

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОПАЛЕННЯ

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
для студентів першого бакалаврського рівня
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»

Київ 2023

УДК 697+628.8+644.1

О-60

Укладач О. П. Любарець, канд. техн. наук, доцент

Рецензент В. О. Мілейковський, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск К. М. Предун, д-р екон. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри теплогазопостачання і вентиляції, протокол № 11 від 1 березня 2023 року.

В авторській редакції.

Опалення : методичні рекомендації до виконання лабораторних
О-60 робіт / уклад. О. П. Любарець. – Київ : КНУБА, 2023.- с. 28с.

Містить збірник завдань для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Опалення» з використанням лабораторних стендів та обладнання провідних світових виробників опалювальної техніки – HERZ Armaturen GmbH (Австрія) та Danfoss (Данія).

Розглянуто горизонтальні тупикові системи водяного опалення зі штучною циркуляцією теплоносія.

Призначено для студентів першого (бакалаврського) рівня спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»

© КНУБА, 2023

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
Опис лабораторних стендів.....	6
ЛАБОРАТОНА РОБОТА № 1. Склад і основні конструктивні елементи систем опалення.....	9
ЛАБОРАТОНА РОБОТА № 2. Дослідження розподілу потоку в двотрубній системі опалення з ручними балансувальними клапанами MSV-C за умови змінного гідравлічного режиму ...	12
ЛАБОРАТОНА РОБОТА № 3. Дослідження розподілу потоку теплоносія в двотрубній системі опалення з автоматичними балансувальними клапанами ASV-I+ASV-PV за умови змінного гідравлічного режиму.....	16
ЛАБОРАТОНА РОБОТА № 4. Дослідження розподілу потоку теплоносія в однотрубних системах опалення з автоматичними балансувальними клапанами MSV-C за умови змінного гідравлічного режиму.....	19
ЛАБОРАТОНА РОБОТА № 5. Дослідження розподілу потоку в однотрубних системах опалення з ручними балансувальними клапанами MSV-C за умови змінного гідравлічного режиму.....	22
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	27

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна «Опалення» входить до переліку основних освітніх компонентів Освітньо-професійної програми «Теплогазопостачання і вентиляція» для підготовки спеціалістів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Одним з основних завдань фахівців вказаного профіля полягає у забезпеченні нормованих мікрокліматичних умов у приміщеннях будівель різного призначення.

Підготовка студента до виконання лабораторних робіт складається з аналітичного ознайомлення з матеріалом за підручниками, конспектами лекцій і практичних занять, пов'язаних з темою поточної роботи.

Після вивчення змісту роботи, теоретичної частини, опису лабораторної установки і методики проведення досліджень студент готує протокол (аналітичний огляд) роботи з відповідними розділами, таблицями і схемами.

Оформлення протоколів, схем і таблиць здійснюється за чинними стандартами технічної документації.

Після оформлення протоколу роботи проводиться безпосереднє ознайомлення зі стендом.

Готовність студентів до виконання роботи вибірково перевіряється викладачем.

Перед початком роботи в лабораторії студент проходить відповідний інструктаж з техніки безпеки, який фіксується у відповідному журналі.

Після виконання необхідних вимірювань і спостережень студент після оброблення результатів складає роботу у вигляді звіту, який захищає у викладача.

Оцінка похибки вимірювань

Оскільки вимірювання фізичних величин неможливо провести абсолютно точно через вплив багатьох факторів на результати вимірювань, необхідно враховувати похибку під час оброблення результатів вимірювань.

Для найбільш ймовірного значення вимірюваної величини прийнято вважати її середнє арифметичне:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1)$$

За наявності ряду показань з виходом середнього результату точність оцінюється величиною ймовірної похибки.

Якщо x_1, x_2, \dots, x_n є рядом значень вимірюваної величини, а \bar{x} є середнім значенням, то відхилення окремих значень можна розрахувати за

формулою:

$$\delta = \rho \sqrt{\frac{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 + \dots + \Delta x_n^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

де ρ – числовий коефіцієнт, який залежить від кількості вимірювань ($n-1$) згідно з табл. 1.

Таблиця 1

Залежність числового коефіцієнта ρ від кількості вимірювань n

$n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ	1,000	0,816	0,765	0,741	0,727	0,718	0,711	0,706	0,703	0,700

В подальшому результат вимірювань представляють у вигляді:

$$x = \bar{x} \pm \delta \quad (3)$$

Основні одиниці вимірюваних величин

Тиск вимірюється в Паскалях, але нині широко використовуються mm.water.st., бар, мм рт. ст., коефіцієнти перетворення яких наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Співвідношення між одиницями вимірювання тиску [1]

1 атм	=	101325 Па
1 бар	=	10000 Па
1 Кгс/м ² = 1 мм.вод.ст.	=	9,80665 Па = 0,98 даПа (декапаскаль)
1 метр вод.ст.	=	9806,65 Па
1 мм.рт.ст.	=	133,322 Па = 1,33 гПа (гектопаскаль)
1 psi	=	6894,76 Па

Витрата теплоносія може бути масовою (кг/с, кг/год) або об'ємною - вимірюється в м³/с, м³/год, л/с, л/хв, л/год. Перехід від масової витрати до об'ємної здійснюється діленням на густину теплоносія за його середньої температури в системі.

Поняття гідравлічного авторитету регулювального пристрою

Авторитет клапана може бути внутрішніми, зовнішніми і загальними. Внутрішній авторитет – це відношення втрати тиску у регульованому отворі клапана за умови його максимально відкритого положення до загальної втрати тиску на клапані. Його можна визначити за формулою [1, 2]:

$$a_g = 1 - \left(\frac{k_v}{k_{vs}}\right)^2 = 1 - \left(\frac{G_N}{G_{max}}\right)^2 \quad (4)$$

Зовнішнім авторитетом регулювального пристрою є відношення втрат

тиску в ньому до сумарних втрат тиску на ділянках системи, які є гідравлічно залежними від цього пристрою. Для дієвого регулювання системою рекомендується значення зовнішнього авторитету регулятора в межах 0,3 – 0,7.

