

**Г. С. Ратушняк, канд. тех. наук, проф.
А. М. Очеретний, інж.**

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет
Концерн «Поділля»

Розглянуто доцільність підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будівель шляхом застосування інноваційних технологій утеплення огороджуючих конструкцій. За результатами чисельного моделювання визначено теплотехнічні показники зовнішніх огорожувальних конструкцій при застосуванні сучасних конструкцій стін, дверей і вікон та теплоізоляційних матеріалів. Показано що енергозберігаючі заходи дозволяють збільшити термічний опір огороджуючих конструкцій і тим самим підвищити енергетичну ефективність багатоповерхових житлових будівель. Запропоновано конструкційно - технологічні заходи із підвищення енергоефективності будівель з використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів.

Ключові слова: енергоефективність, електроенергія, газ, котел, гаряче водопостачання, теплогазозабезпечення.

Вступ

Будівництво багатоповерхових житлових будинків за останні 10-12 років зростає, що пов'язано з низьким показником забезпеченості житловою площею населення України, який становить 23 м² на особу. Так в порівнянні з показниками Європейського Союзу в Естонії на одну особу припадає 29 м² житла, Угорщині - 31 м², Австрії - 43 м², а в Данії - 51 м², що суттєво перевищує забезпечення житловою площею в Україні. В нашій державі головним інвестором будівництва житла залишається населення, яке при прийнятті рішення про інвестування починає враховувати зростання вартості енергоносіїв [1].

В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв в Україні найбільш актуальним є створення енергоефективних будівель [2, 3]. Будівництво багатоповерхових житлових будівель потребує впровадження сучасних технологічних методів утеплення зовнішніх стін, покриття й перекриття неопалювальних горищ, підвалів, заповненню віконних прорізів, балконних дверей, вхідних дверей в багатоквартирні житлові будинки та квартири [4, 5, 6, 7].

Метою роботи є аналіз доцільності проектних рішень з підвищення термічного опору огороджуючих конструкцій багатоповерхових житлових будівель шляхом застосування інноваційних технологій утеплення стін, дверей тощо та визначення напрямків організаційно-технологічних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності в житлово-комунальному господарстві.

Постановка задачі

В місті Вінниці, як в цілому у державі, споруджуються окремо стоячі багатоповерхові житлові будинки, житлові квартали та райони (райони "Поділля", "Академічний"), в яких необхідно передбачити збільшення енергоефективності для зменшення споживання енергоносіїв. Нові будівлі мають відповідати класам енергоефективності провідних Європейських держав. Енергетична паспортизація будинків передбачає присвоєння будинку відповідного класу енергетичної ефективності. В ДБН В.2.6-31:2006 [8] та ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 [9, 10] встановлено шість класів енергетичної ефективності будинку, що позначаються латинськими літерами «А», «В», «С», «D», «Е», «F». Причому літера «А» відповідає будинкам з найкращими показниками енергетичної ефективності, а «F» - з найгіршими показниками. Наявність шести класів на шкалі маркування надає можливість уніфікації відповідних економічно обґрунтованих заходів із заощадження енергетичних ресурсів в спорудах різних за періодом будівництва, конструктивними та інженерними рішеннями, нормами проектування, умовами експлуатації, а також оцінки інвестиційної привабливості будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації) та експлуатації будинків.

Енергетична паспортизація будинків є обов'язковою умовою забезпечення енергозберігаючих технологій в будівництві. Енергетичний паспорт містить три аспекти енергетичної ефективності будинків: доказ відповідності проекту нормативним вимогам, контроль енергоефективності в процесі експлуатації, мотивація власників будинків до зниження енергоспоживання. Крім того, цей документ підтверджує енергетичну якість будинку при оцінці його вартості на ринку житла. З метою підвищення енергоощадності в житлово-комунальному господарстві нагальною задачею є прийняття проектних рішень термомодернізації огорожуючих конструкцій багатопверхових житлових будівель та їх обґрунтована оцінка зі встановлення рівня якості реалізації інноваційних матеріалів й технологій та зменшенню витрат енергоносіїв на підтримання оптимального теплового режиму в приміщеннях.

