексної реконструкції житлової забудови суттєвий вплив здійснюють інженерні системи. Їх технічні параметри, зокрема фізичний знос, потужність і пропускна спроможність, зумовлюють допустимий ступінь трансформації і модернізації об'єктів без кардинального перекладання цих мереж. Значні зміни функціональних характеристик територій, які реконструюються, вимагають адекватної зміни кількісних і якісних параметрів системи інженерного забезпечення забудови, що реконструюється. Виникає проблема оптимізації містобудівного перетворення території у взаємозв'язку з розвитком інженерних систем життєзабезпечення. Інженерна інфраструктура повинна бути реконструйована з урахуванням раніше створеного потенціалу. Розподільчу квартальну мережу з відповідними спорудами, магістральні мережі і головні споруди потрібно зберігати, а при необхідності й розвивати.

Важливою характеристикою інженерної інфраструктури мікрорайону (кварталу) є питома протяжність теплових мереж ($l_{пт}$), тобто відношення їх протяжності (у двотрубному обчисленні) до приєднаного теплового навантаження [7]. Даний фактор істотним чином впливає на рівень питомих теплових втрат у трубопроводах, витрат електроенергії на транспортування теплоносія і, як наслідок, рентабельність роботи теплопостачальних організацій. Чим нижче цей показник, тим вище рентабельність.

Велике значення питомої протяжності теплових мереж є основою для розглядання заходів з оптимізації конфігурації теплових мереж, зокрема, відключення від централізованого теплового джерела протяжних мало навантажених ділянок теплової мережі та перепідключення відповідних теплових споживачів до локальних теплових джерел.

Фактор протяжності теплових мереж $F_{ТМ}$ визначається відношенням питомої протяжності теплових мереж до та після реконструкції (8):

$$F_{ТМ} = 1 - \frac{l_{пт}^{після}}{l_{пт}^{до}}, \quad (8)$$

де $l_{пт}^{до}$, $l_{пт}^{після}$ - питома протяжність теплових мереж відповідно до та після реконструкції мікрорайону (кварталу).

Одним з узагальнюючих факторів, який визначає вибір методів і способів виробництва будівельно-монтажних робіт і засобів механізації при реконструкції житлової забудови, є стисненість будівельного майданчика. Під стисненістю розуміють обмеження можливості ефективного використання засобів механізації, матеріалів, виробів, конструкцій, а також раціональної організації будівельного майданчика. При реалізації проектів комплексної реконструкції житлової забудови об'єктом є не окрема будівля чи споруда, а мікрорайон в цілому, тому фактор стисненості F_c розраховується як відношення вільної площі мікрорайону ($F_{вільна}$) до його загальної площі ($F_{об}$) (9):

$$F_c = \frac{F_{вільна}}{F_{об}} \quad (9)$$

Важливим фактором, який характеризує підвищення комфортності проживання людей та ефективність енергозберігаючих заходів у комплексі для всього мікрорайону, є фактор поліпшення теплового балансу житлового мікрорайону (кварталу). Тепловий баланс житлового масиву $Q_{ж.м.}$ можна визначити за формулою (10) [9]:

$$Q_{ж.м.} = k_{мер} \cdot \sum_{i=1}^N (Q_i^o + Q_i^c), \quad (10)$$

де Q_i^o - витрата тепла на опалення та вентиляцію i -ої будівлі, МДж;

Q_i^c - витрата тепла на гаряче водопостачання i -ої будівлі, МДж;

$k_{мер}$ - коефіцієнт, який враховує втрати тепла в теплових мережах;

N - кількість будівель, які складають житловий квартал.

Фактор поліпшення теплового балансу мікрорайону (кварталу) $F_{ТБ}$ розраховується за формулою (11):

$$F_{ТБ} = 1 - \frac{Q_{ж.м.}^{після}}{Q_{ж.м.}^{до}}, \quad (11)$$

де $Q_{ж.м.}^{до}$, $Q_{ж.м.}^{після}$ - величина теплового балансу мікрорайону (кварталу) відповідно до та після його комплексної реконструкції.

Ще одним важливим фактором, який характеризує ефективність енергозберігаючих рішень в цілому для мікрорайону (кварталу) є фактор комплексної технологічності. Згідно з [4] комплексна технологічність – це сукупність технічних властивостей об'ємно-конструктивних рішень будівельних об'єктів, які характеризують їх відповідність вимогам будівельного виробництва та експлуатації та визначають величину знов створених вартостей у процесі виготовлення конструкцій, їх транспортування та зведення будівель. Для оцінки фактору комплексної технологічності проектних рішень з підвищення енергоефективності мікрорайону (кварталу), що підлягає реконструкції, нами використано метод експертних оцінок – заочне анкетування.

