
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА (144)

УДК 697.347

**ОСНОВНІ ПОМИЛКИ ПІД ЧАС РЕМОНТУ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ**

Д-р техн. наук І. О. Редько, кандидати техн. наук О. В. Гвоздецький, Ю. І. Чайка,
аспірант В. Ю. Заїка

**MAIN ERRORS DURING THE REPAIR OF EXISTING CENTRALIZED HEATING
SYSTEMS OF THE HOUSING FUND**

Dr. Sc. (Tech.) I. Redko, PhD (Tech.) O. Gvozdeckiy, PhD (Tech.) Y. Chayka,
postgraduate student V. Y. Zaika

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.203.2023.277951>



***Анотація.** У статті розглянуто основні помилки при проведенні ремонту, що проводиться не централізовано, а за рахунок власника квартири, існуючих систем опалення житлового фонду забудови з середини по кінець ХХ століття, виконаних зі сталевих трубопроводів, як нагрівальні прилади встановлені чавунні радіатори або сталеві конвектори. Такі системи опалення мають як фізичний, так і моральний знос. Розглянуто питання відмінності понять ремонту і реконструкції; наслідки заміни сталевих трубопроводів на неметалеві; нагрівальних приладів на інші типи, з іншою тепловою потужністю; зміни конфігурації системи опалення; реконструкції однотрубних нерегульованих систем опалення в однотрубні регульовані з установленням радіаторних клапанів і термостатичних елементів.*

***Ключові слова:** ремонт, реконструкція, опалення, теплове навантаження, нагрівальні прилади, трубопроводи, радіаторні клапани.*

***Abstract.** The article examines the main mistakes in the repair, which is not carried out centrally, but at the expense of the owner of the apartment, of the existing heating systems of the housing stock of buildings from the middle to the end of the twentieth century. The heating systems in these residential buildings are central, single-pipe (with upper or lower wiring), not adjustable, made of steel pipelines, either cast-iron radiators or steel "Accord" ("Comfort") convectors are installed as heating devices. Connection schemes of heating systems to heat networks are dependent. A decrease in the temperature of the heat carrier for the heating system of the residential part is provided with the help of an elevator unit. These systems have no regulation, neither local nor individual. These heating systems have both physical and moral wear and tear. Modern heating systems, which belong to the construction of the twenty-first century, are centralized or decentralized two-pipe heating systems, which are made of non-metallic pipelines, and bimetallic radiators or steel panel radiators are installed as heating devices. As a rule, these heating systems have both local and individual regulation. The article examines the difference between the concepts of repair and reconstruction; the consequences of changing steel pipelines to non-metallic ones; errors when choosing the type of pipes; replacement of existing heating devices with other types, with a different heat capacity; changes in the configuration of the heating system, additional installation of heating devices, creation of a heating system "Heat floor" in the apartment; reconstruction of one-pipe*

unregulated heating systems into one-pipe regulated ones with the installation of radiator valves and thermostatic elements. In addition, the concepts of heating, heat capacity, heat load, types of regulation of heat supply systems are considered. The main conclusion is that any work related to the reconstruction of the heating system of the apartment leads to an imbalance of the hydraulic and thermal regime of the indoor heating system of the residential building and must be carried out with the knowledge of the balance keeper of the residential building, in accordance with the technical conditions of the heat supply organization and on the basis project solutions.

Keywords: repair, reconstruction, heating, heat load, heating devices, pipelines, radiator valves.

Вступ. Більшість споживачів теплової енергії в місті Харкові мають централізовані системи теплопостачання. Джерелом теплопостачання є теплоелектроцентралі (ТЕЦ), районні, квартальні або групові котельні. Теплова енергія, вироблювана джерелом теплопостачання, йде на потреби систем опалення, гарячого водопостачання та вентиляції. Для житлового фонду існує фактично два теплових навантаження: системи опалення, або тепловий потік системи опалення, і системи гарячого водопостачання.