Основна частина

Еволюцію зменшення енерговитрат та збільшення енергоефективності шляхом утеплення зовнішніх стін, покриття й перекриття неопалювальних горищ, підвалів, заповненню віконних прорізів, балконних дверей, вхідних дверей в багатоквартирні житлові будинки та квартири розглянуто на прикладі будівництва району "Поділля" в м. Вінниці. Спорудження житлових багатопверхових будинків цього району здійснюється з 2002р. Близько 85% будівель – дев'яти поверхові будинки з неопалювальними горищами та підвалами, поквартирними індивідуальними системами опалення та гарячого водопостачання від газових котлів. Місця загального користування - сходові клітки, тамбури, коридори - не опалюються. Головною особливістю є те що при зведенні несучих конструкцій використовується зовнішня цегляна стіна товщиною 510 мм (до п'ятого поверху, як правило, - силікатна, вище п'ятого - керамічна). Обумовлена це очевидними перевагами цегляних стін — міцність, довговічність, екологічність. Основні техніко-економічні показники типових житлових будинків побудованих в різні роки наведено в табл. 1.

Для збереження тепла взимку та холоду влітку впроваджувано заходи по утепленню стін, покриттів підвалів і використання енергоощадних вікон та дверей. Характеристику впроваджених енергозберігаючих заходів при будівництві типових багатопверхових житлових будинків в різні роки наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Основні техніко-економічні показники типових житлових будинків мікрорайону «Поділля»

№ п/п	Показник	Будинок №2 (2003р.)	Будинок №3 (2009р.)	Будинок №5 (2015р.)
1	Клас будівлі	II	II	II
2	Ступінь вогнестійкості	II	II	II
3	Поверховість	9	9	9
4	Висота поверху, м	3	3	3
5	Площа ділянки, м ²	7125	7200	8200
6	Площа забудови, м ²	1224	2189	1982
7	Кількість квартир, шт.	140	186	188
8	Будівельний об'єм, м ³	37900	60535	52950
9	Загальна площа квартир, м ²	10560	12370	11977
10	Житлова площа квартир, м ²	5243	6635	6095
11	Розрахунковий опір теплопередачі, м ² ·К/Вт:			
	зовнішніх стін	2,2	2,8	3,3
	вікон	0,5	0,6	0,75
	перекриття над технічним підпіллям	3,0	3,5	3,75
	покриття та перекриття неопалюваних горищ	2,7	3,3	4,95
12	Вартість 1 м ² загальної площі житла, грн., (у. о.)	1680 (320)	5770 (740)	13720 (560)

В результаті впровадження концерном «Поділля» енергоощадних заходів з термомодернізації огорожуючих конструкцій при будівництві багатоквартирного житла теплотехнічні показники енергетичної ефективності будівель зростають (табл. 3). Такими заходами, як правило, є утеплення зовнішніх стін, техпідпілля та перекриття мінералізованими плитами «Техніколь» з підвищеним опором теплопередачі, а також виконання вікон та балконних дверей з полівінілхлоридних (ПВХ) профілей та двокамерні склопакети.

