

Г. С. Ратушняк¹
А. М. Очеретний²

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

¹Вінницький національний технічний університет;

²Концерн «Поділля»

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

Ключові слова: енергоефективність, електроенергія, газові котли, 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 у 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 забезпеченість житловою площею в Україні. В нашій державі головним інвестором будівництва житла залишається населення, яке приймаючи рішення про інвестування, враховує зростання вартості енергоносіїв [1].

В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв в Україні найактуальнішим є створення енергоефективних будівель [2, 3]. Будівництво багатоповерхових житлових будинків 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—7].

Метою роботи є аналіз доцільності проектних рішень з підвищення термічного опору огороджувальних конструкцій багатоповерхових житлових будинків 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 і в цілому у державі, споруджуються багатоповерхові житлові будинки, що стоять окремо, житлові квартали та райони (райони «Поділля», «Академічний»), в яких необхідно передбачити збільшення енергоефективності. Нові будинки 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, які 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 обгрунтованих заходів із заощадження енергетичних ресурсів в спорудах, різних за періодом будівництва, конструктивними та інженерними рішеннями, нормами проектування, умовами

експлуатації, а також оцінювання інвестиційної привабливості будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації) та експлуатації будинків.

Енергетична паспортизація будинків є обов'язковою умовою забезпечення енергозбережних 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 у разі оцінки його вартості на ринку житла. З метою підвищення енергоощадності в житлово-комунальному господарстві, нагальною задачею є прийняття проектних рішень термомодернізації огорожувальних конструкцій багатоповерхових житлових будинків та їх обґрунтоване оцінювання зі встановленням рівня якості реалізації інноваційних матеріалів й технологій зменшення витрат енергоносіїв на підтримання оптимального теплового режиму в приміщеннях.

Основна частина

Еволюцію зменшення енерговитрат та збільшення енергоефективності шляхом утеплення зовнішніх стін, покриття й перекриття неопалюваних горищ, підвалів, заповнення віконних прорізів, балконних дверей, вхідних дверей в багатоквартирних житлових будинках та квартири розглянуто на прикладі будівництва району «Поділля» м. Вінниці. Спорудження житлових багатоповерхових будинків цього району здійснюється з 2002 р. Близько 85 % будівель — дев'ятиповерхові будинки з неопалюваними 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 для зведення несучих конструкцій використовується зовнішня цегляна стіна товщиною 510 мм (до п'ятого поверху, зазвичай, силікатна, вище п'ятого — керамічна). Зумовлено це очевидними перевагами цегляних стін — міцність, довговічність, екологічність. Основні техніко-економічні показники типових житлових будинків, побудованих в різні роки, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

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

№	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 на 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)

Для збереження тепла взимку та холоду влітку вжито заходів з утеплення стін, покриттів підвалів і використання енергоощадних вікон та дверей. Характеристику вжитих енергозбережних заходів під час будівництва типових багатоповерхових житлових будинків в різні роки наведено в табл. 2.

В результаті здійснення концерном «Поділля» енергоощадних заходів з термодернізації огорожувальних конструкцій при будівництві багатоквартирного житла теплотехнічні показники енергетичної ефективності будинків зростають (табл. 3). Такими заходами, зазвичай, є утеплення зовнішніх стін, техпідпілля та перекриття мінералізованими плитами «Техніколь» з підвищеним опором теплопередачі, а також виконання вікон та балконних дверей з полівінілхлоридних (ПВХ) профілів 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	2,35	2,35	2,35
силікатна цегла	2,42	2,42	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 зі 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 PROTHERM JAGUAR 24 кВт, ККД = 93 %

Таблиця 3

Геометричні та теплотехнічні показники зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку № 5

№	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	Перекриття горища	1355,6	12,9	4,95	6,27	1,32
5	Перекриття техпідпілля	1407,01	12,9	3,75	3,80	0,05

Аналіз результатів впровадження енергозбережливих заходів в будівництво багатоповерхових житлових будинків 2003 р., 2009 р. та 2015 р. (див. табл. 2) свідчить про позитивний напрям щодо підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій (див. рис. 1). Термічний опір огорожувальних конструкцій збільшився в будинках № 3 та № 5 в порівнянні з будинком № 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'їздів, техпідпілля на дах та горище в 1,48 та 1,48 рази, відповідно.

