

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТІВ НАДБУДОВИ БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СПЕЦІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ «ВИБІР-РЕКОНСТРУКЦІЯ»

АНОТАЦІЯ

Статтю присвячено обґрунтуванню вибору варіантів надбудови дев'ятиповерхових збірних залізобетонних будинків 1970-80 років забудови в процесі їхньої енергоефективної реконструкції з використанням спеціальної моделі «Вибір-реконструкція».

Ключові слова: дев'ятиповерховий збірний залізобетонний будинок, енергоефективна реконструкція, надбудова, підсилення фундаментів, діафрагми жорсткості будівель, метод скінченних елементів, чисельне моделювання

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена обоснованию выбора вариантов надстройки девятиэтажных сборных железобетонных домов 1970-80 годов застройки в процессе их энергоэффективной реконструкции с использованием специальной модели «Выбор-реконструкция».

Ключевые слова: девятиэтажный сборный железобетонный дом, энергоэффективная реконструкция, надстройка, усиление фундаментов, диафрагмы жесткости зданий, метод конечных элементов, численное моделирование

ANNOTATION

The article is dedicated to foundation of buildup nine-storied combined ferroconcrete building 1970-80 years choice variants in the process of its energy efficient reconstruction with using special model "Choice-reconstruction"

Keywords: nine-storied combined ferroconcrete building, energy efficient reconstruction, buildup, foundation strengthening, diaphragm of building inflexibility, finite element method, numeral design

Підвищення енергетичної ефективності житлового сектору є одним з найприоритетніших завдань на шляху забезпечення сталого

розвитку України. На жаль, в силу так званого *перехресного субсидіювання* - переміщення доходу (збитків) від реалізації природного газу, у т.ч. для виробництва теплової енергії, з метою перерозподілу цінового навантаження серед різних груп споживачів, привабливість впровадження інвестиційних енергоефективних проектів обмежується високими термінами окупності, що можуть сягати більше 20 років, через низькі тарифи на теплову енергію для населення

Саме тому дослідження, спрямовані на розробку механізмів прискорення окупності та підвищення рентабельності інвестиційних проектів з підвищення енергетичної ефективності житлових будівель за рахунок продажу надбудованих в результаті реконструкції будинку житлових приміщень, є актуальними.

У якості об'єкту дослідження обрано дев'ятиповерхові збірні залізобетонні будинки 1970...80 років забудови. Аналіз конструктивних рішень ряду серій забудови вище згаданого фонду дозволяє застосовувати технічні рішення, що забезпечують можливість надбудови 1, 2 або 3 поверхів, дають збільшити площі кухонних приміщень шляхом добудови малих об'ємів, та дозволяють перебудувати балкони з їх подальшим розширенням у закленні лоджії.

В загальному випадку, підвищення енергоефективності вище згаданих будівель вимагає утеплення зовнішніх стінових огорожень, підвальних та горищних перекриттів, зведення шлюзових тамбурів, які виключають тепловтрати за рахунок вентиляційного ефекту, заміни світлопрозорих конструкцій вікон і балконів, а також переходу на більш економічне тепло- та енергопостачання. Проведення комплексу всіх вище зазначених робіт дозволяє не лише підняти рівень енергоефективності споруд і частково виключити фактор морального зносу, але й поліпшити архітектурну виразність та різноманіття будинків, прибираючи монотонність забудови.

Слід зауважити, що затрати на реконструкцію можуть перевищувати затрати на безпосередню термомодернізацію будівлі. Відтак, незважаючи на різноманіття варіантів перепланувальних рішень реконструкції, в подальшому розглядатимемо найбільш економічні з них, що не передбачають зміну конструктивної схеми (робочої або розрахункової моделі) будівлі та не торкаються зміни планування внутрішнього простору уже існуючих житлових площ. Інакше кажучи, надалі ми розглядатимемо лише варіанти

стандартних надбудов загальним об'ємом до 3-х поверхів, площа кожного з яких не перевищуватиме площі існуючих.

Для прикладу наведемо декілька варіантів надбудови реконструйованої 9-поверхової збірної залізобетонної будівлі, що передуює її термомодернізації. Є доцільним розглядати такі варіанти:

- надбудова одного додаткового поверху будівлі з типовими планувальними рішеннями із попереднім проведенням комплексу заходів по підсиленню існуючих конструкцій;
- надбудова одного додаткового поверху будівлі із різним плануванням внутрішнього простору з попереднім проведенням комплексу заходів по підсиленню існуючих конструкцій;
- надбудова одного додаткового поверху будівлі за індивідуальним проектом планувальних рішень із попереднім проведенням комплексу заходів по підсиленню існуючих конструкцій.