За роботою [1], опалення – це штучне нагрівання приміщення в опалювальний період року для компенсації теплових втрат і підтримання нормативної температури з середньою незабезпеченістю 50 год/р.

За роботою [2], тепловий потік – фізична величина, яка визначає кількість теплоти, що проходить через ізотермічну поверхню за одиницю часу, спрямована в напрямку, протилежному градієнту температури, або є похідною за часом від кількості тепла, що проходить через таку поверхню.

За приєднанням систем опалення до джерела теплопостачання їх поділяють на централізовані та децентралізовані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основна забудова житлового фонду Харкова належить до забудови другої половини ХХ століття. Системи опалення в таких житлових будинках – централізовані, однотрубні (з верхньою або нижньою розводкою), нерегульовані, виконані зі сталевих трубопроводів, як нагрівальні прилади встановлені або чавунні радіатори,

або конвектори «Акорд» («Комфорт»). Схеми приєднання систем опалення до теплових мереж – залежні. Змішування передбачалося за допомогою елеваторного вузла. Такі системи не мають регулювання ані місцевого, ані індивідуального.

Сучасні системи опалення, що належать до забудови ХХІ століття, – централізовані або децентралізовані двотрубні системи опалення, виконані з неметалевих трубопроводів, як нагрівальні прилади встановлено біметалеві радіатори або сталеві панельні радіатори (останні, за роботою [3], встановлюються в децентралізованих системах опалення або централізованих системах опалення при незалежному приєднанні систем опалення до теплових мереж). Як правило, такі системи опалення мають як місцеве, так і індивідуальне регулювання.

Згідно з роботами [4-7] розглядається реконструкція однотрубних нерегульованих систем опалення в однотрубні або двотрубні регульовані системи опалення, що дає змогу знизити витрати теплової енергії в системі опалення.

Визначення мети та завдання дослідження. В існуючих роботах розглядаються технічні та економічні можливості реконструкції централізованих систем опалення з нерегульованих у регульовані. Але не висвітлено типові помилки при здійсненні ремонту або реконструкції систем централізованого опалення. Однак це важливе питання, особливо якщо стосується не централізованої реконструкції всієї системи опалення в цілому, а лише ремонту чи

реконструкції, що проводиться в одній квартирі чи групі квартир.

Авторами були зібрані дані про основні помилки при проведенні ремонту (реконструкції) власником квартири. Проведено аналіз можливих наслідків і надано висновки.

Основна частина дослідження. За параметрами та витратами теплоносія розрізняють [8, 12]:

- якісне регулювання (за температурою теплоносія, температурним графіком або опалювальним, або опалювально-побутовим);

- кількісне регулювання (за витратами теплоносія);

- якісне-кількісне регулювання (одночасне за температурою та витратами теплоносія).

У системах централізованого тепlopостачання міста Харкова прийнято якісне регулювання, тобто при такому регулюванні витрати теплоносія в тепловій мережі є постійною величиною.

Кількість теплової енергії Q_0 , кВт, що подається в систему опалення, визначається за формулою

$$Q_0 = c \cdot G \cdot (r_1 - r_2), \quad (1)$$

де c – питома теплоємність води, $c = 4,187$ кДж/(кг·°С);

G – витрати теплоносія, кг/с;

r_1 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі, °С;

r_2 – температура теплоносія у зворотному трубопроводі, °С.

Для гідравлічного ув'язування теплових мереж передбачають обмеження максимальних розрахункових витрат теплоносія. Робиться це для можливості рівномірного розподілу теплової енергії між споживачами відповідно до їхніх максимальних навантажень систем опалення. Як обмежувальні пристрої в житлових будинках сучасної забудови передбачають встановлення автоматичних і

ручних регулюючих пристроїв, до яких відносять клапани регуляторів перепаду тиску, регуляторів теплового потоку, балансувальні клапани тощо. Автоматичне регулювання дає змогу змінювати витрати теплоносія, що надходить до системи опалення, залежно від змін параметрів теплової мережі. Ручне регулювання такої можливості не має. Що стосується забудови другої половини ХХ століття, то на існуючих вузлах управління системою опалення обмеження розрахункових витрат теплоносія відбувається за рахунок встановлених сопел елеватора або дросельних шайб (за умови, що в житловому будинку не проводилася модернізація обладнання теплового пункту). Природно, що в цьому випадку неможливе збільшення або зменшення витрат теплоносія при заданих параметрах теплової мережі (перепаду тиску).

