

Валерій Дешко, Інна Білоус, Олександра Максименко

## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

**Актуальність теми дослідження.** Сучасний стан багатоквартирних житлових будинків (ЖБ), побудованих до кінця 90-х років, потребує повної або часткової модернізації та значного підвищення енергоефективності. Крім заходів з енергозбереження, які активно впроваджуються як для будинку загалом, так і окремими власниками квартири, є проблема з розподілом теплоти між квартирами системами теплопостачання ЖБ.

**Постановка проблеми.** Для умов централізованого теплопостачання в Україні типовим є недотримання температурного графіка подачі теплоносія, який відповідає проектним вимогам, і спроби забезпечення умов комфортності мешканцями індивідуально, без урахування системних зв'язків у центральному опаленні будівлі. Зважаючи на це, у роботі проведено аналіз показників роботи однотрубно-проточної системи опалення та дотримання умов комфортності при експлуатації типової багатоквартирної 12-поверхової будівлі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Враховуючи, що для підвищення рівня енергоефективності ЖБ значна увага приділяється питанням термосанції, питання розподілу теплоти в інженерних мережах будівлі лишаються недостатньо висвітленими та проаналізованими.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Недотримання температурних графіків систем опалення в багатоквартирних будинках із частковою заміною опалювальних приладів.

**Постановка завдання.** Визначення відхилень в умовах експлуатації системи опалення будівель та створення математичної моделі розрахунку, яка дозволяє визначити та аналізувати тепловий стан приміщень багатоквартирних житлових будинків.

**Виклад основного матеріалу.** Метою цієї роботи є аналіз показників роботи системи однотрубно-проточної системи опалення та дотримання умов комфортності типових багатоквартирних житлових будинків.

**Висновки відповідно до статті.** У роботі проведено аналіз показників роботи однотрубно-проточної системи опалення та дотримання умов комфортності при експлуатації типової багатоквартирної будівлі. Для системного аналізу цих впливів за різних умов експлуатації в програмному середовищі Mathcad розроблено математичну модель для визначення теплового стану приміщень будівлі на прикладі одного стояка.

**Ключові слова:** теплове навантаження; витрата теплоносія; багатоквартирні будинки; точкова модернізація; умови комфортності; система опалення.

Рис.: 5. Табл. 3. Бібл.: 15.

**Актуальність теми дослідження.** Сучасний стан житлової сфери України нині переживає складний та багатогранний процес реформування (табл. 1). Останніми роками спостерігається підвищена увага забудовників до проблеми енергоефективності будівель і, відповідно, використання сучасних методів будівництва та технічного оснащення будинків, які дозволяють суттєво скоротити споживання енергії в будинку, а також покращити умови проживання й оптимізувати витрату коштів мешканців будинку на оплату житлово-комунальних послуг.

**Постановка проблеми.** У житловому фонді країни накопичились проблеми економічного, організаційного, соціального та технологічного походження:

1) застарілість технологій, фізичне та моральне старіння конструкцій та внутрішньо будинкових інженерних систем житлових будівель (близько 75 % житлового фонду України було зведено до 90-х років, коли вимогам щодо енергоефективності будівель не приділялась належна увага, і понад третина житлових будинків потребують не лише термомодернізації, але й капітального ремонту);

2) низькі теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій у порівнянні із сучасними нормами [1];

3) відсутність належного догляду як за будинком, так і за інженерними системами, соціальний фактор (наприклад, втручання в систему опалення, заміна радіаторів);

4) відсутність засобів обліку теплової енергії та відсутність у споживачів технічної можливості для керування споживанням теплової енергії (енергоємність послуг у 2,5–3,0 рази перевищує показники розвинених країн) [2; 3] та інше.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Прийняті нові Закони України [4–7], розроблено систему стандартів [8; 9] та ДБН [1] щодо організації енергоменеджменту та енергоаудиту, енергопаспортизації та сертифікації будівель, підвищення енергоефектив-

ності теплоізоляційної оболонки та інженерних комунікацій. Враховуючи, що для підвищення рівня енергоефективності ЖБ значна увага приділяється питанням термосанації, питання розподілу теплоти в інженерних мережах будівлі лишаються недостатньо висвітленими та проаналізованими.

Таблиця 1

*Основні напрямки державної політики підвищення енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві*

Напрямки	Шляхи
Технічний	надійне та безпечне технічне переоснащення галузі; модернізація або повна заміна енергоємного обладнання; запровадження новітніх енергоефективних та енергозберігаючих технологій; зменшення витрат та втрат ПЕР.
Економічний	створення сприятливих умов для всебічного залучення інвестицій на проекти з впровадження у сферу енергозбереження та енергоефективності в будинках; удосконалення системи управління в галузі з урахуванням ринкових відносин.
Законодавчий	удосконалення правової бази, роз'яснення регулятивних актів; узгодження політики підвищення енергоефективності на різних рівнях; дотримання вимог нормативно-правових актів у сфері енергозбереження, що спрямована на стимулювання енергоефективних технічних рішень.
Організаційний	корегування основних заходів з енергоефективності та енергозбереження; формування енергозаощаджуючого огляду в суспільстві; формування інформаційного забезпечення поширення енергетичного менеджменту.

