

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота

на тему: «Водогрійна котельня для потреб тепlopостачання школи мистецтв
селища міського типу Ріпки Чернігівської області»

Виконав: студент 4 курсу, групи ТЕ-206
спеціальності 144 - теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Блазина В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник : к.т.н., доцент кафедри ТЕ

Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 2024 року

Рецензент : к.т.н., доцент кафедри БМГА

Попович М. М.

(прізвище та ініціали)

«17» 06 2024 року

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Степанов Д. В.

(прізвище та ініціали)

«18» 06 2024 р.

Вінниця – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 – електрична інженерія
Спеціальність 144 – теплоенергетика
Освітньо-професійна програма – Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Д. В. Степанов

“ 12 ”

03

2024 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Блазіні Владиславу Вячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Водогрійна котельня для потреб теплопостачання школи мис-
тецтв селища міського типу Ріпки Чернігівської облас-
ті»

керівник роботи Степанова Наталія Дмитрівна, к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

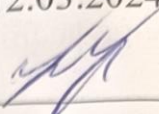
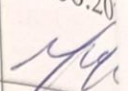
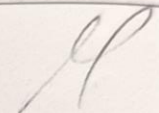
затверджені наказом ВНТУ від 11.03.2024 р. № 80

2. Термін подання студентом роботи 04.06.2024

3. Вихідні дані до роботи: потужність системи опалення $Q_{оп} = 80$ кВт, потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 10$ кВт, графік мережної води 90/70 °С, температура сирі води 5°С, температура води на гаряче водопостачання 60 °С, Розрахункова зовнішня температура повітря для опалення -23 °С, середня темпе-
ратура зовнішнього повітря за опалювальний період -0,9 °С.

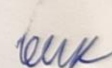
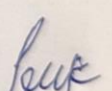
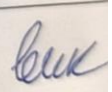
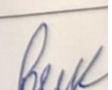
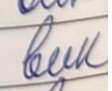
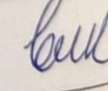
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки : багатоваріантний аналіз та обгрун-
тування вибору палива для водогрійної котельні; дослідження режимів роботи
ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання; розробка тепло-
вої схеми водогрійної котельні та її елементів; організаційно-технологічне забез-
печення прийнятих рішень; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
схема водогрійної котельні теплова принципова; план котельні на відм. 0.000;
складальне креслення ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопоста-
чання отужністю 10 кВт; схема теплогенератора BRS 100 Comfort LM монтажна
аксонометрична.

6. Консультанти розділів роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання ви- дав	завдання прийняв
Розділи 1 – 4	Степанова Н.Д., к.т.н, доцент кафедри ТЕ	12.03.2024 р. 	04.06.20 
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор, зав. кафедри БЖДПБ		
Нормоконтроль	Співак О. Ю., доцент кафедри ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р

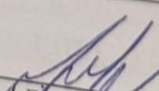
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		Початок	Закінчення	
1.	Багатоваріантний аналіз та обґрунтування вибору палива для водогрійної котельні	12.03.2024	04.04.2024	
2.	Дослідження режимів роботи ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання	05.04.2024	14.04.2024	
3.	Розробка теплової схеми водогрійної котельні та її елементів	15.04.2024	30.04.2024	
4.	Організаційно-технологічне забезпечення прийнятих рішень	1.05.2024	12.05.2024	
5.	Охорона праці	13.05.2024	22.05.2024	
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	23.05.2024	04.06.2024	

Студент 
(підпис)

Керівник роботи

Блазина В.В.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Степанова Н.Д.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 697.32

Блазина В. В. Водогрійна котельня для потреб тепlopостачання школи мистецтв селища мі-ського типу Ріпки Чернігівської області. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 84 с.

Бібліогр. : 43 назви; табл. 13.

У бакалаврській дипломній роботі виконано багатоваріантний аналіз на основі техніко-економічних показників для вибору джерела енергії для водогрійної котельні для потреб тепlopостачання школи мистецтв селища міського типу Ріпки Чернігівської області. Розроблено математичну модель тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємкісному теплообміннику для потреб гарячого водопостачання та виконані дослідження на її основі. Розроблено та визначені показники роботи теплової схеми котельні для максимального, середньоопалювального та міжопалювального режимів. Виконано розрахунок та підбір основного і допоміжного обладнання котельні. Проведено тепловий, конструктивний та гідравлічний розрахунок ємнісного водо-водяного теплобмінника для потреб гарячого водопостачання потужністю 10 кВт. Розроблено монтажну схему теплогенератора BRS 100 Comfort LM для роботи на паливних гранулах з біомаси. Складено комплектувальні відомості матеріалів, необхідних для виконання монтажних робіт. У розділі з охорони праці розроблено рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також рекомендовані заходи із освітлення робочої зони. Графічна частина складається з 4 креслень.

Ключові слова: водогрійна котельня, паливні гранули з деревини, ємнісний теплобмінник, монтажна схема.

ABSTRACT

Blazyna V.V. Hot water boiler house for the heating needs of the school of arts in Ripky, Chernihiv region. Bachelor's degree in specialty 144 – Heat power engineering, educational program – Heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 84 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : 43 titles; table 13.

In the bachelor's thesis, a multivariate analysis based on technical and economic indicators was performed to select an energy source for a hot water boiler for the needs of heat supply of the school of arts in the urban-type settlement of Ripky, Chernihiv region. A mathematical model of heat and mass transfer and hydrodynamic processes in a capacitive heat exchanger for hot water supply was developed and studies based on it were performed. The performance indicators of the boiler house thermal scheme for the maximum, medium heating and interheating modes were developed and determined. The calculation and selection of the main and auxiliary equipment of the boiler house was performed. Thermal, constructive, and hydraulic calculations of a capacitive water-water heat exchanger for the needs of hot water supply with a capacity of 10 kW were carried out. An installation diagram of the BRS 100 Comfort LM heat generator for operation on biomass fuel pellets was developed. The bill of materials required for installation work was compiled. The labor protection section includes recommendations for improving working conditions and recommended measures for lighting the working area. The graphic part consists of 4 drawings.

Key words: hot water boiler room, wood fuel pellets, capacitive heat exchanger, assembly scheme.

ЗМІСТ

ВСТУП.	7
1 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИ- БОРУ ПАЛИВА ДЛЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ	6
1.1 Багатоваріантний аналіз альтернативних видів палива для котельні	6
1.2 Техніко-економічні показники роботи котельні на альтернативних видах палива	8
1.3 Вибір оптимального варіанту джерела теплоти.....	17
1.4 Висновки до розділу 1.....	18
2 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЄМКІСНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПОТРЕБ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	19
2.1 Розробка математичної моделі тепломасообмінних та гідроди- намічних процесів у ємнісному теплообміннику	19
2.2 Аналіз режимів роботи водо-водяного теплообмінника.....	19
2.3 Висновки до розділу 2.....	22
3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ	24
3.1 Аналіз теплової схеми котельні	24
3.2 Розрахунок теплової схеми для різних опалювальних режимів роботи.....	25
3.3 Обґрунтування та вибір обладнання твердопаливної водогрійної котельні	32
3.4 Висновки до розділу 3.....	38
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	39
4.1 Загальна характеристика об'єкту монтажу	39

4.2 Обґрунтування та визначення об'ємів робіт з монтажу теплогенератора	40
4.3 Складання комплектувальних відомостей для монтажу теплогенератора	42
4.4 Підбір засобів механізації для виконання робіт з монтажу теплогенератора	46
4.5 Висновки до розділу 4.	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	49
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	49
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	53
5.3 Пожежна безпека	57
5.4 Висновки до розділу 5.	59
ВИСНОВКИ.	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.	62
ДОДАТКИ	67
ДОДАТОК А (Обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.	68
ДОДАТОК Б (Обов'язковий) Технічне завдання.	69
ДОДАТОК В (Обов'язковий) Графічна частина.	73
ДОДАТОК Г (Довідковий) Математична модель тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємкісному теплообміннику	78

ВСТУП

Водогрійні котельні, що забезпечують потреби теплопостачання громадських будинків, завжди вважалися важливою складовою інфраструктури, що забезпечує комфорт та безпеку споживачів послуг. Україна прагне до сталого розвитку і впровадження найвищих стандартів життя, тому водогрійні котельні стають не лише провідними, але й критичними елементами інфраструктури населеного пункту.

Сучасні вимоги до систем теплопостачання громадських будинків в Україні викликають необхідність переходу до більш високоефективних та екологічно чистих рішень. Напрямок щодо зменшення викидів парникових газів та споживання енергії спонукає нас до пошуку інноваційних підходів у галузі теплопостачання. Один з таких підходів - використання відновлювальних джерел енергії та біомаси.

Використання відновлюваних джерел енергії над первинними, а саме викопними паливами, має значний потенціал у забезпеченні сталого розвитку [1] та зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище.

Паливні гранули отримують шляхом сушіння та пресування відходів лісопереробного виробництва - стружки, щепи, тирси тощо, є одним з альтернативних джерел енергії, які є актуальним та ефективним методом забезпечення енергетичних потреб, особливо в умовах зростаючого попиту на відновлювані джерела енергії та підвищення екологічних стандартів [2]. Використання паливних гранул з деревини є доцільним з економічної, екологічної та соціальної точки зору. Цей вид біомаси має великий потенціал для забезпечення енергетичної незалежності, зменшення впливу на довкілля та підвищення якості життя населення. Для успішного впровадження та розвитку цієї технології необхідно забезпечити підтримку з боку держави, інвестувати в інфраструктуру та підвищувати обізнаність населення про переваги використання паливних гранул.

Метою роботи є скорочення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення потреб теплопостачання школи мистецтв шляхом впровадження технології спалювання паливних гранул з деревини.

Завдання бакалаврської дипломної роботи:

- виконати багатоваріантний аналіз та обґрунтувати вибір палива для водогрійної котельні;
- визначити показники роботи теплової схеми водогрійної котельні і обрати теплогенерувальне та допоміжне її обладнання;
- дослідити режими роботи ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання потужністю 10 кВт та обґрунтувати його конструктивні розміри;
- розробити монтажну схему теплогенератора BRS 100 Comfort LM для роботи на паливних гранулах з біомаси;
- розробити заходи з охорони праці на котельні школи мистецтв.

1 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПАЛИВА ДЛЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ

1.1 Багатоваріантний аналіз альтернативних видів палива для котельні

Палива для котельні можуть бути різними і їх вибір залежить від багатьох факторів: вартість палива, доступність, екологічні вимоги, енергоефективність, вимоги до обладнання та експлуатаційні витрати. Розглянемо декілька розповсюджених видів палива, що можуть бути використані на котельнях: природний газ, вугілля (кам'яне та буре); біомаса (паливні гранули з деревини, тріска деревини).

Порівняння різних видів палива, таких як природний газ, буре вугілля, кам'яне вугілля, тріска деревини та паливні гранули із деревини, включає розгляд декількох ключових параметрів: теплотворної здатності, вартості, екологічного впливу та доступності.

Порівнюючи теплотворну здатність отримаємо :

- природний газ: 35-45 МДж/м³;
- буре вугілля: 8-15 МДж/кг;
- кам'яне вугілля: 24-35 МДж/кг;
- тріска деревини: 10-15 МДж/кг;
- паливні гранули із деревини: 16-19 МДж/кг.

Вартість палива може варіюватися залежно від регіону, ринку та умов поставки.

Природний газ: вартість залежить від ринку, але загалом газ дешевший за електроенергію, проте дорожчий за вугілля.

Буре вугілля: дешевше за кам'яне вугілля, але менш енергоефективне.

Кам'яне вугілля: зазвичай дорожче за буре, але з більш високою теплотворною здатністю.

Тріска деревини: загалом дешевша за паливні гранули, але залежить від доступності деревини.

Паливні гранули із деревини: дорожчі за тріску, але зручніше в зберіганні та транспортуванні.

Екологічний вплив використання того чи іншого виду палива включає викиди CO₂, інших забруднювачів та вплив на здоров'я.

Природний газ: менше викидів CO₂ та шкідливих речовин у порівнянні з вугіллям, однак все ще є викопним паливом.

Буре вугілля: високі викиди CO₂ та інших забруднювачів, нижча енергетична ефективність.

Кам'яне вугілля: вищі викиди CO₂ та шкідливих речовин у порівнянні з газом, але менше, ніж у бурого вугілля.

Тріска деревини: викиди залежать від вологості та способу спалювання, однак вуглецевий баланс може бути позитивним за рахунок поглинання CO₂ деревами під час зростання.

Паливні гранули із деревини: зазвичай мають низькі викиди забруднювачів, особливо якщо виготовлені з відходів деревообробної промисловості, вуглецево-нейтральні.

Доступність палива залежить від місцевих ресурсів, інфраструктури та ринкових умов:

- природний газ широко доступний у багатьох країнах з розвиненою газовою інфраструктурою;
- буре вугілля доступне у країнах з власними родовищами бурого вугілля;
- кам'яне вугілля більш широко розповсюджене, доступне через міжнародну торгівлю;
- доступність тріски деревини залежить від наявності лісових ресурсів та деревообробної промисловості;
- виробництво паливних гранул із деревини розвивається інтенсивно, вони доступні у багатьох регіонах, особливо в Європі та Північній Америці.

Порівнюючи показники у комплексі отримаємо:

- природний газ має високу енергетичну ефективність, середню вартість, низькі викиди;
- буре вугілля має порівняно низьку вартість, низьку енергетичну ефективність, високі викиди;

- кам'яне вугілля має високу енергетичну ефективність, середню вартість, високі викиди;
- тріска деревини має низьку вартість, середню енергетичну ефективність, змінні викиди;
- паливні гранули із деревини мають середня вартість, високу енергетичну ефективність, низькі викиди.

Вибір палива залежить від конкретних потреб, екологічних пріоритетів, економічних умов та доступності. Природний газ і паливні гранули з деревини є більш екологічно чистими варіантами, тоді як кам'яне вугілля і буре вугілля можуть бути привабливими з точки зору вартості та доступності, але мають значний негативний вплив на довкілля.

1.2 Техніко-економічні показники роботи котельні на альтернативних видах палива

1.2.1 Загальні капіталовкладення у влаштування теплогенерувального обладнання котельні

Під час визначення капіталовкладень у будівництво водогрійної котельні було враховувано витрати коштів на придбання та монтаж основного та допоміжного теплогенерувального обладнання. Результати обчислень наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальні капіталовкладення у теплогенерувальне обладнання

№ з/п	Джерело теплоти	Загальні капіталовкладення, грн.
1	Традиційний газовий котел	428233
2	Теплогенератор на трісці деревини	608364
3	Котел на бурому вугіллі	608364
4	Котел на паливних гранулах з деревини	506304
5	Котел на кам'яному вугіллі	608364

1.2.2 Витрати коштів на паливо та електроенергію

Виробництво теплоти на котельні для потреб опалення і гарячого водопостачання школи мистецтв протягом року

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (1.1)$$

$$Q_{\text{рік}} = (90,36 \cdot 50 + 50 \cdot 4534 + 10,4 \cdot 4176) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 988,73 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Витрата робочого палива на котельні протягом року

$$B_p^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{Q_H^p \cdot \eta_k}, \quad (1.2)$$

- для традиційних газових котлів

$$B_p^{\text{рік}} = \frac{988,73 \cdot 10^3}{34,0 \cdot 0,9174} = 31698,7 \text{ (м}^3\text{/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють тріску деревини

$$B_p^{\text{рік}} = \frac{988,73 \cdot 10^3}{10,2 \cdot 0,88} = 1101531 \text{ (кг/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють буре вугілля

$$B_p^{\text{рік}} = \frac{988,73 \cdot 10^3}{12,98 \cdot 0,85} = 896161 \text{ (кг/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють паливні гранули з деревини

$$B_p^{\text{річ}} = \frac{988,73 \cdot 10^3}{18,5 \cdot 0,9} = 59383,44 \text{ (кг/рік);}$$

- для теплогенераторів, що спалюють кам'яне вугілля

$$B_p^{\text{річ}} = \frac{988,73 \cdot 10^3}{28,05 \cdot 0,85} = 41469,4 \text{ (кг/рік).}$$

Витрати коштів для придбання робочого палива протягом року

$$C_{\Pi} = \Pi_{\Pi} \cdot B_p^{\text{річ}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (1.3)$$

де $\Pi_{\Pi} = 15,712 \text{ грн/м}^3$ – тариф на газ включаючи розподіл [3];

$\Pi_{\Pi} = 3,7 \text{ грн/кг}$ – ціна на тріску деревини;

$\Pi_{\Pi} = 6,5 \text{ грн/кг}$ – ціна на буре вугілля;

$\Pi_{\Pi} = 4,6 \text{ грн/кг}$ – ціна на паливні гранули з деревини;

$\Pi_{\Pi} = 8,4 \text{ грн/кг}$ – ціна на кам'яне вугілля (антрацит);

$B_p^{\text{річ}}$ – сумарна витрата палива за рік;

$k_{\text{вп}}$ - коефіцієнт, яким враховують втрати палива.