У статті розглянуто основні помилки при проведенні ремонтів систем опалення у квартирах, здійснюваних не централізовано, а безпосередньо власником квартири. Крім того, у статті розглядається житлова забудова другої половини ХХ століття, обладнана однотрубними, вертикальними, нерегульованими системами опалення, виконана зі сталевих трубопроводів, як нагрівальні прилади встановлено чавунні радіатори або конвектори. Такі системи опалення мають моральний і фізичний знос. Кількість помилок при ремонті систем опалення дуже велика, але розглянемо тільки основні, які найчастіше трапляються.

Помилка 1. Різниця між ремонтом і реконструкцією.

Багато власників квартир не розуміють різницю між ремонтом і реконструкцією. Визначення ремонту (капітальний ремонт) і реконструкції наведено в роботі [9].

Капітальний ремонт – сукупність робіт на об'єкті будівництва, введеному в експлуатацію в установленому порядку, без зміни його геометричних розмірів і функціонального призначення, що передбачають втручання в несучі та

огороджувальні системи при заміні або відновленні конструкцій чи інженерних систем та обладнання у зв'язку з їхньою фізичною зношеністю і руйнуванням, поліпшення його експлуатаційних показників, а також благоустрій території.

Реконструкція – перебудова введеного в експлуатацію в установленому порядку об'єкта будівництва, що передбачає зміну його геометричних розмірів і/або функціонального призначення, внаслідок чого відбувається зміна основних техніко-економічних показників (кількість продукції, потужність тощо), забезпечується удосконалення виробництва, підвищення його техніко-економічного рівня та якості продукції, що виготовляється, поліпшення умов експлуатації та якості послуг. Реконструкція передбачає повне або часткове збереження елементів несучих і огороджувальних конструкцій.

Для систем опалення ремонт – це заміна існуючої системи без зміни конфігурації системи в тих самих діаметрах трубопроводів, з того самого матеріалу, з установленням таких самих нагрівальних приладів, тобто заміна існуючих сталевих трубопроводів на такі самі сталеві трубопроводи такого самого діаметру, тільки нові. Заміна нагрівальних приладів на такі самі, чавунні радіатори на чавунні радіатори з такою самою тепловою потужністю однієї секції (без збільшення або зменшення їхньої кількості), конвектора на конвектор того самого типу без збільшення або зменшення їхнього розміру та конфігурації. Якщо власник квартири змінює матеріал трубопроводів або їхній діаметр, тип нагрівальних приладів, місця розташування нагрівальних приладів, додає їх або прибирає, – це вже реконструкція.

Для проведення реконструкції на діючих об'єктах споживач повинен подати заявку в теплопостачальну організацію на отримання технічних умов [10].

Будь-яка реконструкція веде до зміни роботи системи опалення, гідравлічної або теплової. Як результат, ми отримуємо розрегульовану систему опалення, де відбувається нерівномірний розподіл теплової енергії між квартирами, поверхами або стояками системи опалення.

Помилка 2. Заміна сталевих трубопроводів на неметалеві та правильний вибір їхнього діаметра.