Отже, найдієвішим заходом з підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будинків є збільшення термічного опору шляхом використання енергоефективних технологій та матеріалів стін та покриття.

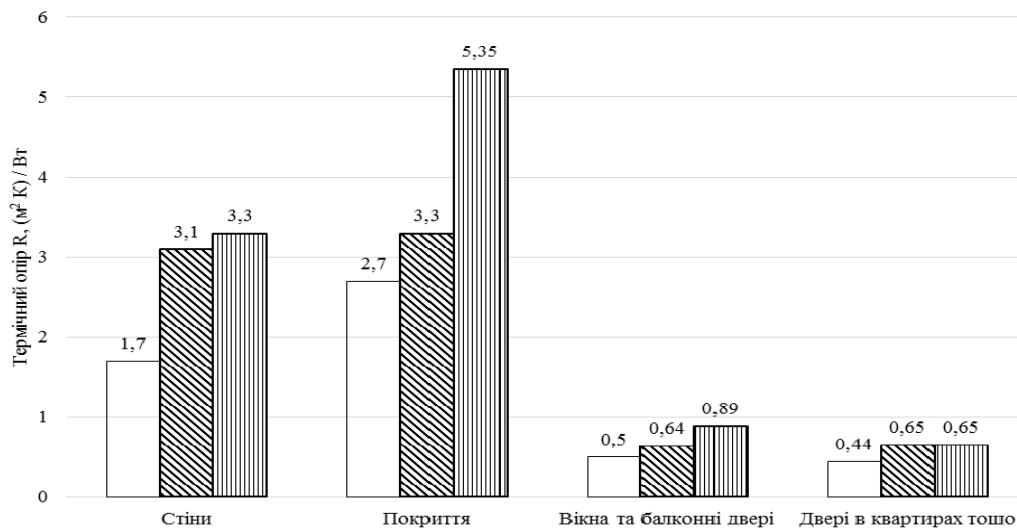


Рис. 1. Значення термічного опору огорожувальних конструкцій:

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

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} , яке за опалювальний період визначається відповідно до нормативних вимог за ДСТУ-Н Б А.2. 2-5 : 2007 [10].

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

Розрахункові значення питомих тепловтрат визначено з урахуванням геометричних та теплотехнічних особливостей огорожувальних конструкцій та параметрів теплоізоляційних матеріалів (див. табл. 2), які використано для будівництва будинку № 5 (див. табл. 3).

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

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

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ — коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² К); R — тепловий опір i -го шару конструкції, (м²К)/Вт; δ_i — товщина i -го шару конструкції, м; $\lambda_{i\text{р}}$ — 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 -ї термічно однорідної частини конструкції, (м²К)/Вт, визначають згідно з формулою (2); F_i — площа i -ї 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 -х точкових теплопровідних включень, шт.

Відсутність з 2000 року змін нормативними документами таких вихідних розрахункових параметрів як температура зовнішнього й внутрішнього повітря, тривалість опалювального періоду й розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду, які є визначальними для складання енергетичного паспорту будинку й визначення класу його енергоефективності, дозволили виконати порівняння доцільності підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій багатопверхових житлових будинків 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» (див. табл. 3) шляхом використання для спорудження 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 році, 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 сучасніші енергоощадні технології з утеплення огорожувальних конструкцій, розрахункові тепловтрати становлять $52,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, а їх максимально допустиме значення відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.2. 2-5: 2007[10] — $55 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

Відповідно до уніфікації необхідних економічно обґрунтованих 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 дієвіші інноваційні енергозбережні заходи в будівництві багатоповерхових житлових будинків для досягнення найвищого класу енергоефективності «А» або «В».