Згідно з даними державної статистики України близько 40 % житлового фонду України – це багатоквартирні житлові будинки, в яких мешкає більше ніж 47 % населення країни, яке й споживає найбільше традиційної, невідновлювальної енергії, необхідно насамперед розробити механізми енергозбереження в цьому фонді. З них 80 % багатоквартирного житлового фонду потребує повної або часткової модернізації та значного підвищення енергоефективності [10].

При термомодернізації наявного фонду основна увага приділяється утепленню огорожувальних конструкцій та заміні вікон. Разом з тим одним із ключових питань є модернізація системи опалення (СО), яка відіграє головну роль у забезпеченні теплового комфорту приміщень та за рахунок регулювання якої забезпечується економія споживання енергії. Тому необхідно звернути увагу на проблеми цих систем:

- відповідність проектним температурних та гідравлічних характеристик елементів системи опалення будинку (стояки, опалювальні прилади, витрати теплоносія та інше);
- наявність та ефективність роботи системи контролю та регулювання параметрів системи опалення в місцевому (індивідуальному) теплопункті;
- відповідність проектним реальних температурних графіків відпуску теплової енергії. Проектні графіки вписані в режимні карти роботи обладнання, за цими температурними графіками визначаються параметри роботи системи тепlopостачання при видачі технічних умов на підключення до мереж, на встановлення теплових лічильників та індивідуальних теплових пунктів.

При цьому переважна більшість централізованих систем тепlopостачання працює на занижених щодо проектних температурних графіків, але фактичні температури теплоносія теплових мереж не відповідають і цим умовам.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Потрібно зазначити, що потребує додаткової уваги комплексне питання недотримання температурних графіків систем опалення в багатоквартирних будинках із частковою заміною опалювальних приладів.

**Постановка завдання (мета статті).** Головною метою роботи є аналіз показників роботи системи опалення та дотримання умов комфортності при експлуатації типових багатоквартирних будинків.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі **завдання**:

- 1) провести енергоаудит типової багатоквартирної будівлі;
- 2) виявити відхилення в умовах експлуатації від проектних у роботі системи опалення;
- 3) розробити математичну модель для визначення теплового стану приміщень будівлі з вертикальною однотрубною системою опалення;
- 4) визначити вплив відхилень умов експлуатації від проектних на рівень параметрів опалення і температур приміщення.

**Виклад основного матеріалу.** Об'єктом проведення енергоаудиту було вибрано окремо розташовану житлову багатоквартирну будівлю у м. Києві, яка була введена в експлуатацію в 1993 році. Будівля являє собою 12-поверхову споруду, побудовану за індивідуальним проектом із панельним перекриттям, цегляними стінами та лоджіями без складних архітектурно-планувальних чи конструктивних рішень. На першому поверсі розташовані підприємства сфери послуг. Будинок має 4 під'їзди, сумарно 175 квартир (431 кімната), загальною опалювальною площею 12 429 м<sup>2</sup>. СО – вертикальна однотрубна, з проточною схемою підключення опалювальних приладів (ОП) (радіатори типу МС–140), тепловий пункт з елеваторним вузлом та теплолічильником). Як модель обране житлове приміщення, характеристики огорожувальних конструкцій якого наведені в табл. 2.

Таблиця 2

*Характеристика огорожувальних конструкцій об'єкта дослідження*

Конструктивний елемент	Опис (товщини та коефіцієнти теплопровідності)	Термічний опір	Площі
Зовнішні стіни	Плитка керамічна: $\delta=0,02$ м, $\lambda=0,64$ Вт/(м·°С); розчин бетонний: $\delta=0,01$ м, $\lambda=0,93$ Вт/(м·°С); цегла пустотіла: $\delta=0,51$ м, $\lambda=0,58$ Вт/(м·°С); шпаклівка: $\delta=0,05$ м, $\lambda=0,81$ Вт/(м·°С).	$R = 1,14$ (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	$F_{ст} = 5,35$ м <sup>2</sup>
Вікна	Металопластикові, дерев'яні (близько 20%)	$R = 0,34$ (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	$F_{вік} = 1,8$ м <sup>2</sup>

На основі даних теплолічильника за 1,5 року було проведено аналіз фактичної температури подачі та зворотної води в систему опалення залежно від зовнішньої температури.

На рис. 1 наведено: 1, 2 – температурний графік «95–70» [11], який відповідає проектним умовам СО будівлі; 3, 4 – «Температурний графік теплових мереж», адекватний реальній потребі споживачів» [12], згідно з даними теплових мереж ПАТ «Київенерго» 2017/2018 рр.; 5, 6 – фактичні температури подачі води в СО в тепlopункті та зворотної води.

Порівняння кривих 3, 5 показує, що при високих температурах зовнішнього повітря фактична температура подачі води вища за декларовану ПАТ «Київенерго», а для холодного періоду вони збігаються. Ці графіки знижують рівень теплопостачання в порівнянні з проектним графіком «95–70».

Зниження фактичної температури води в зворотному трубопроводі СО (крива 6) у порівнянні з кривою 4 свідчить про зменшення фактичної витрати теплоносія від проектної майже в 1,2 раза, що було підтверджено результатами енергоаудиту.