Річні витрати коштів на придбання робочого палива

- природного газу

$$C_{\Pi} = 15,712 \cdot 1,006 \cdot 31698,73 = 501038,82 \text{ (грн/рік);}$$

- бурого вугілля

$$C_{\Pi} = 6,5 \cdot 1,006 \cdot 89616,1 = 591242 \text{ (грн/рік);}$$

- тріски деревини

$$C_{\Pi} = 3,7 \cdot 1,006 \cdot 110153,1 = 413680 \text{ (грн/рік);}$$

- паливних гранул із деревини

$$C_{\Pi} = 4,6 \cdot 1,006 \cdot 59383,44 = 277261,27 \text{ (грн/рік);}$$

- кам'яного вугілля (антрациту)

$$C_{\Pi} = 8,4 \cdot 1,006 \cdot 41469,4 = 353568,1 \text{ (грн/рік).}$$

Витрата електричної енергії на роботу обладнання котельні за рік

$$EE_{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N_{\text{ВП}}^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N_{\text{ВП}}^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{між}}, \quad (1.4)$$

$$EE_{\text{річ}} = 0,461 \cdot 50 + 0,564 \cdot 4534 + 0,461 \cdot 4176 = 4505,36 \text{ (кВт·год/рік).}$$

Витрата коштів на придбання електричної енергії за тарифу $C_{\text{еє}}$ [4]

$$C_{\text{еє}} = EE_{\text{річ}} \cdot C_{\text{еє}}, \quad (1.5)$$

$$C_{\text{еє}} = 46147,65 \cdot 3,2 = 147672,48 \text{ (грн./рік).}$$

1.2.3 Витрата коштів на воду за рік

Витрати коштів на воду за рік враховуючи тариф $C_{\text{в}}$ [5]

$$C_B = G_{\text{річ}} \cdot \Pi_B, \quad (1.6)$$

$$C_B = 1429,7 \cdot 15,56 = 22246,13 \text{ (грн./рік)}.$$

1.2.4 Амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування — це процес поступового перенесення вартості обладнання на собівартість відпущеної теплоти протягом строку їх корисного використання, обчислюються як частка від загальних капіталовкладень [6]

$$C_a = \kappa_a \cdot K, \quad (1.7)$$

- для традиційних газових котлів

$$C_a = 0,075 \cdot 428233 = 32117,47 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють тріску деревини

$$C_a = 0,075 \cdot 608364,36 = 45627,33 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють буре вугілля

$$C_a = 0,075 \cdot 608364,36 = 45627,33 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють паливні гранули з деревини

$$C_a = 0,075 \cdot 506304,36 = 37972,83 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють кам'яне вугілля

$$C_a = 0,075 \cdot 608364,36 = 45627,33 \text{ (грн/рік)}.$$

1.2.5 Витрати коштів на поточний ремонт

На поточний ремонт витрати коштів визначають пропорційно амортизаційним відрахуванням [7]

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_a, \quad (1.8)$$

- для традиційних газових котлів

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 32117,47 = 6423,49 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють тріску деревини

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 45627,33 = 9125,47 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють буре вугілля

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 45627,33 = 9125,47 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють паливні гранули з деревини

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 37972,83 = 7594,56 \text{ (грн/рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють кам'яне вугілля

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 45627,33 = 9125,47 \text{ (грн./рік)}.$$

1.2.6 Витрати коштів на оплату праці персоналу та інші витрати

Річний фонд заробітної плати (середній) на одного працівника котельні складає $\Phi_{\text{зп}} = 122400$ грн.

Річні витрати коштів на оплату праці персоналу котельні

$$C_{\text{зп}} = Q_{\text{вст}} \cdot k_{\text{шт}} \cdot \Phi_{\text{зп}} \cdot k_{\text{дод}} \text{ [млн.грн./рік]}, \quad (1.9)$$

де $Q_{\text{вст}}$ – встановлена теплова потужність котельні, МВт;

$k_{\text{шт}}$ – штатний коефіцієнт (чисельність персоналу котельні);

$k_{\text{дод}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові нарахування, $k_{\text{дод}} = 1,47$,

$\Phi_{\text{зп}}$ – середній річний фонд заробітної плати, грн./рік;

$$C_{\text{зп}} = 0,1 \cdot 6 \cdot 122400 \cdot 1,47 = 102049,13 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші невраховані витрати

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (C_{\text{а}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{еє}} + C_{\text{в}} + C_{\text{пал}}), \quad (1.10)$$

- для традиційних газових котлів

$$\begin{aligned} C_{\text{ін}} &= 0,06 \cdot (32117,47 + 102049,13 + 6423,49 + 26716,8 + 22246,13 + 501038,82) = \\ &= 41486,81 \text{ (грн./рік)}; \end{aligned}$$

- для теплогенераторів, що спалюють тріску деревини

$$\begin{aligned} C_{\text{ін}} &= 0,06 \cdot (45627,33 + 102049,13 + 9125,47 + 26716,8 + 22246,13 + 413680) = \\ &= 37218 \text{ (грн./рік)}; \end{aligned}$$

- для теплогенераторів, що спалюють буре вугілля

$$C_{ін}=0,06 \cdot (45627,33+102049,13+9125,47+26716,8+22246,13+591242)=$$

$$=47871,72 \text{ (грн./рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють паливні гранули з деревини

$$C_{ін}=0,06 \cdot (37972,83 +102049,13+7594,56+26716,8+22246,13+277261,27)=$$

$$=28481,74 \text{ (грн./рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють кам'яне вугілля

$$C_{ін}=0,06 \cdot (45627,33+102049,13+9125,47+26716,8+22246,13+353568,1)=$$

$$=33611,28 \text{ (грн./рік)}.$$

1.2.7 Витрати коштів за рік на експлуатацію обладнання котельні

На експлуатацію обладнання котельні за рік витрачається [6, 7]

$$C_{річ}= C_a+C_{зп}+C_{пр}+C_{е\text{е}}^c+C_v+C_{ін}+C_{п}, \quad (1.11)$$

- для традиційних газових котлів

$$C_{річ} = 32117,47+102049,13+6423,49 +26716,8+22246,13+501038,82+$$

$$+41486,81 = 732933,65 \text{ (грн./рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють тріску деревини

$$C_{\text{річ}} = 45627,33 + 102049,13 + 9125,47 + 26716,8 + 22246,13 + 413680 + \\ + 37218 = 657517,81 \text{ (грн./рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють буре вугілля

$$C_{\text{річ}} = 45627,33 + 102049,13 + 9125,47 + 26716,8 + 22246,13 + 591242 + \\ + 47871,72 = 845733,67 \text{ (грн./рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють паливні гранули з деревини

$$C_{\text{річ}} = 37972,83 + 102049,13 + 7594,56 + 26716,8 + 22246,13 + 277261,27 + \\ + 28481,74 = 503177,46 \text{ (грн./рік)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють кам'яне вугілля

$$C_{\text{річ}} = 45627,33 + 102049,13 + 9125,47 + 26716,8 + 22246,13 + 353568,1 + \\ + 33611,28 = 593799,26 \text{ (грн./рік)}.$$

1.2.8 Собівартість виробництва теплоти

Орієнтуючись на подальші розрахунки теплової схеми водогрійної котельні приймемо річне виробництво теплоти у розмірі $Q_{\text{річ}} = 988,73$ ГДж.

Виробництво теплової енергії на даній котельні має собівартість [6, 7], що визначається за залежністю

$$CB_{\text{тепл}} = C_{\text{річ}} / Q_{\text{річ}}, \quad (1.12)$$

- для традиційних газових котлів

$$CB_{\text{тепл}} = 732933,65 / (988,73 \cdot 10^3) = 741,3 \text{ (грн./ГДж)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють тріску деревини

$$CB_{\text{тепл}} = 657517,81 / (988,73 \cdot 10^3) = 665 \text{ (грн./ГДж)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють буре вугілля

$$CB_{\text{тепл}} = 845733,67 / (988,73 \cdot 10^3) = 855,4 \text{ (грн./ГДж)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють паливні гранули з деревини

$$CB_{\text{тепл}} = 503177,46 / (988,73 \cdot 10^3) = 508,9 \text{ (грн./ГДж)};$$

- для теплогенераторів, що спалюють кам'яне вугілля

$$CB_{\text{тепл}} = 593799,26 / (988,73 \cdot 10^3) = 600,6 \text{ (грн./ГДж)}.$$

1.3 Вибір оптимального варіанту джерела теплоти

За результатами отриманими вище можна зробити наступні висновки:

- найнижчі капіталовкладення в теплогенерувальне обладнання котельні має джерело теплоти – традиційний газовий котел;
- найнижчі експлуатаційні затрати має варіант – теплогенератор на паливних гранулах з деревини;
- найвищу собівартість теплоти має варіант - теплогенератор на бурому вугіллі, а найнижчу – теплогенератор на паливних гранулах з деревини.

Зважаючи на вище сказане найкращим джерелом теплоти для котельні для забезпечення потреб теплопостачання школи мистецтв є паливні гранули з деревини. Крім того, такий варіант джерела енергії має менш негативний вплив на довкілля.

Із заходів по зменшенню вмісту золи у димових газах після теплогенератора пропонуємо встановити циклон ЦН-11 діаметром 150 мм.

1.4 Висновки до розділу 1

В даному розділі проведено багатоваріантний аналіз на основі техніко-економічних показників із джерел енергії для водогрійної котельні, що забезпечує систему теплопостачання школи мистецтв.

Опрацьовані варіанти влаштування котельні з традиційними газовими котлами, теплогенераторами, що спалюють буре вугілля, паливні гранули з деревини, тріску деревини, кам'яне вугілля (антрацит).

Узагальнення розрахованих техніко-економічних показників показало, що найменша собівартість відпущеної теплоти за прийнятих цін на енергоносії належить варіанту теплопостачання від твердопаливної котельні на паливних гранулах з деревини з автоматизованим подаванням палива 508,91 грн./ГДж. Порівняно невисоку собівартість має також теплота отримана від котельні на кам'яному вугіллі (антрацит), що складає 600,56 грн./ГДж. Але така котельня має суттєві викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище у порівнянні з котельнею на паливних гранулах з деревини. Котельня на бурому вугіллі економічно недоцільна через низьку теплотворну здатність палива і відповідно високу його витрату. Собівартість теплоти такого варіанту 855,4 грн./ГДж. Собівартість теплоти від котельні, що працює на трісці деревини складає 665 грн./ГДж.

Виробництво теплоти традиційними газовими котлами має ряд переваг з експлуатаційної точки зору порівняно з іншими розглянутими варіантами, проте є нерентабельною через високу вартість палива. Собівартість теплоти 741,3 грн./ГДж.

Як джерело теплоти для котельні обрано паливні гранули з деревини.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЄМКІСНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПОТРЕБ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розробка математичної моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємнісному теплообміннику

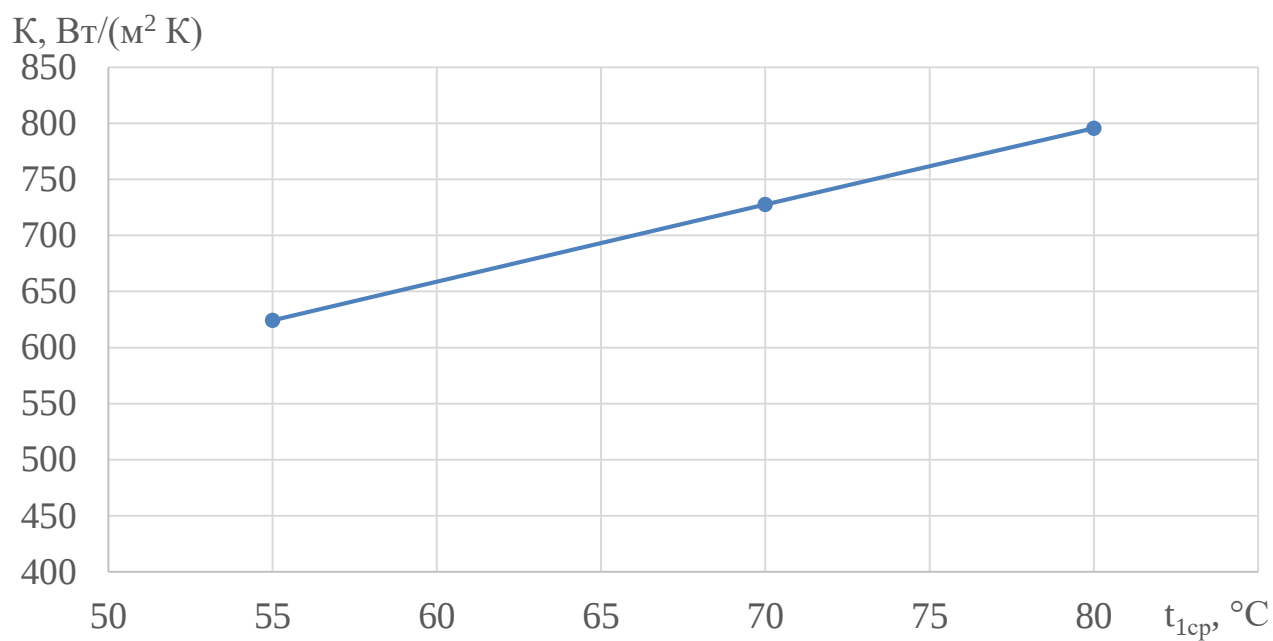
Розробка математичної моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємнісному теплообміннику є складним завданням [8], яке включає кілька етапів: визначення основних фізичних процесів, що відбуваються в теплообміннику, встановлення граничних умов, створення диференціальних рівнянь, що описують ці процеси [9, 10], та вирішення цих рівнянь для отримання аналітичних або чисельних результатів. Крім того ця розробка вимагає комплексного підходу та врахування багатьох факторів. Успішна реалізація моделі дозволяє оптимізувати роботу теплообмінника та підвищити ефективність процесу теплообміну.

Характеристика та аналітичний опис математичної моделі теплообмінника наведено у дод. Д.

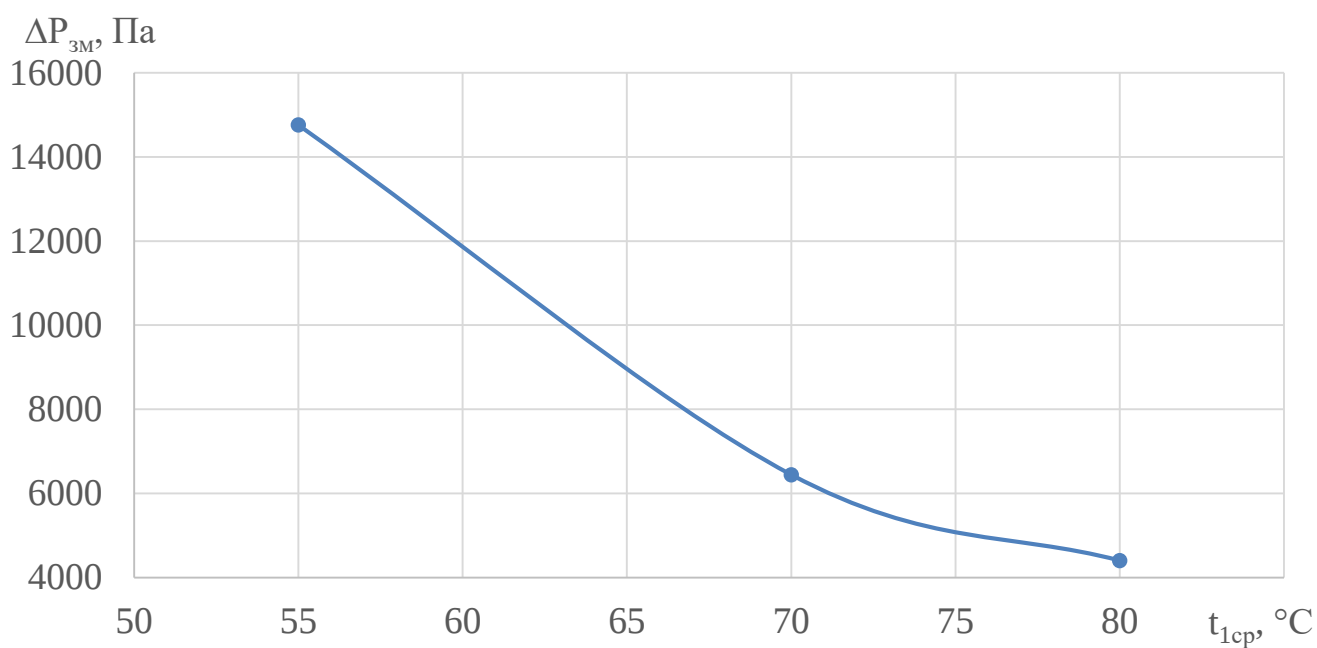
2.2 Аналіз режимів роботи водо-водяного теплообмінника

Для дослідження розглянуть теплообмінник для потреб гарячого водопостачання потужністю 10 кВт. Теплообмінна поверхня (змійовик) виконана із тонкостінної трубки з нержавіючої сталі AISI 304.

