

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:

«Модернізація водогрійної котельні в місті Хмельницький»

Виконав: студент 4 курсу, гр. ТЕ-206
спеціальності 144 – Теплоенергетика

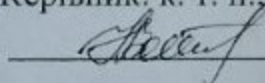
(шифр і назва спеціальності)



Лейміч Д.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ

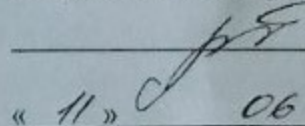


Резидент Н.В.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА



Бондар А.В.

(прізвище та ініціали)

« 11 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Д. В. Степанов

(прізвище та ініціали)

« 11 » 06 2024 р.

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
Степанов Д.В.
2024 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Леймічу Денису Костянтиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація водогрійної котельні в місті Хмельницький»
керівник роботи Резидент Наталія Володимирівна, к.т.н., доц. каф. ТЕ,

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

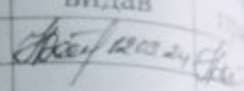
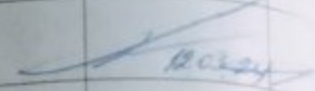
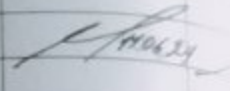
затверджені наказом вищого навчального закладу від «11» березня 2024 року № 80.

2. Строк подання студентом роботи 11.06.2024 р.

3. Вхідні дані до роботи: розрахункова потужність системи опалення
 $Q_{оп} = 7,85 \text{ MWt}$, потужність системи гарячого водопостачання
 $Q_{гвп} = 1,5 \text{ MWt}$, система закрита, температурний графік мережі $90/70^{\circ}\text{C}$,
температура сирої води 10°C , температура води на гаряче водопостачання
 55°C ; паливо – природний газ, відновлювані види палива.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальна характеристика об'єкта, розрахунки показників роботи
водогрійної котельні до та після модернізації; розрахунок водо-водяного
пластинчастого підігрівника сирої води; монтаж системи очищення відхідних
газів котла потужністю $1,5 \text{ MWt}$; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
план існуючої котельні на відм. 0.000 до модернізації, схема котельні
модернізована теплова, план котельні на відм. 0.000 після модернізації,
теплообмінник пластинчастий водо-водяний (складальне креслення); схема
газоходів системи очищення відхідних газів котла.

6. Консультанти розділів роботи		
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, завдання видав
1-4	Резидент Н. В., к.т.н., доц. кафедри ТЕ	
5	Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., завідувач кафедри БЖДОП	
Н.контроль	Співак О.Ю., к.т.н., доц. кафедри ТЕ	

Дата видачі завдання 12.03.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика об'єкта	15.03.24...19.03.24	визн.
2	Розрахунки показників роботи водогрійної котельні до та після модернізації	19.03.24...05.03.24	визн.
3	Розрахунок водо-водяного пластинчастого підігрівника сирої води	06.04.24...18.04.24	визн.
4	Монтаж системи очищення відхідних газів котла потужністю 1,5 МВт	19.04.24...01.05.24	визн.
5	Охорона праці	02.05.24...18.05.24	визн.
6	Оформлення БДР	19.05.24...30.05.24	визн.
7	Попередній захист БДР	31.05.24...10.06.24	визн.
8	Захист БДР	11.06.24...21.06.24	визн.

Студент

Лейміч Д. К.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник БДР

Резидент Н. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Лейміч Д.К. «Модернізація водогрійної котельні в місті Хмельницький». Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 65 с.

Бібліогр.: 53 назв.; табл. 15.

У бакалаврській дипломній роботі розроблені принципові рішення щодо зменшення собівартості виробництва теплової енергії та зменшення шкідливого впливу на довкілля водогрійної котельні шляхом заміщення викопного виду палива відновлюваними видами палива. В загальній частині проаналізовано ефективність заходів в напрямку заміщення природного газу відновлюваними видами палива, техніко-економічними показниками обґрунтована доцільність розробки. В конструктивній частині виконано тепловий, конструктивний та гідравлічний розрахунки пластинчастого водо-водяного теплообмінника. У технологічній частині розроблено технологію монтажу системи очищення відхідних газів твердопаливного котла. Виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання газопроводів та відомості на виконання робіт. Ілюстративна частина містить 5 креслень. Проаналізовано умови праці, розглянуто заходи щодо покращення умов праці та технічні рішення з пожежної безпеки.

Ключові слова: водогрійна котельня, біомаса, відновлювані види палива.

ABSTRACT

Leimich D.K. «Modernization of the water heating boiler house in the city of Khmelnytskyi». Bachelor thesis on specialty 144 – thermal power engineering, educational program – thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 65 p.

Bibliography: 53 titles; table 15.

In the bachelor's thesis, principled solutions were developed to reduce the cost of thermal energy production and reduce the harmful impact on the environment of the water heating boiler plant by replacing fossil fuels with renewable fuels. In the general part, the effectiveness of measures in the direction of replacing natural gas with renewable types of fuel is analyzed, the feasibility of the development is substantiated by technical and economic indicators. In the structural part, thermal, structural and hydraulic calculations of the plate water-water heat exchanger were performed. In the technological part, the installation technology of the waste gas cleaning system of the solid fuel boiler has been developed. The layout of the equipment was completed, gas pipeline laying schemes and information on the performance of the works were developed. The illustrative part contains 5 drawings. Working conditions were analyzed, measures to improve working conditions and technical solutions for fire safety were considered.

Keywords: water heating boiler house, biomass, renewable fuels.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	6
2 РОЗРАХУНКИ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ ДО ТА ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ	7
2.1 Розрахунки існуючої теплової схеми котельні	7
2.2 Розрахунки техніко-економічних показників котельні за існуючою тепловою схемою	15
2.3 Розрахунки показників роботи котельні на твердій біомасі	19
2.4 Техніко-економічні показники роботи котельні після модернізації	22
2.5 Розрахунок димової труби.....	26
3 РОЗРАХУНОК ВОДО-ВОДЯНОГО ПЛАСТИНЧАСТОГО ПІДГРІВНИКА СИРОЇ ВОДИ.....	28
3.1 Тепловий розрахунок	28
3.2 Конструктивний розрахунок	33
3.3 Гідравлічний розрахунок	35
4 МОНТАЖ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЛА ПОТУЖНІСТЮ 1,5 МВт	36
4.1 Загальна характеристика об'єкту монтажу	36
4.2 Розрахунок та підбір обладнання системи очищення відхідних газів котла.....	37
4.3 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.....	39
4.4 Вибір та обґрунтування методів для виконання монтажних робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій	42
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	45
5.1 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	50
5.3 Пожежна безпека.....	54

ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки БДР на наявність текстових запозичень	66
Додаток Б (обов'язковий) Технічне завдання	67
Додаток В (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	70

ВСТУП

Україна має значну залежність від імпортованого природного газу. Заміщення природного газу іншими джерелами енергії може зменшити залежність країни від зовнішніх постачань та підвищити енергетичну безпеку. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії є одним із пріоритетів світової політики низьковуглецевого розвитку та засобом зменшення викидів діоксидів вуглецю в атмосферу заради уникнення наслідків парникового ефекту [1].