Загальний авторитет терморегулятора є добутком значень внутрішнього та зовнішнього авторитетів.

Нині також використовуються такі поняття:

- 1) «базовий авторитет клапана» = внутрішній авторитет;
- 2) «повний зовнішній авторитет клапана» = зовнішній авторитет клапана.

ОПИС ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ

Лабораторні стенди, призначені для виконання цього циклу робіт, є універсальними і були розроблені провідними світовими виробниками опалювального обладнання HERZ Armaturen GmbH (Австрія) та Danfoss (Данія) за участю викладачів кафедри ТГПіВ КНУБА для вивчення гідродинамічних аспектів сучасних систем водяного опалення. Схема та фото стендів наведені на рис. 1 та рис. 2. Специфікацію обладнання наведено у табл. 3.

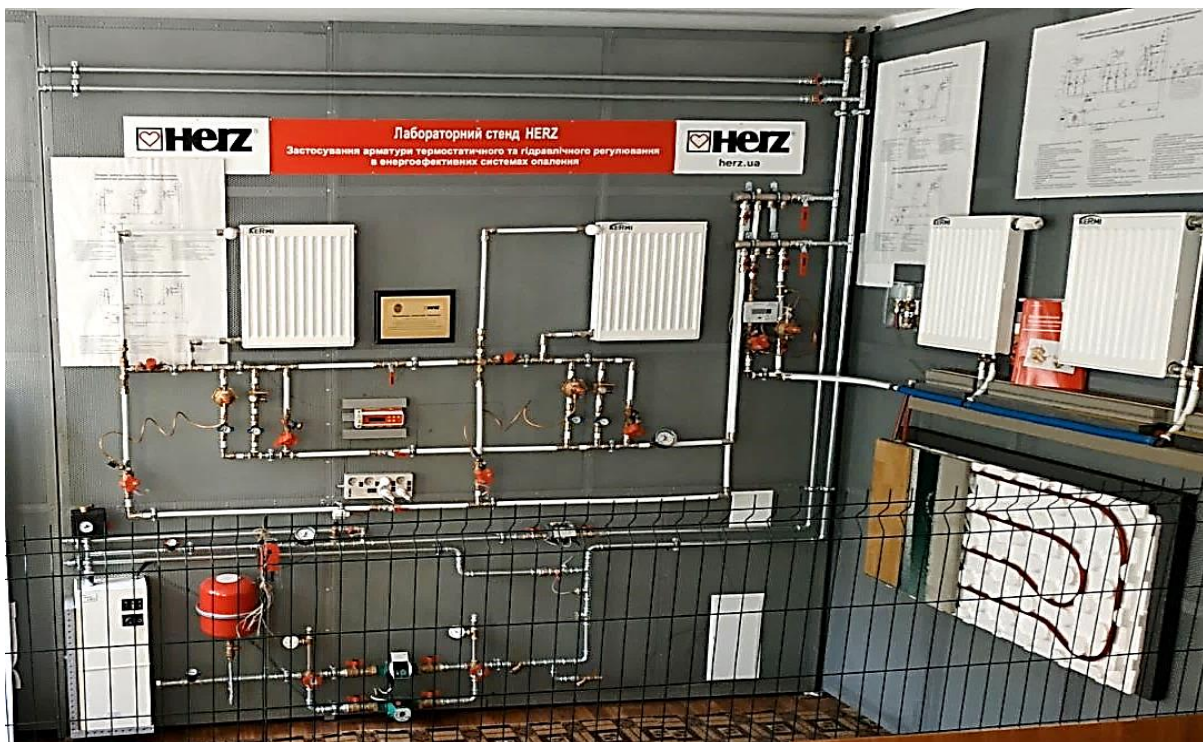


Рис.1. Фото лабораторного стенду Herz для моделювання гідравлічних режимів роботи систем опалення