В анкетах досліджувалися дві групи проектних рішень (щодо підвищення енергоефективності житлових будівель та щодо підвищення енергоефективності інженерних мереж мікрорайону), а також їх вплив на комплексний фактор. Респонденти проставляли відповідні бали (від 0 до 1), оцінюючи ефективність та раціональність кожного енергозберігаючого рішення. На основі результатів опитування обчислювалися узагальнюючі фактори. Таким чином фактор комплексної технологічності проектних рішень з підвищення енергозбереження мікрорайону (кварталу) визначається наступним чином (12):

$$F_{тех}^{компл} = F_{тех}^{б\ddot{y}д} \cdot k_1 + F_{тех}^{інж} \cdot k_2, \quad (12)$$

де: $F_{тех}^{б\ddot{y}д}$ – узагальнюючий фактор технологічності проектних рішень з реконструкції житлових будівель мікрорайону (кварталу);

$F_{тех}^{інж}$ – узагальнюючий фактор технологічності проектних рішень з реконструкції інженерних мереж мікрорайону (кварталу);

k_1 – вагомість впливу $F_{тех}^{б\ddot{y}д}$ на фактор комплексної технологічності;

k_2 – вагомість впливу $F_{тех}^{інж}$ на фактор комплексної технологічності.

Очевидно, що чим вище буде технологічність окремих рішень, тим вище буде технологічність комплексного проектного рішення з реконструкції житлової забудови.

Висновки. В результаті даного дослідження визначені основні, на нашу думку, організаційно-технологічні фактори, які суттєво можуть впливати на техніко-економічні показники енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови. Фактори систематизовані за трьома основними групами: 1) ті, які характеризують підвищення енергоефективності окремих житлових будівель; 2) ті, які характеризують підвищення енергоефективності інженерних мереж мікрорайону (кварталу); 3) комплексні фактори, які харак-

теризують вплив проектних рішень на підвищення енергоефективності мікрорайону (кварталу), що підлягає реконструкції, в цілому.

В подальшому дослідженні планується визначити вплив перелічених факторів на вартість та тривалість реалізації проектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний з 01.04.2007]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 64 с.
- 2 Житлові будинки. Правила визначення фізичного зносу житлових будинків: СОУ ЖКГ 75.11–35077234.0015:2009.– К.: ЖКГ України, 2009. – 46 с.
- 3 Гагарин В.Г. Требования к теплозащите и потреблению энергии на отопление и вентиляцию в российской актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» / В.Г. Гагарин // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – 2013. – Вип. 77. – С. 15-21.
- 4 Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования). М., Стройиздат, 1974. 252 с.
- 5 Концептуальные основы региональной политики развития комплексной реконструкции объектов жилой недвижимости с максимальным использованием существующих зданий и инфраструктуры городских территорий: Монография / [В.М. Кирнос, В.Г. Андреев, Е.П. Уваров и др.]; под ред. В.М. Кирноса. – Днепропетровск: Наука и образование, 2010. – 121 с.
- 6 Кравчуновська Т.С. Комплексна реконструкція житлової забудови: організаційно-технологічні аспекти. Дніпропетровськ: «Наука і освіта», 2010. – 230 с.
- 7 Никитин Е.Е. Анализ структуры и эффективности функционирования централизованных систем теплоснабжения населенных пунктов / Е.Е. Никитин, А.В. Дутка, М.В. Тарновский // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – №2. – С.16-26.
- 8 Октябрьский Р.Д., Старжинский Е.А., Ильинец В.Н. Энергоэффективность проектируемых зданий. Учебное пособие.– М. ГАСИС, 2008.– 107 с.
- 9 Пилипенко В.М. Комплексная реконструкция индустриальной жилой застройки: организационно-технологические основы / В.М. Пилипенко. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2007. – 280 с.
- 10 Савицький М.В., Шевченко Т.Ю., Юрченко Є.Л., Коваль О.О. Підвищення енергоефективності житлових будівель старої забудови / М.В. Савицький, Т.Ю. Шевченко, Є.Л. Юрченко, О.О. Коваль, О.І. Бондаренко, А.М. Зінкевич, О.А. Несін, М.М. Бабенко, В.Т. Шаленний, І.І. Перегинець // Строительство, материаловедение, машиностроение. Дн-вск: ПГАСА, 2009. – Вип. №50. – С. 489-495.
- 11 Шаленный В.Т. Организационно-технологические аспекты энергосбережения при модернизации производства конструкций и зданий из бетона: Монография. – Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 200 с.