Заміщення природного газу іншими джерелами енергії, такими як відновлювані джерела, створить більш стійку та стійку систему енергопостачання. Наприклад, реалізація потенціалу біомаси в Україні уможливить заміщення близько 6 млрд. м³ природного газу на рік, скоротить викиди парникових газів на 13 млн. т на рік, створить майже 20 тисяч робочих місць [2, 3].

Заміщення природного газу може також включати в себе заходи щодо підвищення енергоефективності виробництва та використання енергії. Серед актуальних проблем, які стоять перед підприємствами різних галузей промисловості України, можна виділити високу енергоємність виробничих процесів і нераціональність використання енергоресурсів. Це може бути усунуто за допомогою сучасних технологій, вдосконалення процесів та застосування енергозберігаючих систем [4].

Заміщення природного газу в теплогенераторах може бути важливою складовою стратегії країни для забезпечення стійкого, безпечного та екологічно чистого енергопостачання. Однак цей процес також потребує комплексного підходу, врахування соціальних, економічних та екологічних аспектів.

Тріска з деревини є відновлюваним джерелом енергії, оскільки дерева можна висаджувати і вирощувати для подальшого використання. В порівнянні з використанням нафтопродуктів або вугілля, що призводить до викидів CO₂ та інших шкідливих речовин, використання тріски може бути менш негативним для навколишнього середовища.

Переведення котлів на тверде паливо економічно вигідно за рахунок використання відновлюваних видів палива: деревина, тріска, лушпиння сільськогосподарських культур, відходи деревообробних підприємств.

Переведення котельні на тверде паливо може здійснюватися двома шляхами – зміна конструкції котла і встановлення твердопаливного передтопка. В разі встановлення твердопаливного передтопка буде використовуватися частина території котельні, але конструкція котла не зміниться.

Перед переведенням котельні на тверде паливо оцінюється стан котельного обладнання, розраховується теплове навантаження, підбирається максимально ефективний метод та обладнання для переведення котельні на тверде паливо [5].

Мета роботи – заміщення природного газу, як джерела енергії, шляхом встановлення котлів на відновлюваному виді палива.

Завдання роботи:

- виконати розрахунки теплової схеми котельні для опалювального, середньо-опалювального та міжопалювального періодів;
- визначити техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі та альтернативних видах палива;
- виконати розрахунок водо-водяного пластинчастого підігрівника сирої води;
- розробити технологію монтажу системи очищення відхідних газів котла потужністю 1,5 МВт;
- розробити заходи з охорони праці.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

Водогрійна котельня в м. Хмельницький використовується для забезпечення потреб споживачів гарячого водопостачання та опалення цивільних будівель. Розрахункова потужність даної котельні 9,35 МВт. Паливом для котельні слугує природний газ. На котельні встановлено 3 котлоагрегати потужністю 4 МВт марки NoviterNWT-1.6-150 з загальною потужністю 12 МВт. Робоче паливо – природний газ з теплотою згорання $Q_p = 34,6$ МДж/м³.

Котельня обігріває житловий масив мікрорайону «Ракове». Водопостачання котельні здійснюється від мережі. Дана водогрійна котельня відпускає теплоту на опалення $Q_{оп} = 7,85$ МВт та гаряче водопостачання $Q_{оп} = 1,5$ МВт із графіком мережної води 90/70(°C), система теплопостачання замкнута.

Відпуском теплоти здійснюється при закритій системі теплопостачання. Втрати води в теплових мережах компенсуються водою з міського водопроводу. Вода з теплової мережі підводиться до насоса для подачі зворотної мережної води [6]. До насоса для підживлення подається хімічно очищена вода з ХВО.

В котлах можлива корозія поверхонь нагрівання внаслідок конденсації водяної пари з відхідних газів на зовнішніх поверхнях труб. Для уникнення процесу корозії потрібно температуру води на вході в котел підтримувати вище температури точки роси – не нижче 60°C в разі спалювання природного газу.

Температура води в зворотних трубопроводах теплових мереж може бути нижча 60°C, тому в схемі передбачається рециркуляція.

Температура води на виході з котла $t_{пр} = 90^\circ\text{C}$.

Температура води на вході в котел $t_{зв} = 70^\circ\text{C}$.

Температура води на гаряче водопостачання $t_{гвп} = 55^\circ\text{C}$;

Температура холодної води $t_{хв} = 10^\circ\text{C}$.

Потужність котельні для потреб опалення $Q_{оп} = 7,85$ МВт.

Потужність гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 1,5$ МВт;

2 РОЗРАХУНКИ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ ДО ТА ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Розрахунки існуючої теплової схеми котельні

2.1.1 Розрахунок теплової схеми котельні в опалювальному режимі

Температура води в подавальному трубопроводі теплової мережі в котел [7]

$$t'_{\text{пр}} = t_{\text{пр}} - 0,5, \quad (2.1)$$

$$t'_{\text{пр}} = 90 - 0,5 = 89,5 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Температура води в зворотному трубопроводі в тепловому пункті

$$t'_{\text{зв}} = t_{\text{зв}} + 0,5, \quad (2.2)$$

$$t'_{\text{зв}} = 70 + 0,5 = 70,5 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата мережної води через систему опалення

$$Q_{\text{тс}} = Q_{\text{оп}} + Q_{\text{гвп}}, \quad (2.3)$$

де $Q_{\text{оп}}$ – необхідна теплова потужність для потреб опалення;

$Q_{\text{гвп}}$ – необхідна теплова потужність для потреб гарячого водопостачання

$$Q_{\text{тс}} = 7,85 + 1,5 = 9,35 \text{ (МВт)}.$$

Розрахунок витрати мережної води для потреб теплових споживачів [7]

$$G_{\text{мв}} = \frac{Q_{\text{тс}}}{C_p \cdot (t'_{\text{пр}} - t'_{\text{зв}})}, \quad (2.4)$$

де C_p – теплоємність води, (кДж/(кг · К)) [8];

$$G_{\text{мв}} = \frac{9,35 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (89,5 - 70,5)} = 117,45 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата підживлювальної води за вхідними даними при реальних втратах 0,5% в теплових мережах

$$G_{\text{дв}} = \alpha_{\text{втр}} \cdot G_{\text{мв}}, \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{тс}} = 0,005 \cdot 117,45 = 0,59 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на вході і виході з котла

$$t'_{\text{к}} = 70 \text{ (}^{\circ}\text{C)}, \quad (2.6)$$

$$t''_{\text{к}} = 90 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата зворотної мережної води

$$G_{\text{змв}} = G_{\text{мв}} - G_{\text{підж}}, \quad (2.7)$$

$$G_{\text{змв}} = 117,45 - 0,59 = 116,86 \text{ (кг/с)}.$$

Температура сирії води

$$t_{\text{св}} = 10 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Температура сирії води після підігрівника сирії води

$$t_{\text{хво}} = 25 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Температура грійної води після ПСВ

$$t_{\text{псв}} = 70 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Тепловий баланс ПСВ [7]

$$G_{\text{псв}} \cdot C_{\text{р}} \cdot (t''_{\text{к}} - t_{\text{псв}}) = G_{\text{дв}} \cdot C_{\text{р}} \cdot (t_{\text{дв}} - t_{\text{св}}),$$

$$G_{\text{псв}} = \frac{G_{\text{дв}} \cdot (t_{\text{дв}} - t_{\text{св}})}{(t''_{\text{к}} - t_{\text{псв}})}, \quad (2.8)$$