Враховуючи цю ситуацію, у третині квартир мешканці проводили заміну ОП, збільшуючи їхню потужність у середньому на 50 %. Має місце встановлення додаткових ОП на закритих лоджіях.

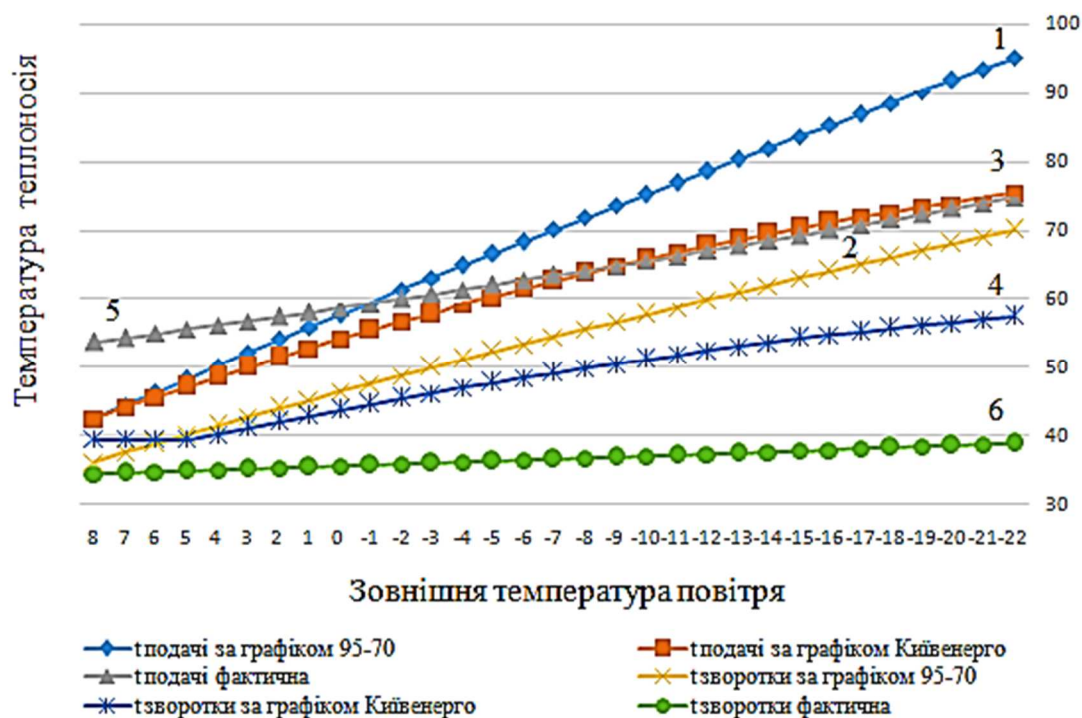


Рис. 1. Температурні графіки теплопостачання за графіком теплових мереж

Проблема недотримання температурних графіків у багатоквартирних будинках із частковою заміною ОП є типовою і для її аналізу розроблено математичну модель та проведено розрахунки, які наведені далі.

#### Опис моделі.

Завданням математичного моделювання є оцінка проблем і наслідків точкової внутрішньобудинкової модернізації ОП та відхилення від проектних параметрів постачання теплоносія.

У математичній моделі розглядається стояк однострубною СО, який проходить крізь однакові житлові приміщення дванадцятиповерхового будинку. Ця модель дозволяє визначити температури теплоносія на вході та виході з ОП, тепловий потік від ОП та внутрішню температуру повітря в приміщеннях. Математична модель написана для стаціонарного стану без врахування сонячних теплонадходжень.

У рівнянні теплового балансу приміщень враховується тепловий потік від ОП і теплові втрати через зовнішні огороження. Система рівнянь теплового балансу: теплопередачі від ОП до повітря у кімнаті (1) та від кімнати назовні (2), теплового потоку від води до ОП (3), яка записана для 12 поверхів.

$$Q = Q_p \cdot \left[ \frac{t_n + t_{36} - t_{6H}}{70} \right]^{1,3} \quad (1-3)$$

$$Q = h \cdot (t_{6H} - t_{30вн})$$

$$Q = m \cdot c \cdot (t_n - t_{36})$$

де  $Q_p$  – номінальний тепловий потік ОП при  $\Delta t = 70^\circ\text{C}$ , кВт/м<sup>2</sup>;

$\Delta t = \frac{t_n + t_{36}}{2}$  – середня температура ОП, °C;

$t_n$  – температура теплоносія на вході в ОП, °C;

$t_{36}$  – температура теплоносія на виході з ОП, °C;

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

$t_{вн}$  – внутрішня температура повітря в приміщенні, °С.

$t_{зовн}$  – зовнішня температура повітря в приміщенні, °С;

$m$  – витрата теплоносія через стояк, кг/с;

$c = 4,183$  кДж/кг·°С – питома теплоємність теплоносія (води).