При заміні сталевих трубопроводів на неметалеві в основному використовують поліпропіленові труби того або іншого виробника. Зазвичай вважають, якщо сталевий стояк має діаметр умовного проходу 20 мм, то його необхідно замінювати на поліпропіленовий з зовнішнім діаметром 25 мм. Але сталева труба, за роботою [11], маркується за діаметром умовного проходу, а поліпропіленова за зовнішнім діаметром. Сталева труба діаметром умовного проходу 20 мм має зовнішній діаметр 26,8 мм, товщина стінки труби (звичайної) 2,8 мм, тобто внутрішній діаметр складає 21,2 мм. Якщо розглядати поліпропіленову трубу з зовнішнім діаметром 25 мм, то в неї товщина стінки складає 3,5 мм, відповідно внутрішній діаметр 18 мм. Природно, що поліпропіленові труби мають менші гідравлічні опори, ніж сталеві, за рахунок меншого ступеня шорсткості стінок, проте завуження діаметра все одно призводить до збільшення втрат тиску.

Як приклад розглянемо заміну сталевого стояка діаметром умовного проходу 20 мм на поліпропіленовий з зовнішнім діаметром 25 мм, витрати теплоносія 0,1 кг/с, температура теплоносія 80 °С (табл. 1).

Як результат, питомі втрати тиску збільшуються на 26 %, що призведе до збільшення гідравлічного опору і зменшення кількості теплоносія і тепла, що потрапить до споживача, а це впливає на гідравлічний режим роботи системи опалення.

Таблиця 1

Дані швидкості та питомих втрат тиску сталевую та поліпропіленовою трубою

Труба	Внутрішній діаметр, мм	Витрати теплоносія, кг/с	Температура теплоносія, °С	Швидкість теплоносія, м/с	Питомі втрати тиску, Па/м
Сталева	21,2	0,1	80	0,28	82,2
Поліпропіленова	18			0,4	111

Помилка 3. Вибір типу поліпропіленових труб.

При заміні сталевих труб на неметалеві, як вище було вказано, в основному використовують поліпропіленові труби. За каталогом поліпропіленових труб фірми Wawin Ekoplastik [13], у системах централізованого опалення можуть бути використані труби з таким маркуванням: Stabi Plus S3/SDR7,4/Pn28 або Fiber Basalt Plus S3/SDR7,4/Pn28. Останній тип труб легший у монтажі, тому багато монтажників вибирають цей тип труб. Однак він армований шаром базальтового волокна, а не шаром алюмінію, як труби з маркуванням Stabi Plus. Армування шаром алюмінію не допускає дифузії кисню з атмосферного повітря в теплоносій через стінку трубопроводу внаслідок градієнта концентрацій. Тому в централізованих системах опалення мають бути використані поліпропіленові труби з маркуванням Stabi Plus S3/SDR7,4/Pn28.

Помилка 4. Заміна нагрівальних приладів зі зміною їхнього типу.

В існуючих системах опалення другої половини XX століття в основному встановлювалися чавунні радіатори М-140 або конвектори «Акорд», «Комфорт».

Власники квартир при заміні нагрівальних приладів найчастіше використовують біметалеві радіатори або сталеві панельні радіатори того чи іншого виробника. Щодо останніх, то, за роботою [3], їх встановлення заборонено в централізованих системах опалення при залежному підключенні систем опалення до теплових мереж. У зв'язку з тим, що ми розглядаємо житлові будинки того періоду забудови, підключені за допомогою елеваторних вузлів, можна зробити висновок, що їх розглядати як заміну не можна.

При заміні нагрівальних приладів ніхто не звертає увагу, що нові нагрівальні прилади повинні мати таку саму теплову потужність, як і раніше встановлені. У кращому випадку, якщо встановлений 10-секційний чавунний радіатор, його змінюють на 10-секційний біметалевий. Однак теплова потужність однієї секції при однаковому температурному напорі чавунного та біметалевого радіатора різні. Крім того, залежно від виробника геометричних розмірів, оребрення секції біметалевого радіатора тепловіддача різна. Порівняльні дані секцій нагрівальних приладів наведено в табл. 2. Технічні характеристики наведені відповідно до робіт [14-18].