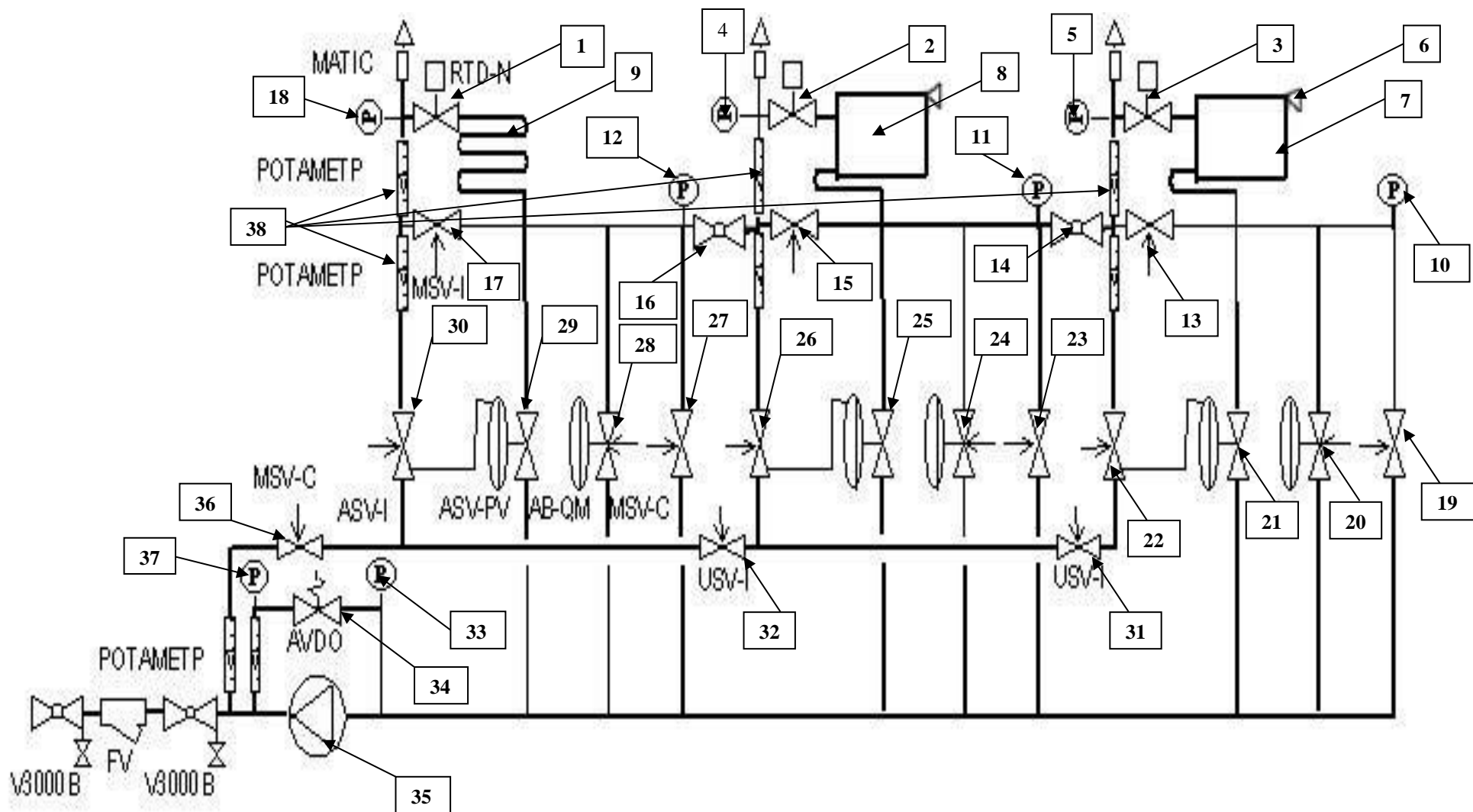


Рис.2. Схема лабораторного стенду Danfoss для моделювання гідравлічних режимів роботи систем опалення

Перелік обладнання стенду Danfoss

Найменування обладнання	Номер позиції на схемі	Маркування
Радіаторний термостатичний клапан (РТК)	1, 2, 3	RTD-N
Манометр	4, 5, 10, 11, 12, 18, 33, 37	
Опалювальний прилад	7, 8, 9	
Повітрявипускний вентиль	6	
Регулювальний клапан прямий	13, 15, 17	MSV-1
Сателітний вентиль регулятора перепаду тиску	30, 26, 22	ASV-1
Ручний регулятор тиску	31, 32	USV-1
Автоматичний регулятор перепаду тиску	29, 25, 21	ASV-PV
Автоматичний регулятор витрати	28, 24, 20	AB-QM
Ручний регулятор витрати	27, 23, 19, 36	MSV-C
Автоматичний перепускний клапан	34	AVDO
Ротаметр	38	
Насос	35	
Кульовий кран	14, 16	

Лабораторна робота № 1

СКЛАД І ОСНОВНІ КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Мета роботи - навчитися конструювати систему опалення, визначити необхідний перелік обладнання, скласти специфікацію обладнання.

Теоретичні відомості

Під час проектування систем опалення необхідно враховувати безліч факторів, що мають взаємний вплив а інколи протидіють один одному. Тобто, фахівець повинен вибирати з усього різноманіття представленого обладнання не просто працездатне, але і оптимальне для об'єкта, що проектується, з урахуванням фінансів та побажань замовника. Разом з тим система опалення має повністю відповідати сучасним вимогам нормативних документів, а саме:

- санітарно-гігієнічним;
- економічним;
- архітектурно-будівельним;
- виробничо-монтажним;
- експлуатаційним.

Система водяного опалення складається з таких взаємопов'язаних частин:

- ❖ теплового пункту або теплогенератора;
- ❖ подавального та зворотного магістральних трубопроводів;
- ❖ стояків (можуть бути подавальними та зворотними);
- ❖ опалювальних приладів;
- ❖ гарнітури приєднання опалювального приладу;
- ❖ трубопроводної арматури;
- ❖ повітрозбірників;
- ❖ розширювального баку;
- ❖ запірно-регулювального обладнання.

Під час конструювання систем дотримуються такої послідовності:

- 1) визначення типу системи за теплоносієм та конфігурацією;
- 2) вибір та розміщення опалювальних приладів;
- 3) вибір типу прокладки трубопроводів магістральних та приладових ділянок ;

- 4) вибір типу труби;
- 5) визначення місць розташування трубопровідної запірно-регулювальної арматури та обладнання;
- 6) підбір схеми, основного обладнання (насоса) та місця розташування теплового пункту;
- 7) визначення місць установки обладнання для видалення повітря.

Порядок виконання роботи

А. Однотрубна система опалення

1. З обладнання, представленого на стенді (див. рис. 2), зконфігуруйте однотрубну систему опалення з нижньою подачею теплоносія з постійним гідравлічним режимом.
2. Накресліть схему запропонованої системи.
3. Застосуйте у схемі обладнання, необхідне для роботи системи в постійному гідравлічному режимі.
4. Покажіть рух теплоносія на стенді, виміряйте довжину трубопроводів, визначте кількість необхідної арматури, запірною і контрольного обладнання.
5. Складіть специфікацію обладнання побудованої системи.
6. Повторіть пункти 1 – 5 для однотрубною системою опалення зі змінним гідравлічним режимом.