Таблиця 2

Характеристика реалізованих заходів із енергозбереження

Показник	Будинок №2	Будинок №3	Будинок №5
1. Опір теплопередачі, Стіни: м ² К/Вт - керамічна цегла - силікатна цегла	2,35 2,42	2,35 2,42	2,35 2,42
2. Утеплення стіни	внутрішнє, плита «Юніпор», $\delta=50\text{мм}$, $\gamma=35\text{кг/м}^3$, $R=1,7\text{ м}^2\text{К/Вт}$	всередині кладки, мінералоплита «Техніколь», $\delta=100\text{мм}$, $\gamma=135\text{кг/м}^3$, $R=3,1\text{ м}^2\text{К/Вт}$	зовнішнє, мінералоплита «Техніколь», $\delta=110\text{мм}$, $\gamma=140\text{кг/м}^3$, $R=3,3\text{ м}^2\text{К/Вт}$
3. Утеплення покриття	пінополістирол, $\delta=120\text{мм}$, $\gamma=35\text{кг/м}^3$, $R=2,7\text{ м}^2\text{К/Вт}$	мінералоплита «Техніколь», $\delta=160\text{мм}$, $\gamma=135\text{ кг/м}^3$, $R=3,3\text{ м}^2\text{К/Вт}$	мінералоплита «Техніколь», $\delta=220\text{мм}$, $\gamma=140\text{ кг/м}^3$, $R=5,35\text{ м}^2\text{К/Вт}$
4. Утеплення вікон та балконних дверей	металопластик із склопакетом, $R=0,5\text{ м}^2\text{К/Вт}$	полівінілхлоридний профіль з двокамерним склопакетом, $R=0,64\text{ м}^2\text{К/Вт}$	полівінілхлоридний профіль з двокамерним склопакетом, $R=0,89\text{ м}^2\text{К/Вт}$
5. Утеплення дверей в квартири, під'їзди, техпідпілля, на дах та горище	металеві, пінополістирол, $\delta=50\text{мм}$, $\gamma=3\text{кг/м}^3$, $R=0,44\text{ м}^2\text{К/Вт}$	металеві, мінераловатні, плити «Техніколь», $\delta=50\text{мм}$, $\gamma=135\text{ кг/м}^3$, $R=0,65\text{ м}^2\text{К/Вт}$	металеві, мінераловатні плити «Техніколь», $\delta=50\text{мм}$, $\gamma=140\text{ кг/м}^3$, $R=0,65\text{ м}^2\text{К/Вт}$,
6. Опалення та гаряче водопостачання	індивідуальні газові котли IMMERGAS NIKE STAR, ККД=93%	індивідуальні газові котли VISSMANN VITOPEND 100-W, ККД=93%	індивідуальні газові котли PROTERM JAGUAR 24 кВт, ККД=93%

Аналіз результатів впровадження енергозберігаючих заходів при будівництві багатоповерхових житлових будинків 2003р., 2009р. та 2015р. (табл.2) свідчить про позитивний тренд щодо підвищення термічного опору огорожуючих конструкцій (рис.1). Термічний опір огорожуючих конструкцій збільшився в будинках №3 та №5 по відношенню до будинку №2 : за рахунок утеплення стіни в 1,82 та 1,95 рази, за рахунок утеплення покриття в 1,23 та 1,98 рази: за рахунок утеплення вікон та балконних дверей в 1,28 та 1,78 рази, за рахунок утеплення дверей в квартирах під'їзди, технопідпілля на дах та горище в 1,48 та 1,48 рази.