Щоб з'ясувати, який температурний і швидкісний режими ємкісного теплообмінника будуть оптимальними проведено чисельне дослідження за допомогою математичної моделі, розробленої у попередньому підрозділі. Впливу температурних параметрів гарячого теплоносія та його швидкості на коефіцієнт теплопередачі та гідравлічний опір теплообмінника проілюстровано на рис. 2.1 і рис. 2.2 відповідно.



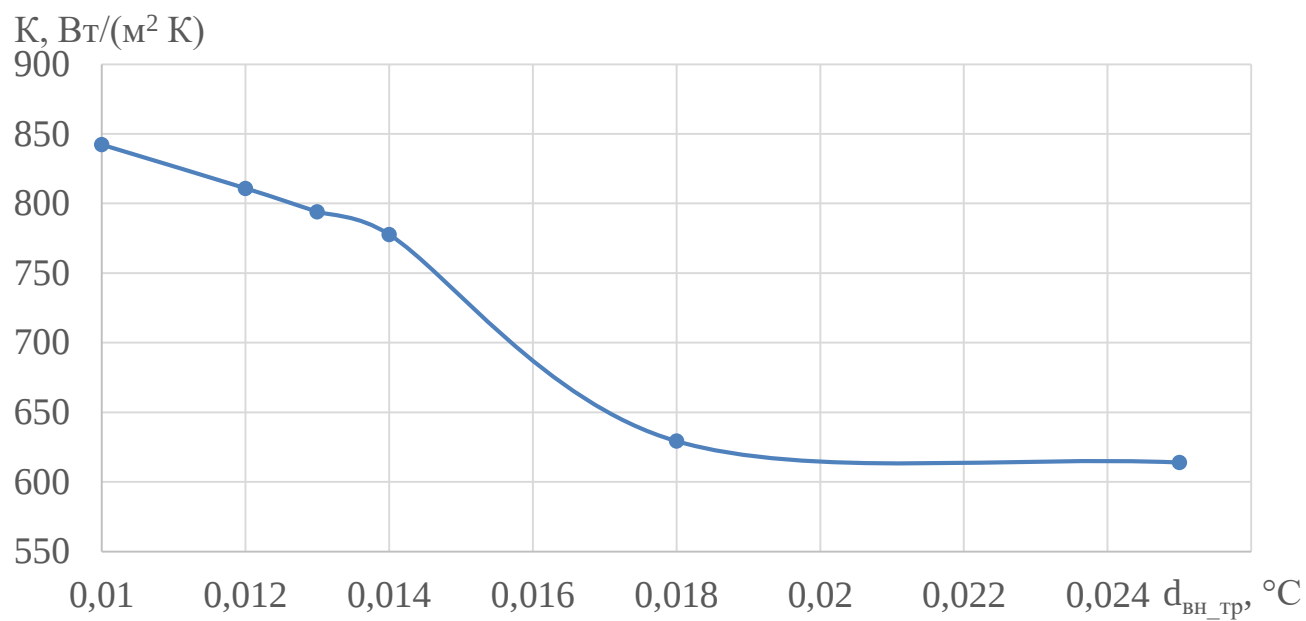
а)



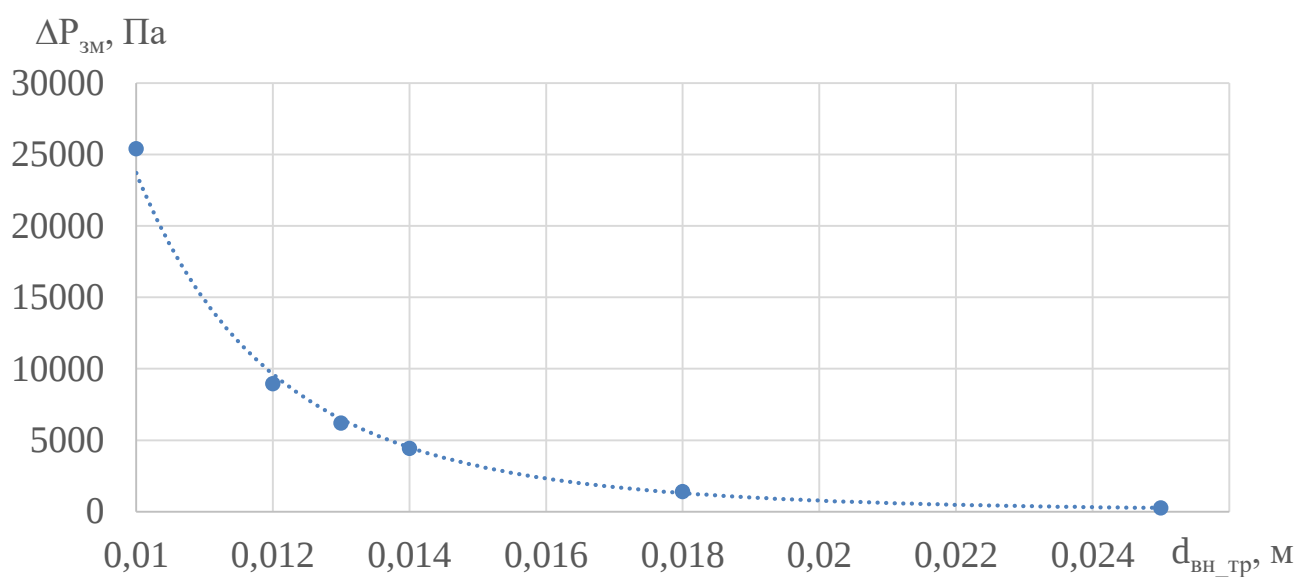
б)

Рисунок 2.1 – Залежність коефіцієнта теплопередачі теплообмінника K та його гідрравлічного опіру ΔP_{3M} від середньої температури грійного теплоносія t_{1cp}

Крім того, на основі математичної моделі оцінено вплив швидкості гарячого теплоносія в трубці змійовика на капіталовкладення у теплообмінну поверхню та витрати на електроенергію за 10 років роботи (див. рис. 2.3).



а)



б)

Рисунок 2.2 – Вплив діаметра теплообмінної трубки $d_{\text{вн_тр}}$ на коефіцієнт теплопередачі теплообмінника K та його гідравлічний опір $\Delta P_{\text{зм}}$

Із рис.2.1 видно, що середня температура грійного теплоносія зростає з 55 до 80 °С , що спричиняє до зростання коефіцієнта теплопередачі на 27,4 % і до зпа-
дання гідравлічного опору на 70,2 %.

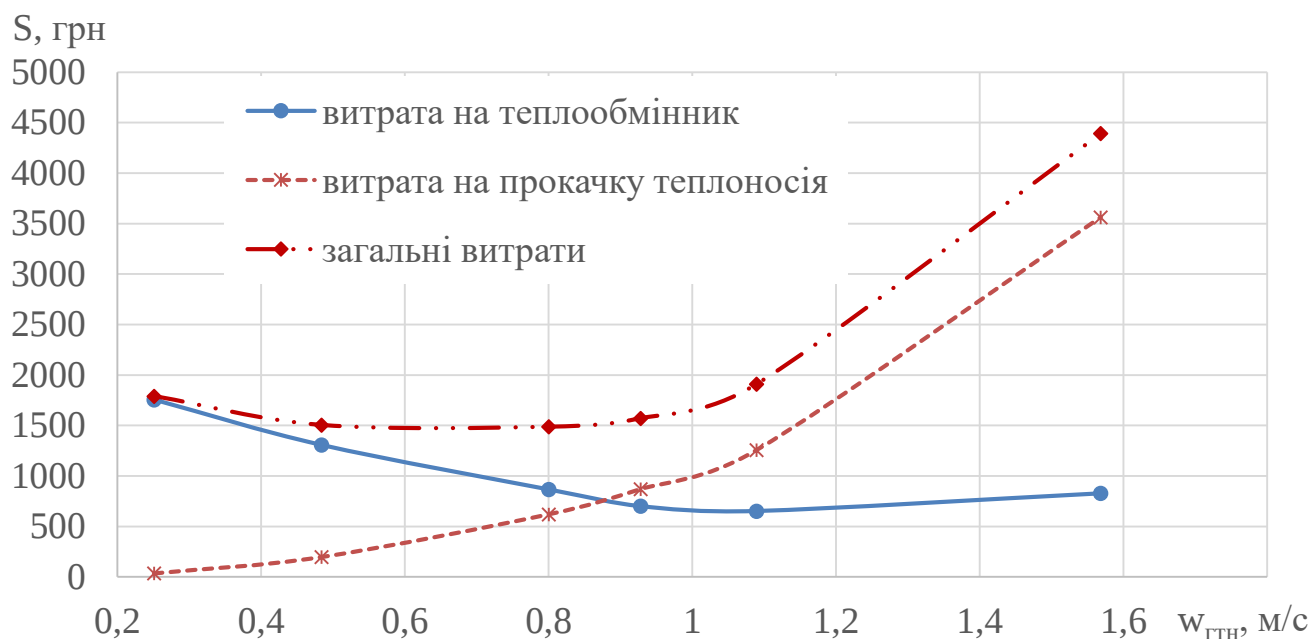


Рисунок 2.3 – Вплив швидкості грійного теплоносія $w_{гтн}$ на капітальні затрати на теплообмінну поверхню, експлуатаційні витрати протягом 10 років та загальні витрати

Під час дослідження швидкісних режимів роботи теплообмінника температурний режим задишався незмінним і складав 90/70 °С. Так, швидкість грійного теплоносія зростала від 0,25 до 1,57 м/с, відповідно зменшувався необхідний діаметр грійної трубки, а коефіцієнт теплопередачі зріс на 37,2% та гідравлічний опір – у 101,2 рази.

Аналізуючи рис. 2.3 встановлено, що швидкість гарячого теплоносія на рівні 0,8...0,93 м/с є екномічно доцільним варіантом, це відповідає діаметрам теплообмінної труби 15 × 1 мм або 16 × 1 мм.

2.3 Висновки до розділу 2

У даному розділі на основі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів, що відбуваються у теплообміннику і їх математичного опису розроблено математичну модель ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання.

Проведено числове дослідження на основі розробленої математичної моделі, встановлено, що найвищий коефіцієнт тепловіддачі і найменший гідравлічний опір відповідає найвищим із досліджуваних температурних режимів, а саме 90/70 °С. Крім того найбільшій швидкості відповідає і найвищий коефіцієнт теплопередачі, але і гідравлічний опір зміювика при цьому також найвищий. Встановлено оптимальну швидкість у трубках зміювика 0,8...0,93 м/с.

3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

3.1 Аналіз теплової схеми котельні

Дана водогрійна котельня обслуговує системи опалення та гарячого водопостачання школи мистецтв в смт Ріпки Чернігівської області. Для вироблення теплоти використані два газових котли загальною потужністю 100 кВт. З метою зменшення споживання викопного палива планується встановити твердопаливний водогрійний котел з ручним подаванням палива.

Система теплопостачання замкнута. Мережні трубопроводи системи опалення прикладені безканально від котельні до будівлі школи мистецтв.

На виході з котельні забезпечується температура прямої мережної води на рівні 90°C на потреби системи опалення та на потреби гарячого водопостачання будівлі школи мистецтв з температурою 60°C. Мережний насос забирає підігріту мережну воду з котла і подає до споживача опалення та до ємкісного теплообмінника на нагрів води для гарячого водопостачання.

З метою уникнення низькотемпературної корозії у обв'язці котла передбачена лінія рециркуляції з рециркуляційним насосом на лінії рециркуляції. Температура мережної води на вході в теплогенератор має бути вище температури точки роси відхідних газів. Підтримання постійної витрати і температури зворотний мережної води на нижче 60 °C здійснюється за рахунок перепустки прямої мережної води в зворотній трубопровід [11].

Видалення повітря із системи здійснюється через повітровипускні крани.

Для ефективної роботи теплогенератора на виході з нього встановлена група безпеки котла (манометр, термометр, запобіжний клапан). Передбачено виведення окремого зливного трубопроводу від запобіжного клапана на відмостку будівлі котельні.

З метою уникнення протитоку теплоносія встановлено зворотні клапани після мережних насосів та на підживлювальному трубопроводі.

На відмостку виведений також дренажний трубопровід з теплогенератора.

Вода для потреба котельні та гарячого водопостачання (ГВП) надходить з існуючого водопроводу.

Підготовка гарячої води здійснюється за закритою системою у рекуперативному ємкісному теплообміннику [12].

3.2 Розрахунок теплової схеми для різних опалювальних режимів роботи

Система опалення з піковою потужністю $Q_{\text{оп}} = 80$ кВт заживлена безпосередньо від водогрійної котельні. Згідно завдання пікова потужність гарячого водопостачання $Q_{\text{ГВП}} = 10$ кВт. Система замкнута. Температурний графік мережної води 90/70°C. Температура сирої води $t_{\text{св}} = 5^\circ\text{C}$. Температура води, що йде до споживачів гарячої води $t_{\text{ГВП}} = 60^\circ\text{C}$. Згідно із кліматичними даними Чернігівської області розрахункова температура зовнішнього повітря для максимального режиму $t_{\text{зо}} = -23^\circ\text{C}$.

Витрата мережної води на потреби системи опалення [11, 12]

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{C_p(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.1)$$

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{оп}} = \frac{80}{4,19 \cdot (90 - 70)} = 0,955 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата мережної води на ємкісний теплообмінник ГВП

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_p(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.2)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{10}{4,19 \cdot (90 - 70) \cdot 0,98} = 0,122 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води на усі теплові потреби [11, 12]

$$G_{\text{TM}} = G_{\text{TM}}^{\text{оп}} + G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}}, \quad (3.3)$$

$$G_{\text{TM}} = 0,955 + 0,122 = 1,077 \text{ (кг/с)}.$$

Підживлення мережі компенсується витратою [2,3]

$$G_{\text{ПЖ}} = G_{\text{TM}} \cdot \alpha, \quad (3.4)$$

$$G_{\text{ПЖ}} = 1,077 \cdot 0,005 = 0,0054 \text{ (кг/с)}.$$

Зворотна мережна вода надходить у котельню у кількості [2,3]

$$G_{\text{ЗВ}} = G_{\text{TM}} - G_{\text{ПЖ}}, \quad (3.5)$$

$$G_{\text{ЗВ}} = 1,077 - 0,0054 = 1,072 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води перед рециркуляцією (через мережний насос) [11, 12]

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПЖ}}, \quad (3.6)$$

$$G_{\text{МН}} = 1,072 + 0,0055 = 1,077 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води після змішування перед лінією рециркуляції [12]

$$t_{\text{MH}} = \frac{G_{\text{ЗВ}} \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПЖ}} \cdot t_{\text{СВ}}}{G_{\text{MH}}}, \quad (3.7)$$

$$t_{\text{MH}} = \frac{1,072 \cdot 70 + 0,0055 \cdot 5}{1,077} = 69,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки температура зворотної мережної води вище за допустиму на вході у твердопаливний котел ($t'_{\text{к}} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$), то витрата води у лінії рециркуляції складає $G_{\text{рец}} = 0 \text{ кг/с}$.

Оскільки температурний графік роботи теплогенератора і теплової мережі в максимальному опалювальному режимі співпадають, то витрата води в лінії перепустки складає $G_{\text{пер}} = 0 \text{ кг/с}$.

Масова витрата води, що циркулює через теплогенератор

$$G_{\text{к}} = G_{\text{MH}} + G_{\text{рец}}, \quad (3.8)$$

$$G_{\text{к}} = 1,077 + 0 = 1,077 (\text{кг/с}).$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{кот}} = G_{\text{к}} \cdot C_{\text{р}} \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{ЗВ}}), \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{кот}} = 1,077 \cdot 4,195 \cdot (90 - 70) = 90,36 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата робочого альтернативного палива у котельні [12]

$$B_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{H}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (3.10)$$

де Q_H^p – наявна теплота палива, яка для паливних гранул з деревини складає 18,5 МДж/кг;

$\eta_{\text{кот}}$ – коефіцієнт корисної дії теплогенератора, який із паспортних даних 89%.

$$B_p = \frac{90,36}{18500 \cdot 0,89} = 0,0055 (\text{кг/с}) = 19,76 (\text{кг/Год}).$$

Розрахункова витрата умовного палива на теплогенератор [11]

$$B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (3.11)$$

$$B_y = \frac{90,36}{29300 \cdot 0,89} = 0,0035 (\text{кг/с}) = 12,47 (\text{кг/Год}).$$

Коефіцієнт корисної дії котельні [3]

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{\Sigma Q_{\text{сп}}}{B_y \cdot Q_{\text{ну}}^p}, \quad (3.12)$$

$$\eta = \frac{80 + 10}{0,0035 \cdot 29300} = 0,878.$$

Питома витрата умовного палива на потреби теплопостачання [10]

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{\text{кот}}}, \quad (3.13)$$

$$b_y = \frac{0,0035}{0,09036 \cdot 10^{-3}} = 38,73 (\text{кг/ГДж}).$$

Через суттєві зміни температури навколишнього середовища протягом опалювального періоду змінюється необхідна кількість теплоти для забезпечення комфортних умов у приміщеннях школи мистецтв. У даній тепловій схемі пропонується використати центральне якісне регулювання, а саме регулювання подачі теплоти зміною температури теплоносія за його сталої витрати [13].