Б. Двотрубна система опалення

1. З представленого на стенді обладнання (див. рис.2) складіть двотрубну систему опалення з нижньою розводкою з постійним гідравлічним режимом.
2. Накресліть схему запропонованої системи.
3. Застосуйте у схемі обладнання, необхідне для роботи системи в постійному гідравлічному режимі..
4. Покажіть рух теплоносія на стенді, виміряйте довжину трубопроводів, визначіть кількість необхідної арматури, запірною і контрольного обладнання.
7. Складіть специфікацію обладнання побудованої системи.
8. Повторіть пункти 1 – 5 для двотрубною системою опалення зі змінним гідравлічним режимом.

Оформлення результатів роботи

Результати роботи оформляють у вигляді протоколу, який включає тези з теоретичної частини, схему запропонованих систем, специфікацію обладнання систем і аналіз систем з урахуванням вартості обладнання та його функціональності.

Запитання для самоконтролю

1. Чим відрізняється однотрубна система опалення від двотрубної?
2. У чому різниця в роботі систем з постійним і змінним гідравлічними режимами?
3. Яке обладнання забезпечує зміну гідравлічного режиму в системах опалення?
4. Навіщо потрібен розширювальний бак у системі опалення?
5. Яке обладнання входить в обв'язку насоса, і яке його функціональне призначення?
6. У чому полягають обмеження однотрубних та двотрубних систем?
7. Опишіть розташування вказаної точки на схемі або стенді системи опалення?

Лабораторна робота №2.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПОТОКУ ТЕПЛОНОСІЯ У ДВОТРУБНІЙ СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ З РУЧНИМИ БАЛАНСУВАЛЬНИМИ КЛАПАНАМИ MSV-C ЗА УМОВИ СТАЛОГО ГІДРАВЛІЧНОГО РЕЖИМУ

Мета роботи – дослідження впливу терморегулятора на перерозподіл теплоносія в двотрубній системі опалення.

Теоретичні відомості

З погляду гідравліки система опалення – це замкнута мережа трубопроводів з нагрівальними приладами, по яких циркулює теплоносій. Робота терморегулятора в цій системі полягає в кількісному регулюванні теплоносія, що проходить через опалювальний прилад, залежно від температури повітря в приміщенні. Зменшення або збільшення кількості теплоносія, що проходить через нагрівальний прилад, змінює витрату його у приладових ділянках та магістральних трубопроводах, що в свою чергу змінить опір у цих частинах системи і, відповідно, позначиться на роботі терморегуляторів та інших пристроїв (насамперед розташованих на ділянці опалювального приладу), але регулювання цих терморегуляторів буде підтримувати задані температурні параметри в тих приміщеннях, де вони встановлені. Отже, щоб уникнути гідравлічного дисбалансу системи, необхідно передбачити низку заходів (перед-експлуатаційних та експлуатаційних), які проводять під час та після монтажу системи опалення, а саме:

1) візуальна перевірка внутрішнього забруднення фільтрів, арматури, труб та опалювальних приладів під час монтажу системи;

2) візуальна перевірка герметичності обладнання та з'єднань труб під час монтажу системи;

3) монтажне налаштування потужності насоса і температури теплоносія;

4) в горизонтальних системах балансування по-поверхових відгалужень виконується шляхом налаштування регулюючих клапанів на гілках приладів під час монтажу;

5) у разі відсутності рівномірності теплових режимів у приміщеннях будинку, система врівноважується шляхом переналаштування радіаторних термостатичних клапанів за внутрішньою температурою у приміщеннях.

Порядок виконання роботи

1. Для виконання робіт необхідно спроектувати двотрубну систему опалення на підставі загальної схеми лабораторного стенду (рис.2):

а) встановити клапани і вентиля поз.16, 14, 17, 15, 13, 20, 21, 24, 25, 28, 29 у закритому положенні;

б) встановити РТК поз. 1, 2, 3 у напіввідкрите положення;

в) клапани поз. 36, 30, 19, 27, 26, 23, 22 встановити у напіввідкрите положенні;

г) клапани поз. 31, 32 повністю відкриті;

2. Увімкніть циркуляційний насос поз. 35;

3. Перевірте відсутність повітря в системі (за допомогою вентилів випуску повітря на радіаторах («кранів Маєвського»));

4. Вирівняйте витрату води в опалювальних приладах за показаннями ротаметрів поз. 38 шляхом регулювання клапанів поз. 30, 26, 22;

5. Виміряйте загальну витрату води в стояку по ротаметру, розташованому біля насоса.

6. Виміряйте витрату води в приладі ротаметрами, розташованими перед нагрівальними приладами поз. 9, 8, 7;

7. Виміряйте тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;

8. Опишіть положення ручних балансувальних клапанів на стояках поз. 19, 23, 27;

9. Зменшіть витрату води в нагрівальному приладі поз.9 на кількість, зазначену викладачем (25, 50 або 75 %);

10. Виміряйте загальну витрату води після насоса і витрату води в байпасі;

11. Виміряйте витрату води в приладі ротаметрами поз. 9, 8, 7, розташованими перед нагрівальними приладами;

12. Виміряйте тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;

13. Використайте ручні балансувальні клапани поз.19, 23, 27 на стояках для встановлення попередньої (однакової) витрати в опалювальних приладах поз. 8, 7;