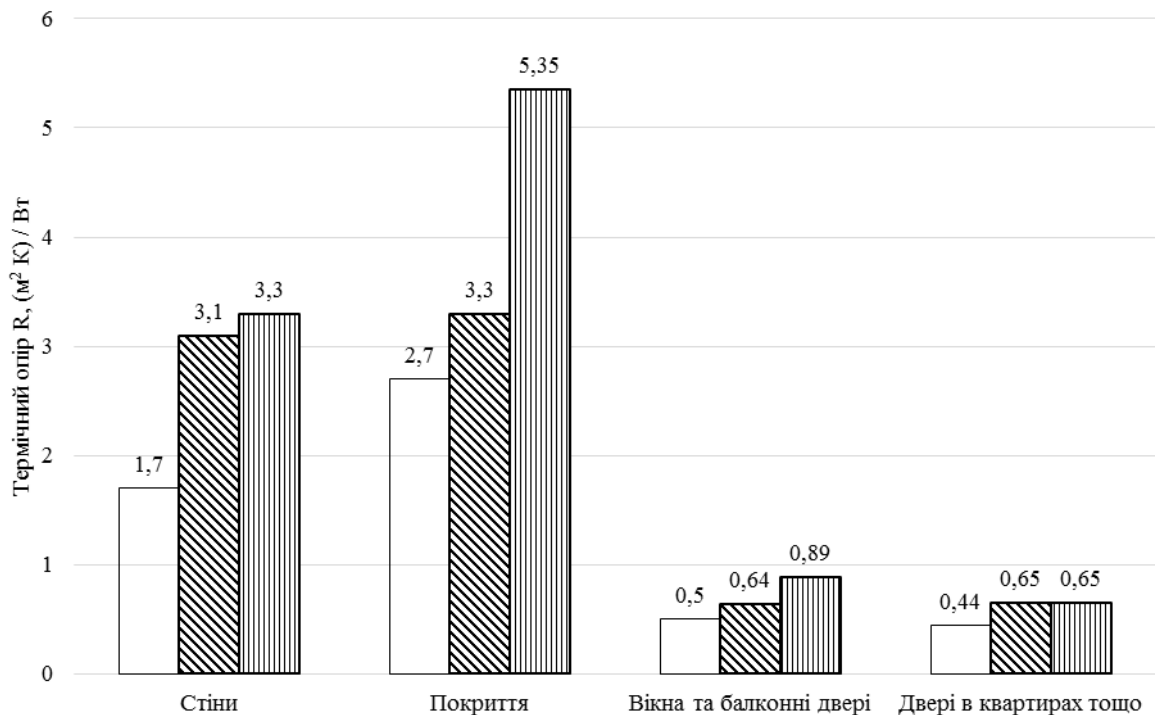


Рисунок 1 – Значення термічного опору огорожувачих конструкцій:

□ Будинок №2, ▨ Будинок №3, ▮ Будинок №5

Отже, найбільш суттєвим заходом із підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будівель є збільшення термічного опору шляхом використання енергоефективних технологій та матеріалів стін та покриття.

Показником енергетичної ефективності будинків є різниця розрахункового та фактичного значення питомих тепловтрат $q_{\text{буд}}$ від максимально допустимого значення питомих тепловтрат на опалення будинку E_{max} , за опалювальний період визначається відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.2. 2-5: 2007[10]

$$E_{\text{буд}} = \left[(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}}) / E_{\text{max}} \right] \cdot 100\% \leq q_{\text{дон}} \quad (1)$$

Розрахункові значення питомих тепловтрат за опалювальний період визначено з врахуванням геометричних та теплотехнічних особливостей огорожувальних конструкцій та параметрів теплоізоляційних матеріалів (табл. 2), які було використано при будівництві будинку № 5 (табл.3).

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції для будинку №5 розраховано за формулою [7]

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\rho}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (2)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ — коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

R_i - тепловий опір i -го шару конструкції, (м²·К)/Вт;

δ_i - товщина i -го шару конструкції, м;

$\lambda_{i\rho}$ - теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К).

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції для будинку № 5 розраховано за формулою [7]

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k}, \quad (3)$$

де F_{Σ} - загальна площа конструкції, м²;

$R_{\Sigma i}$ - опір теплопередачі i -ої термічно однорідної частини конструкції, (м²·К)/Вт, визначають згідно з формулою (2);

F_i - площа i -ої термічно однорідної частини конструкції, м²;
 k_j - лінійний коефіцієнт теплопередачі, j -го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К);
 L_j - лінійний розмір (проекція), j -го лінійного теплопровідного включення, м;
 ψ_k - точковий коефіцієнт теплопередачі, k -го точкового теплопровідного включення, Вт/К;
 N_k - загальна кількість k -их точкових теплопровідних включень, шт.

Таблиця 3

Геометричні та теплотехнічні показники зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку №5

№ п/п	Зовнішні огорожувальні конструкції	Загальна площа, м ²	Частка від загальної площі огорожувальних конструкцій, %	Приведений опір теплопередачі, м ² К/Вт		Перевищення, опору теплопередачі м ² К/Вт
				нормативний	розрахунковий	
1	Стіни	6554,5	62,7	3,3	3,6	0,3
2	Вікна і балконні двері	1609,8	15,0	0,93	0,94	0,01
3	Вхідні двері	14,5	1,31	0,50	0,60	0,10
4	Перекрыття горища	1355,6	12,9	4,95	6,27	1,32
5	Перекрыття техпідпілля	1407,01	12,9	3,75	3,80	0,05

Відсутність з 2000 року змін нормативними документами таких вихідних розрахункових параметрів як температура зовнішнього й внутрішнього повітря, тривалість опалювального періоду й розрахункова кількість днів опалювального періоду, які є визначальними при складанні енергетичного паспорту будинку й вираження класу його енергоефективності дозволили виконати порівняння доцільності підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій багатопверхових житлових будівель побудованих в різні роки без детального аналізу теплового балансу приміщення.