де $G_{\text{псв}}$ – витрата грійної води на підігрівник;

$$G_{\text{псв}} = \frac{0,59 \cdot (25 - 10)}{(90 - 70)} = 0,44 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води перед мережним насосом

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{змв}} + G_{\text{псв}} + G_{\text{дв}} \text{ (кг/с)}, \quad (2.9)$$

$$G_{\text{мн}} = 117,45 + 0,44 + 0,59 = 118,48 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед мережним насосом

$$t_{\text{мн}} = \frac{G_{\text{змв}} \cdot t''_{\text{мв}} + G_{\text{дв}} \cdot t_{\text{дв}} + G_{\text{псв}} \cdot t_{\text{псв}}}{G_{\text{мн}}}, \quad (2.10)$$

$$t_{\text{мн}} = \frac{117,45 \cdot 70 + 0,59 \cdot 10 + 0,44 \cdot 70}{118,48} = 69,7 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата мережної води в котлі

$$G_{\text{к}} = G_{\text{мн}} \text{ (кг/с)}, \quad (2.11)$$

$$G_{\text{к}} = 118,48 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_{\text{к}} = G_{\text{к}} \cdot C_{\text{пв}} \cdot (t''_{\text{к}} - t'_{\text{к}}), \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{к}} = 118,48 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70) = 9929 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива в котлі

$$B_{\text{у}} = \frac{Q_{\text{к}}}{(Q_{\text{нп}}^{\text{р}} \cdot \eta)}, \quad (2.13)$$

$$B_y = \frac{9,35}{(29,3 \cdot 0,91)} = 0,35 \text{ (кг/с)},$$

– газоподібного палива

$$B_p = \frac{Q_k}{(Q_H^p \cdot \eta)}, \quad (2.14)$$

$$B_p = \frac{9,35}{(33,5 \cdot 0,91)} = 0,31 \text{ (м}^3 \text{ / с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{оп}} + Q_{\text{ГВП}}}{B_p \cdot Q_H^p}, \quad (2.15)$$

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{9,35}{0,35 \cdot 31,5} = 0,85.$$

2.1.2 Розрахунок теплової схеми котельні в середньо-опалювальному режимі

Розрахункова потужність теплових споживачів

$$Q_{\text{тс}} = Q_{\text{оп}} + Q_{\text{ГВП}}, \quad (2.16)$$

де $Q_{\text{оп}}$ – необхідна теплова потужність для потреб опалення, МВт;

$Q_{\text{ГВП}}$ – необхідна теплова потужність для потреб ГВП, МВт;

$$Q_{\text{тс}} = 3,9 + 1,5 = 5,4 \text{ (МВт)}.$$

Витрата мережної води для потреб споживачів [6]

$$G_{\text{мв}} = \frac{Q_{\text{тс}}}{C_p \cdot (t'_{\text{мв}} - t''_{\text{мв}})}, \quad (2.17)$$

де C_p – теплоємність води, (кДж/(кг·К)) [6];

$t'_{\text{мв}}, t''_{\text{мв}}$ – температури теплового графіка мережної води, (°C).

$$G_{\text{мв}} = \frac{5,4 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (80 - 50)} = 42,96 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата підживлювальної води за вхідними даними при реальних втратах 0,5% в теплових мережах

$$G_{\text{дв}} = \alpha_{\text{втр}} \cdot G_{\text{мв}}, \quad (2.18)$$

$$G_{\text{дв}} = 0,005 \cdot 42,96 = 0,21 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на вході і виході з котла

$$t'_k = 50 \text{ (°C)},$$

$$t''_k = 80 \text{ (°C)}.$$

Витрата зворотної мережної води

$$G_{\text{змв}} = G_{\text{мв}} - G_{\text{дв}} \text{ (кг/с)}, \quad (2.19)$$

$$G_{\text{змв}} = 42,96 - 0,21 = 42,75 \text{ (кг/с)}.$$

Температура сирої води

$$t_{\text{св}} = 10 \text{ (°C)}.$$

Температура сирої води після підігрівника сирої води

$$t_{\text{хво}} = 25 \text{ (°C)}.$$

Температура грійної води після ПСВ

$$t_{\text{псв}} = 50 \text{ (°C)}.$$

Тепловий баланс ПСВ

$$G_{\text{ПСВ}} \cdot C_p \cdot (t''_k - t_{\text{ПСВ}}) = G_{\text{ДВ}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{ДВ}} - t_{\text{СВ}}). \quad (2.20)$$

Звідки

$$G_{\text{ПСВ}} = \frac{G_{\text{ДВ}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{ДВ}} - t_{\text{СВ}})}{C_p \cdot (t''_k - t_{\text{ПСВ}})},$$

де $G_{\text{ПСВ}}$ – витрата грійної води на підігрівник

$$G_{\text{ПСВ}} = \frac{0,21 \cdot (25 - 10)}{(80 - 50)} = 0,11.$$

Витрата води перед мережним насосом

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{ЗМВ}} + G_{\text{ПСВ}} + G_{\text{ДВ}} \quad (2.21)$$

$$G_{\text{МН}} = 42,75 + 0,21 + 0,11 = 43,1 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед мережним насосом

$$t_{\text{МН}} = \frac{G_{\text{ЗМВ}} \cdot t''_{\text{МВ}} + G_{\text{ДВ}} \cdot t_{\text{ДВ}} + G_{\text{ПСВ}} \cdot t_{\text{ПСВ}}}{G_{\text{МН}}}, \quad (2.22)$$

$$t_{\text{МН}} = \frac{42,75 \cdot 50 + 0,21 \cdot 25 + 0,11 \cdot 50}{43,1} = 49,84 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата мережної води

$$G_K = G_{\text{МН}} \text{ (кг/с)}, \quad (2.23)$$

$$G_k = 43,1 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_k = G_k \cdot C_{pv} \cdot (t_k'' - t_k''), \quad (2.24)$$

$$Q_k = 43,1 \cdot 4,19 \cdot (80 - 50) = 5418 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива

$$B_y = \frac{Q_k}{(Q_{hy}^p \cdot \eta)}, \quad (2.25)$$

$$B_y = \frac{5418}{(29300 \cdot 0,91)} = 0,17 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p = \frac{Q_k}{(Q_H^p \cdot \eta)}, \quad (2.26)$$

$$B_p = \frac{5418}{(33500 \cdot 0,91)} = 0,18 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{кот} = \frac{Q_{оп} + Q_{гвп}}{B_p \cdot Q_H^p}, \quad (2.27)$$

$$\eta_{кот} = \frac{5,4}{0,18 \cdot 33,5} = 0,896.$$

2.1.3 Розрахунок теплової схеми котельні в режимі ГВП

Розрахункова потужність теплових споживачів

$$Q_{тс} = Q_{гвп}, \quad (2.28)$$

$$Q_{\text{TC}} = 1,5 = 1,5 \text{ (МВт)}.$$

Розрахунок витрати мережної води для потреб теплових споживачів [8]

$$G_{\text{MB}} = \frac{Q_{\text{TC}}}{C_p \cdot (t'_{\text{MB}} - t''_{\text{MB}})}, \quad (2.29)$$

$$G_{\text{MB}} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (69,5 - 46,5)} = 15,57.$$