14. Змініть витрату води в опалювальному приладі поз.8 на кількість, зазначену викладачем (25, 50 або 75%);
15. Виміряйте загальну витрату води в стояку по ротаметру, розташованому біля насоса, і витрату води в байпасі;
16. Виміряйте витрату води в приладі ротаметрами, розташованими перед нагрівальними приладами поз. 9, 8, 7;
17. Виміряйте тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;
18. За допомогою ручних балансувальних клапанів на стояках поз. 19, 23, 27 встановіть попередню витрату води в опалювальних приладах поз. 9, 7;
19. Змініть витрату води в нагрівальному приладі поз. 7 на кількість, зазначену викладачем (25, 50 або 75%);
20. Виміряйте загальний витрату води в стояку ротаметром, розташованим біля насоса, і витрату води в байпасній лінії;
21. Виміряйте витрату води в приладі ротаметрами поз. 9, 8, 7, розташованими перед нагрівальними приладами;
22. Виміряйте тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;
23. За допомогою ручних балансувальних клапанів на стояках поз. 19, 23, 27 встановіть попередню витрату в опалювальних приладах поз. 9, 8.

Оформлення результатів роботи

Результати роботи оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять відомості з теоретичної частини, схема двотрубної горизонтальної системи водяного опалення, таблиця з даними вимірювань і розрахунковими значеннями (табл.4), аналіз зміни тиску за умови зміни навантаження в одному з пристроїв, а також зміна авторитету терморегулятора і ручного балансувального клапана. У цьому випадку необхідно проаналізувати вплив регулятора витрати на досліджувані параметри.

**Результати вимірювань витрати і втрат тиску
в двотрубній системі опалення**

Найменування величин	За сталої витрати в радіаторах	За умови зміни витрати в радіаторі №1	За умови зміни витрати в радіаторі №2	За умови зміни витрати в радіаторі №3
$G_{\text{сист}}$				
$G_{\text{рецирк}}$				
G_1				
G_2				
G_3				
$\Delta P_{\text{сист}}$				
ΔP_1				
ΔP_2				
ΔP_3				
N_1 (кільк. обертів на регуляторі)				
N_2 (кільк. обертів на регуляторі)				
N_3 (кільк. обертів на регуляторі)				

Запитання для самоконтролю

1. Чим відрізняються системи опалення з постійним гідравлічним режимом від змінного?
2. Як змінюється витрата теплоносія в стояку за умови зміни витрати в одному з опалювальних приладів?
3. Як регулюється гідравлічний режим за умови установки ручного балансувального клапана MSV-C?
4. Як змінюється авторитет балансувального клапана і термостата за умови зміни навантаження на опалювальний прилад?

Лабораторна робота № 3
ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПОТОКУ ТЕПЛОНОСІЯ
У ДВОТРУБНІЙ СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ З АВТОМАТИЧНИМИ
БАЛАНСУВАЛЬНИМИ КЛАПАНАМИ ASV- I + ASV-PV ЗА УМОВИ
ЗМІННОГО ГІДРАВЛІЧНОГО РЕЖИМУ

Мета роботи – вивчити вплив терморегулятора на перерозподіл теплоносія у двотрубній системі опалення під час роботи автоматичних балансувальних клапанів.

Теоретичні відомості

У цій роботі система опалення обладнана автоматичними балансувальними клапанами ASV-I + ASV-PV, які автоматично підтримують заданий перепад тиску у відповідному циркуляційному кільці. Таким чином, завдання щодо стабілізації необхідної витрати під час роботи терморегулятора вирішується автоматично, тобто за умови зменшення витрати теплоносія в нагрівальному пристрої його кількість в циркуляційному кільці автоматично зменшується до встановлення заданого тиску. (Ця кількість теплоносія надходить у байпас насоса). Однак автоматичний регулятор не реагує миттєво на зміну тиску в циркуляційному кільці, потрібен деякий час, щоби повернути необхідний тиск – період стабілізації (релаксації). У лабораторних роботах буде досліджена гідравлічна релаксаційна здатність системи опалення під час зміни положення штока на радіаторних термостатичних клапанах.

Порядок виконання робіт

1. Для виконання робіт необхідно сконфігурувати відповідну двотрубну систему опалення на стенді (рис. 2) для чого необхідно:

а) встановити клапани і вентиля поз. 16, 14, 17, 15, 13, 20, 23, 24, 27, 28, 19 в закритому положенні;

б) встановити положення РТК поз.1, 2, 3 в напіввідкрите положення;

в) клапани поз. 36, 30, 21, 29, 26, 25, 22 встановити в проміжному напіввідкритому положенні;

г) клапани поз. 31, 32 повністю відкриті.

2. Включити циркуляційний насос поз. 35.

3. Видалити повітря із системи;

4. Вирівняти витрату води в опалювальних приладах за показаннями ротаметра поз.38 шляхом регулювання клапанів поз. 30, 26, 22;

5. Виміряти загальну витрату води в стояку за допомогою ротаметра, розташованого біля насоса.
6. Виміряти витрату води в приладі ротаметрами, розташованими перед нагрівальними приладами поз.9, 8, 7;
7. Виміряти тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;
8. Раптово зменшити витрату води в нагрівальному приладі поз.9 на 50 % (75 %) та визначити витрати води в приладах поз.7, 8, через 5 с., 40 с. і 90 с.;
9. Виміряти загальну витрату води в стояку ротаметром, розташованим біля насоса, і витрату води в байпасі;
10. Виміряти витрату води в приладі ротаметрами, розташованими перед нагрівальними приладами (поз.9, 8, 7);
11. Виміряти тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;
12. Виміряти час стабілізації тиску у відповідні моменти зміни навантаження;
13. Зменшити витрату води в нагрівальному приладі поз.8 на 50% (75%) за період 5 с., 40 с. і 90 с.;
14. Виміряти загальну витрату води в стояку ротаметром, розташованим біля насоса, і витрату води в байпасі;
15. Виміряти витрату води в приладах поз.9, 8, 7;
16. Виміряти тиск на вході і виході опалювальних приладів поз.18, 12, 4, 11, 5, 10;
17. Виміряти час стабілізації тиску у відповідні моменти зміни навантаження;
18. Змінити витрату води в опалювальному приладі поз.7 на 50% (75%) за період 5 с., 40 с. і 90 с.;
19. Виміряти загальну витрату води в стояку ротаметром, розташованим біля насоса, і витрату води в байпасі;
20. Виміряти витрату води в приладах поз.9, 8, 7;
21. Виміряти тиск на вході і виході опалювальних приладів поз.18, 12, 4, 11, 5, 10;
22. Виміряти час стабілізації тиску у відповідні періоди зміни навантаження.