За результатами чисельного математичного моделювання встановлено, що впровадження заходів з енергозбереження при будівництві житла концерном «Поділля» (табл. 3) шляхом використання в якості матеріалу стін керамічної та силікатної цегли, але різних матеріалів для утеплення стін покриття, вікон та дверей, дозволило суттєво збільшити термічний опір. Порівняно з будинком №2, що зведено в 2003 році, термічний опір для будинку №5, зведеного в 2015 року, збільшився: для стін в 1,95 разів, покриття в 1,98 разів, вікон та балконних дверей в 1,74 рази, дверей в квартири, під'їзди, техпідпілля, на дах та горище в 1,48 разів. Для будинку №5, де впроваджено більш сучасні енергоощадні технології з утеплення огорожувальних конструкцій, розрахункові тепловтрати становлять 52,5 кВтгод/м², а їх максимально допустиме значення відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.2. 2-5: 2007[10] становить 55 кВтгод/м².

Відповідно уніфікації необхідних економічно обгрунтованих заходів із заощадження енергоресурсів [8, 9] клас енергетичної ефективності будинку №5 відповідає вимогам «С» (третім із шести), так як різниця між фактичними та максимально допустимим значенням питомих втрат 2,5 % (табл. 3), а допустиме значення 5,1 % Це свідчить про необхідність в подальшому впроваджувати більш дієві інноваційні енергозберігаючі заходи при будівництві багатопверхових житлових будинків для досягнення найвищого класу енергоефективності «А» або «В».

У сучасному багатопверховому житловому будівництві при застосуванні силікатної та керамічної цегли як несучих та огорожувальних конструкцій рекомендується застосовувати сучасні матеріали та технології для підвищення термічного опору. Як зовнішні утеплюючі конструкції доцільно використовувати мінераловатні плити $\delta=110$ мм та щільністю $\gamma=140$ кг/м³, що захищені тонкошаровою штукатуркою до 10 мм. Можливий дешевший та швидший за темпами виконання робіт варіант комбінації пінополістирольних плит $\delta=110$ мм та щільністю $\gamma=135$ кг/м³ і мінераловатних плит $\delta=110$ мм та щільністю $\gamma=140$ кг/м³. Ефективним з точки зору енергоощадності та вартості є встановлення вікон та балконних дверей з ПВХ профілів або дерев'яних з двокамерними склопакетами при заповненні простору між склом повітрям. При

використанні таких склопакетів два скла мають бути покриті енергозберігаючим м'яким покриттям. У покритті неопалювальних горищ необхідно застосовувати мінераловатні плити $\delta=220$ мм та щільністю $\gamma =140$ кг\м³, які захищені армованою стяжкою з цементно-піщаного розчину М150. Підлогу над неопалювальним підвалом слід влаштовувати з утепленням мінераловатними плитами $\delta= 160$ мм та щільністю $\gamma=140$ кг\м³, що захищені армованою стяжкою з цементно-піщаного розчину М150.

Висновки

Досвід впровадження концерном «Поділля» організаційно-технологічних заходів з підвищенням термічного опору огороджуючих конструкцій багатоповерхових житлових будівель та реалізація аналогічних проектних рішень в різних регіонах України дозволить зменшити витрати енергоносіїв на підтримання оптимально теплового режиму в приміщеннях та затрати коштів мешканців за спожиті енергоносії, вартість яких постійно зростає.