Витрата мережної води

$$G_{\text{K}} = G_{\text{MB}}, \quad (2.30)$$

$$G_{\text{K}} = 15,57 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_{\text{K}} = 15,57 \cdot 4,19 \cdot (70 - 46) = 1566 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива

$$B_y = \frac{Q_{\text{K}}}{(Q_{\text{HY}}^p \cdot \eta)}, \quad (2.31)$$

$$B_y = \frac{1,566}{(29,3 \cdot 0,91)} = 0,059 \text{ (кг/с)},$$

$$B_p = \frac{Q_{\text{K}}}{(Q_{\text{H}}^p \cdot \eta)}, \quad (2.32)$$

$$B_p = \frac{1,566}{(33,5 \cdot 0,91)} = 0,051 \text{ (м}^3/\text{с)},$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{(B_p \cdot Q_H^p)},$$

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{1,5}{0,051 \cdot 33,5} = 0,878.$$

2.2 Розрахунки техніко-економічних показників котельні за існуючою тепловою схемою

Тривалість роботи котельні в трьох режимах:

- максимальна потужність $\tau_m = 30 \text{ (год/рік)}$;
- середня потужність $\tau_c = 4246 \text{ (год/рік)}$;
- літній $\tau_l = 4484 \text{ (год/рік)}$.

Річна витрата робочого палива

$$B_p^{\text{річ}} = (B_{\text{рзаг}}^{\text{мз}} \cdot \tau_{\text{мз}} + B_{\text{рзаг}}^{\text{со}} \cdot \tau_{\text{мз}} + B_{\text{рзаг}}^{\text{л}} \cdot \tau_{\text{мз}}) \cdot 3,6, \quad (2.33)$$

$$B_p^{\text{річ}} = (0,35 \cdot 30 + 0,18 \cdot 4246 + 0,051 \cdot 4484) \cdot 3,6 = 3612,47 \text{ (тис.м}^3/\text{рік)}.$$

Річна витрата умовного палива [7]

$$B_y^{\text{річ}} = \frac{B_p^{\text{річ}} \cdot Q_H^p}{Q_{\text{нy}}^p}, \quad (2.34)$$

$$B_y^{\text{річ}} = \frac{3612,17 \cdot 33,500}{29,3} = 4130,3 \text{ (тис.м}^3/\text{рік)}.$$

Річний відпуск теплоти [8]

$$Q_{\text{річ}} = (Q_{\text{оп}}^{\text{м}} \cdot \tau_{\text{мз}} + Q_{\text{оп}}^{\text{с}} \cdot \tau_{\text{со}} + Q_{\text{ГВП}} \cdot \tau_{\text{р}}) \cdot 3,6, \quad (2.35)$$

$$Q_{\text{річ}} = (7,85 \cdot 30 + 3,9 \cdot 4246 + 1,5 \cdot 8760) \cdot 3,6 = 107765,64 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Питомі витрати робочого та умовного палива

$$b_{\text{р}} = \frac{B_{\text{р}}^{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.36)$$

$$b_{\text{р}} = \frac{3612,3 \cdot 10^3}{107765,64} = 33,5 \text{ (м}^3\text{/ГДж)}.$$

$$b_{\text{у}} = \frac{B_{\text{у}}^{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.37)$$

$$b_{\text{у}} = \frac{4130,3 \cdot 10^3}{107765,64} = 38,33 \text{ (м}^3\text{/ГДж)}.$$

Витрати електроенергії

$$N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{м}} \cdot \tau_{\text{м}} + N_{\text{ВП}}^{\text{с}} \cdot \tau_{\text{с}} + N_{\text{ВП}}^{\text{л}} \cdot \tau_{\text{л}}, \quad (2.38)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} = 84,22 \cdot 30 + 32,268 \cdot 4246 + 10,775 \cdot 4484 = 187851,628 \text{ (кВт} \cdot \text{год / рік)}.$$

Витрати на електроенергію

$$C_{\text{ел}} = N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{е}}, \quad (2.39)$$

де $\Pi_{\text{е}}$ – ціна електроенергії, $\Pi_{\text{е}} = 7,04 \text{ (грн/(кВт} \cdot \text{год))}$ [9].

$$C_{\text{ел}} = 7,06 \cdot 187851,628 = 1326232,5 \text{ (грн/рік)}.$$

Витрати на заробітну плату

$$C_{з.п} = Q_{к} \cdot K_{шт} \cdot \Phi_{з.п} \cdot k_{дод} \cdot n, \quad (2.40)$$

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

$k_{шт}$ – штатний коефіцієнт;

$k_{дод}$ – коефіцієнт, який враховує додаткові нарахування, $k_{дод} = 1,47$,

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

$$C_{зп} = 9,35 \cdot 2,5 \cdot 150000 \cdot 1,47 \cdot 10^{-6} = 5,15 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на амортизацію

$$C_{ам} = k \cdot H_a, \quad (2.41)$$

де k – балансова вартість, приймаємо 24 млн.грн.

H_a – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{ам} = 24 \cdot 0,07 = 1,68 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{пр} = 0,2 \cdot C_{ам}, \quad (2.42)$$

$$C_{пр} = 0,2 \cdot 1,68 = 0,336 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на паливо [7]

$$C_{п} = B_p^{річ} \cdot Ц_{пал}; \quad (2.43)$$

де $B_p^{річ}$ – річна витрата палива;

$Ц_{пал}$ – ціна палива, 17,13 (грн./м³) з врахуванням доставки [10]

$$C_{п} = 3612,47 \cdot 10^3 \cdot 17,13 = 61881611,1 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на воду

$$C_{\text{в}} = G_{\text{річ}} \cdot C_{\text{в}}, \quad (2.44)$$

де $G_{\text{річ}}$ – річна витрата води [11];

$C_{\text{в}}$ – ціна води, 27,7 (грн / м³).

$$G_{\text{річ}} = (G_{\text{підж}}^{\text{м}} \cdot \tau_{\text{м}} + G_{\text{підж}}^{\text{с}} \cdot \tau_{\text{с}} + G_{\text{підж}}^{\text{л}} \cdot \tau_{\text{л}}) \cdot 3600, \quad (2.45)$$

$$G_{\text{річ}} = (0,59 \cdot 30 + 0,21 \cdot 4246 + 0,051 \cdot 4484) \cdot 3600 = 4096958,4 \text{ (м}^3 \text{ / рік)},$$