Таблиця 2

Технічні дані однієї секції нагрівального приладу при температурному напорі 70 °С

Тип, марка	Матеріал	Розміри секції висота/ширина/глибина, мм	Теплова потужність однієї секції, кВт
М-140-500	Чавун	578/108/140	0,16
Mirado 500	Біметал	554/80/96	0,202
Альтермо 7	Біметал	556/80/96	0,185
KOER KR.100Bi-500	Біметал	560/80/96	0,238
KOER KR.120Bi-500 MAXI	Біметал	564/80/120	0,465

Якщо в кімнаті квартири встановлено 10 секцій чавунного радіатора сумарною тепловою потужністю 1,6 кВт при температурному напорі 70 °С, то при заміні їх на біметалеві радіатори фірми KOER тип KR.100Bi-500 слід встановити сім секцій. При встановленні 10 секцій такого типу нагрівального приладу ми отримуємо теплову потужність 2,38 кВт, тобто на 33 % більше, ніж необхідно.

Слід зазначити, що за відсутності індивідуального (приладового) регулювання збільшення тепловіддачі нагрівального приладу в одній квартирі призводить до зменшення тепловіддачі в іншій, тобто в сусідів. Як зазначалося раніше, на абонентських вводах встановлено обмежувальні пристрої максимальних розрахункових витрат теплоносія, тобто теплової енергії, відповідно збільшення кількості тепла від джерела теплопостачання (теплових мереж) ми не отримуємо, і збільшення тепловіддачі нагрівальних приладів в одній квартирі веде до зменшення кількості тепла в сусідів.

Помилка 5. Збільшення або зменшення площі нагрівання нагрівальних приладів без зміни сумарного теплового навантаження в кімнаті.

Це питання стосується переважно торцевих кімнат, якими проходять два стояки системи опалення. Багато власників квартир з естетичних міркувань додають або зменшують нагрівальні прилади, тобто з одного стояка прибирають і переносять їх на інший. При цьому загальна кількість секцій (якщо встановлені чавунні радіатори) у кімнаті не змінилася.

Однак якщо прибрати нагрівальний прилад (або частину секцій), ми розвантажуюмо стояк системи опалення, тобто зменшуємо гідравлічні опори. І навпаки, при додаванні секцій ми вносимо додаткові гідравлічні опори, як наслідок, отримуємо розрегулювання по стояках. Фактично стояк, що був додатково завантажений, вже працювати нормально не буде.

Помилка 6. Зміна конфігурації системи опалення.

Деякі власники квартир виводять додаткові нагрівальні прилади на застелену лоджію. Однак треба розуміти, що це призводить не тільки до гідравлічного розрегулювання системи опалення, але також і теплового. У зв'язку зі збільшенням площі нагрівання в одній квартирі інша квартира цього тепла недоотримує, тому що, як було вказано раніше, кількість теплової енергії, що подається від джерела теплопостачання (теплових мереж) до житлового будинку, обмежена за допомогою обмежувальних пристроїв.

Ще гірше, коли власники квартир підключають до стояка системи централізованого опалення систему «тепла підлога» у себе в квартирі. Така система переважно виконана з труб невеликого діаметра у вигляді змійовика або равлика. У цьому випадку вносяться великі додаткові гідравлічні опори, і стояк системи опалення фактично не працює, не кажучи вже про те, що система «тепла підлога» має працювати на теплоносії з низьким температурним потенціалом.

Помилка 7. Переробка однотрубної, вертикальної, нерегульованої системи опалення (рис. 1) в однотрубну, вертикальну, регульовану (рис. 2) і встановлення радіаторних клапанів.

При заміні стояків і нагрівальних приладів у своїй квартирі деякі власники передбачають замикальні ділянки на стояках, що дає змогу передбачати індивідуальне (приладове) регулювання. Такий підхід дає змогу встановити радіаторні клапани з термостатичними елементами на нагрівальних приладах.