Аналогічно можна розглядати варіанти надбудови 2-х та 3-х поверхів, у т.ч. змішані.

Виходячи із особливостей реконструкції будівлі у разі її надбудови зазначимо, що найбільш трудомісткими та дорогими роботами являються:

1. підсилення фундаментів;
2. підсилення несучих поздовжніх стін, що фактично утворюють діафрагми жорсткості будівель.

Виходячи із усього вище сказаного, надалі ми користуватимемося припущенням, що загальні витрати на реконструкцію будівлі обумовлюватимуться матеріалами, необхідними для підсилення несучих стінових конструкцій ($M_{н.к.}$) та матеріалів для підсилення фундаментів ($M_{ф.}$), а саме їх вартостями ($B_{н.к.}$ та $B_{ф.}$) із витратами на усі відповідні супутні роботи із влаштування зазначеного підсилення ($v_{н.к.}$ та $v_{ф.}$), тобто:

1. витратами на підсилення несучих конструкцій:

$$v_{н.к.} = f_1[M_{н.к.}] = c_1 \times M_{н.к.}, \quad (1)$$

$$B_{н.к.} = f_2[M_{н.к.}] = c_2 \times M_{н.к.}, \quad (2)$$

2. та витратами на підсилення фундаментів

$$v_{ф.} = f_3[M_{ф.}] = c_3 \times M_{ф.}, \quad (3)$$

$$B_{ф.} = f_4[M_{ф.}] = c_4 \times M_{ф.}, \quad (4)$$

причому кількість усіх матеріалів, необхідних для підсилення залежатиме від площі добудови S^+ :

$$M_{н.к.} = f_5[S^+], \quad (5)$$

$$M_{ф.} = f_6[S^+], \quad (6)$$

У залежностях (1) – (4) коефіцієнти c_1 – c_4 підкреслюють лінійну залежність між кількістю матеріалу та його вартістю (без урахування ринкових відносин між виконавцем робіт, замовником, і постачальником цього матеріалу та економічних аспектів), так як кількість матеріалу безпосередньо обумовлюється загальним об'ємом будівельних робіт.

Виходячи із загально-інженерної практики виконання робіт з реконструкції, вважатимемо, що вартість робіт та матеріалів для влаштування фундаментів знаходиться у певному сталому лінійному співвідношенні із вартістю підсилення несучих стінових конструкцій:

$$v_{\Phi} = k \times v_{\text{н.к.}}, \quad (7)$$

$$V_{\Phi} = k \times V_{\text{н.к.}}, \quad (8)$$

де k – стала величина.

Тут ми не розглядатимемо варіанти підсилення плит перекриття та ригельних конструкцій, оскільки останні майже не змінюють характеру роботи в результаті виконання добудови незначної кількості поверхів. Це твердження легко перевірити шляхом виконання операції чисельного моделювання довантаження досліджуваної будівлі, як це буде показано у подальших розрахунках.

Відтак, аналізуючи вирази (1) – (8), приходимо до того, що шукана функціональна залежність має фактично відображати взаємозв'язок між кількістю матеріалів, затрачених на підсилення несучих конструкцій (ΣM), та площею добудови $S+$. Маємо наступні кроки:

1. загальна вартість робіт з реконструкції становитиме:

$$\Sigma B = v_{\Phi} + v_{\text{н.к.}} + V_{\Phi} + V_{\text{н.к.}}; \quad (9)$$

2. враховуючи зв'язок, що виражається формулами (7) та (8), одержимо:

$$\Sigma B = (1+k) \times (v_{\text{н.к.}} + V_{\text{н.к.}}); \quad (10)$$

3. у зв'язку з тим, що усі витрати є функціями від кількості затрачених матеріалів, або з урахуванням виразів (1) та (2) матимемо:

$$\Sigma B = f_7[\Sigma M] = (1+k) \times (c_1 + c_2) \times M_{\text{н.к.}}; \quad (11)$$

останній вираз представляє собою найелементарнішу функціональну залежність між загальними витратами на реконструкцію та необхідними для цього матеріалами;

4. а враховуючи залежність між кількістю матеріалів підсилення та площею виконання відповідних робіт (5), можемо записати наступний вираз:

$$f_7[\Sigma M] = (1+k) \times (c_1+c_2) \times f_5[S^+]; \quad (12)$$

5. формула (12) вказує на існування прямої залежності між затracеними матеріалами і площею додаткової надбудови і може бути записана у явній формі із застосуванням деякого функціоналу **F**:

$$\Sigma M = F[S^+]. \quad (13)$$

Відтворення цієї залежності представляє великий інтерес, оскільки вона фактично еквівалентна виразу (11) і може дати можливість прогнозування витрат матеріалів реконструкції, а аналіз її характеру дасть змогу оптимізувати ці витрати шляхом досягнення максимально можливої площі надбудови при мінімальних затратах на її зведення.