$h$  – приведений коефіцієнт теплової провідності огородження, визначається згідно з характеристикою огороджувальних конструкцій, наведених у табл. 2 та формулою (4) [13; 14].

$$h = h_{tr} + h_{vent}, \quad (4)$$

де  $h_{tr}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій, Вт/К;

$h_{vent}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К.

$$h_{tr} = \sum_{j=1}^m A_s \cdot \frac{1}{R_{se} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{is}} + U_w \cdot A_w, \quad (5)$$

де  $R_{is} = 0,17$  (м<sup>2</sup>·К) /Вт – тепловий внутрішній поверхневий опір [14];

$R_{se} = 0,043$  (м<sup>2</sup>·К) /Вт – тепловий зовнішній поверхневий опір [14];

$U_w = 2,94$  Вт/ (м<sup>2</sup>·К) – коефіцієнт теплопередачі світлопрозорого огородження [15];

$A_s, A_w$  – площі світлопрозорих та непрозорих огорожень відповідно;

$\delta$  – товщина  $i$ -го шару елементу непрозорої конструкції, м;

$\lambda$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару непрозорої конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$n$  – кількість шарів конструкції;

$i$  – порядковий номер шару конструкції;

$m$  – кількість зовнішніх непрозорих елементів огорожень через які втрачається тепло;

$j$  – порядковий номер зовнішніх непрозорих огорожень.

$$h_{vent} = 0,34 \cdot V \cdot n, \quad (6)$$

де  $V = 30,6$  м<sup>3</sup> – внутрішній об'єм приміщення,

$n = 1$  год<sup>-1</sup> – кратність повітрообміну.

Визначений при розрахункових умовах із рівняння (2) тепловий потік дозволяє визначити номінальний тепловий потік ОП  $Q_p$  при стандартному температурному напорі ОП 70°С як характеристику опалювального приладу для кожного поверху.

Для розрахункових умов задається: температура розрахункового зовнішнього повітря  $t_{p.o} = -22$ °С, температура повітря в приміщенні  $t_{вн}^{проект} = 18$ °С, температура на вході і виході зі стояка. По цих даних розраховується перепад температур у кожному опалювальному приладі, витрата води через стояк і номінальний тепловий потік ОП.

### Результати розрахунків.

За допомогою системи рівнянь (1–3) визначено зміну температур у кожному ОП, теплові потоки від радіаторів, а також температуру внутрішнього повітря в приміщеннях для 12 поверхів при різних відхиленнях в умовах експлуатації, які відповідають їхнім фактичним значенням.

Розрахунки проведено для даних, представлених у табл. 3. Витрата води через стояк 0,106 кг/с відповідає проектним умовам, а 0,084 кг/с – фактичним. При температурі зовнішнього повітря відповідно -18°С та 0°С температура подачі теплоносія в стояк: 85 °С та 58,5 °С відповідає проектному температурному графіку СО (рис. 1); 72,7 °С та 54,1 °С – температурному графіку теплових мереж; 68,8 °С та 50,9 °С – фактичному температурному графіку з урахуванням охолодження води в подавальному трубопроводі від теплопункту.

## Вихідні дані для розрахунків

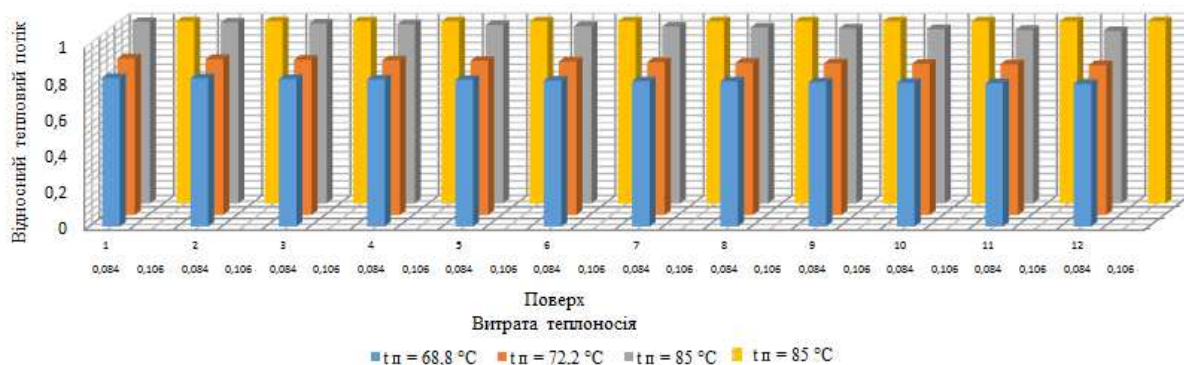
Температура зовнішнього повітря $t_{зовн}$ , °C	Витрата теплоносія через стояк $m$ , кг/с	Температура подачі теплоносія у стояк $t_n$ , °C
-18	0,106	85
	0,084	85
		72,7
		68,8
0	0,106	58,5
	0,084	58,5
		54,1
		50,9

Результати розрахунків теплових потоків у приміщеннях, наведені у відносних одиницях щодо  $Q_p = 0,740$  кВт, що відповідає розрахунковим даним, наведено на рис. 2.