Однак при виборі радіаторних клапанів більшість не звертають уваги, що вони бувають для двотрубних та однотрубних систем опалення. Радіаторні клапани для двотрубних систем опалення мають менше значення умовної пропускної спроможності і відповідно збільшені гідравлічні опори, що призводитиме до того,

що до нагрівального приладу надходитиме менші витрати теплоносія, ніж необхідні, і відповідно зменшується теплова потужність нагрівального приладу. Дані з умовної

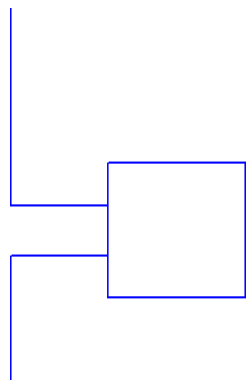


Рис. 1. Однотрубна, вертикальна, нерегульована система опалення

пропускної здатності радіаторних клапанів фірми Danfoss [19] для двотрубних та однотрубних систем опалення наведено в табл. 3.

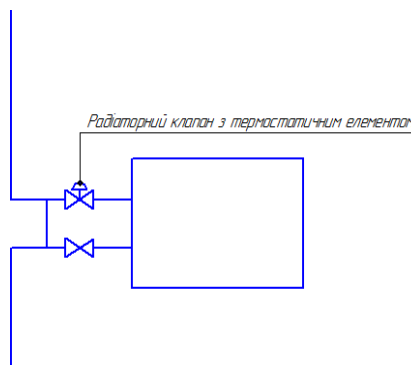


Рис. 2. Однотрубна, вертикальна, регульована система опалення

Таблиця 3

Характеристики радіаторних клапанів

Тип	Діаметр, мм	Система опалення	KVs, м ³ /год
RA-N-15	15	Двотрубна	0,9
RA-N-20	20	Двотрубна	1,4
RA-G-15	15	Однотрубна	2,06
RA-G-20	20	Однотрубна	3,16

Висновки. Власник квартири має чітко розуміти, що таке ремонт і реконструкція. Проведення реконструкції системи опалення (заміна трубопроводів із сталевих на неметалеві, заміна нагрівальних приладів із зміною типу, характеристик) призводить до теплового і гідравлічного розрегулювання внутрішньобудинкової системи опалення.

Витрати теплоносія, а отже, і кількість теплової енергії, що подається на житловий будинок, обмежується за допомогою обмежувальних пристроїв на абонентських вводах. Відповідно ми не можемо отримати більше кількості тепла від джерела теплопостачання (теплових мереж), ніж

встановлена величина. Тому збільшення потужності опалювальних приладів в одній квартирі веде до зменшення кількості теплової енергії, яку отримує сусідня квартира. У свою чергу це може бути приводом до судових спорів між сусідами, теплопостачальною організацією і власником квартири.