Очевидно, що встановлення залежності (13) на основі введення функціоналу **F** практично нездійсненна задача, у зв'язку із неможливістю точного визначення коефіцієнтів, що входять до виразу (12).

Тому для досягнення поставленої мети підемо іншим шляхом, скориставшись можливостями чисельного моделювання з метою виявлення емпіричної залежності між приростом внутрішніх зусиль у реконструйованій будівлі та збільшенням площі її надбудови.

Розрахунок площі матеріалу підсилення виконується на кожному поверсі у випадку перевантаження несучих конструкцій цього поверху.

Фрагмент розрахункової моделі наведений у таблиці 1.

На основі одержаних вище табличних даних, визначимо залежність між кількістю затracеного матеріалу **A_{s,ad}** та площею надбудованих поверхів реконструйованої будівлі **S⁺**. Для цього скористаємось одним із відомих інтерполяційних поліномів, що дозволяють одержати функціональні залежності між досліджуваними величинами на основі емпіричних експериментальних даних. Найбільш гнучким та простим з точки зору реалізаційних алгоритмів є поліном Лагранжа. Він дозволяє складати шукані функціональні залежності без розв'язання громіздких систем рівнянь (як це, наприклад, могло б бути при застосуванні канонічного поліному) за базовими точками.

Інтерполяційний поліном Лагранжа для опису залежності двох параметрів представляє собою функцію ступеню **n-1**, графік якої на площині представляє собою деяку криву що проходить через **n** відповідні точки з двома координатами кожна. Він має вигляд:

$$\sum A_{s.ad}(S^+) = \sum_{p=0}^n D_p(S^+) \cdot \sum A_{s.ad p}, \quad (14)$$

де $D_p(S^+)$ – багаточлени ступеню $n-1$, що мають наступну форму:

$$D_p(S^+) = \frac{(S^+ - S_1^+)(S^+ - S_2^+) \dots (S^+ - S_{p-1}^+)(S^+ - S_{p+1}^+) \dots (S^+ - S_{n-1}^+)(S^+ - S_n^+)}{(S_p^+ - S_1^+)(S_p^+ - S_2^+) \dots (S_p^+ - S_{p-1}^+)(S_p^+ - S_{p+1}^+) \dots (S_p^+ - S_{n-1}^+)(S_p^+ - S_n^+)}. \quad (15)$$

Таблиця 1

Фрагмент розрахункової моделі виявлення емпіричної залежності між приростом внутрішніх зусиль у реконструйованій будівлі та збільшенням площі її надбудови.