Оформлення результатів роботи

Результати роботи оформляються у вигляді протоколу, в якому

міститься інформація з теоретичної частини, схема двотрубною горизонтальною системою водяного опалення, таблиця з даними вимірювань і розрахунковими значеннями (табл. 5), аналіз змін тиску у разі зміни навантаження в одному з пристроїв, а також зміна авторитету терморегулятора і автоматичного балансувального клапана. Водночас необхідно проаналізувати вплив регулятора витрати на досліджувані величини і порівняти з даними, отриманими в попередній роботі. Крім того, необхідно порівняти час відгуку автоматичного клапана на зміну навантаження з часом роботи термостата.

Таблиця 5

**Результати вимірювань витрати і втрат тиску
в двотрубній системі опалення**

Найменування величин	За сталої витрати в радіаторах	За умови зміни витрати в радіаторі №1	За умови зміни витрати в радіаторі №2	За умови зміни витрати в радіаторі №3
$G_{\text{сист}}$				
$G_{\text{рецирк}}$				
G_1				
G_2				
G_3				
$\Delta P_{\text{сист}}$				
ΔP_1				
ΔP_2				
ΔP_3				
Момент періоду стабілізації системи	t=5с.			
	t=40 с.			
	t=90 с.			

Запитання для самоконтролю

1. Про які типи автоматичних регуляторів вам відомо?
2. Як зниження витрати теплоносія в опалювальному пристрої впливає на витрату теплоносія в двотрубній системі опалення і чому?
3. Як підтримується постійний тиск в циркуляційному кільці за допомогою автоматичного регулятора тиску?
4. Які функції може виконувати ASV-I+ ASV-PV, крім підтримки постійного тиску?

Лабораторна робота № 4
ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПОТОКУ ТЕПЛОНОСІЯ
В ОДНОТРУБНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ З
АВТОМАТИЧНИМИ БАЛАНСУВАЛЬНИМИ КЛАПАНАМИ АВ-QM
ЗА УМОВИ ЗМІННОГО ГІДРАВЛІЧНОГО РЕЖИМУ

Мета роботи – вивчити вплив роботи радіаторного термостатичного клапану на перерозподіл теплоносія в однотрубній системі опалення за наявності автоматичних балансувальних клапанів.

Теоретичні відомості

На відміну від двотрубних систем опалення, де збільшення або зменшення витрати теплоносія через будь-який пристрій за рахунок роботи терморегулятора викликає, відповідно, зменшення або збільшення витрати теплоносія, в однотрубних системах з аналогічним збільшенням або зменшенням витрати в нагрівальному пристрої (i , відповідно, тиску), відбувається зворотний процес – тобто, витрата теплоносія в інших опалювальних приладах безпосередньо збільшується або зменшується в прямій пропорції. Цей ефект пояснюється коефіцієнтом витрати. Наприклад, терморегулятор зменшив кількість теплоносія, що входить в опалювальний прилад. Потім різниця потоків має збільшити тиск у трубопроводі i , як і в двотрубній системі опалення, кількість води, що проходить через інші прилади, має збільшитися. Однак в однотрубній системі цього не відбувається через те, що коефіцієнт витрати визначається місцевим опором (клапаном), що стоїть після відгалуження до опалювального приладу. Збільшення потоку в трубопроводі (оскільки діаметри не змінюються) викликає збільшення швидкості, а опір залежить від квадрата швидкості (тобто динамічного тиску). Але збільшення опору зменшує кількість води, що надходить у пристрій, причому в квадратичній залежності. Отже, надлишок теплоносія буде скидатися в циркуляційне кільце насоса (байпасну лінію).

У цій роботі на стояку встановлений автоматичний регулятор тиску, який передбачає автоматичне балансування тиску в стояку і таким чином підтримку заданих витрат. Тобто в роботі потрібно буде відстежувати характер змін, що відбуваються в процесі роботи терморегуляторів і визначати релаксаційну гідравлічну здатність системи, а також здатність клапана регулювати систему у разі зниження витрат теплоносія в опалювальних приладах.

Порядок виконання роботи

1. Для виконання робіт необхідно зконфігурувати відповідну однотрубну систему опалення на стенді (рис. 2) для чого:

а) встановити клапани і вентиля поз. 31, 32, 29, 27, 25, 23, 21, 19, 24, 28 в закритому положенні;

б) встановити терморегулятори поз. 1, 2, 3 в напіввідкрите положення;

в) клапани поз. 17, 13, 15, 20, 30, поставити в проміжне положення (напіввідкриті);

г) клапани поз. 36, 14, 16 повністю відкрити;

2. Включити циркуляційний насос поз. 35;

3. Перевірити відсутність повітря в системі;

4. Вирівняти витрату води в опалювальних приладах за показаннями ротаметрів шляхом регулювання клапанів поз. 17, 15, 13;

5. Виміряти загальну витрату води в стояку за допомогою ротаметра, розташованого біля насоса;