За кліматичними даними Чернігівської області: середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_3 = -0,9^\circ\text{C}$, розрахункова температура навколишнього повітря для опалення $t_{3,0} = -22^\circ\text{C}$, Розрахунковий температурний графік мережної води в максимальному режимі $t''/t' = 90/70^\circ\text{C}$. Прийнята розрахункова внутрішня температура в приміщеннях школи мистецтв $t_{в,р} = 20^\circ\text{C}$ [14].

Для температури t_3 відносно теплове навантаження системи опалення [14]

$$\left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{соп}} = \frac{t_{в,р} - t_3}{t_{в,р} - t_{3,0}}, \quad (3.14)$$

$$\left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{соп}} = \frac{20 + 0,9}{20 + 23} = 0,486.$$

Температурний напір опалювального приладу для $t''/t' = 90/70^\circ\text{C}$ складе [13]

$$\Delta t_o = \frac{t'' + t'}{2} - t_{в,р}, \quad (3.15)$$

$$\Delta t_o = \frac{90 + 70}{2} - 20 = 60^\circ\text{C}.$$

Перепад температур мережної води в режимі $t''/t' = 90/70^{\circ}\text{C}$ складе [13]

$$\Delta\tau_0 = t'' - t', \quad (3.16)$$

$$\Delta\tau_0 = 90 - 70 = 20^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки система опалення безпосередньо приєднана до котельні (залежна схема підключення без підмішування), перепад температур води в системі опалення рівний перепаду температур мережної води $\Theta_0 = \Delta\tau_0 = 20^{\circ}\text{C}$.

Температура прямої мережної води при t_3 [13]

$$\tau_1 = t_{\text{в.р.}} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{соп}}^{0,8} + (\Delta\tau_0 - 0,5 \cdot \Theta_0) \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{соп}}, \quad (3.17)$$

$$\tau_1 = 20 + 60 \cdot 0,486^{0,8} + (20 - 0,5 \cdot 20) \cdot 0,486 = 58,1^{\circ}\text{C}.$$

Температура зворотної мережної води при t_3 [13]

$$\tau_2 = t_{\text{в.р.}} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{соп}}^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{соп}}, \quad (3.18)$$

$$\tau_2 = 20 + 60 \cdot 0,486^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \cdot 0,486 = 48,8^{\circ}\text{C}.$$

Зважаючи необхідність нагріву води на потреби ГВП, проведемо розрахунок теплової схеми при температурному графіку мережної води $65/50^{\circ}\text{C}$. Результати розрахунку теплової схеми для середньоопалювального і міжопалювального (працює лише на потреби ГВП) режимів роботи котельні наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведені показники роботи теплової схеми водогрійної котельні в різних режимах роботи

Показник роботи		Позначення	Розмірність	Режим роботи		
				Максимальний	Середньопальний	Міжопальний
Температури	Прямої мережної води	$t_{\text{п}}$	°C	90	65	90
	Зворотної мережної води	$t_{\text{зв}}$	°C	70	50	70
	Після змішування перед лінією рециркуляції	$t_{\text{мн}}$	°C	69,7	49,78	69,68
Масова витрата	Мережної води для потреб опалення	$G_{\text{оп.тм}}$	кг/с	0,955	0,62	0
	Мережної води для потреб ГВП	$G_{\text{гвп.тм}}$	кг/с	0,122	0,163	0,122
	Мережної води для усіх теплових потреб	$G_{\text{тм}}$	кг/с	1,077	0,783	0,122
	Підживлення мережі	$G_{\text{пж}}$	кг/с	0,0054	0,0039	0,0006
	Зворотної мережної води	$G_{\text{зв}}$	кг/с	1,072	0,779	0,1214
	Води перед рециркуляцією	$G_{\text{мн}}$	кг/с	1,077	0,783	0,122
	В лінії рециркуляції	$G_{\text{рец}}$	кг/с	0	0,3	0
	В лінії перепустки	$G_{\text{пер}}$	кг/с	0	0,487	0
	Котлової води	$G_{\text{к}}$	кг/с	1,077	0,596	0,122
Потужність котельні		$Q_{\text{кот}}$	кВт	90,36	50	10,4
ККД котельні		η		0,878	0,878	0,853
Витрата палива	Робочого (паливних гранул)	$B_{\text{р}}$	кг/год	19,76	10,93	2,27
	Умовного	$B_{\text{у}}$	кг/год	12,47	6,9	1,44
	Питома умовного	$b_{\text{у}}$	кг/ГДж	38,73	38	38,46

3.3 Обґрунтування та вибір обладнання твердопаливної водогрійної котельні

3.3.1 Вибір теплогенератора

Вибір водогрійного котла проводимо за розрахунковою продуктивністю котельні [15] для максимально-опалювального режиму

$$Q_{\text{кот}} = 90,36 \text{ кВт.}$$

До встановлення приймаємо один сталевий триходовий водогрійний котел з механізованою подачею палива K3OT BRS 100 Comfort LM. теплопродуктивністю 99 кВт [16]. Оскільки на котельні вже є встановлено два газових водогрійних котла, тому резервного теплогенератора не передбачено. Даний теплогенератор при роботі на паливних гранулах має досить високий коефіцієнт корисної дії, що досягає 92%.

3.3.2 Вибір насосів

Теплова схема запропонованої котельні передбачає встановлення мережного насоса (1 шт) та рециркуляційного насоса (1 шт).

Подача мережного насоса для забезпечення необхідного напору у системі опалення та у теплообміннику гарячого водопостачання

$$V_{\text{мн}} = \frac{1,1 \cdot G_{\text{мн}} \cdot 3600}{\rho_{\text{мн}} \cdot n}, \quad (3.19)$$

де $G_{\text{мн}}$ – масова витрата води через котли (див. табл. 3.1) в максимальному режимі;

ρ_k – густина мережної води на вході в мережний насос, яка дорівнює 965,1 кг/м³ при температурі 90 °С,

n – кількість теплогенераторів.

$$V_{\text{мн}}^{\text{оп}} = \frac{1,2 \cdot 1,077 \cdot 3600}{965,1} = 4,51 \text{ (м}^3\text{/год)},$$

$$V_{\text{мн}}^{\text{соп}} = \frac{1,2 \cdot 0,783 \cdot 3600}{980,35} = 3,45 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Обираємо для встановлення насос марки Wilo TOP-S 40/10 3~ PN 6/10, що має характеристики: подача $V_{\text{мн}} = 4,7$ м³/год, напір $H_{\text{мн}} = 9,56$ м вод. ст., споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,381$ кВт у середньоопалювальному режимі [17].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача рециркуляційного насосу

$$V_{\text{реци}}^{\text{соп}} = \frac{1,2 \cdot 0,3 \cdot 3600}{980,35} = 1,32 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Обираємо для встановлення насос марки Wilo Star-RS 25/8, що має характеристики: подача $V_{\text{реци}} = 1,4$ м³/год, напір $H_{\text{реци}} = 4,78$ м вод. ст., споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{реци}}^{\text{соп}} = 0,103$ кВт у середньоопалювальному режимі [18].

3.3.3 Підбір вентилятора до теплогенератора

Для вибору вентилятора до теплогенератора визначимо основні параметри, тобто необхідну подачу і тиск за номінального навантаження теплогенератора

$$Q_B = 1,2 \cdot \frac{B_p}{n} \cdot \frac{t_{\text{пов}} + 273}{273} \cdot V_{\text{пов}}^0 \cdot \alpha_T \cdot 3600, \quad (3.20)$$

де $k = 1,1$ – коефіцієнт запасу;

B_p – розрахункова витрата робочого палива за номінального завантаження, кг/с;

$V_{\text{пов}}^0$ – теоретичний об'єм повітря, необхідний для згорання 1 кг палива, м³/кг;

α_T – коефіцієнт надлишку повітря у топці теплогенератора;

n – кількість теплогенераторів.

$$Q_B^{\text{оп}} = \frac{1,1 \cdot 0,0055}{1} \cdot \frac{20 + 273}{273} \cdot 4,31 \cdot 1,4 \cdot 3600 = 141,05 \text{ (м}^3\text{/год)},$$

$$Q_B^{\text{соп}} = \frac{1,1 \cdot 0,003}{1} \cdot \frac{20 + 273}{273} \cdot 4,31 \cdot 1,4 \cdot 3600 = 76,94 \text{ (м}^3\text{/год)},$$

$$Q_B^{\text{моп}} = \frac{1,1 \cdot 0,00063}{1} \cdot \frac{20 + 273}{273} \cdot 4,31 \cdot 1,4 \cdot 3600 = 16,16 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Вибираємо вентилятор марки KG ELEKTRONIK DP-02 з подачею 150 м³/год і потужністю електродвигуна 80 Вт [19].

3.3.4 Споживання електроенергії котельнею

Розрахункову електричну потужність котельні знаходимо як суму активних потужностей працюючого обладнання котельні, а саме насоса мережної води, рециркуляційного насосу, дуттєвого вентилятора теплогенератора

$$N_{\text{ВП}} = N_{\text{МН}} \cdot n_{\text{МН}} + N_{\text{реци}} \cdot n_{\text{реци}} + N_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}}, \quad (3.21)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{макс}} = 0,381 + 0,08 = 0,461 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{сер}} = 0,381 + 0,103 + 0,08 = 0,564 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{моп}} = 0,381 + 0,08 = 0,461 \text{ (кВт)}$$

3.3.5 Розрахунок та підбір мембранного розширювального бака

Для підтримання стабільного надлишкового тиску у системі теплопостачання, компенсування розширення теплоносія викликаного зміною його температури, захисту системи від гідравлічних ударів і зменшення втрат теплоносія у тепловій схемі котельні встановлюємо розширювальний мембранний бак.

Попередньо визначено обсяг води у системі опалення, ГВП у трубопроводах, що складає $V_{\text{сис}} = 2760 \text{ л}$ і надлишковий обсяг, що утвориться через нагрівання $V_{\text{рас}} = 110,4 \text{ л}$.

З врахуванням коефіцієнта заповнення бака (визначеного попередньо) $f = 0,48$ необхідний об'єм мембранного розширювального баку складе [12]

$$V_{\text{бака}} = \frac{V_{\text{рас}}}{f}, \quad (3.22)$$

$$V_{\text{бака}} = \frac{55,44}{0,48} = 115,5 \text{ (л)}.$$

Обираємо мембранний розширювальний бак Cal-Pro Zilmet об'ємом 250 л [20].

3.3.6 Визначення діаметрів основних трубопроводів теплової схеми

Діаметри основних трубопроводів теплової схеми котельні визначаємо за [21]

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot w \cdot \rho}}, \quad (3.23)$$

де G – витрата відповідного теплоносія, кг/с;

$w = 0,7 \dots 1,2$ м/с – прийнята розрахункова швидкість теплоносія;

ρ – густина теплоносія за середньої його температури, кг/м³.

Розрахунок діаметрів усіх трубопроводів наведено в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Розрахунок діаметрів трубопроводів котельні

Назва трубопроводу	Витрата води кг/с,	Розрахунковий діаметр м	Стандартний діаметр мм
Мережної води	1,077	0,045	57×3
Підживлювальний	0,0055	0,0026	21,3×2,5
Рециркуляційний	0,3	0,0197	32×2,5
Перепустки	0,487	0,025	32×2,5
Для входу холодної води	0,043	0,007	21,3×2,5

3.3.7 Розрахунок ємкісного теплообмінника

Початкові дані для розрахунку:

- теплообмінник – ємкісний;
- гарячий теплоносій – вода від теплогенератора на паливних гранулах (ГТ);

- холодний теплоносієй – вода у систему гарячого водопостачання (ХТ);
- температура ГТ на вході в теплообмінник – $t'_1 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура ГТ на виході з теплообмінника – $t''_1 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура ХТ на вході – $t'_2 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура ХТ на виході – $t''_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- потужність теплообмінника гарячого водопостачання – 10 кВт;
- швидкість води у теплообмінних трубках – $w_1 = 1,1\text{ м/с}$.

Математичну модель теплових і гідродинамічних процесів у розроблюваному теплообміннику наведено у дод. Д.

Наведемо основні розраховані характеристики теплообмінника.

Масова витрата ГТ у теплообміннику $G_1 = 0,12\text{ кг/с}$.

Середньологарифмічний температурний напір $\Delta t_{cp} = 43,28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Об'ємна витрата ГТ у теплообміннику $V_1 = 1,235 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{с}$.

Площа поперечного перерізу труби для проходження ГТ і забезпечення його швидкості $w_1 = 1,1\text{ м/с}$ $f_{tr} = 1,123 \cdot 10^{-4}\text{ м}^2$ та відповідно прийнято діаметр теплообмінних трубок і нержавіючої сталі AISI 304 $15 \times 1\text{ мм}$, тобто $d_{BH} = 13\text{ мм}$

Швидкість ГТ в змійовику теплообмінника $w_1 = 0,93\text{ м/с}$.

Критерій Рейнольдса під час руху ГТ у теплообміннику $Re_1 = 33156$.

Критерій Нуссельта для ГТ за (2.13) $Nu = 128,1$.

Коефіцієнт тепловіддачі від ГТ до стінки трубки змійовика $\alpha_1 = 6641,4\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Критерій Грасгофа для міжтрубного простору ємкісного теплообмінника $Gr_2 = 763419,7$.

Критерій Релея для міжтрубного простору $Ra_2 = 3714037$.

Критерій Нуссельта для міжтрубного простору $Nu_2 = 25,68$.

Коефіцієнт тепловіддачі від ХТ до стінки змійовика $\alpha_2 = 1072,75\text{ (Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}))$.

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника $k = 873,76 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Площа поверхні нагріву змійовика із нержавіючої сталі $F = 0,266 \text{ м}^2$.

Кількість витків в змійовику (прийнята) $n_v = 4$.

Розрахунок гідравлічного опору під час руху гарячого теплоносія у змійовику

Коефіцієнт гідравлічного тертя для ГТ $\lambda_1 = 0,0234$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \xi = 3,5$.

Втрати тиску у змійовику теплообмінника $\Delta P = 6221,45 \text{ Па}$.

3.4 Висновки до розділу 3

В даному розділі визначені показники роботи теплової схеми водогрійної котельні на паливних гранулах із деревини визначені для режимів роботи : максимальноопалювального, середньоопалювального та міжопалювального. Витрата робочого палива на котельню склала 19,76, 10,93 і 2,27 кг/год відповідно, у коефіцієнт корисної дії у максимальноопалювальний і середньоопалювальний періоди 0,878, а у міжопалювальний 0,853.

За результатами розрахунку теплової схеми обрано основне і допоміжне обладнання котельні: один котел з механізованою подачею палива K3OT BRS 100 Comfort LM, вентилятор марки KG ELEKTRONIK DP-02, один (резервний на складі) мережний насос марки Wilo TOP-S 40/10 3~ PN 6/10, один рециркуляційний насос марки Wilo Star-RS 25/8, один мембранний розширювальний бак Cal-Pro Zilmet об'ємом 250 л.

Розраховано та сконструйовано ємкісний теплообмінник для потреб гарячого водопостачання потужністю 10 кВт. Змійовик із чотирьох витків діаметром 500 мм виготовлений із тонкостінної нержавіючої сталі AISI 304 із діаметром $15 \times 1 \text{ мм}$. Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника склав $873,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а гідравлічний опір – 6,22 кПа.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

4.1 Загальна характеристика об'єкту монтажу

У даній роботі розробляється монтажна схема теплогенератора BRS 100 Comfort LM у тепловій схемі котельні школи мистецтв. Теплогенератор працює на альтернативному виді палива – паливні гранули з біомаси.

Теплогенератор BRS 100 Comfort LM [16] сталевий триходовий водогрійний котел з механізованою подачею палива. Котел може працювати на наступних видах палива: паливні пелети, тирса (розміром не більше 50х50 см), тріска. Трубний теплообмінник котла виготовлений з суцільнотягнутої безшовної труби і має форму, відповідну спеціальним вимогам по організації якісного згорання твердого палива з наступним полегшеним очищенням теплообмінних поверхонь. Завдяки сучасній конструкції і принципу «ступеневого горіння» котел гарантує надійну, стабільну і безпечну роботу протягом всього терміну служби, забезпечує зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Габаритні розміри теплогенератора : 870×920×1690 мм

Для компенсації теплових деформацій в системі теплопостачання передбачено два розширювальних баки Zilmet CAL-PRO 250, що мають характеристики: приєднання – різьбове $\frac{3}{4}$, діаметр 630 мм, висота 957 мм, маса 38,5 кг [20].