| Ширина будівлі, В (м) | Номер поверху у підсилення, № | Приріст площі (в поверхах), S ⁺ (пов.) | Максимальні зусилля у несучих елементах до реконструкції, N _{max} (Н) | Максимальні зусилля у несучих елементах після реконструкції, N _{new} (Н) | Відсоток приросту зусиль в несучих конструкціях, n (%) | Загальна площа металевих конструкцій підсилення на 1 м ширини будівлі, As _{ad} (см ²) | Загальна площа металевих конструкцій підсилення на 1 м ширини будівлі, ΣAs _{ad} (см ²) |
|-----------------------|-------------------------------|---|--|---|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 12 | 0 | 0.5 | 6.48416*10 ⁵ | 6.51532*10 ⁵ | 0.48056 | 0.23163 | 0.23163 |
| | 0 | 1 | 6.48416*10 ⁵ | 7.23597*10 ⁵ | 11.59456 | 5.58865 | 6.98542 |
| | 1 | | 6.48416*10 ⁵ | 6.67206*10 ⁵ | 2.89783 | 1.39677 | |
| | 0 | 1.5 | 6.48416*10 ⁵ | 7.15006*10 ⁵ | 10.26964 | 4.95003 | 5.70818 |
| | 1 | | 6.48416*10 ⁵ | 6.58615*10 ⁵ | 1.57291 | 0.75815 | |
| | 0 | 2 | 6.48416*10 ⁵ | 7.85848*10 ⁵ | 21.19504 | 10.21615 | 17.63718 |
| | 1 | | 6.48416*10 ⁵ | 7.29457*10 ⁵ | 12.4983 | 6.02426 | |
| | 2 | | 6.48416*10 ⁵ | 6.67206*10 ⁵ | 2.89783 | 1.39677 | |
| | 0 | 2.5 | 6.48416*10 ⁵ | 7.91543*10 ⁵ | 22.07333 | 10.63949 | 18.90722 |
| | 1 | | 6.48416*10 ⁵ | 7.35152*10 ⁵ | 13.3766 | 6.44761 | |
| | 2 | | 6.48416*10 ⁵ | 6.72901*10 ⁵ | 3.77613 | 1.82012 | |
| | 0 | 3 | 6.48416*10 ⁵ | 8.86558*10 ⁵ | 36.72673 | 17.70252 | 44.35197 |
| | 1 | | 6.48416*10 ⁵ | 8.30167*10 ⁵ | 28.03 | 13.51064 | |
| | 2 | | 6.48416*10 ⁵ | 7.67916*10 ⁵ | 18.42953 | 8.88315 | |
| | 3 | | 6.48416*10 ⁵ | 7.05665*10 ⁵ | 8.82905 | 4.25566 | |

Розрахунок виконувався для будівель шириною 12...20 м.

Поетапність зведення додаткових поверхів ілюструється рис 1.

Побудовані відповідно до записаних поліномів графіки неперервних залежностей $\sum As_{ad} = F[S^+]$ та $n = F[S^+]$ зображені на рисунках 2 3 відповідно.

На основі одержаних закономірностей розкриємо логіку обґрунтування економічної доцільності або недоцільності виконання

робіт із реконструкції з подальшою надбудовою додаткових житлових приміщень.

Для цього виконаємо порівняння фактичних затрат на зведення надбудови ($V_{\text{надб.}}$), на власне термомодернізацію існуючої будівлі ($V_{\text{терм.}}$), на реконструкцію останньої (ΣB) (див. рівність (11)), а також рівень сумарного доходу ΣD , що може бути одержаний за рахунок продажу нових житлових площ (квартирних приміщень).