Відносне значення проектного теплового потоку від ОП при  $t_{зовн} = -18$  °C становить 0,88. При проектній температурі подачі та фактичному зменшенні витраті теплоносія на 19 % тепловий потік від ОП зменшується від 12 до 1 поверху і знаходиться в межах від 0,885 до 0,846 (рис. 2, а). За умови теплопостачання за графіком, що декларує ПАТ «Київенерго» (рис. 1, крива 3) цей потік при фактичній витраті змінюється в діапазоні  $0,763 \div 0,735$ . При фактичних витраті та температурі теплоносія, що враховують втрати в подавальному трубопроводі  $0,724 - 0,7$ .

Таким чином, експлуатація при недотриманні проектних умов може призводити до зменшення теплового потоку від 18 % на 12-му поверсі до 21 % – на 1-му.

Для середніх температур опалювального сезону відносне значення проектного теплового потоку збільшується до 5 % на 1-му поверсі в порівнянні з 12-м (рис. 2, б). Зменшення витрати теплоносія до фактичного значення призводить до зменшення теплового потоку на нижніх поверхах, що сягає до 5 % на 1-му поверсі. Зменшення температури подачі теплоносія в стояк відповідно до графіку ПАТ «Київенерго» призводить до зменшення теплового потоку на 12-му поверсі на 10 %, на 1-му поверсі – 13 %. При фактичних витраті та температурі теплоносія, тепловий потік зменшується на 15 % на 12-му поверсі, і майже на 19 % – на 1-му. В розглянутому діапазоні недотримання умов подачі теплоносія зменшення витрати призводить до зменшення теплового потоку до 5 %, а зменшення температури подачі теплоносія – у середньому на 17 %.

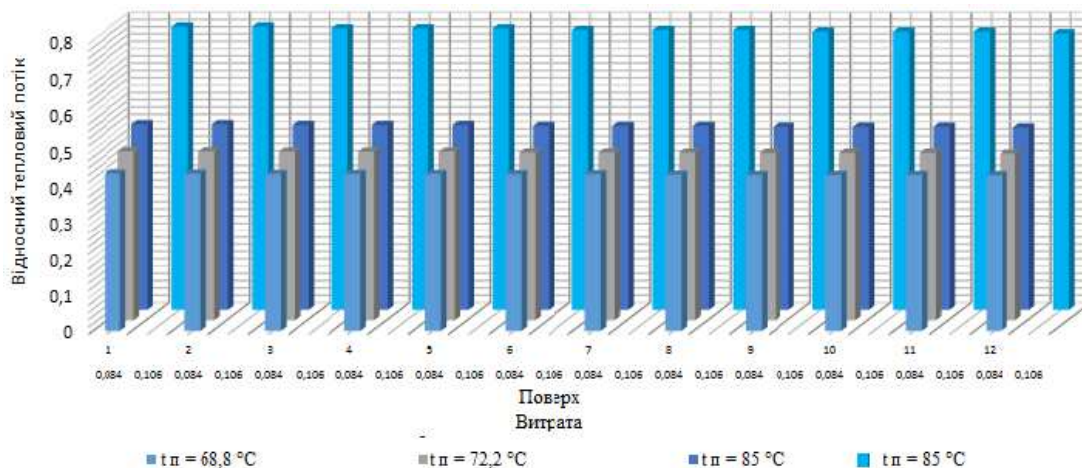


а

Рис. 2. Відносні теплові потоки ОП, розташовані на різних поверхах залежно від витрати і температури подачі теплоносія:

а – при зовнішній температурі повітря  $-18$  °C;

б – при зовнішній температурі повітря  $0$  °C



б

Рис. 2. Аркуш 2

Були також проведені розрахунки для витрати теплоносія, зменшеної відносно проектної в 1,5 раза (0,05 кг/с). Для прийнятих вище змін температури подачі відхилення теплових потоків ОП при тій же самій тенденції може становити від 25 до 40 % відповідно на верхньому та нижньому поверхах.

Аналогічний аналіз проводився для температур у приміщеннях. Згідно з рівнянням (2) є зв'язок між зміною теплового потоку та температури в приміщенні (7).

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{t_{вн} - t_{зовн}}{t_{вн}^{проект} - t_{р.о.}}, \tag{7}$$

де  $t_{вн}^{проект} = 18^\circ\text{C}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщенні.

Таким чином, зменшення теплового потоку призводить до зменшення температури повітря в приміщенні, а саме: при  $t_{зовн} = 0^\circ\text{C}$  зменшення теплового потоку на 20 % призводить до зменшення  $t_{вн}$  на  $4^\circ\text{C}$ , а при  $t_{зовн} = -18^\circ\text{C}$  – на  $6^\circ\text{C}$ .

Тому загалом характер залежності зміни внутрішньої температури від відхилення опалення відносно проектних умов аналогічний залежності теплового потоку (рис. 2).

Для аналізу тенденції впливу зміни мешканцями існуючих ОП на більш потужні, аналогічний розрахунок проведено для двох варіантів збільшення потужності ОП на 30 %: з 9-го по 4-й поверхи і на всіх поверхах (рис. 3) для фактичних вихідних параметрів подачі води в СО.