Циркуляція мережної води через теплогенератор здійснюється за допомогою мережного насосу Wilo TOP-S 40/10 PN 6/10, що має наступні характеристики: приєднання – фланцеве DN40, подача 21 м³/год, напір 10 м вод. ст., монтажна довжина 250 мм, номінальна потужність 350 Вт [17].

Для забезпечення температури води перед теплогенератором не нижче 60 °С встановлено насос Wilo Star-RS 25/8, що має наступні характеристики: приєднання –

різьбове 1 ½'', максимальна подача 5 м³/год, максимальний гідростатичний напір 8 м вод. ст., монтажна довжина 180 мм [18].

В даній роботі накладання теплової ізоляції на трубопроводах та влаштування димової труби не передбачено планом робіт.

4.2 Обґрунтування та визначення об'ємів робіт з монтажу теплогенератора

На підставі попередньо розробленої монтажної схеми сформульовано склад монтажних робіт та з врахуванням вимог нормативних документів [22] визначені необхідні обсяги (об'єми) робіт з монтажу теплогенератора, які наведені нижче.

1. Доставка обладнання, матеріалів, арматури до місця монтажу. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх елементів обв'язки теплогенератора складає 2354,22 кг (2,35 т). Приймаємо об'єм $V = 2,35$.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводів обв'язки теплогенератора. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всіх трубопроводів складає $L = 31,5$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,315$.

3. Монтаж теплогенератора BRS 100 Comfort LM. Одиниці вимірювання – штуки. У котельні встановлюється 1 теплогенератор потужністю 99 кВт. Приймаємо об'єм $V = 1$.

4. Монтаж компенсатора об'єму Zilmet Cal-Pro $V=250$ л. Одиниці вимірювання – штуки. У котельні встановлюється 1 компенсатор об'єму ємністю 250 л. Приймаємо об'єм $V = 1$.

5. Прокладання трубопроводів діаметром 57x3 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 16,4 м. Приймаємо об'єм $V = 0,164$.

6. Прокладання трубопроводів діаметром 45x2,5 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 0,74 м. Приймаємо об'єм $V = 0,0074$.

7. Монтаж насоса Wilo TOP-S 40/10 PN 6/10. Одиниці вимірювання – 1 штука. У

схемі котельні встановлюється 1 вказаний насос. Приймаємо об'єм $V = 1$.

8. Прокладання трубопроводів діаметром 38x2,5 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 1,51 м. Приймаємо об'єм $V = 0,0151$.

9. Прокладання трубопроводів діаметром 32x2,5 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 2,46 м. Приймаємо об'єм $V = 0,0246$.

10. Монтаж насоса Wilo Star-RS 25/8. Одиниці вимірювання – 1 штука. У схемі котельні встановлюється 1 вказаний насос. Приймаємо об'єм $V = 1$.

11. Прокладання трубопроводів діаметром Ду 20 з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 6,21 м. Приймаємо об'єм $V = 0,0621$.

12. Прокладання трубопроводів діаметром Ду 15 з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 4,21 м. Приймаємо об'єм $V = 0,0421$.

13. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Одиниця вимірювання – шт. У схему обв'язки теплогенератора встановлюється 3 термометар і 2 манометра. Приймаємо $V = 5$.

13. Гідравлічне випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всіх трубопроводів складає $L = 31,5$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,315$.

14. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всіх стрічкових транспортерів складає $L = 31,5$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,315$.

15. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 1090,25 кг (1,09 т). Приймаємо об'єм $V = 1,09$.

4.3 Складання комплектувальних відомостей для монтажу теплогенератора

Відповідно до розробленої монтажної схеми (див. арк. 4 графічної частини) здійснено комплектування та розрахунок основних та допоміжних матеріалів та виробів, потрібних для монтажу теплогенератора BRS 100 Comfort LM (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 Комплектувальна відомість матеріалів і виробів для монтажу теплогенератора BRS 100 Comfort LM

№ п/п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірю- вання	Кіль- кість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
1	Теплогенератор BRS 100 Comfort LM	шт.	1	1000	1000
2	Компенсатор об'єму Zilmet Cal-Pro V=250 л	шт.	1	38,5	38,5
3	Насос Wilo Star-RS 25/8	шт.	1	3,3	3,3
4	Насос Wilo TOP-S 40/10 PN 6/10	шт.	1	14,7	14,7
5	Клапан регулюючий 3-х ходовий Danfoss HRB 3 Dn32 з електроприво- дом AMB 162	шт	1	1,2	1,2
6	Клапан запобіжний Genebre 3190 09, Dn50	шт	2	2,875	5,75
7	Фільтр осадовий різьбовий ІТАР DN 25	шт	1	0,43	0,43
8	Фільтр осадовий різьбовий ІТАР DN 50	шт	1	1,55	1,55
9	Клапан зворотний муфтовий Genebre 3185 Ду 25	шт	1	0,56	0,56
10	Клапан зворотний муфтовий Genebre 3187 Ду 50	шт	1	1,64	1,64
11	Кран кульовий муфтовий латунний Genebre 3029 DN 50	шт	4	1,33	5,32

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Кран кульовий муфтовий латунний Genebre 3029 DN 32	шт	1	0,595	0,6
13	Кран кульовий муфтовий латунний Genebre 3029 DN 25	шт	2	0,38	0,76
14	Кран кульовий муфтовий латунний Genebre 3029 DN 20	шт	1	0,25	0,25
15	Кран кульовий муфтовий латунний Genebre 3029 DN 15	шт	5	0,15	0,75
16	Манометр технічний	шт	2	0,27	0,54
17	Термометр біметалевий трубчастий	шт	3	0,13	0,39
18	Повітровідвідник Genebre 70037 04 02 G1/2"	шт	1	0,155	0,16
18	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 40	м	0,74	2,6	1,92
19	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 50	м	16,4	4,0	65,58
20	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 32	м	1,52	2,15	3,27
21	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 25	м	2,46	1,76	4,33
22	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 20	м	6,21	1,5	9,32
23	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 15	м	4,21	1,16	4,88
24	Перехід концентричний 65/50	шт.	2	0,47	0,94
25	Перехід концентричний 50/32	шт	1	0,31	0,31
26	Перехід концентричний 32/40	шт	1	0,19	0,19

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
27	Перехід концентричний 50/40	шт	1	0,31	0,31
Допоміжні матеріали					
для монтажу теплогенератора BRS 100 Comfort LM [22]					
1	Фарба земляна густотерта олійна, му- мія, сурик залізний	т	1	0,00008	0,08
2	Масло індустрієне И-20А	т	1	0,00005	0,05
3	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00124	1,24
4	Оліфа натуральна	кг	1	0,04	0,04
5	Прокладки гумові (пластина технічна пре-сована)	кг	1	0,25	0,25
6	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00802	8,02
7	Вода	м ³	1	1,4	1400
8	Очіс льняний	т	1	0,00004	0,04
9	Пароніт	т	1	0,00031	0,31
Для монтажу насосів [22]					
10	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	2	0,00039	0,78
11	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	2	0,07	0,14
12	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою	т	2	0,0022	4,4
13	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00127	2,54
14	Розчин готовий кладковий важкий це- ментний, марка М50	м ³	2	0,014	50,4

Продовження табл 4.1

1	2	3	4	5	6
Для монтажу компенсатора об'єму Zilmet Cal-Pro V=250 л [22]					
15	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00008	0,08
16	Оліфа натуральна	кг	1	0,04	0,04
17	Вода	м ³	1	0,31	310
18	Очіс льняний	т	1	0,00004	0,04
Для монтажу трубопроводів обв'язки теплогенератора з встановленням муфтової арматури [22]					
19	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,164 0,151	0,00015 0,00012	0,04
20	Оліфа натуральна	кг	0,164 0,151	0,08 0,06	0,02
21	Вода	м ³	0,164 0,0074 0,0152 0,0246 0,0621 0,0421	2,75 1,76 1,13 0,69 0,44 0,25	536,02
22	Очіс льняний	т	0,315	0,0006	0,19
23	Дріт зварювальний легований, діаметр 4 мм	т	0,164 0,0074 0,0152 0,0246 0,0621 0,0421	0,0026 0,0021 0,0017 0,0012 0,0009 0,0009	26,36

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
для монтажу термометрів і манометрів [22]					
24	Масло індустріальне И-20А	т	5	0,00011	0,55
25	Оліфа натуральна	кг	5	0,01	0,05
26	Очіс льняний	т	5	0,00001	0,05
27	Фарба земляна густотерта олійна, му- мія, сурик залізний	т	5	0,00001	0,05
для гідравлічного випробування трубопроводів [22]					
28	Оліфа натуральна	кг	0,315	0,02	0,01
29	Фарба земляна густотерта олійна, му- мія, сурик залізний	т	0,315	0,00005	0,02
	Очіс льняний	т	0,315	0,00002	0,01
	Вода	м ³	0,315	1	315

Маса основного обладнання і матеріалів – 1167,45 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 96,52 кг.

Необхідна кількість води – 2561,02 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 1167,45 + 96,52 + 1090,25 = 2354,22 \text{ (кг)}.$$

4.4 Підбір засобів механізації для виконання робіт з монтажу теплогенератора

Теплогенератор, допоміжне обладнання, трубопроводи та арматура доставляються централізовано за два рази вантажним автомобілем Fiat Ducato VAN LWB H2 3.51t, який має за характеристики, наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики автомашини Fiat Ducato VAN LWB H2 3.51t [23]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	1510
Споряджена маса	кг	2000
Колісна база	мм	4035
Тип палива	-	дизель
Діаметр розвороту	м	13,9
Максимальна швидкість	км/год	150
Габарити: Довжина Ширина Висота	мм	5998 2050 2764
Витрата палива у змішаному циклі	л/100 км	7,3

Зварювальні роботи під час монтажу схеми обв'язки теплогенератора з використанням зварювального інверторного напівавтомату Revolt MIG 315 з наведеними нижче технічними характеристиками [24]:

- номінальна споживана потужність, кВт – 4,6;
- регулювання зварювального струму, А – 20 – 315;
- напруга мережі живлення, В – 160-250 ;
- діаметр електродів , мм – 1,6 – 5,0;
- напруга холостого ходу, В – 70;
- коефіцієнт корисної дії, % - 75;
- маса – 6,1 кг.

Роботи з підйому обладнання всередині приміщення котельні виконуються за допомогою лебідки монтажною ЛМ-3,2 з такими технічними характеристиками: потужність двигуна 11 кВт; тягове зусилля 3,2 т; розрахункова канатоємність 200 м; діаметр каната вантажного барабана 17,5 мм; маса – 1060 кг [25].

Випробування трубопроводів обв'язки теплогенератора виконується за допомогою ручного гідравлічного насоса PR-50, що має такі характеристики: робочий

об'єм руху поршня – 45 мл/хід; ємність бака – 12 л; максимальний тиск – 5 МПа; підключення - 1''; маса – 7,8 кг [26].

Отвори для кріплення трубопроводів виконуються перфратором Phiolent П6-1200Е, що має такі характеристики: сила удару 4,5 Дж, потужність 1200 Вт, максимальний діаметр свердління у бетоні 28 мм, частота обертів 980 об/хв, маса 4,6 кг [27].

Загальна маса допоміжного обладнання складає 1090,25 кг.

4.5 Висновки до розділу 4

У даному розділі розроблено монтажну схему теплогенератора BRS 100 Comfort LM для роботи на паливних гранулах з біомаси, що містить систему теплогенератора, компенсатор об'єму, насосне обладнання та трубопроводи..

Складено комплектувальну відомість матеріалів і виробів, необхідних для монтажу теплогенератора. Загальна маса основного обладнання і матеріалів склала 1167,45 кг, а допоміжного – 96,52 кг.

Обґрунтовано склад і об'єми робіт з монтажу теплогенератора, потребу у засобах механізації. Так для транспортування обладнання і матеріалів використовується автомобіль Fiat Ducato VAN LWB H2 3.51t, для зварювання використовується зварювальний інверторний напівавтомат Revolt MIG 315, для випробувань трубопроводів використовується ручний гідравлічний насос PR-50, для підйому обладнання – монтажну лебідку ЛМ-3,2, для влаштування кріплень трубопроводів – перфратор Phiolent П6-1200Е. Загальна маса засобів механізації – 1090,25 кг.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розглянуті заходи з охорони праці під час модернізації водогрійної котельні для потреб теплопостачання школи мистецтв смт. Ріпки Чернігівської області. На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання будівель і споруд для забезпечення ефективної роботи водогрійної котельні: прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання цієї системи забезпечення мікроклімату, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [28, 29]: фізичні, хімічні та трудового процесу.

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Монтажні та налагоджувальні роботи під час монтажу обладнання під час будівництва водогрійної котельні для потреб теплопостачання потрібно виконувати з урахуванням вимог ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Державні

будівельні норми України. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення, роботи на висоті – згідно з вимогами НПАОП 0.00-1.15, роботи у вибухо-пожежонебезпечних зонах – відповідно до вимог НПАОП 0.00-5.12 [30].

Під час монтажу тросових проводок їх остаточне натягування повинно бути здійснене тільки після встановлення проміжних опор. Під час натягування троса триматися за нього та перебувати в зоні натягування не дозволяється. Монтаж блоків шинопроводів необхідно виконувати після монтажу всіх конструкцій кріплення.

Під час протягування кабелю через отвори в стінах робітники повинні перебувати по обидва боки стіни. Відстань від стіни до крайнього положення рук робітників повинна бути не менше ніж 1 м. Розпалення пальників, паяльних ламп, розігрівання кабельної маси і розплавленого припою необхідно робити на відстані не менше ніж 2 м від кабельного колодязя. Розплавлений припій і розігріта кабельна маса повинні бути опущені в спеціальних ківшах або закритих бачках, робітники повинні використовувати захисні окуляри.

Під час нагрівання кабельної маси для заливання кабельних муфт у закритому приміщенні повинна бути забезпечена його вентиляція (провітрювання). Ємності, що застосовуються під час нагрівання, повинні відповідати вимогам пожежної безпеки.

Прокладати кабелі та проводи допускається тільки в повністю закріплені труби, лотки, короби тощо.

Під час виконання робіт, пов'язаних із перебуванням людей усередині повітрозбірника, вентиля на живильних трубопроводах необхідно закрити та встановити замки, вивісити попереджувальні плакати. Спускні вентиля повинні бути відкриті та позначені попереджувальними плакатами або написами.

Запобіжники в електричних колах трансформаторів напруги і силових трансформаторів, на яких виконуються налагоджувальні роботи, повинні бути зняті. На місці, де зняті запобіжники, необхідно вивісити плакат: «Не вмикати. Працюють люди».

Під час виконання робіт на відкритих розподільних установках спуски та шлейфи від ліній електропостачання біля кінцевих опор або на входних конструкціях повинні бути закорочені та заземлені.

Підключення змонтованих електричних мереж і електрообладнання до діючих електромереж повинна здійснювати служба експлуатації цих мереж. Не допускається використовувати і приєднувати як тимчасові електричні мережі та електроустановки, що не прийняті у визначеному порядку в експлуатацію, а також виконувати без дозволу налагоджувальної організації електромонтажні роботи на змонтованих і переданих під налагодження електроустановках.

Допускається тимчасова подача напруги до 1000 В на щити, станції управління та силові зборки, на яких не введено експлуатаційний режим, для проведення пусконалагоджувальних робіт за постійною схемою, але в такому разі обов'язки з виконання заходів, що забезпечують безпечні умови праці, якщо подано напругу, покладаються письмово на керівника пусконалагоджувальних робіт.

Запобіжники мереж керування апаратом, що монтується, необхідно зняти на весь час монтажу.

Затягування проводів через протяжні коробки, ящики, труби, блоки, в яких укладено проводи, що перебувають під напругою, а також прокладання проводів і кабелів у трубах, лотках і коробках, що не закріплені відповідно до проекту, не допускається. Перевірку опору ізоляції проводів і кабелів за допомогою мегометра необхідно виконувати ланкою у складі не менше двох осіб, з яких одна має IV групу, а друга III групу з електробезпеки. Кінці проводів і кабелів, що у процесі випробування можуть бути під напругою, повинні бути ізольовані і(чи) огорожені.

Випробування електроприводів дозволяється після встановлення зв'язку між персоналом, що перебуває у приміщенні щита чи пульта керування, і біля електроприводів.

Під час налагодження лінійних і кінцевих вимикачів, датчиків та інших засобів автоматики повинна бути знята напруга з силових електромереж.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а

міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Роботи в діючих електроустановках необхідно виконувати відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21, Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, Правил улаштування електроустановок, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 0.00-1.30. Електромонтажні і налагоджувальні роботи в діючих електроустановках необхідно здійснювати після зняття напруги з усіх струмопровідних частин, що знаходяться в зоні виконання робіт [31, 32].

Зона виконання робіт повинна бути відділена від діючої частини електроустановки суцільною чи сітчастою огорожею, що перешкоджає проходу монтажного персоналу в зону діючої установки. Персонал і механізми монтажною організації не можуть перетинати приміщення і території у відгородженій зоні виконання робіт, де розташовані діючі установки.