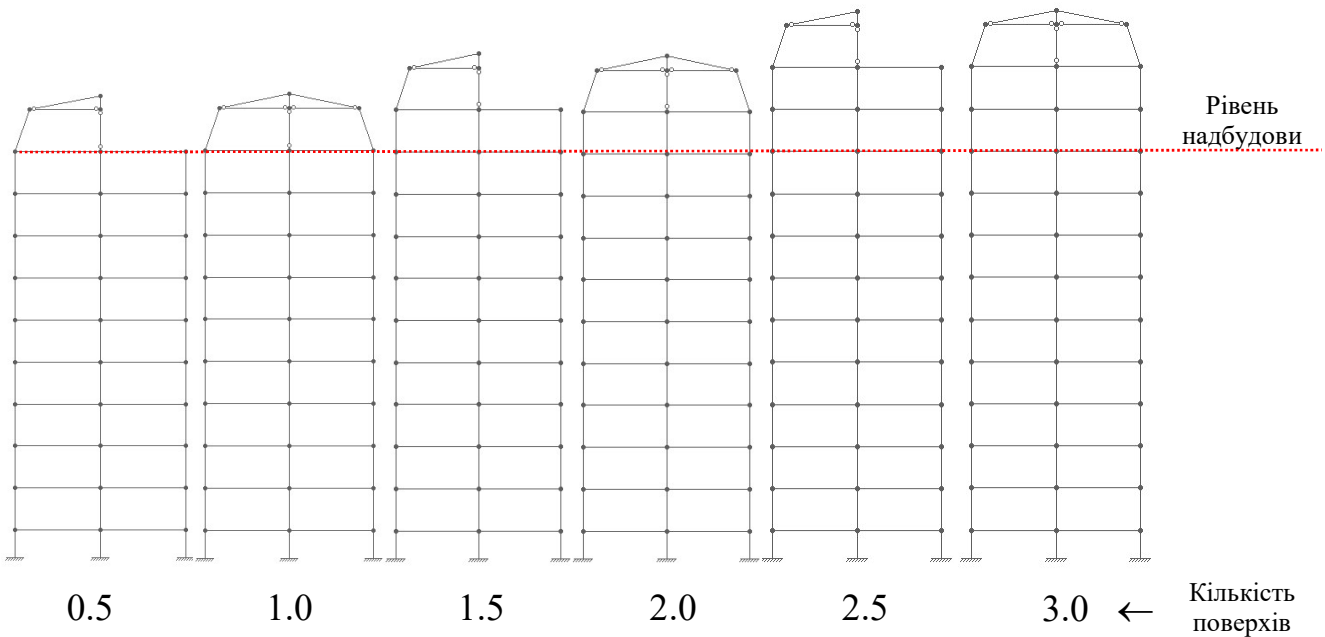
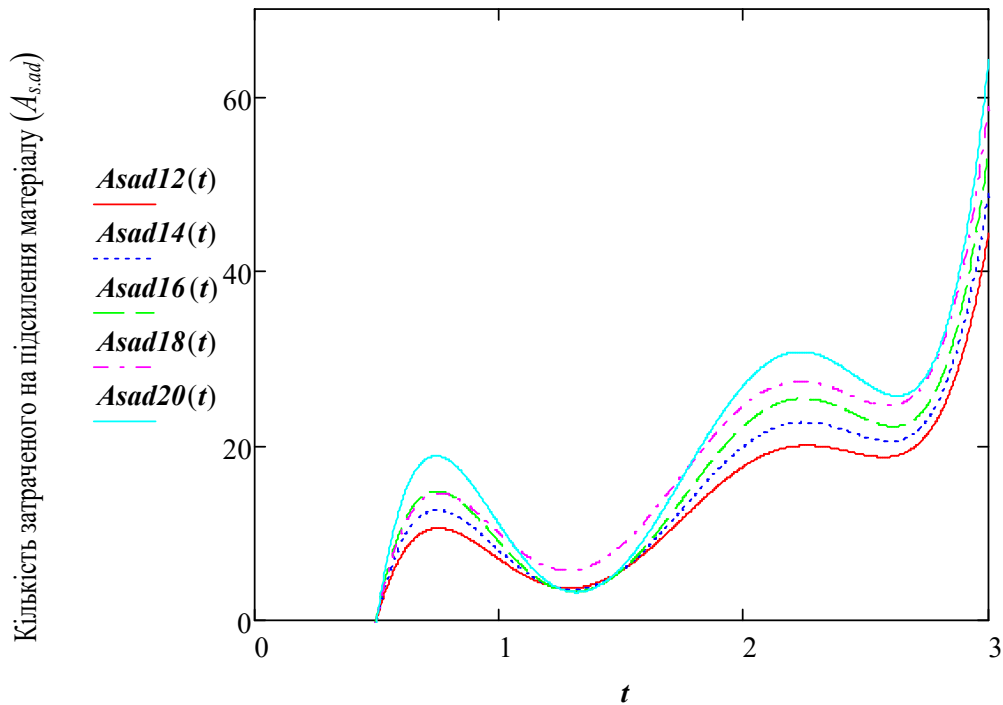