В сучасному багатоповерховому житловому будівництві із застосуванням силікатної та керамічної цегли як несучих так і огорожувальних конструкцій рекомендується застосовувати сучасні матеріали та технології для підвищення термічного опору. Як зовнішні утеплювальні конструкції доцільно використовувати мінераловатні плити товщиною $\delta = 110 \text{ мм}$ та щільністю $\gamma = 140 \text{ кг}/\text{м}^3$, що захищені тонкошаровою штукатуркою до 10 мм . Можливий дешевший та швидший за темпами виконання робіт варіант комбінації пінополістирольних плит товщиною $\delta = 110 \text{ мм}$ та щільністю $\gamma = 135 \text{ кг}/\text{м}^3$ і мінераловатних плит товщиною $\delta = 110 \text{ мм}$ та щільністю $\gamma = 140 \text{ кг}/\text{м}^3$. Ефективним з точки зору енергоощадності та вартості є встановлення вікон та балконних дверей з ПВХ профілів або дерев'яних з двокамерними склопакетами із заповненням простору між стеклами повітрям. Використовуючи такі склопакети, два скла мають бути покриті енергозбережним м'яким покриттям. У покритті неопалювальних горищ необхідно застосовувати мінераловатні плити товщиною $\delta = 220 \text{ мм}$ та щільністю $\gamma = 140 \text{ кг}/\text{м}^3$, які захищені армованою стяжкою з цементно-піщаного розчину М150. Підлогу над неопалюваним підвалом слід влаштовувати з утепленням мінераловатними плитами товщиною $\delta = 160 \text{ мм}$ та щільністю $\gamma = 140 \text{ кг}/\text{м}^3$, що захищені армованою стяжкою з цементно-піщаного розчину М150.

Висновки

Досвід впровадження концерном «Поділля» організаційно-технологічних заходів з підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій багатоповерхових житлових будинків 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 будинків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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. Дудар І. Н. Енергозберігаючі будівлі та споруди : навч. посіб. Ч. 2 / І. Н. Дудар, Т. Е. Потапова. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 170 с.
3. Дудар І. Н. Енергозбереження в міському будівництві : навч. посіб. Ч. 1 / І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець. — Вінниця : ВНТУ, 2015. — 57 с.
4. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термомодернізації будівель: навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк. — Вінниця : Універсум-Вінниця, 2006. — 120 с.
5. Ратушняк Г. С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання : навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. — 136 с.
6. Мхитарен Н. М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве / Н. М. Мхитарен. — 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. Настанова 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 ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 28.11.2016

Ратушняк Георгій Сергійович — канд. техн. наук, професор, професор кафедри інженерних систем у будівництві, e-mail: ratusnak@gmail.com ;

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Очеретний Андрій Михайлович — заступник генерального директора концерну «Поділля»

G. S. Ratushniak¹
A. M. Ocheretnyi²

Estimation of Feasibility of Increasing Thermal Resistance of Enclosing Structures of High-Rise Residential Buildings

¹Vinnitsia National Technical University;

²Concern «Podillia», Vinnitsia

There has been considered the feasibility of energy efficiency of apartment buildings due to application of innovative technologies of warming of non-load-bearing constructions. On results of numerical design the heating engineering indexes of outward non-load-bearing constructions have been defined in case of application of modern constructions of walls, doors and windows and heat-insulation 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. There have been suggested the 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.

Ratushniak 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 Concern «Podillia»

Г. С. Ратушняк¹
А. М. Очеретный²

Оценка целесообразности повышения термического сопротивления ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий

¹Винницкий национальный технический университет;

²Концерн «Поділля», Вінниця

Рассмотрена целесообразность повышения энергоэффективности многоэтажных жилых зданий за счет применения инновационных технологий утепления ограждающих конструкций. По результатам числового моделирования определены теплотехнические показатели наружных ограждающих конструкций в случае применения 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