На рис. 3, а наведено результати моделювання при  $m = 0,084$  кг/с,  $t_n = 68,8^\circ\text{C}$ ,  $t_{зовн} = 0^\circ\text{C}$ . Збільшення потужності ОП на 30 % з 9-го по 4-й поверхи призводить до збільшення теплового потоку та температури повітря в приміщеннях на 16 та 13 %, відповідно, а для нижніх поверхів (1–3) – це призвело до зменшення теплового потоку ОП і температури повітря в приміщеннях на 2,5 %. При збільшенні потужності ОП на 30 % на всіх поверхах тепловий потік та температура повітря в приміщеннях збільшилися від 16 % на 12-му поверсі до 9 % – на 1-му поверсі.

Аналогічні розрахунки було проведено для зовнішньої температури  $t_{зовн} = -18^\circ\text{C}$  (рис. 3, б). Для фактичних умов різниця температур повітря в приміщеннях на першому та 12-му поверхах становить  $5^\circ\text{C}$ . Збільшення потужності ОП на 30 % з 9-го по 4-й поверхи призводить до збільшення теплового потоку та температури повітря в приміщеннях на 40 та 35 % відповідно, а для нижніх поверхів (1–3) – це призвело до зменшення теплового потоку ОП і температури повітря в приміщеннях на 11 %. При збільшенні потужності ОП на 30 % на всіх поверхах тепловий потік та температура повітря в

приміщеннях збільшилися від 38,5 % на 12-му поверсі до 26 % – на 1 поверсі. Збільшення потужності ОП на поверхах з 9-го по 4-й в порівнянні із заміною ОП на всіх поверхах давало для поверхів 4-9 ефект більший на 4 %.

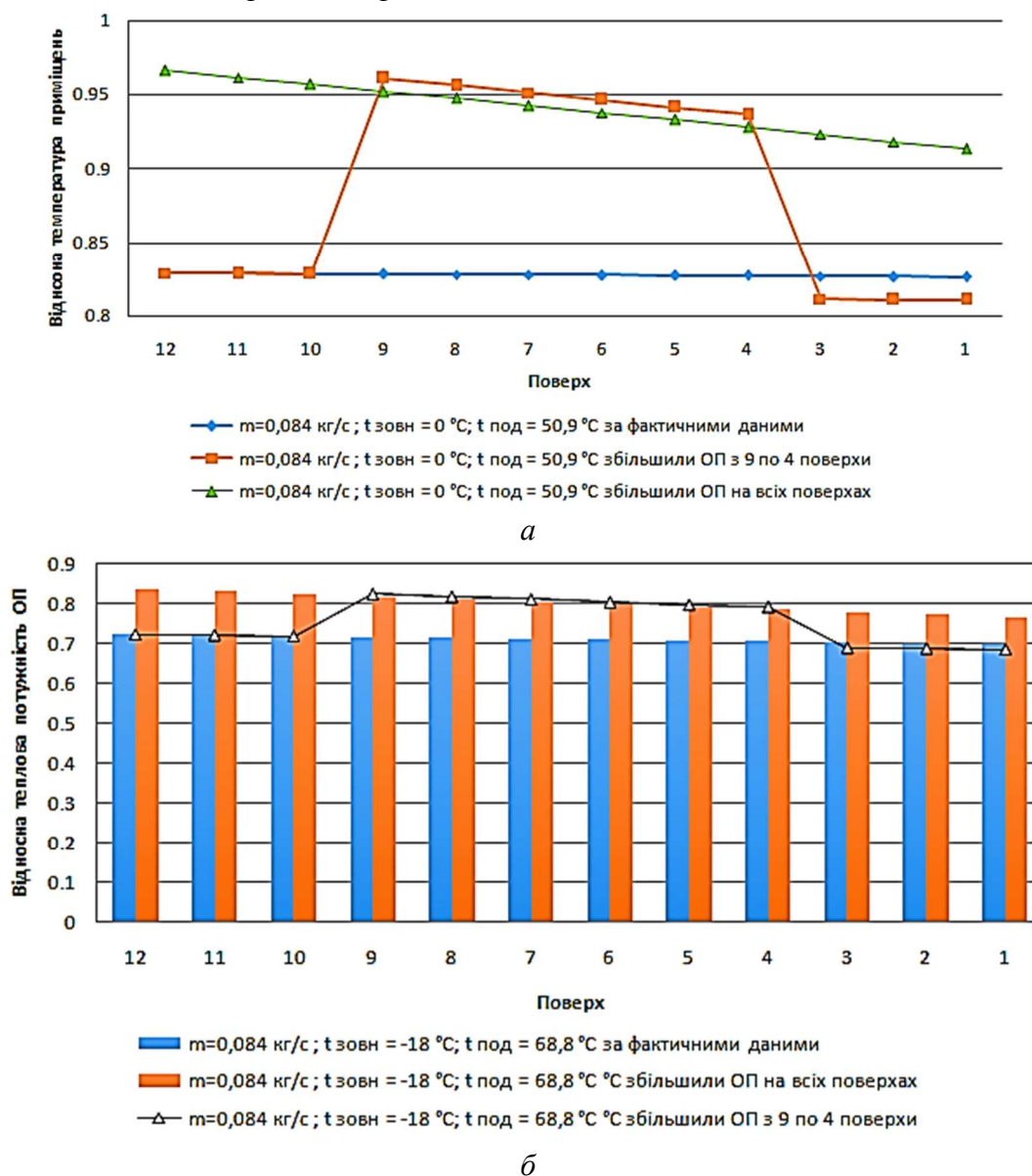


Рис. 3. Відносна температура повітря в приміщенні (а) та теплова потужність ОП (б) при зміні потужності ОП

**Висновки відповідно до статті.** Для умов централізованого теплопостачання в Україні типовим є недотримання температурного графіка подачі теплоносія, який відповідає проектним вимогам, і забезпечення дотримання умов комфортності мешканцями індивідуально, без урахування системних зв'язків у системі центрального опалення будівлі.