Виділення для монтажною організації зони виконання робіт, вжиття заходів із запобігання помилковій подачі в неї напруги, огороження цієї зони від діючої частини електроустановки із зазначенням місць проходу персоналу і проїзду механізмів повинно бути оформлено актом-допуском, а виконання робіт персоналом монтажною організації – оформлено нарядом- допуском.

Наглядач несе відповідальність за зберігання тимчасових огорож робочих місць, наявність попереджувальних плакатів, запобігання подаванню робочої напруги на вимкнуті струмопровідні частини, контролює дотримання членами бригади монтажників безпечних відстаней до струмопровідних частин, що залишилися під напругою.

Персонал електромонтажних організацій перед отриманням дозволу на роботи в діючих електроустановках повинен бути проінструктований з електробезпеки на робочому місці відповідальною особою, що допускає до роботи.

Робоча напруга на нові змонтовані електроустановки може бути подана за рішенням робочої комісії. У разі необхідності усунення виявлених недоробок електроустановку необхідно вимкнути і перевести в розряд недіючих шляхом демонтажу

шлейфів, шин, спусків до обладнання чи від'єднання кабелів, а вимкнені струмопровідні частини повинні бути закорочені та заземлені на весь час виконання робіт з усунення недоробок.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [31, 32]:

- розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

- персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними основними та допоміжними електрозахисними засобами захисту. До основних відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізолюваними ручками; до додаткових (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [33] встановлюють допустимі параметри мікроклімату, значення яких наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт, Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [34]: температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [33]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [34]. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати металевий пил якнайчастіше, щодня протирати гарячі поверхні, при високих концентраціях пилу обробляти запилені поверхні по частинам. Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу під час прибирання.

5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності [35].

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{н\text{пр}}$	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп [E27 LED 15W NW A60 "SG"](#). Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів).

5.2.4 Виробничий шум

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні за ССБТ [36]. Шум Загальні вимоги безпеки наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщеннях, де здійснюється монтаж системи забезпечення мікроклімату, потрібно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробнича вібрація

Під час монтажних робіт присутня вібрація типу 3а [37]. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в табл. 5.5.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

*В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [38, 39]. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [40], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [41].

Отже, приміщення, де встановлене обладнання водогрійної котельні для потреб теплопостачання, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Г (помірнопожежонебезпечна) – горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення категорії Г, характеризується II ступенем вогнестійкості. До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [42] наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, кос-тури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття міжповерхові (у т.ч. горищі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [42] наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекрытия	4	REI 15	3	2

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно- побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за табл. 5.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між жит-

ловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у табл. 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за табл. 5.8 (знаменник) [42].

Таблиця 5.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12

На території водогрійної котельні встановлено 2 газових вогнегасника ВВК-7 і 3 порошкових вогнегасника ВВП-5 (ВП-5) [43].

5.4 Висновки до розділу 5

В даному розділі роботи було проаналізовано технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії. Визначено шкідливі та небезпечні виробничі фактори під час експлуатації котельні. Розглянуті заходи із поглинання шуму, гасіння вібрацій. Рекомендовані заходи із освітлення робочої зони, а також заходи із пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській дипломній роботі розроблено водогрійну котельню для потреб теплопостачання школи мистецтв селища міського типу Ріпки Чернігівської області потужністю 100 кВт, яка має температурний графік 90/70 °С і забезпечує потреби системи опалення потужністю 80 кВт та систему гарячого водопостачання з піковою потужністю 10 кВт.

Із багатоваріантного аналізу на основі техніко-економічних показників виконано вибір оптимального палива для даної водогрійної котельні. Розглянуто можливість влаштування котельні з традиційними газовими котлами, теплогенераторами, що спалюють буре вугілля, паливні гранули з деревини, тріску деревини, кам'яне вугілля. Узагальнення розрахованих техніко-економічних показників показало, що найменша собівартість відпущеної теплоти за прийнятих цін на енергоносії належить варіанту теплопостачання від твердопаливної котельні на паливних гранулах з деревини з автоматизованим подаванням палива 508,91 грн./ГДж. Собівартість виробництва теплоти на інших розглянутих варіантах склали: на кам'яному вугіллі – 600,56 грн./ГДж; на бурому вугіллі – 855,4 грн./ГДж; на трісці деревини – 665 грн./ГДж; на природному газі – 741,3 грн./ГДж. Як джерело теплоти для котельні обрано паливні гранули з деревини.

На основі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів, що відбуваються у теплообміннику і їх математичного опису розроблено математичну модель ємкісного теплообмінника для потреби гарячого водопостачання. Проведено числове дослідження на основі розробленої математичної моделі, встановлено, що найвищий коефіцієнт тепловіддачі і найменший гідравлічний опір відповідає за температурному режиму 90/70 °С. Встановлено оптимальну швидкість у трубах змійовика 0,8...0,93 м/с.

Показники роботи теплової схеми водогрійної котельні на паливних гранулах із деревини визначені для режимів роботи : максимальноопалювального, середньоопалювального та міжопалювального. За результатами розрахунку

теплової схеми обрано основне і допоміжне обладнання котельні: один котел з механізованою подачею палива K3OT BRS 100 Comfort LM, вентилятор марки KG ELEKTRONIK DP-02, один (резервний на складі) мережний насос марки Wilo TOP-S 40/10 3~ PN 6/10, один рециркуляційний насос марки Wilo Star-RS 25/8, один мембранний розширювальний бак Cal-Pro Zilmet об'ємом 250 л. Розраховано та сконструйовано ємкісний теплообмінник для потреб гарячого водопостачання потужністю 10 кВт. Змійовик із чотирьох витків діаметром 500 мм виготовлений із тонкостінної нержавіючої сталі AISI 304 із діаметром 15×1 мм. Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника склав 873,8 Вт/(м К), а гідравлічний опір – 6,22 кПа.

Розроблено монтажну схему теплогенератора BRS 100 Comfort LM для роботи на паливних гранулах з біомаси, що містить систему теплогенератор, компенсатор об'єму, насосне обладнання та трубопроводи. Складено комплектувальну відомість матеріалів і виробів, необхідних для монтажу теплогенератора. Загальна маса основного обладнання і матеріалів склала 1167,45 кг, а допоміжного – 96,52 кг. Обґрунтовано склад і об'єми робіт з монтажу теплогенератора, потребу у засобах механізації. Так для транспортування обладнання і матеріалів використовується автомобіль Fiat Ducato VAN LWB H2 3.51t, для зварювання використовується зварювальний інверторний напівавтомат Revolt MIG 315, для випробувань трубопроводів використовується ручний гідравлічний насос PR-50, для підйому обладнання – монтажну лебідку ЛМ-3,2, для влаштування кріплень трубопроводів – перфоратор Phiolent П6-1200Е. Загальна маса засобів механізації – 1090,25 кг.

В розділі «Охорона праці» було проаналізовано технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії. Визначено шкідливі та небезпечні виробничі фактори під час експлуатації котельні. Розглянуті заходи із поглинання шуму, гасіння вібрацій. Рекомендовані заходи із освітлення робочої зони, а також заходи із пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і Україні. Вплив використання біомаси на зміну клімату. URL: <https://uabio.org/materials/328/>. (дата звернення 01.06.2024 р.).
2. Гелетука Г. Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні : практичний посібник. Київ, 2015. 71с.
3. Тарифні плани. URL: <https://gas.ua/uk/business/tariffs>. (дата звернення 01.06.2024 р.).
4. Тарифи на послуги постачальника універсальних послуг (ПУП). URL: <https://cn.enera.ua/el/tariff> . (дата звернення 01.06.2024 р.).
5. Тарифи на водопостачання та водовідведення. URL: <https://vinvk.com.ua/tarif-posluga/297-tarif-diuchiy>. (дата звернення 01.06.2024 р.).
6. Шилов Е. Й., Гойко А. Ф., Ізмайлова Е. В. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: навч. посіб. Київ : КНУБА, 2001. 127 с.
7. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
8. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 81 с.
9. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Вінниця: ВНТУ, 2006. 129 с.
10. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
11. Ткаченко С. Й. , Чепурний М. М. , Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.
12. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / під. ред. М. Ф. Боженко. Київ: Вища школа, 1992. 280с.

13. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2009. 127 с.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія : [Чинний від 2011-11-01]. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 123 с.
15. ДБН В 2.5–77:2014. Котельні : [Чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 65 с.
16. Котел з автоподачею KZOT BRS 100 Comfort LM. URL: <https://kzot-kotel.com.ua/tverdopalyvni-kotly/kotel-z-avtopodacheiu-kzot-brs-100-comfort-lm/> (дата звернення: 01.06.2024 р.).
17. Насос циркуляційний Wilo TOP-S 40/10 DM PN6/10. URL: <https://aquastory.com.ua/ua/nasos-cirkulyacionnyy-wilo-top-s-40-10-dm-pn6-10.html> (дата звернення: 01.06.2024 р.).
18. Циркуляційний насос Wilo Star-RS 25/8. URL: <https://ovk.ua/ua/shop/product/tsirkuliatsionnyi-nasos-wilo-star-rs-25-8> (дата звернення: 01.06.2024 р.).
19. Нагнітальний вентилятор KG Elektronik DP-02. URL: <https://rixton.com.ua/nagnetatelnyj-ventiljator-kg-elektronik-dp-02/p14161> (дата звернення: 01.06.2024 р.).
20. Бак розширювальний Zilmet Cal-Pro 250. URL: <https://watton.ua/zilmet-rasshiritelnyj-bak-cal-pro-250.html> (дата звернення: 01.06.2024 р.).
21. Чепурний М.М., Степанова Н.Д. Системи виробництва і розподілу енергоносіїв промислових підприємств : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 159 с.
22. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

23. Fiat Ducato: технические характеристики. URL: <https://maxdrive.kyiv.ua/obuchenie/mehanizm/kak-vygljadit-fiat-dukato> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

24. Зварювальний інверторний напівавтомат Revolt MIG 315. URL: <https://revolt-tools.com.ua/zvariuvalniyi-invertornyi-napivavtomat-mig-315/> . (дата звернення: 01.06.2024 р.).

25. ЛЕБІДКА МОНТАЖНА ЛМ-3,2 URL: <https://lebedki.com.ua/ua/p2623370-lebedka-montazhnaya.html> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

26. Ручний гідравлічний насос PR-50. URL: <https://ibo.com.ua/uk/product/ruchnyi-hidravlichnyi-nasos/pr-50> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

27. Перфоратор Phiolent П6-1200Е. URL: <https://storgom.ua/ua/product/perforatorphiolentp6-1200e11-9.html#properties-tab> . (дата звернення: 01.06.2024 р.).

28. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073. (дата звернення: 01.06.2024 р.).

29. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->. (дата звернення: 01.06.2024 р.).

30. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

31. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

32. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення: 01.06.2024 р.).

33. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звернення: 01.06.2024 р.).

34. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

35. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

36. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-por4878.html>. (дата звернення: 01.06.2024 р.).

37. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення: 01.06.2024 р.).

38. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. Київ : МВС України, 2014. 47 с.

39. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.

40. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.

41. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.

42. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.

43. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.) . (дата звернення: 01.06.2024 р.).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Водогрійна котельня для потреб теплопостачання школи
мистецтв селища міського типу Ріпки Чернігівської області

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 88,1

Схожість 11,9

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Блазина В.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Степанова Н.Д.

(прізвище, ініціали)

У відповідності до розпорядження 03/15 від 01.06.2022 р на засіданні кафедри теплоенергетики прийнято рішення виключити в кваліфікаційних роботах здобувачів кафедри з перевірки на наявність текстових запозичень розділ Охорони праці та Економічний розділ.

Протокол засідання кафедри ТЕ № 18 від 14.05.2024 р.
Зав. кафедри Д.В. Степанов

ДОДАТОК Б

(обов'язковий)

Міністерство освіти, науки України
Вінницький національний технічний університет
Факкультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

УЗГОДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства або

установи

підпис

Підпис

Ініціали і прізвище

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

доц. Д. В. Степанов

2024 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на бакалаврську дипломну роботу

ВОДОГРІЙНА КОТЕЛЬНЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ШКОЛИ
МИСТЕЦТВ СЕЛИЩА МІСЬКОГО ТИПУ РІПКИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

08-15.БДР.001.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доцент кафедри ТЕ

Степанова Н.Д.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ -206

Блазина В. В.

Вінниця 2024 р.

1 Найменування об'єкта та область застосування

Розробка стосується муніципальної теплоенергетики і присвячена питанню використання місцевих джерел енергії. Застосування місцевих джерел енергії, а саме паливних гранул з деревини дозволить зменшити витрати коштів на паливо, а використання системи золовловлення, зменшити викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище. Отримана теплота від спалювання паливних гранул з деревини йтиме на потреби теплопостачання школи мистецтв селища міського типу Ріпки Чернігівської області.

2 Підстава для розробки

Підставою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврський кваліфікаційний проект, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БДР № 80 від «11» березня 2024 року.

3 Мета і призначення розробки

Метою розробки скорочення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення потреб теплопостачання школи мистецтв шляхом впровадження технології спалювання паливних гранул з деревини. Розробка включає в себе багатоваріантний аналіз та обґрунтування вибору палива для водогрійної котельні; дослідження режимів роботи ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання; розробку теплової схеми водогрійної котельні та її елементів; організаційно-технологічне забезпечення прийнятих рішень; охорону праці.

4 Джерела розробки

Основою для впровадження місцевих джерел енергії в тепловій схемі котельні є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, дані літературних джерел та інші технічні матеріали про ефективність застосування твердопаливних котлів в котельнях. Також для виконання роботи проводиться літературний пошук та використовується нормативна документація.

1. ДБН 2.5–77 : 2014. Котельні : [Чинний від 2015-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 65 с.
2. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
3. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2006. 129 с.
4. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Енергозбережні технології в теплоенергетиці: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2008. 115 с.
5. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2009. 127 с.

5 Технічні вимоги

5.1 Технічні характеристики

- теплова потужність системи опалення.....80 кВт
- теплова потужність гарячого водопостачання.....10 кВт
- температурний графік роботи котельні90/70 °С
- температура води для потреб ГВП.....60 °С
- вид палива паливні гранули з деревини, наявна теплота 18,5 МДж/кг.

5.2 Вимоги до стандартизації та уніфікації.

Деталі та вузли обладнання котельні повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими, щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість їх ремонту чи заміни.

5.3 Вимоги з надійності.

На ефективність роботи обладнання котельні впливають якість проекту та якість монтажу. Параметри показників надійності встановлюються у відповідних державних стандартах.

6 Економічні вимоги

Здійснити економічне обґрунтування застосування даної схеми котельні.

Визначити капітальні затрати та провести розрахунок собівартості виробництва теплоти і даній схемі котельні.

Проаналізувати техніко-економічні показники роботи даної схеми котельні.