тоді

$$C_{\text{в}} = \frac{4096958,4 \cdot 27,7}{1000} = 113485,7 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші витрати [12]

$$C_{\text{інші}} = 0,06 \cdot (C_{\text{п}} + C_{\text{ел}} + C_{\text{в}} + C_{\text{з.п}}), \quad (2.46)$$

$$C_{\text{інші}} = 0,06 \cdot (61881611,1 + 1326232,5 + 113485,7 + 5150000) = 4108279,8 \text{ (грн. / рік)}.$$

Експлуатаційні витрати

$$C_{\text{е}} = C_{\text{інші}} + C_{\text{п}} + C_{\text{в}} + C_{\text{ел}} + C_{\text{з.п}}, \quad (2.47)$$

$$\begin{aligned} C_{\text{е}} &= 61881611,1 + 77668105 + 114305,1 + 1326232,5 + 4108279,8 = \\ &= 72580428,4 = 72,58 \text{ (млн.грн. / рік)}. \end{aligned}$$

Собівартість теплової енергії

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{C_{\text{е}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.48)$$

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{72580428,4}{107765,64} = 673,5 \text{ (грн./ГДж)}.$$

Отже, собівартість виробництва теплової енергії в разі роботи котельні на природному газі 673,5 грн./ГДж.

2.3 Розрахунки показників роботи котельні на твердій біомасі

2.3.1 Розрахунок показників роботи котельні в максимально опалювальний періоду

Розраховуємо основні показники роботи котельні [6-8].

Теплова потужність котельні

$$Q_k = G_k \cdot C_{pв} \cdot (t'_k - t''_k), \quad (2.49)$$

$$Q_k = 118,48 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70) = 9929 \text{ (кВт)}.$$

Витрата робочого палива на твердопаливний котел

- на трісці деревини

$$B_{\text{тр}}^{\text{оп}} = \frac{9929}{13500 \cdot 0,85} = 0,865 \text{ (кг/с)} = 3114 \text{ (кг/год)},$$

де наявна теплота для тріски деревини складає 13,5 МДж/кг [13];

- на паливних гранулах

$$B_{\text{гр}}^{\text{оп}} = \frac{9929}{17500 \cdot 0,85} = 0,667 \text{ (кг/с)} = 2401,2 \text{ (кг/год)},$$

де наявна теплота для паливних гранул становить 17,5 МДж/кг [13].

Витрата умовного палива на твердопаливні котли

$$B_y^{\text{оп}} = \frac{9929}{29300 \cdot 0,85} = 0,339 \text{ (кг/с)},$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}}^{\text{оп}} = \frac{9350}{0,339 \cdot 29300} = 0,94.$$

2.3.2 Розрахунок показників роботи котельні в середньо-опалювальний період

Розрахункова потужність теплових споживачів

$$Q_{\text{тс}} = Q_{\text{оп}} + Q_{\text{гвп}}, \quad (2.53)$$

$$Q_{\text{тс}} = 3,9 + 1,5 = 5,4 \text{ (МВт)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_k = 43,1 \cdot 4,19 \cdot (80 - 50) = 5418 \text{ (кВт)}.$$

Витрата робочого палива на твердопаливний котел

- на трісці деревини

$$B_{\text{ртр}}^{\text{соп}} = \frac{5418}{13500 \cdot 0,85} = 0,472 \text{ (кг/с)} = 1699,2 \text{ (кг/год)};$$

- на паливних гранулах

$$B_{\text{ргр}}^{\text{соп}} = \frac{5418}{17500 \cdot 0,85} = 0,364 \text{ (кг/с)} = 1310,4 \text{ (кг/год)}.$$

Витрата умовного палива на твердопаливний котел

$$B_y^{\text{cop}} = \frac{5418}{29300 \cdot 0,85} = 0,218 \text{ (кг / с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}}^{\text{cop}} = \frac{5400}{0,218 \cdot 29300} = 0,85.$$

2.3.3 Розрахунок роботи котельні в міжопалювальний період

Для даного режиму працює лише система гарячого водопостачання.

Теплова потужність котельні

$$Q_k = 15,57 \cdot 4,19 \cdot (70 - 46) = 1566 \text{ (кВт)}.$$

Витрата робочого палива на твердопаливний котел

- на трісці деревини

$$B_{\text{rtp}}^{\text{моп}} = \frac{1566}{13500 \cdot 0,85} = 0,136 \text{ (кг/с)} = 489,6 \text{ (кг/год)};$$

- на паливних гранулах

$$B_{\text{rtp}}^{\text{моп}} = \frac{1566}{17500 \cdot 0,85} = 0,105 \text{ (кг/с)} = 378 \text{ (кг/год)}.$$

Витрата умовного палива на твердопаливний котел

$$B_y^{\text{моп}} = \frac{1,566}{(29,3 \cdot 0,85)} = 0,062 \text{ (кг/с)},$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}}^{\text{моп}} = \frac{1500}{0,062 \cdot 29300} = 0,83.$$

Результати розрахунків теплової схеми зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники роботи котельні для трьох періодів

Величина	Позначення	Розмірність	Періоди роботи котельні		
			Опалю- вальний	Середньо- опалювальний	Міжопалю- вальний
1	2	3	4	5	6
Потужність системи опалення	$Q_{оп}$	МВт	9,35	5,4	1,5
Теплова потужність котельні	Q_k	МВт	9,929	5,418	1,566
Витрата мережної води через систему опалення	$G_{оп}$	кг/с	117,45	42,96	15,57
Витрата підживлювальної води	$G_{дв}$	кг/с	0,59	0,21	0,051
Витрата «гарячого» теплоносія води на підігрівник сирої води	$G_{псв}$	кг/с	0,44	0,11	-
Витрата води перед мережним насосом	$G_{мн}$	кг/с	118,48	43,1	15,57
Витрата мережної води в котлі	G_k	кг/с	118,48	43,1	15,57

2.4 Техніко-економічні показники роботи котельні після модернізації

Річна витрата робочого палива

$$B_{ртр}^{річ} = (B_{рг}^{оп} \cdot \tau_{оп} + B_p^{соп} \cdot \tau_{соп} + B_p^{моп} \cdot \tau_{мзоп}) \cdot 3600, \quad (2.56)$$

- на трісці з деревини

$$B_{ртр}^{річ} = (0,865 \cdot 30 + 0,472 \cdot 4246 + 0,136 \cdot 4484) \cdot 3600 = 9503589,6 \text{ (кг / рік)}.$$

- на паливних гранулах

$$B_{ртр}^{річ} = (0,667 \cdot 30 + 0,364 \cdot 4246 + 0,105 \cdot 4484) \cdot 3600 = 7330946,4 \text{ (кг / рік)}.$$

Витрати коштів на паливо

- тріска з деревини

$$C_{п} = 9503589,6 \cdot 3,6 \cdot 1,006 = 34418200,1 = 34,42 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

де $C_{п} = 3,6$ (грн/м³) – ціна тріски з деревини для промислових споживачів [15];

$k_{вп} = 1,006$ – коефіцієнт, який враховує втрати палива;

- паливні гранули

$$C_{\Pi} = 7330946,4 \cdot 7,6 \cdot 1,006 = 56049483,1 \text{ (грн/рік)} = 56,05 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

де $C_{\Pi} = 7,6 \text{ (грн/м}^3\text{)}$ – ціна паливних гранул для промислових споживачів [16].