Будь-які роботи, пов'язані з реконструкцією системи опалення квартири, мають здійснюватися з відома балансоутримувача житлового будинку відповідно до технічних умов теплопостачальної організації та на підставі проектних рішень.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. 141 с.
2. ДСТУ 3518-97. Термометрія. Терміни та визначення. Київ, 1997. 54 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.5-62:2012. Настанова з проектування та монтажу систем опалення з застосуванням сталевих панельних радіаторів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. 17 с.
4. Модернізація системи опалення багатоквартирного житлового будинку в м. Чугуєві Харківської області / О. М. Тарадай, В. С. Бугай, Е. Д. Шахненко, С. В. Фомич. *Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць ХНУБА, ХОТВ АБУ*. Харків: ХНУБА, 2018. № 2 (92). С. 259-264.
5. Reconstruction of heating systems of existing residential buildings by means of equipping apartment heating systems with heat meters / O. Taraday, O. Sigal, V. Bugai, N. Pavliuk, Y. Shahnenko. *Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць ХНУБА, ХОТВ АБУ*. Харків: ХНУБА, 2019. № 3 (97). С. 70-744.
6. Чайка Ю. І., Гвоздецький О. В., Красненко Т. І. Економічне обґрунтування модернізації існуючих однотрубних систем опалення. *Науковий вісник будівництва : зб. наук. праць ХНУБА, ХОТВ АБУ*. Харків: ХНУБА, 2015. № 2 (80). С. 257-260.
7. Вплив конструкції внутрішньобудинкових систем опалення на вибір режимів регулювання централізованого теплопостачання / О. М. Тарадай, В. С. Бугай, О. В. Гвоздецький, С. В. Дяченко. *Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики: зб. праць / Інститут промислової екології*. Київ : ІВЦ АЛКОН НАН України, 2022. С. 66-74.
8. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 57 с.
9. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ: Мінрегіон України, 2014. 43 с.
10. Правила користування тепловою енергією: Постанова КМ України № 1198 від 03.10.2007 р. Київ, 2007. 11 с.
11. ДСТУ 8936:2019. Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови. Київ, 2019. 13 с.
12. Єнін П. М., Швачко Н.А. Теплопостачання. Ч. І. Теплові мережі і споруди: навч. посіб. Київ: Кондор, 2007. 244 с.
13. Каталог виробів Wawin. URL: <https://www.ekoplastik.ua/downloads/UKR-Katalog-Wavin-Ekoplastik-2021.pdf> (дата звернення: 12.01.2023).
14. Опалення: навч. посіб. / Н. О. Безпалько, Т. Б. Боброва, С. М. Високос та ін. Київ: Ресурсний центр ГУРТ, 2019. 133 с.
15. Любарець О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О. Проектування водяних систем опалення: посіб. для проектувальників, інженерів і студентів ВНЗ. Відень-Київ-Сімферополь, 2010. 201 с.
16. Технічні характеристики нагрівального приладу. URL: <https://santehrai.com/catalog/sekcziyni-radiator/mirado-2/#mirado-500> (дата звернення: 12.01.2023).
17. Технічні характеристики нагрівального приладу. URL: <https://altermo.ua/products/model-altermo-7-f30031127> (дата звернення: 12.01.2023).

18. Технічні характеристики нагрівального приладу. URL: <https://koer-sanitary.com/bimetallicheskie-radiatory> (дата звернення: 12.01.2023).

19. Радіаторні клапана та термостатичні елементи. URL: <https://www.danfoss.com/uk-ua/products/dhs/radiator-and-room-thermostats/#tab-radiator-thermostats> (дата звернення: 12.01.2023).

Редько Ігор Олександрович, доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту, Український державний університет залізничного транспорту.

ORCID iD: 0000-0002-9863-4487. Тел.: +38(050)400-77-99. E-mail: ihor.redko1972@gmail.com.

Гвоздецький Олександр Вадимович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова.

ORCID iD: 0000-0002-4239-9895. Тел.: +38(050)88-624-88. E-mail: npp-tghv@ukr.net.

Чайка Юрій Іванович, кандидат технічних наук, професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова.

ORCID iD: 0000-0003-1021-4662. Тел.: +38(050)634-18-76. E-mail: yuri.chayka@gmail.com.

Заїка Віталій Юрійович, аспірант кафедри теплогазопостачання і вентиляції, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова.

ORCID iD: 0000-0002-2681-1974. Тел.: +38(066)791-16-54. E-mail: 3bu@ukr.net.

Redko Ihor, Dr. Sc. (Tech.), Professor of the Department of Heat Engineering, Heat Engines and Energy Management of the Ukrainian state university of railway transport. ORCID iD: 0000-0002-9863-4487. Tel.: +38(050)400-77-99.

Email: ihor.redko1972@gmail.com.

Gvozdeckiy Oleksandr, PhD (Tech). Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0000-0002-4239-9895.

Tel.: +38(050)88-624-88. E-mail: npp-tghv@ukr.net.

Chayka Yuriy, PhD (Tech). Professor of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0000-0003-1021-4662. Tel.: +38(050)634-18-76.

E-mail: yuri.chayka@gmail.com.

Zaika Vitalii, postgraduate student, Department of Heat and Gas Supply, Ventilation, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0000-0002-2681-1974. Tel.: +38(066)791-16-54. E-mail: 3bu@ukr.net.

Статтю прийнято 10.03.2023 р.