6. Виміряти витрату води в приладах поз. 9, 8, 7 ротаметрами, що розташовані перед опалювальними приладами;

7. Виміряти тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;

8. Зменшити витрату води в нагрівальному приладі поз. 9 на 50 % (75 %) за період - 5 с., 40 с. та 90 с.;

9. Виміряти загальну витрату води в стояку ротаметром, розташованим біля насоса, і витрату води в байпасній лінії;

10. Виміряти витрату води в приладах поз. 9, 8, 7 ротаметрами, що розташовані перед нагрівальними приладами;

11. Виміряти тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;

12. Виміряти час стабілізації тиску у відповідні періоди зміни навантаження;

13. Зменшити витрату води в нагрівальному приладі поз. 8 на 50 % (75 %) за період 5 с., 40 с. і 90 с.;

14. Виміряти загальну витрату води в стояку ротаметром, розташованим біля насоса, і витрату води в байпасній лінії;

15. Вимірювати витрату води в приладі ротаметрами, розташованими перед нагрівальними приладами поз. 9, 8, 7;

16. Виміряти тиск на вході і виході з нагрівальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;

17. Виміряти час стабілізації тиску у відповідні періоди зміни навантаження;

18. Зменшити витрату води в опалювальному приладі поз. 7 на 50 % (75 %) за період 5 с., 40 с. і 90 с.;

19. Виміряти загальну витрату води в стояку ротаметром, розташованим біля насоса, і витрату води в байпасній лінії;

20. Виміряти витрату води в опалювальних приладах поз. 9, 8, 7 ротаметрами, що розташовані перед нагрівальними приладами;

21. Виміряти тиск на вході і виході опалювальних приладів поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10;

22. Виміряти час стабілізації тиску у відповідні періоди зміни навантаження.

Оформлення результатів роботи

Результати роботи оформляють у вигляді протоколу, в якому наводять інформацію з теоретичної частини, схему однотрубною горизонтальною системи водяного опалення, таблицю з даними вимірювань і розрахунковими значеннями (Табл. 6), аналіз змін тиску за умови зміни навантаження в одному з приладів. Навести аналіз впливу регулятора витрати на досліджувані величини і порівняти з даними, отриманими в попередній роботі. Крім того, необхідно порівняти час відгуку автоматичного клапана на зміну навантаження з часом роботи термостата.

Таблиця 6

Результати вимірювань витрати і втрат тиску в однотрубній системі опалення

Найменування величин	За сталої витрати в радіаторах	За умови зміни витрати в радіаторі №1	За умови зміни витрати в радіаторі №2	За умови зміни витрати в радіаторі №3
$G_{\text{сист}}$				
$G_{\text{рецирк}}$				
G_1				
G_2				
G_3				
$\Delta P_{\text{сист}}$				
ΔP_1				
ΔP_2				
ΔP_3				
Момент періоду стабілізації системи	t=5с.			
	t=40 с.			
	t=90 с.			

Запитання для самоконтролю

1. Чим відрізняється АВ-QM від інших регуляторів?
2. Що відбувається в однотрубної системі опалення у разі зміни навантаження на одному опалювальному приладі?
3. Як підтримується постійний тиск в циркуляційному кільці за допомогою АВ-QM?
4. Як змінюється витрата в байпасній лінії циркуляційного насоса у разі зміни витрати теплоносія в приладах?

Лабораторна робота № 5
ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПОТОКУ В ОДНОТРУБНИХ
СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ З РУЧНИМИ БАЛАНСУВАЛЬНИМИ
КЛАПАНАМИ MSV-C ЗА УМОВИ ЗМІННОГО
ГІДРАВЛІЧНОГО РЕЖИМУ

Мета роботи – вивчити вплив роботи терморегулятора на перерозподіл теплоносія в однотрубній системі опалення у разі установки ручних регуляторів.

Теоретичні відомості

Як зазначалося в попередніх лабораторних роботах, в однотрубних системах у разі збільшення або зменшення витрати в опалювальному приладі відбувається відповідне пропорційне збільшення або зменшення витрати теплоносія в інших опалювальних приладах.

У цій лабораторній роботі для моделювання зміни витрати теплоносія у однотрубній системі на приладовій ділянці встановлений ручний регулятор тиску, який передбачає стабілізацію тиску в стояку і відповідну підтримку заданої швидкості потоку. Це дає можливість відстежити характер змін, що відбуваються в процесі роботи терморегуляторів і визначити здатність системи до гідравлічного регулювання, а також здатність MSV-C-клапана впливати на розподіл теплоносія в системі у разі зменшення витрати теплоносія в опалювальному приладі.

Порядок виконання роботи

Для виконання лабораторної роботи необхідно зконфігурувати відповідну двотрубну систему опалення на стенді (див. рис. 2) та провести виміри, для чого слід виконати таке:

1. Встановити клапани і вентиля поз. 31, 32, 29, 27, 25, 23, 21, 20, 24, 28 в закритому положенні;
2. Встановити положення РТК поз. 1, 2, 3 в напіввідкрите положення;
3. Клапани поз. 17, 13, 15, 19, 30 поставити в напіввідкрите положення;
4. Клапани поз. 36, 14, 16 повністю відкриті;
5. Включити циркуляційний насос поз. 35;
6. Перевірити відсутність повітря в системі;
7. Вирівняти витрати теплоносія в опалювальних приладах за показаннями ротаметра поз.38 шляхом регулювання клапанів поз. 17, 15, 13, 19;