Річна витрата електроенергії

$$N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} \cdot \tau_{\text{оп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{соп}} \cdot \tau_{\text{соп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{моп}} \cdot \tau_{\text{моп}}, \quad (2.58)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{річ}} = 85,72 \cdot 30 + 33,768 \cdot 4246 + 12,275 \cdot 4484 = 200991,628 \text{ (кВт} \cdot \text{год / рік)}.$$

Витрати на електроенергію

$$C_{\text{ел}} = 7,04 \cdot 200991,628 = 1414981,1 \text{ (грн/рік)},$$

де $C_{\text{е}}$ – ціна електроенергії, $C_{\text{е}} = 7,04 \text{ (грн/(кВт} \cdot \text{год))}$ [8].

Річна витрата води

$$G_{\text{річ}} = (G_{\text{підж}}^{\text{м}} \cdot \tau_{\text{м}} + G_{\text{підж}}^{\text{с}} \cdot \tau_{\text{с}} + G_{\text{підж}}^{\text{л}} \cdot \tau_{\text{л}}) \cdot 3600, \quad (2.45)$$

$$G_{\text{річ}} = (0,59 \cdot 30 + 0,21 \cdot 4246 + 0,051 \cdot 4484) \cdot 3600 = 4096958,4 \text{ (кг / рік)},$$

Витрати на воду

$$C_{\text{в}} = (G_{\text{річ}} / \rho_{\text{в}}) \cdot C_{\text{в}},$$

де $G_{\text{річ}}$ – річна витрата води;

$C_{\text{в}}$ – ціна води, $27,7 \text{ (грн / м}^3\text{)}$ [11].

$$C_{\text{в}} = ((4096958,4 / 1000) \cdot 27,7) \cdot 10^{-6} = 0,113 \text{ (млн.грн / рік)},$$

Капіталовкладення

$$K = 39 \text{ (млн.грн)}.$$

Витрати на амортизацію

$$C_{AM} = 39 \cdot 0,075 = 2,925 \text{ (млн.грн/рік)}$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{пр} = 2,925 \cdot 0,3 = 0,8775 \text{ (млн.грн/рік)}$$

Витрати на заробітну плату

$$C_{зп} = 9,35 \cdot 2,5 \cdot 150000 \cdot 1,47 \cdot 10^{-6} = 5,15 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Інші витрати:

- для тріски з деревини

$$C_{ін} = 0,06 \cdot (34,42 + 1,4 + 0,113 + 2,925 + 0,8775 + 5,15) = 2,69 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

- для паливних гранул

$$C_{ін} = 0,06 \cdot (56,05 + 1,4 + 0,113 + 2,925 + 0,8775 + 5,15) = 3,99 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Загальні річні експлуатаційні витрати:

- для тріски з деревини

$$C_{річ} = 34,42 + 1,4 + 0,113 + 2,925 + 0,8775 + 5,15 + 2,69 = 47,58 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

- для паливних гранул

$$C_{річ} = 56,05 + 1,4 + 0,113 + 2,925 + 0,8775 + 5,15 + 3,99 = 70,51 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплової енергії водогрійної котельнею

- для тріски з деревини

$$CB = \frac{47,58 \cdot 10^6}{107765} = 441,51 \text{ (грн/ГДж)}.$$

- для паливних гранул

$$CB = \frac{70,51 \cdot 10^6}{107765} = 654,29 \text{ (грн/ГДж)}.$$

Отже, собівартість виробництва теплової енергії для котлів на трісці з деревини 441,51 грн./ГДж, а для котлів на паливних гранулах 654,29 грн/ГДж.

Техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі, паливних гранулах та трісці з деревини зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Техніко-економічні показники котельні на різних видах палива

Паливо	Природний газ	Паливні гранули	Тріска з деревини
Вартість природного газу, грн/м ³	17,13	–	–
Вартість паливних гранул, грн/кг	–	7,6	–
Вартість паливної тріски, грн/кг	–	–	3,6
Ціна на електроенергію, грн/кВт год	7,04	7,04	7,04
Ціна води, грн/м ³	27,7	27,7	27,7
Витрата палива, тис. м ³ / рік, т/рік	3612,47	7330,95	9503,59
Витрати коштів на паливо, млн.грн/рік	61,88	56,05	34,42
Витрати коштів на електроенергію, млн.грн/рік	1,33	1,41	1,41
Витрати коштів на воду, млн.грн/рік	0,113	0,113	0,113
Витрати на амортизацію, млн.грн/рік	1,68	2,925	2,925
Витрати на поточний ремонт, млн.грн/рік	0,336	0,8775	0,8775
Витрати на заробітну плату, млн.грн/рік	5,15	5,15	5,15
Інші витрати, млн.грн/рік	4,11	3,99	2,69
Загальні річні експлуатаційні витрати, млн.грн/рік	72,58	70,51	47,58
Собівартість виробництва, грн/ГДж	673,50	654,29	441,51

Згідно табл.2.2 видно, що найкращий показник собівартості має варіант переведення роботи твердопаливних котлів на трісці з деревини. До встановлення вибираємо 2 котли КЗОТ BRS 2000 та 1 котел КЗОТ BRS 1500. При цьому виникає необхідність встановлення додаткової димової труби.

2.5 Розрахунок димової труби

Вхідні дані для розрахунку димової труби:

- витрата робочого палива $B_p = 0,865$ кг/с;
- об'єм газів $V_r = 6,306$ м³/кг;
- частка виносу золи $\alpha_{\text{вин}} = 0,85$.

Розрахункова висота димової труби за [17]

$$H = \sqrt{\frac{0,001 \cdot A \cdot M \cdot F \cdot m}{C - 2C_{\phi} \sqrt[3]{V_r^{д.г} \cdot \Delta t}}}, \quad (2.68)$$

де $m = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує умови виходу продуктів згорання із димової труби;

M – маса золи, яка викидається в атмосферу з димової труби, кг/с;

C – концентрація речовин біля поверхні землі, які забруднюють навколишнє середовище, кг/м³;

$A = 120$ – коефіцієнт стратифікації атмосфери, $C^{2/3} \cdot \text{град}^{1/3}$;

$F = 1$ – коефіцієнт, який враховує швидкість осідання речовин, які забруднюють атмосферу;

$V_{\text{д.г}}$ – об'єм продуктів згорання, що проходять через димову трубу, м³/с;

C_{ϕ} – фонові концентрації забруднюючих речовин в атмосфері, кг/м³.