Заходи з термомодернізації об'єктів житлово-комунального господарства повинні ґрунтуватись на науково-обґрунтованих економічних, екологічних та організаційно-інноваційних технологічних рішеннях, які сприяють підвищенню енергоефективності багатоповерхових житлових будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лівінський О.М. Економічна доцільність проведення енергоощадних заходів в житлових та громадських будівлях / О.М. Лівінський, В.П. Очеретний, А.С. Бойко, М.М. Шуляк //Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012-№1.-С.136-144.
2. Енергозберігаючі будівлі та споруди: навчальний посібник. Частина 2 / І. Н. Дудар, Т. Е. Потапова.– Вінниця: ВНТУ. 2006. – 170 с.
3. Енергозбереження в міському будівництві: навчальний посібник. Частина 1 / І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець.– Вінниця: ВНТУ. 2015. – 57 с.
4. Ратушняк Г.С., Ратушняк О.Г. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель. Навчальний посібник.- Універсум-Вінниця: 2006,- 120 с.
5. Ратушняк Г. С., Попова Г. С. Енергозбереження та експлуатація систем тепlopостачання. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 136 с.
6. Мхитарен Н. М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К. : Наукова думка, 2000. – 420 с.
7. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г. Г. Фаренюк – К.: Гамма-Принт, 2009. – 137 с.
8. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2006 [текст] – офіц. вид.-К: Мінрегіон України, 2006.- 69 с.
9. Енергетична ефективність будівель. Національний метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні. ДСТУ-Н Б А2, 2-5: 2007 [текст] - офіц. вид.-К: Мінбуд України, 2007.- 163 с.
10. Проектування. Настава з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. ДСТУ-Н Б А.2. 2-5: 2007 [текст] - офіц. вид.-К: Мінбуд України, 2007.- 135 с.

Рекомендована кафедрою інженерних систем у будівництві

Стаття надійшла до редакції

Рекомендована до друку

Ратушняк Георгій Сергійович – професор кафедри інженерних систем у будівництві.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Очеретний Андрій Михайлович – заступник генерального директора концерну «Поділля».

G. S. Ratuszniak¹
A. M. Ocheretnyi²

Assess The Feasibility Of Increasing The Thermal Resistance Of Enclosing Structures Of High-Rise Residential Buildings

¹Vinnytsia National Technical University;

²Concern «Podillia», Vinnytsia

Consider feasibility of energy efficiency of apartment buildings through the use of innovative technologies insulation walling. The results of numerical modeling of thermal parameters defined external walling in the application of modern designs walls, doors and windows and insulating materials. It is shown that energy saving measures can increase the thermal resistance of enclosing structures and thereby increase the energy efficiency of apartment buildings. A structurally-technological measures to improve energy efficiency of buildings using modern insulation materials.

Keywords: energy efficiency, electricity, gas, boiler, hot water, heat and gas supply.

Ratuszniak Georgii S. — Cand. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Engineering Systems in Construction, e-mail:ratusnak@gmail.com;

Ocheretnyi Andrii M. — Deputy General Director of the Group

Г. С. Ратушняк¹
А. М. Очеретный²

Оценка целесообразности повышения термического сопротивления ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий

¹Винницкий национальный технический университет;

²Концерн «Подолье», Винница

Рассмотрена целесообразность повышения энергоэффективности многоэтажных жилых зданий за счет применения инновационных технологий утепления ограждающих конструкций. По результатам численного моделирования определены теплотехнические показатели наружных ограждающих конструкций при применении современных конструкций стен, дверей и окон и теплоизоляционных материалов. Показано, что энергосберегающие мероприятия позволяют увеличить термическое сопротивление ограждающих конструкций и тем самым повысить энергетическую эффективность многоэтажных жилых зданий. Предложено конструктивно-технологические мероприятия по повышению энергоэффективности зданий с использованием современных теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроэнергия, газ, котел, горячее водоснабжение, теплогазообеспечение.

Ратушняк Георгий Сергеевич — канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры инженерных систем в строительстве, e-mail:ratusnak@gmail.com;

Очеретный Андрей Михайлович — заместитель генерального директора концерна