Враховуючи це, в роботі проведено аналіз показників роботи однотрубної проточної системи опалення та дотримання умов комфортності при експлуатації типової багатоквартирної 12-поверхової будівлі.

На основі енергоаудиту будівлі виявлено відхилення фактичного температурного графіка та зменшення витрати теплоносія від проектної майже в 1,2 раза, а також індивідуальні заміни приладів опалення.



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Для системного аналізу цих впливів за різних умов експлуатації в програмному середовищі Mathcad розроблено математичну модель для визначення теплового стану приміщень будівлі на прикладі одного стояка.

Визначено відхилення теплового потоку СО та різниці температур між внутрішнім та зовнішнім середовищем від проектних при  $t_{зовн} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  та  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , яке в середньому становить близько 20 та 17 % відповідно.

Збільшення потужності приладів опалення на 30 % на середніх шести поверхах призводить до збільшення теплового потоку на цих поверхах на 15 %, і зменшенню на 2,5 % – на нижніх при  $t_{зовн} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для холодного періоду ці відмінності можуть сягати відповідно 30-40 та 11 %.

Збільшення потужності приладів опалення на 30% на всіх поверхах може призвести до забезпечення вищого рівня умов комфортності (у середньому 95 %). Для середніх зовнішніх умов це призводить до різниці температур повітря в приміщеннях на першому та 12-му поверсі на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при  $t_{зовн} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  – на  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для компенсації цих ефектів потрібно збільшувати витрату теплоносія за рахунок центрального регулювання системи опалення.

У подальшому для аналізу впливу точкової індивідуальної модернізації заплановано дослідити додатковий вплив від точкової термосанації огорожень.

### Список використаних джерел

1. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. [Чинні від 2017–05–01]. Київ: Українбудінформ, 2016. 33 с. (Державні будівельні норми України)
2. Марущак У. Д., Саницький М. А., Гоц В. В., Федунь Ю. Б. Техніко-економічні показники низькоенергетичних будинків. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*. 2013. № 755. С. 262–267. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTRB\\_2013\\_755\\_49](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTRB_2013_755_49).
3. Офіційний сайт Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. URL: <http://minregion.gov.ua>.
4. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII.
5. Про особливості здійснення права власності у багатоквартирних будинках: Закон України від 14.05.2015 № 417-VIII.
6. Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання: Закон України від 22.06.2017 № 2119-VIII.
7. Про Фонд енергоефективності: Закон України від 08.06.2017 № 2095-VIII.
8. ДСТУ ISO 50001:2014. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT).
9. ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT). Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення.
10. Офіційний сайт ДАЕЕ (Держенергоефективності). URL: <http://sae.gov.ua>.
11. Боженко М. Ф., Сало В. П. Джерела тепlopостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. Київ: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2004. 192 с.
12. Офіційний сайт Департаменту житлово-комунальної інфраструктури. URL: <https://dzki.kyivcity.gov.ua>.
13. EN 12831:2003. Heating system in buildings – Method for calculation of the design heatload. CEN. European Committee for Standardization. 2003.
14. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 2015.01.01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.
15. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [На заміну СНиП II-3-79; чинний від 2007.04.01]. Київ: Мінбуд України, 2006. 64 с.

### References

1. Teplova izoliatsiia budivel [Thermal insulation of buildings]. (2016): *DBN V.2.6–31:2016 from 01.05.2017*. Kyiv: Ukrainbudinform [in Ukrainian].