Маса золи, яка викидається із димової труби

$$M = 0,01 \times B_p \times \alpha_{\text{вин}} \times A^p, \quad (2.69)$$

де A^p – масова частка золи в паливі, %.

n – кількість котлів;

$\alpha_{\text{вин}}$ – частка виносу золи;

$$M = 0,01 \times 0,865 \times 0,82 \times 3,6 = 0,0255 \text{ (кг/с)}.$$

Дійсний об'єм продуктів згорання, які викидаються через димову трубу

$$V_{д.г} = n \cdot B_p \cdot V_r \cdot \frac{t_r + 273}{273} \cdot \frac{101000}{h_6}, \quad (2.70)$$

де t_r – температура газів на виході з котла, °C

$$V_{дг} = 0,865 \cdot 6,306 \cdot \frac{230 + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{98000} = 5,12 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Різниця температур

$$\Delta t = \vartheta_{д.г} - t_{зн}, \quad (2.71)$$

де $t_{зн}$ – температура зовнішнього повітря.

$$\Delta t = 230 - 24 = 206 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тоді розрахункова висота димової труби

$$H = \sqrt{\frac{0,001 \cdot 120 \cdot 0,0255 \cdot 1 \cdot 0,85}{0,5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6}}} = 24,9 \text{ (м)}.$$

Розрахунковий діаметр димової труби

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{д.г}}{\pi \cdot w_r}}, \quad (2.72)$$

де w_r – швидкість виходу димових газів. Задаємо 6,5 м/с.

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{5,12}{3,14 \cdot 6,5}} = 1,00 \text{ (м)}.$$

3 РОЗРАХУНОК ВОДО-ВОДЯНОГО ПЛАСТИНЧАСТОГО ПІДГРІВНИКА СИРОЇ ВОДИ

3.1 Тепловий розрахунок

Вхідні дані для розрахунку.

Теплообмінник – пластинчастий.

«Гарячий» та «холодний» теплоносій – вода.

Потужність теплообмінника $Q_T = 40$ кВт.

Температура «холодного» теплоносія на вході $t'_2 = 10$ °С.

Витрата «холодного» теплоносія $G_2 = 0,6$ кг/с.

Температура «гарячого» теплоносія на вході $t'_1 = 90$ °С.

Витрата «гарячого» теплоносія $G_1 = 0,45$ кг/с.

Геометричні розміри пластин і каналів:

- площа теплообміну одної пластини $f_1 = 0,02$ м²;
- ширина пластини 0,145 м;
- довжина пластини 0,25 м;
- товщина міжпластинного каналу $\delta_k = 0,0021$ м;
- площа поперечного перерізу одного каналу $f_{\text{каналу}} = 0,29 \cdot 10^{-3}$ м².

Температура «гарячого» теплоносія на виході з теплообмінника

$$t''_1 = t'_1 - Q_T / (C_{p1} \cdot G_1), \quad (3.1)$$

$$t''_1 = 90 - 40 / (4,19 \cdot 0,45) = 68,8 \text{ (°C)}.$$

Температура «холодного» теплоносія на виході з теплообмінника

$$t''_2 = t'_2 + Q_T / (C_{p2} \cdot G_2), \quad (3.2)$$

$$t''_2 = 10 + 40 / (4,18 \cdot 0,6) = 25,9 \text{ (°C)}.$$

Середня температура «холодного» теплоносія

$$t_2 = \frac{t'_2 + t''_2}{2}, \quad (3.3)$$

де t_2' t_2'' – температура води на вході та виході з теплообмінника, °C.

$$t_2 = \frac{10 + 25,9}{2} = 18 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Теплофізичні характеристики нагріваної води для середньої температури в теплообміннику [18].

Густина води $\rho_2 = 998 \text{ (кг/м}^3\text{)}$.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,59 \text{ Вт/(мК)}$.

Критерій Прандтля для води $Pr_2 = 7,5$.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_2 = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{/с)}$.

Теплоємність води $C_{p2} = 4,18 \text{ (кДж / кг)}$.

Середня температура «гарячого» теплоносія

$$t_1 = \frac{t_1' + t_1''}{2}, \quad (3.4)$$

$$t_1 = \frac{90 + 68,8}{2} = 79,5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Теплофізичні характеристики «гарячого» теплоносія для середньої температури [18].

Густина води $\rho_1 = 972 \text{ (кг/м}^3\text{)}$.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 0,67 \text{ (Вт / м} \cdot \text{К)}$.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_1 = 0,37 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{ / с)}$.

Критерій Прандтля $Pr_1 = 2,3$.

Теплоємність води $C_{p1} = 4,19 \text{ (кДж/(кг} \cdot \text{К))}$.

Більша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_b = t_1' - t_2'', \quad (3.5)$$

$$\Delta t_b = 90 - 25,9 = 64,1 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Менша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_m = t'_1 - t''_2, \quad (3.6)$$

$$\Delta t_m = 68,8 - 10 = 58,8 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Середньологарифмічний температурний напір

$$\Delta t = (\Delta t_b - \Delta t_m) / \ln \left(\frac{\Delta t_b}{\Delta t_m} \right), \quad (3.7)$$

$$\Delta t = (64,1 - 58,8) / \ln \left(\frac{64,1}{58,8} \right) = 61,4 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Об'ємна витрата «гарячого» теплоносія

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}, \quad (3.8)$$

$$V_1 = \frac{0,45}{972} = 4,63 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Об'ємна витрата води, що нагрівається

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2}, \quad (3.9)$$

$$V_2 = \frac{0,6}{998} = 6,01 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Швидкість «холодного» теплоносія приймаємо $w_2 = 0,3 \text{ м/с}$.

Еквівалентний діаметр міжпластинного каналу $d_e = 2 \cdot 0,0021 = 0,0042 \text{ (м)}$.

Число Рейнольдса для «холодного» теплоносія

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_e}{\nu_2}, \quad (3.10)$$

$$Re_2 = \frac{0,3 \cdot 0,0042}{1 \cdot 10^{-6}} = 1260 \text{ – режим турбулентний.}$$

Задамося температурою стінки $t_{ст} = 40^\circ\text{C}$. Тоді $Pr_{ст} = 4,31$ [18].

Критерій Нуссельта

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot (Pr_2 / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (3.11)$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 1260^{0,73} \cdot 7,5^{0,43} \cdot (7,5 / 4,31)^{0,25} = 67,6.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до «холодного» теплоносія

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e}, \quad (3.12)$$

$$\alpha_2 = \frac{67,6 \cdot 0,59}{0,0042} = 9498 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Приймаємо, що «холодний» теплоносій рухається в одному пакеті каналів і «гарячий» в одному, тоді швидкість «гарячого» теплоносія в каналах пропорційна швидкості «холодного» теплоносія з врахуванням об'ємних витрат потоків та кількості пакетів

$$w_1 = w_2 \frac{V_1}{V_2}, \quad (3.13)$$

$$w_1 = 0,3 \cdot \frac{4,63 \cdot 10^{-4}}{6,01 \cdot 10^{-4}} = 0,23 \text{ (м/с).}$$

Критерій Рейнольдса

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_e}{\nu_1}, \quad (3.14)$$

$$Re_1 = \frac{0,23 \cdot 0,0042}{0,37 \cdot 10^{-6}} = 2610 \text{ – режим турбулентний.}$$

Задамося температурою стінки $t_{\text{ст}} = 55^\circ\text{C}$. Тоді $\text{Pr}_{\text{ст}} = 3,3$ [18].