Рис. 1. Зміна розрахункової моделі будівлі при збільшенні площі надбудови

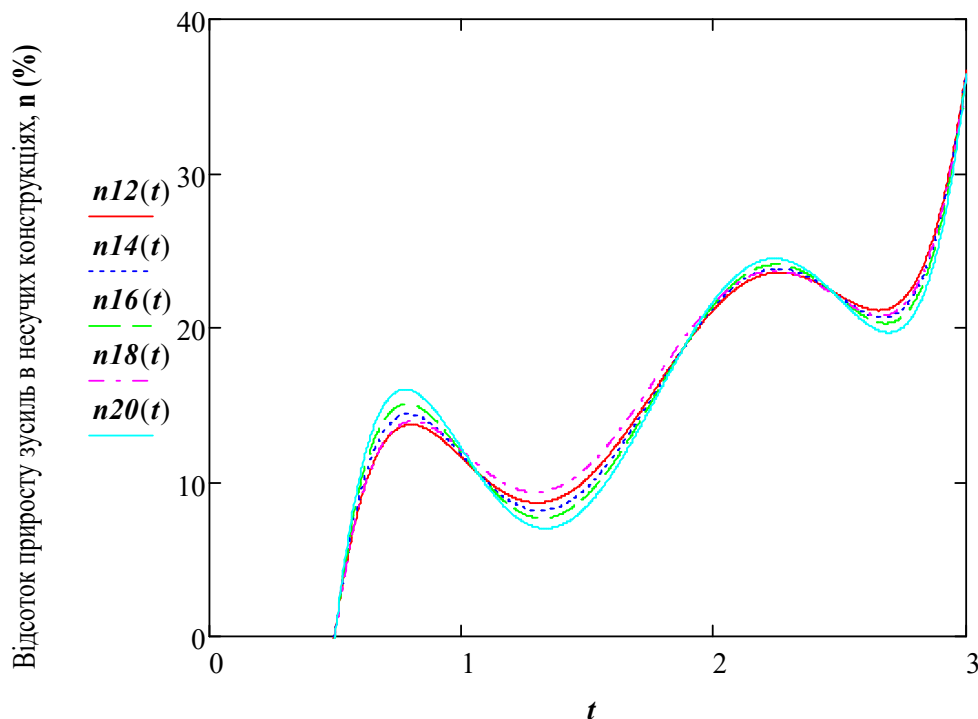


Загальна площа додатково надбудованих поверхів (S^+)

Рис. 2. Графік неперервної залежності $\Sigma A_{s.ad} = F[S^+]$

Очевидно, що для того, щоб усі перераховані заходи представляли деякий інтерес з точки зору окупності, необхідним і достатнім є виконання наступної нерівності:

$$\sum D - (B_{\text{НАДБ.}} + B_{\text{ТЕРМ.}} + \sum B) > 0. \quad (24)$$



Загальна площа додатково надбудованих поверхів, (S^+)

Рис. 3. Графік неперервної залежності $n = F[S^+]$

Враховуючі витрати саме на термомодернізацію існуючої будівлі не залежать від площі надбудованих приміщень, виходячі з отриманих результатів, можемо зробити висновок, що максимальна рентабельність інвестиційного проекту з енергоефективної реконструкції дев'ятиповерхового збірного залізобетонного будинку 1970...80 років забудови досягається при надбудові масою 1,3 або 2,7 поверхів.

Отримані результати звужують кількість варіантів надбудови й дозволяють переходити до логіки обґрунтування економічної доцільності або недоцільності виконання робіт із реконструкції з подальшою надбудовою додаткових житлових приміщень, виходячі з конкретних соціально-економічних умов міста, де впроваджується інвестиційний проект.

Список літератури:

1. Сафіуліна К.Р., Колієнко А.Г., Тормосов Р.Ю. Енергозбереження в університетських містечках. Збірник задач для

студентів вищих навчальних закладів. Інститут місцевого розвитку. Проект USAID «Реформа міського теплозабезпечення в Україні». – 2011. - 195 с.

2. *Сафіуліна К.Р., Колієнко А.Г., Тормосов Р.Ю.* Енергозбереження в університетських містечках. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Інститут місцевого розвитку. Проект USAID «Реформа міського теплозабезпечення в Україні». – 2010. - 309 с.

3. *Жван В. Д.* Технологія будівельного виробництва в житлово-комунальному господарстві: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. Д. Жван ; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х. : ХНАМГ, 2010. - 316 с. : рис. - Бібліогр.: с. 315-316.

4. *Кравцова Л. В.* Экономический механизм мотивации внедрения энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальное хозяйство: дис... канд. экон. наук: 08.10.01 / Кравцова Любовь Викторовна ; Донецкий ун-т экономики и права. – Д.:, 2006. - 228 с

5. *Реконструкция* жилых зданий первых массовых серий с надстройкой этажей. Дом-комплекс "Гагаринский" в г. Днепропетровске : [учеб.пособие] / В. И. Большаков [и др.] ; общ. ред. В. И. Большаков ; Приднепровская гос. академия строительства и архитектуры. - Д. : [б.и.], 2007. - 151 с.

6. *Реконструкція* житла (RG/ Київ 2000) [Текст] : матеріали другої міжнародної науково-практичної виставки- конференції, Київ, 23- 26 травня 2000 р / ред. М. В. Савицький [та ін.] ; Український науково-дослідний та проектно-конструкторський ін-т будівельних матеріалів і виробів "НДІБМВ", Державний науково-дослідний та проектно-вишуквальний ін-т "НДІ проектреконструкція". - К. : Нора-Прінт, 2000. - 158 с.

7. *Реконструкція* промислових та цивільних будівель: навч. посіб. для студ. ВНЗ буд. спец. / Березюк А. М., Шаленний В. Т., Дікарев К. Б., Кириченко О. О. ; за ред. проф. Березюка А. М. - Д. : [ЕНЕМ], 2010. - 183 с.

Отримано: 27.03.2012