7 Етапи розробки і терміни їх виконання

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання етапів
1.	Багатоваріантний аналіз та обґрунтування вибору палива для водогрійної котельні	12.03.2024...04.04.2024
2.	Дослідження режимів роботи ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання	05.04.2024...14.04.2024
3.	Розробка теплової схеми водогрійної котельні та її елементів	15.04.2024...30.04.2024
4.	Організаційно-технологічне забезпечення прийнятих рішень	01.05.2024...12.05.2024
5.	Охорона праці	13.05.2024...22.05.2024
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	23.05.2024...04.06.2024
7.	Захист БДР	12.06.2024...21.06.2024

8 Порядок контролю і приймання

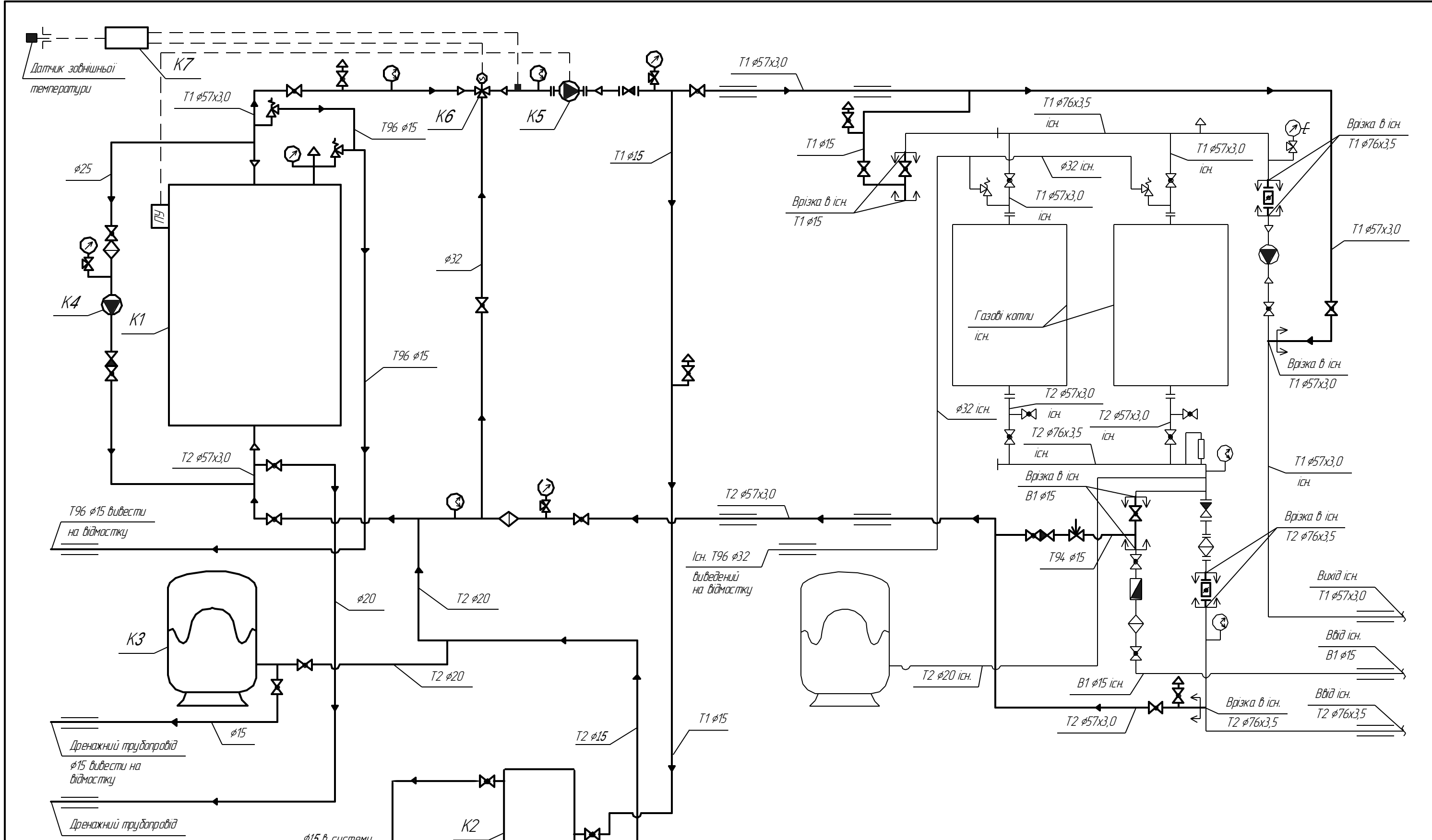
Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДР контролюється керівником БДР згідно з графіком виконання. Приймання БДР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ВОДОГРІЙНА КОТЕЛЬНЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ШКОЛИ
МИСТЕЦТВ СЕЛИЩА МІСЬКОГО ТИПУ РІПКИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

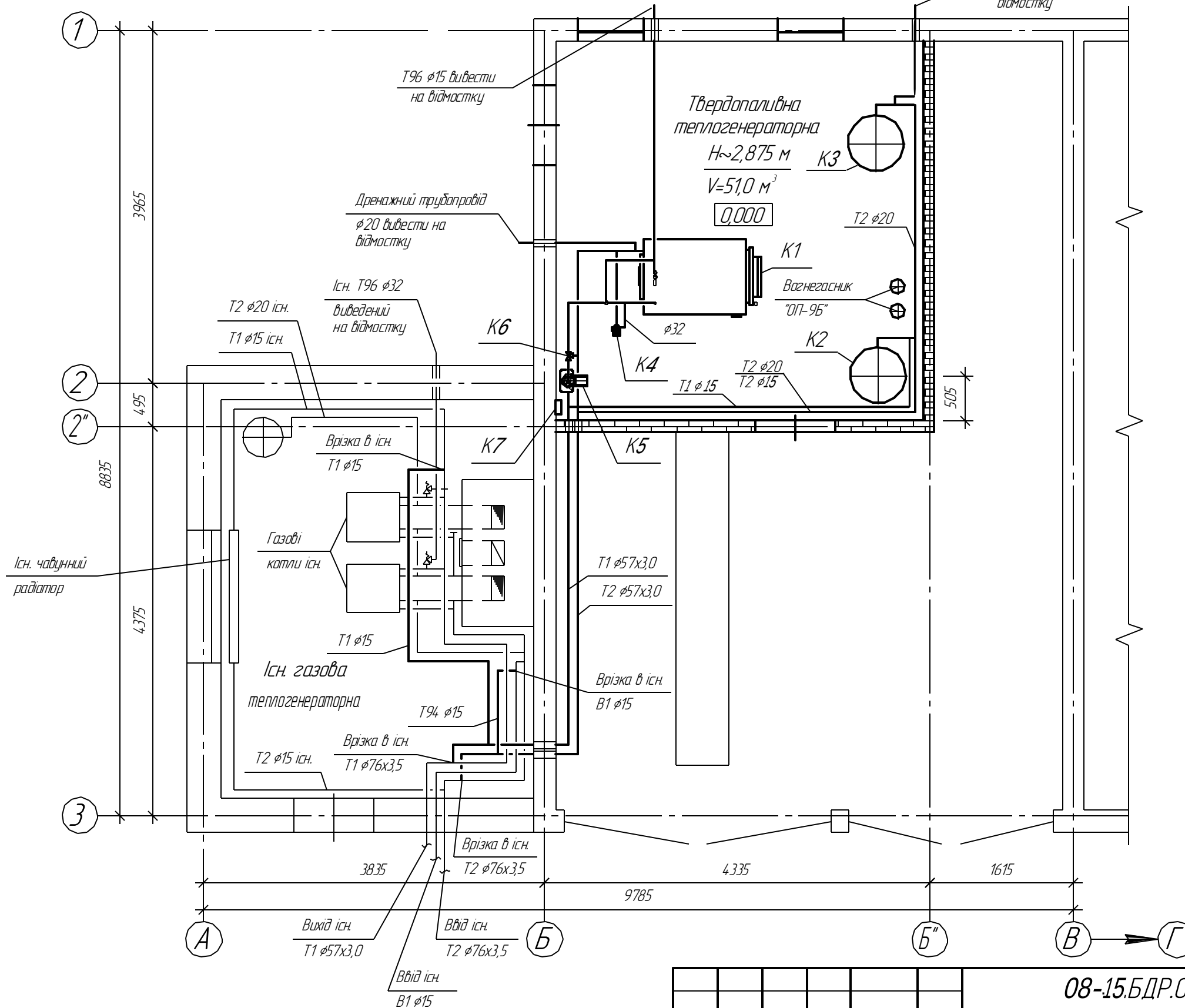
Перв. застос.	Поз. позначення	Найменування					Кільк.	Примітка				
		Обладнання										
		K1	Теплогенератор BRS 100 Comfort LM					1	шт			
		K2	Теплообмінник ємкісний потужністю 10 кВт					1	шт			
		K3	Компенсатор об'єму Zilmet Cal-Pro V=250ё					1	шт			
		K4	Насос Wilo Star-RS 25/8					1	шт			
		K5	Насос Wilo TOP-S 40/10 PN 6/10					1	шт			
		K6	Клапан регулюючий 3-х ходовий Dn32					1	шт			
		K7	Електронний регулятор Danfoss ECL Comfort 210					1	шт			
		Додатк. №										
Підпис і дата												
Інв. № Підмін.	На заміну Інв. №	Інв. № Дубл.	Підпис і дата	08-15.БДР.001.01.00.000					Літ.	Арк.	Аркушів	
				Зм.	Арк.	№ док-м.	Підп.	Дата		1	1	
				Розробив	Блазина В.В.				Схема водогрійної котельні теплова принципова	ВНТУ зр. ТЕ-20ё		
				Перевірив	Степанова Н.Д.							
				Рецензент	Попович М.М.							
				Н.контр.	Співак О.Ю.							
				Затвердив	Степанов Д.В.							



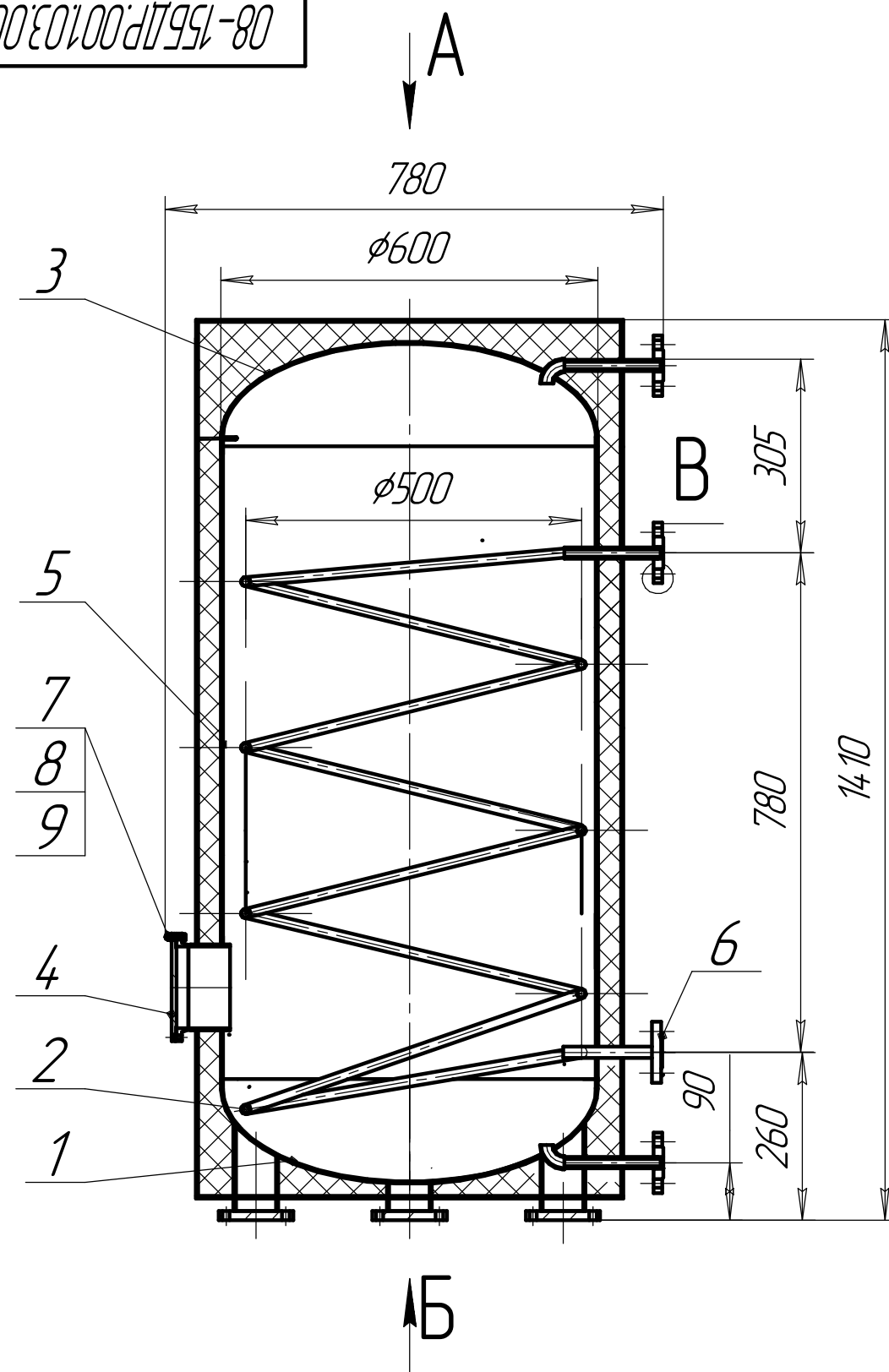
						08-15.БДР.001.01.00.000 ТЗ			
						смм. Ріпки			
Зм.	Кільк.	Арк.	№зак.	Підпис	Дата	Водогрійна котельня для потреб теплопостачання школи мистецтв селища міського типу Ріпки Чернігівської області	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Блазіна В.В.								
Перевірів	Степанова Н.Д.								
Т. контр						Схема водогрійної котельні теплова принципова	ВНТУ, зр. ТЕ-208		
Рецензент	Попович М.М.								
Н. контр.	Слівак О.Ю.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

Перв. застос.	Поз. позначення	Найменування					Кільк.	Примітка	
		Обладнання							
		1	Теплогенератор BRS 100 Comfort LM			1			шт
		2	Теплообмінник ємкісний потужністю 10 кВт			1			шт
		3	Компенсатор об'єму Zilmet Cal-Pro V=250ё			1			шт
		4	Насос Wilo Star-RS 25/8			1			шт
		5	Насос Wilo TOP-S 40/10 PN 6/10			1			шт
		6	Клапан регулюючий 3-х ходовий Dn32			1			шт
		7	Електронний регулятор Danfoss ECL Comfort 210			1			шт
		Додатк. №							
Підпис і дата									
На заміну Інв. №									
Підпис і дата									
Інв. № Підмін.						08-15.БДР.001.02.00.000			
	Зм.	Арк.	№ док-м.	Підп.	Дата				
	Разробив	Блазина В.В.				План котельні на відм. 0.000	Літ.	Арк.	Архцшів
	Перевірів	Степанова Н.Д.						1	1
	Рецензент	Попович М.М.					ВНТУ зр. ТЕ-20ё		
	Н.контр.	Співак О.Ю.							
	Затвердив	Степанов Д.В.							

Дренажний трубопровід
 Ø15 вивести на
 відмостку

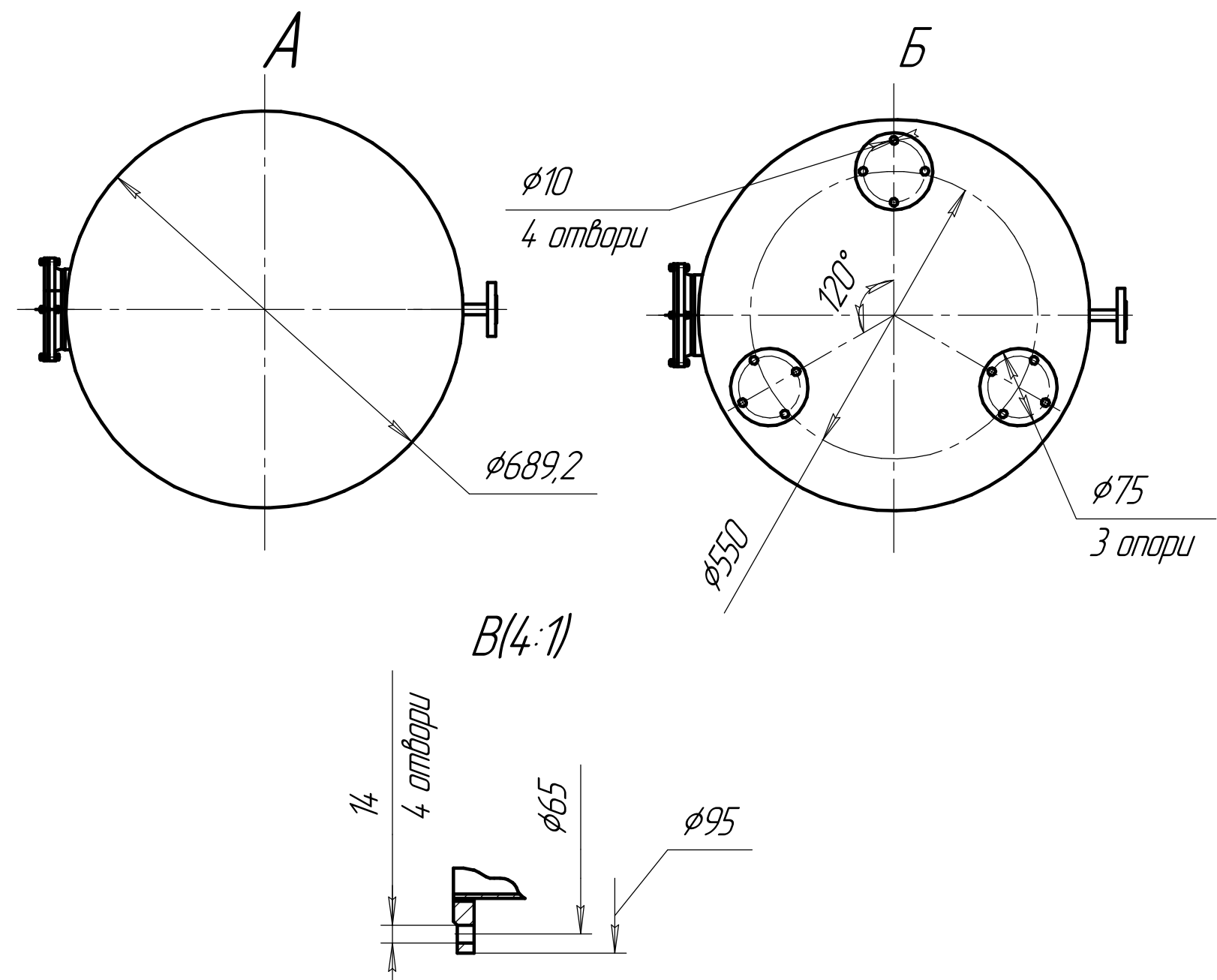


						08-15.БДР.001.02.00.000 АР			
						смт. Ріпки			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розробив	Блазина В.В.					Водогрійна котельня для потреб		Стадія	Аркуш
Перевірив	Степанова Н.Д.					теплопостачання школи мистецтв селища			
Т. контр.						міського типу Ріпки Чернігівської області			
Реценз.	Попович М.М.					План котельні на відм. 0.000		ВНТУ, зр. ТЕ-20б	
Н. контр.	Слівак О.Ю.								
Затвердив	Степанов Д.В.								