8. Виміряти загальну витрату води в стояку по ротаметру, розташованому біля насоса;
9. Визначити по ротаметру витрату води в байпасній лінії,
10. Виміряти ротаметрами витрату води в приладах поз. 9, 8, 7;
11. Виміряти тиск перед та за опалювальними приладами поз. 18, 12, 4, 11, 5, 10);
12. Визначити коефіцієнт затікання для кожного опалювального приладу поз. 7, 8, 9;
13. Визначити втрати тиску в кожному опалювальному приладі за показаннями манометрів;
14. Визначити втрати тиску на всій приладовій ділянці (стояку);
15. Визначити коефіцієнт місцевого опору для кожного вузла, розділивши втрати тиску в кожному вузлі на відповідний динамічний тиск;
16. Визначити положення MSV-C-клапана (поз. 19);
17. Зменшити витрату води в нагрівальному приладі поз. 9 на 50 % (75 %) за допомогою терморегулятора поз.1;
18. Послідовно виконати дії, що наведені в пунктах 6 – 14 цієї лабораторної роботи;
19. Встановити однакову витрату води в опалювальних приладах за показаннями ротаметра поз. 38 шляхом регулювання клапанів поз. 17, 15, 13, 19;
20. Зменшити витрату води в нагрівальному приладі поз. 8 на 50 % (75 %) за допомогою терморегулятора поз. 2;
21. Послідовно виконати дії, що наведені в пунктах 6 - 14 цієї лабораторної роботи;
22. Встановити однакову витрату води в опалювальних приладах за показаннями ротаметра поз. 38 шляхом регулювання клапанів поз. 17, 15, 13, 19;
23. Послідовно виконати дії, що наведені в пунктах 6 - 14 цієї лабораторної роботи;
24. Зменшити витрату води в нагрівальному приладі поз. 7 на 50 % (75 %) за допомогою терморегулятора поз. 3;
25. Послідовно виконати дії, що наведені в пунктах 6 - 14 цієї лабораторної роботи;
26. Встановити однакову витрату води в опалювальних приладах за показаннями ротаметра поз.38 шляхом регулювання клапанів поз. 17, 15, 13, 19;
27. Послідовно виконати дії, що наведені в пунктах 6 – 14 цієї лабораторної роботи.

Оформлення результатів роботи

Результати роботи оформляють у вигляді протоколу, в якому надають інформацію з теоретичної частини, схему однотрубною горизонтальною системи водяного опалення, таблицю з даними вимірювань і розрахунковими значеннями (табл.7), аналіз змін тиску за умови зміни навантаження в одному з приладів. Водночас необхідно проаналізувати вплив регулятора витрати на досліджувані величини і порівняти з даними, отриманими в попередній роботі. Крім того, необхідно співставити коефіцієнти затікання опалювальних приладів з коефіцієнтами місцевого опору.

Таблиця 7

Результати вимірювань витрати і втрат тиску в однотрубній системі опалення

Найменування величин	За сталої витрати в радіаторах	За умови зміни витрати в радіаторі №1	За умови зміни витрати в радіаторі №2	За умови зміни витрати в радіаторі №3
$G_{\text{сист}}$				
$G_{\text{рецирк}}$				
G_1				
G_2				
G_3				
$\Delta P_{\text{сист}}$				
ΔP_1				
ΔP_2				
ΔP_3				
α_1				
α_2				
α_3				
ζ_1				
ζ_2				
ζ_3				

Запитання для самоконтролю

1. Як зміниться витрата теплоносія в інших пристроях у процесі роботи терморегулятора?
2. Як регулюється система у випадку зміни її гідравлічного режиму?
3. В яких системах опалення можна рекомендувати до монтажу клапани МСВ-С?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Глушко Ю. Ю. Опалення: навч. посіб. – Київ : Ресурсний центр ГУРТ, 2019 – 133 с.
2. Любарець О. П. Проектування систем водяного опалення: посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗів / О. П. Любарець, О. М. Зайцев, В. О. Любарець. – Відень-Київ-Симферополь : ГЕРЦ Арматурен Г.м.б.Х, 2010 – 200 с.
3. Пырков В. В. Особенности современных систем водяного отопления: монография. – Київ : П ДП «Такі справи», 2003. – 176 с.
4. Яушовець Р. Гідравліка – серце водяного опалення: монографія – Відень: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2022. – 314 с.
5. Пырков В. В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика: монография. – Київ : П ДП «Такі справи», 2010. – 304 с.
6. Теплотехнічний розрахунок і підбір огорожувальних конструкцій: методичні вказівки до виконання розділу курсового проєкту з дисципліни опалення / уклад.: Ю. К. Росковшенко, О. П. Любарець, М. П. Сенчук та ін. – Київ : КНУБА, 2013. – 32 с.
7. Теплова потужність систем водяного опалення: методичні вказівки до виконання розділу курсового проєкту з дисципліни опалення / уклад.: О. П. Любарець, М. П. Сенчук, В. О. Любарець – Київ : КНУБА, 2015. – 26 с.
8. Тепловий розрахунок опалювальних приладів систем водяного опалення: методичні рекомендації до практичних занять, курсового та дипломного проєктування / уклад. Є. С. Зайченко. – Київ : КДТУБА, 1999. – 32 с.
9. Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення: методичні вказівки до виконання розділу курсового проєкту з дисципліни опалення / уклад.: О. П. Любарець, М. П. Сенчук, В. О. Мілейковський та ін. – Київ : КНУБА, 2015. – 40 с.

Навчально-методичне видання

ОПАЛЕННЯ

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
для студентів першого бакалаврського рівня
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»

Укладач ЛЮБАРЕЦЬ Олександр Петрович

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Підписано до друку 29.11. 2023. Формат 60 × 84_{1/16}.

Ум. друк. арк. 1,63. Обл.-вид. арк. 1,75.

Електронний документ. Вид. №114/III-23

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002