2. Marushchak U. D., Sanytskyi M. A., Hots V. V., Fedun Yu. B. (2013). Tekhniko-ekonomichni pokaznyky nyzkoenerhetychnykh budynkiv [Feasibility and economic indicators of low-energy buildings]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnikha». Teoriia i praktyka budivnytstva – Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". The theory and practice of construction*, 755, 262–267. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB\\_2013\\_755\\_49](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_49).
3. Ofitsiynyi sait Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy [Official site of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine]. Retrieved from <http://minregion.gov.ua>.
4. Pro enerhetychnu efektyvnist budivel [On the energy efficiency of buildings]. № 2118-VIII (on 22.06.2017).
5. Pro osoblyvosti zdiisnennia prava vlasnosti u bahatokvartyrnykh budynkakh [On peculiarities of realization of the property right in multi-apartment buildings]. № 417-VIII (on 14.05.2015).
6. Pro komertsiiynyi oblik teplovoi enerhii ta vodopostachannia [On commercial accounting of thermal energy and water supply]. № 2119-VIII (on 22.06.2017).
7. Pro Fond enerhoefektyvnosti [About the Energy Efficiency Foundation]. № 2095-VIII (on 08.06.2017).
8. Enerhozberezhennia. Systemy enerhetychnoho menedzhmentu. Vymohy ta nastanova shchodo vykorystannia [Energy Saving. Energy management systems. Requirements and usage guidelines]. *DSTU ISO 50001:2014 (ISO 50001:2011, IDT)*.
9. Enerhetychni audyty. Vymohy ta nastanova shchodo yikh provedennia [Energy audits. Requirements and guidance for their conduct]. *DSTU ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT)*.
10. Ofitsiynyi sait DAEE (Derzhenerhoefektyvnosti) [SAEE Official Website (State Energy Efficiency)]. Retrieved from <http://sae.gov.ua>.
11. Bozhenko, M. F., Salo, V. P. (2004). *Dzherela teplopostachannia ta spozhyvachi teploty [Sources of heat supply and consumers of heat]*. Kyiv: IVTs «Vydavnytstvo ‘Politekhnikha» [in Ukrainian].
12. Ofitsiynyi sait Departamenta zhytlovo-komunalnoi infrastruktury [Official site of the Department of Housing and Communal Infrastructure]. Retrieved from <https://dzki.kyivcity.gov.ua>.
13. EN 12831:2003. Heating system in buildings – Method for calculation of the design heatload. CEN. European Committee for Standardization. 2003.
14. Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply [Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii, osvitlenni ta hariachomu vodopostachanni]. (2016). *DSTU B A.2.2-12:2015 from 01.01.2015*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
15. Structures of buildings and structures. Thermal insulation of buildings [Konstruktsii budynkiv ta sporud. Teplova izoliatsiia budivel]. (2006). *DBN V.2.6-31:2006 from 2007.04.01*. Kyiv: Minbud Ukrainy [in Ukrainian].

UDC 697.1

*Valerii Deshko, Inna Bilous, Oleksandra Maksymenko*

## MODERN PROBLEMS OF THE HEATING SYSTEM OF MULTI-APARTMENT BUILDINGS

**Urgency of the research.** *The current state of multi-apartment residential buildings, built before the end of the 1990s, requires full or partial modernization and a significant increase in energy efficiency. In addition to energy saving measures, which are actively being implemented both for the house as a whole, as well as for individual apartment owners, there is a problem with the distribution of heat between the apartments by the district heating systems.*

**Target setting.** *For district heating conditions in Ukraine typical non-compliance with the temperature schedule of the supply of heat carrier, which meets the design requirements, and attempts to provide conditions of comfort residents individually, without taking into account the system connections in the central heating of the building. Proceeding from this, in the work the analysis of the performance of one-pipe flow system of heating and compliance with the conditions of comfort during operation of a typical multi-apartment 12-storey building has been carried out.*

**Actual scientific researches and issues analysis.** *Taking into account that in order to increase the level of energy efficiency of residential buildings, considerable attention is paid to the issues of thermal sensing, the issue of heat distribution in the engineering networks of the building remains insufficiently highlighted and analyzed.*

**Uninvestigated parts of general matters defining.** *Failure to comply with temperature charts of heating systems in multi-apartment buildings with partial replacement of heating devices.*

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

**The research objective.** Determination of deviations in the conditions of operation of the heating system of buildings and the creation of a mathematical model of calculation, which allows to determine and analyze the thermal condition of the premises multi-apartment buildings.

**The statement of basic materials.** The purpose of this work is to analyze the performance of the system of one-pipe flow-through heating system and adherence to the comfort conditions of typical multi-apartment houses.

**Conclusions.** In the work the analysis of performance of one-pipe flow-through heating system and observance of comfort conditions during operation of a typical multi-apartment building is carried out. For a systematic analysis of these effects under different operating conditions, Mathcad developed a mathematical model for determining the thermal condition of a building's premises on the example of one riser.

**Keywords:** thermal load; heat carrier flow; apartment buildings; point modernization; comfort conditions; heating system.  
*Fig.: 5. Table: 3. References: 15.*

**Дешко Валерій Іванович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження, КПІ ім. Ігоря Сікорського (вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 05056, Україна).

**Deshko Valerii** – Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Department of Heat Engineering and Energy Saving, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (115 Borschahivska Str., 05056 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** te@kpi.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8218-3933>

**Scopus Author ID:** 6506189670

**Білоус Інна Юрївна** – асистент кафедри теплотехніки та енергозбереження. КПІ ім. Ігоря Сікорського (вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 05056, Україна).

**Bilous Inna** – assistant of the Department of Heat Engineering and Energy Saving, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (115 Borschahivska Str., 05056 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** biloys\_inna@ukr.net

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6640-103X>

**Scopus Author ID:** 57194104035

**ResearcherID:** J-7070-2017

**Максименко Олександра Едуардівна** – аспірант кафедри теплотехніки та енергозбереження КПІ ім. Ігоря Сікорського, (вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 05056, Україна).

**Maksimenko Aleksandra** – PhD student of the Department of Heat Engineering and Energy Saving NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (115 Borschahivska Str., 05056 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** aleksalekonceva94@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4099-2772>