Технічні характеристики:

1. Потужність зміювника 10 кВт.
2. Гріє та нагріває середовище – вода
3. Температура грієної води 90/70 °C.
4. Температура нагріваної води 10/60 °C.



Технічні вимоги:

1. Зварювання виконати по місцях прилягання деталей швами згідно ГОСТ 14806-80
2. Катет шва призначати за меншою товщиною деталей, які з'єднуються.
3. Зовнішні поверхні зварювальних швів зачистити із плавним переходом до основного металу.
4. Перевірка на герметичність.
5. Протікання теплоносія недопустимо.

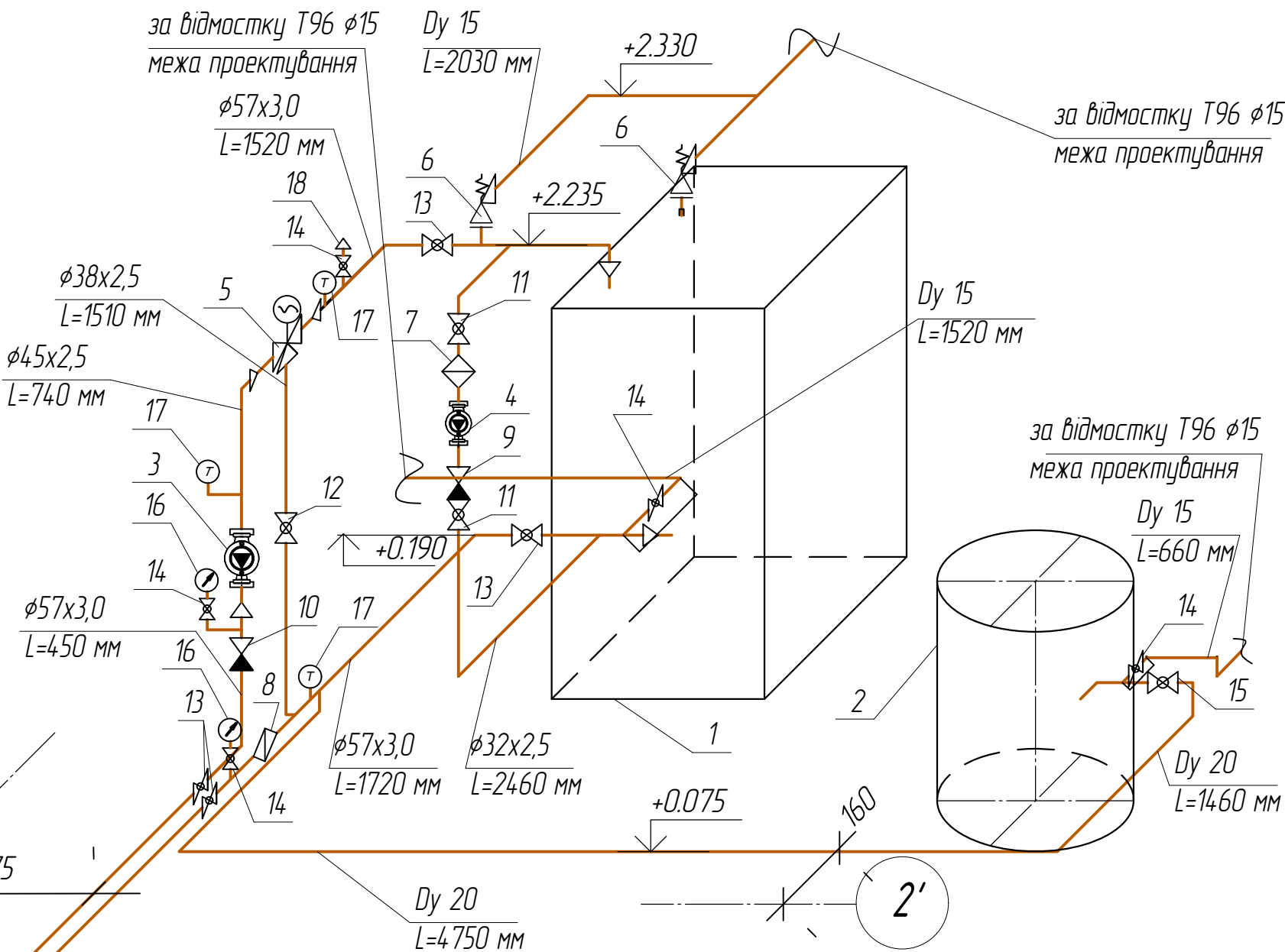
					08-15.БДР.001.03.00.000 СК			
					Ємкісний теплообмінник для потреб гарячого водопостачання потужністю 10 кВт складальне креслення	Літ.	Маса	Масштаб
								1:10
						Аркуш	Аркушів	1
						ВНТУ, гр. ТЕ-20б		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Блазина В.В.						
Перевірив		Степанова Н.Д.						
Т.контр.								
Рецензент		Попович М.М.						
Н.контр.		Снівак О.Ю.						
Затвердив		Степанов Д.В.						

Копіював

Формат А3

Експлікація обладнання

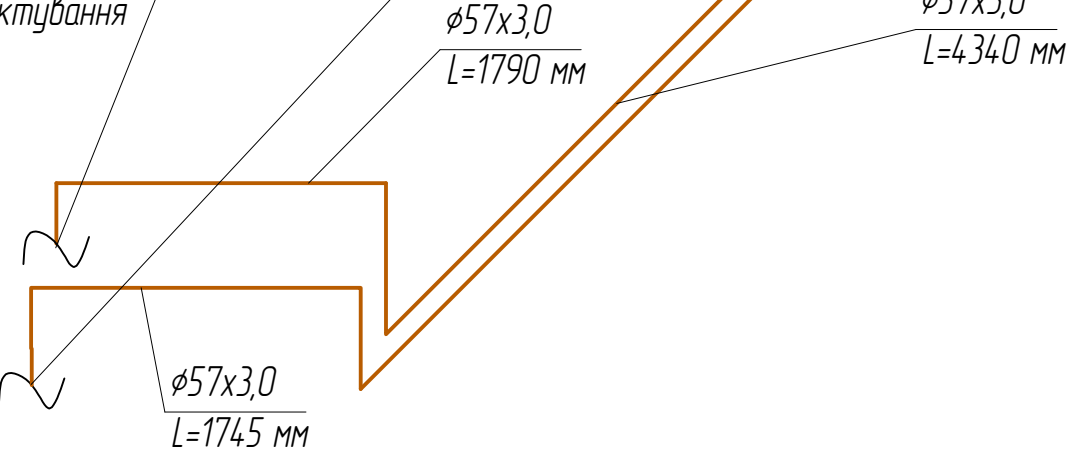
Поз.	Найменування	Кількість	Примітка
1	Теплогенератор BRS 100 Comfort LM	1	
2	Компенсатор об'єму Zilmet Cal-Pro V=250л	1	
3	Насос Wilo Star-RS 25/8	1	
4	Насос Wilo TOP-S 40/10 PN 6/10	1	
5	Клапан регулюючий 3-х ходовий Dn32	1	
6	Клапан запобіжний Dn50	2	
7	Фільтр осадовий різьбовий Dn25	1	
8	Фільтр осадовий різьбовий Dn50	1	
9	Клапан зворотний Dn25	1	
10	Клапан зворотний Dn50	1	
11	Кран кульовий різьбовий Dn25	2	
12	Кран кульовий різьбовий Dn32	1	
13	Кран кульовий різьбовий Dn50	4	
14	Кран кульовий різьбовий Dn15	5	
15	Кран кульовий різьбовий Dn20	1	
16	Манометр	2	
17	Термометр	3	
18	Повітровідвідник Dn 15	1	



Б

врізка в існуючу Т2 φ57x3,0
межа проектування

врізка в існуючу Т1 φ57x3,0
межа проектування



						08-15.БДР.001.04.00.000 Г5		
						смм Рінки		
Зм.	Кіл. уч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Водогрійна котельня для потреб теплопостачання школи мистецтв селища міського типу Рінки Чернігівської області	Стадія	Лист
Розробив	Блазина В.В.							
Перевірив	Степанова Н.Д.							
Т. контр.								
Рецензент	Попович М.М.							
Н. контр.	Снівак О.Ю.					Схема теплогенератора BRS 100 Comfort LM монтажна аксонометрична	ВНТУ, гр. ТЕ-20б	
Затвердив.	Степанов Д.В.							

Додаток Д
(Довідковий)

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ТА
ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЄМКІСНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ**

Програма для реалізації дослідження була створена в середовищі Excel та призначена для виконання теплового, гідравлічного та конструктивного розрахунків ємнісного теплообмінника. Об'єктом моделювання був взятий ємнісний теплообмінник. Грійне та нагріване середовище – вода.

Для реалізації розрахунків необхідно ввести відповідні початкові дані у позначених клітинках. Далі програма виконає відповідні розрахунки, а отримані результати моделювання можна записати або скопіювати у інші прикладні програми. За результатами варіантних обчислень проводять аналіз та за необхідності виконують графічну інтерпретацію результатів.

Дана модель є нелінійною, статичною у часі, функціональною, дискретною відносно змін параметрів [7]. За допомогою створеної програми можна виконувати оптимізацію. Розв'язується задача за алгоритмом. Дана модель містить 30 лінійних рівнянь. Кінцевим результатом програму є: режим течії теплоносія, його температури, швидкість протікання теплоносія в трубах, довжину змійовика, гідравлічні втрати під час течії теплоносія у змійовику, затрату електроенергії на транспортування теплоносія.

Початковими даними є:

- витрата холодного теплоносія, кг/с;
- холодний теплоносій – вода для потреб гарячого водопостачання (ГВ);
- температура холодного теплоносія на вході в теплообмінник, °С;
- температура холодного теплоносія на виході з теплообмінника, °С;

- гарячий теплоносієй – мережна вода від твердопаливних теплогенераторів (МВ);
- температури МВ на вході у теплообмінник, $^{\circ}\text{C}$;
- температури МВ на виході з теплообмінника, $^{\circ}\text{C}$;
- швидкість МВ в першому наближенні, м/с;
- діаметр теплообмінної трубки, мм;
- діаметр вигину змієвика, м;
- коефіцієнт теплопровідності металу змієвика, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$);
- критеріальні рівняння теплообміну для вільної конвекції у великому об'ємі в міжтрубному просторі теплообмінника;
- критеріальні рівняння теплообміну для вимушеної конвекції в трубному просторі змієвикового теплообмінника;
- ККД насосів для транспортування теплоносія;
- критеріальні рівняння гідродинамічного опору;
- ціни металу та електроенергії на підприємстві.

Розрахунковими величинами є:

- потужність ємнісного теплообмінника, кВт;
- середні температури МВ і ГВ, $^{\circ}\text{C}$;
- теплофізичні характеристики МВ і ГВ;
- критерії Re потоку гарячого теплоносія;
- критерії Nu потоків МВ і ГВ;
- коефіцієнти тепловіддачі для МВ і ГВ, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;
- коефіцієнт теплопередачі змієвикового теплообмінника, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;
- площа поверхні нагріву змієвика, м^2 ;
- загальна довжина грійної труби змієвика;
- кількість витків змієвикового теплообмінника;
- уточнена швидкість МВ, м/с
- гідродинамічні опори теплообмінника з боку МВ, Па;

- затрати електроенергії на прокачування теплоносія у теплообміннику, кВт·год;
- економічні витрати на метал та електроенергію.

При створенні моделі прийняті такі спрощення та допущення:

- в теплообміннику встановлюються стаціонарні температурні поля, температури теплоносіїв не змінні з часом;
- теплофізичні властивості МВ і ГВ визначаються за апроксимованими залежностями, що отримані з таблиць із похибкою до 1%;
- розподіл швидкостей МВ в перерізі труби приймаємо рівномірний;
- температурне розширення елементів теплообмінника не враховуємо.

Дана математична модель реалізована в середовищі Excel.

Розроблена програма в середовищі Microsoft Excel дає можливість співставляти розрахунки в табличній формі за різних початкових даних, що дозволяє швидко виконати аналіз розрахункових характеристик теплообмінника за зміни основних величин, співставити результати, побудувати графіки залежностей та зробити відповідні висновки про роботу системи підготовки гарячої води. Також можливо визначити оптимальні значення параметрів.

Математичний опис моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємкісному теплообміннику

Середня температура МВ, °С

$$\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (t'_1 + t''_1). \quad (\text{Д.1})$$

Масова витрата МВ, кг/с

$$G_1 = \frac{Q + Q_{\text{втр}}}{C_{\text{рв1}} \cdot (t'_1 - t''_1)}. \quad (\text{Д.2})$$

Середня температура ГВ, °С

$$\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (t'_2 + t''_2) . \quad (\text{Д.3})$$

Більша різниця температур між МВ і ГВ, °C [9]

$$\Delta t_6 = t''_1 - t'_2 . \quad (\text{Д.4})$$

Менша різниця температур між МВ і ГВ, °C

$$\Delta t_m = t'_1 - t''_2 . \quad (\text{Д.5})$$

Середньологарифмічний температурний напір, °C [9]

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / (\ln(\Delta t_6 / \Delta t_m)) . \quad (\text{Д.6})$$

Об'ємна витрата МВ, м³/с

$$V_1 = G_1 / \rho_1 . \quad (\text{Д.7})$$

Площа поперечного перерізу труби для проходження МВ, м²

$$f_{тр} = 0,785 \cdot d_{вн}^2 . \quad (\text{Д.8})$$

Швидкість МВ у теплообміннику змішувального типу, м/с

$$w_1 = V_1 / f_{тр} . \quad (\text{Д.9})$$

Критерій Рейнольдса для МВ [8]

$$Re_1 = w_1 \cdot d_{BH} / \nu_1. \quad (Д.10)$$

Поправковий коефіцієнт до критеріального рівняння теплообміну [9]

$$\epsilon_{3M} = 1 + \frac{1,77 \cdot d_{BH}}{R}. \quad (Д.11)$$

Критерій Нусельта для МВ [10]

$$Nu = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1 / Pr_{cr})^{0,25} \cdot \epsilon_{3M}. \quad (Д.12)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від МВ до стінки труби, Вт/ (м²·К) [9]

$$\alpha_1 = Nu_1 \cdot \lambda_1 / d_{BH}. \quad (Д.13)$$

Критерій Грасгофа для міжтрубного простору [10]

$$Gr_2 = \frac{g \cdot \Delta t \cdot d_{3H} \cdot \beta}{\nu_2^2}. \quad (Д.14)$$

Критерій Релея для міжтрубного простору

$$Ra_2 = Gr_2 \cdot Pr_2. \quad (Д.15)$$

Критерій Нусельта для міжтрубного простору [9]

$$Nu_2 = 0,5 \cdot Ra_2^{0,25} \cdot (Pr_2 / Pr_{cr})^{0,25}. \quad (Д.16)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від ГВ, до стінки змійовика, Вт/ (м²·К)

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{d_{\text{зН}}} . \quad (\text{Д.17})$$

Коефіцієнт теплопередачі ємнісного теплообмінника, Вт/ (м²·К) [9]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}} . \quad (\text{Д.18})$$

Питомий тепловий потік, Вт/м² [8]

$$q = k \cdot \Delta t_{\text{ср}} . \quad (\text{Д.19})$$

Температура стінки труби з боку МВ, °С

$$t_{\text{ст}} = \bar{t}_1 - q/\alpha_1 . \quad (\text{Д.20})$$

Площа поверхні нагріву змійовика, м² [9]

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{\text{ср}}} . \quad (\text{Д.21})$$

Довжина змійовика, м

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d} . \quad (\text{Д.22})$$

Довжина кола змійовика, м

$$L = \pi \cdot D. \quad (\text{Д.23})$$

Кількість витків в змійовику

$$n_{\text{в}} = \frac{l}{L}. \quad (\text{Д.24})$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя для МВ

$$\lambda_1 = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{\text{Re}} + \frac{k_e}{d} \right)^{0,25}. \quad (\text{Д.25})$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\sum \xi = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}} + n \cdot \xi_{\text{зм}}. \quad (\text{Д.26})$$

Втрати напору на тертя за формулою Дарсі-Вейсбаха, Па

$$\Delta P = \left(\lambda_{\text{т}} \cdot \frac{l}{d_{\text{ек}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2}. \quad (\text{Д.27})$$

Затрати електроенергії на прокачування теплоносія у теплообміннику,
кВт·год

$$N_{\text{еє}} = \Delta P \cdot V_1 / (\eta_{\text{н}} \cdot 10^3). \quad (\text{Д.28})$$