Критерій Нусельта для «гарячого» теплоносія

$$\text{Nu}_1 = 0,135 \cdot \text{Re}_1^{0,73} \cdot \text{Pr}_1^{0,43} \cdot (\text{Pr}_1 / \text{Pr}_{\text{ст}})^{0,25}, \quad (3.15)$$

$$\text{Nu}_1 = 0,135 \cdot 2610^{0,73} \cdot 2,3^{0,43} \cdot (2,3 / 3,3)^{0,25} = 55.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від «гарячого» теплоносія до стінки

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu}_1 \cdot \lambda_1}{d_e}, \quad (3.16)$$

$$\alpha_1 = \frac{55 \cdot 0,67}{0,0042} = 8783 \left(\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К} \right).$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = \frac{\psi}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.17)$$

де $\delta_{\text{ст}}$ — товщина стінки пластини, $\delta_{\text{ст}} = 0,5$ мм;

$\lambda_{\text{ст}}$ — теплопровідність нержавіючої сталі, $\lambda_{\text{ст}} = 16$ Вт / (м · К).

$$K = \frac{0,75}{\frac{1}{8783} + \frac{0,0005}{16} + \frac{1}{9498}} = 2995 \left(\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К} \right).$$

Питомий тепловий потік

$$q = K \cdot \Delta t \quad [\text{Вт} / \text{м}^2], \quad (3.18)$$

$$q = 2995 \cdot 61,4 \cdot 10^{-3} = 183,9 \text{ (кВт} / \text{м}^2 \text{)}.$$

Температура стінок пластини

$$t_{ст2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2}, \quad t_{ст1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1}, \quad (3.19)$$

$$t_{ст2} = 18 + \frac{183911}{9498} = 37,4 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad t_{ст1} = 79,5 - \frac{183911}{8783} = 58,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Оскільки різниця між раніше прийнятими та розрахунковими температурами стінки менше $5 \text{ } ^\circ\text{C}$, то уточнювати розрахунки не потрібно.

Площа поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, \quad (3.20)$$

$$F = \frac{40 \cdot 10^3}{2995 \cdot 61,4} = 0,218 \text{ (м}^2\text{)}.$$

3.2 Конструктивний розрахунок

Площа поперечного перерізу пакета:

- по ходу “гарячого” теплоносія

$$f_{\text{пакета1}} = \frac{V_1}{w_1 \cdot n_1}, \quad (3.21)$$

$$f_{\text{пакета1}} = \frac{4,63 \cdot 10^{-4}}{0,23} = 2,01 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

- по ходу “холодного” теплоносія

$$f_{\text{пакета2}} = \frac{V_2}{w_2}, \quad (3.22)$$

$$f_{\text{пакета2}} = \frac{6,01 \cdot 10^{-4}}{0,3} = 2,03 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Кількість паралельних каналів в одному пакеті:

- для “гарячого” теплоносія

$$n_{k1} = \frac{f_{\text{пакета1}}}{f_{\text{каналу}}}, \quad (3.23)$$

$$n_{k1} = \frac{2,01 \cdot 10^{-3}}{0,29 \cdot 10^{-3}} = 6,9(\text{шт.}), \text{ приймаємо } n_{k1} = 7 \text{ шт.};$$

- для “холодного” теплоносія

$$n_{k2} = \frac{f_{\text{пакета2}}}{f_{\text{каналу}}}, \quad (3.24)$$

$$n_{k2} = \frac{2,03 \cdot 10^{-3}}{0,29 \cdot 10^{-3}} = 7(\text{шт.}), \text{ приймаємо } n_{k2} = 7 \text{ шт.};$$

Кількість пластин в теплообміннику

$$n = n_1 \cdot n_{k1} + n_2 \cdot n_{k2}, \quad (3.25)$$

$$n = 1 \cdot 7 + 1 \cdot 7 = 14(\text{шт.}).$$

Площа теплообміну пластин

$$F_{\text{пакета}} = n \cdot f_1, \quad (3.25)$$

$$F_{\text{пакета}} = 14 \cdot 0,02 = 0,28 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Запас поверхні нагріву

$$\varepsilon = \frac{F_{\text{пакету}} - F}{F_{\text{пакету}}} 100\%, \quad (3.26)$$

$$\varepsilon = \frac{0,28 - 0,218}{0,28} 100\% = 22(\%).$$

3.3 Гідравлічний розрахунок

Коефіцієнти загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу

$$\xi_1 = \frac{5,8}{Re_1^{0,25}}, \quad (3.27)$$

$$\xi_1 = \frac{5,8}{2610^{0,25}} = 0,81.$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{Re_2^{0,25}}, \quad (3.28)$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{1260^{0,25}} = 0,973.$$

Гідравлічний опір пакетів пластин

$$\Delta P_1 = \frac{\xi_1 \cdot L_{np} \cdot \rho_1 \cdot w_1^2 \cdot n_1}{d_e \cdot 2}, \quad (3.28)$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,81 \cdot 0,25 \cdot 972 \cdot 0,23^2 \cdot 1}{0,0042 \cdot 2} = 1239(\text{Па}) \text{ або } 1,239(\text{кПа}).$$

$$\Delta P_2 = \frac{\xi_2 \cdot L_{np} \cdot \rho_2 \cdot w_2^2 \cdot n_2}{d_e \cdot 2}, \quad (3.29)$$

$$\Delta P_2 = \frac{0,973 \cdot 0,25 \cdot 998 \cdot 0,3^2 \cdot 1}{0,0042 \cdot 2} = 2601(\text{Па}) \text{ або } 2,6(\text{кПа}).$$

4 МОНТАЖ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЛА ПОТУЖНІСТЮ 1,5 MW

4.1 Загальна характеристика об'єкту монтажу

Модернізація котельні передбачає встановлення твердопаливного водогрійного котла K3OT BRS 1500, який розрахований на спалювання тріски деревини. На відміну від природного газу, під час спалювання деревини у відхідних газах котла має вміст зола, що викликає необхідність очищення димових газів перед розсіюванням у атмосферу.

Очищення відхідних газів від золи відбуватиметься у циклоні ЦН-24 -800. Даний промисловий пиловловлювач виконує очищення газів від золи за рахунок виникнення відцентрових сил у запиленому потоці, що обертається у корпусі апарату. Обертання досягається шляхом тангенційного введення потоку газу в циклон. Частинки золи відділяються від газів, прилягають до спинок циклона та спускаються до низу, а далі – в бункер. Очищений газ виходить через вихідний патрубок у верхній частині апарату, а зола збирається у бункер БП-3 ємністю 0,7 м³ [20].

Переміщення відхідних газів від водогрійного котла крізь циклон до димової труби здійснюється за допомогою димососу Д-3,5М (виконання 1), що має характеристики: тиск 1000 Па, продуктивність 7200 м³/год, , габаритні розміри 654×567×724 мм. Робоче колесо димососа насаджено безпосередньо на вал електродвигуна АІР100L4 (потужність 4,0 кВт, напруга мережі 380 В [21]), робоча температура (-30)...200 °С. маса 110 кг.

Газоходи для транспортування димових газів виконані із оцинкованої сталі товщиною 1,2 мм.

Димова труба ТОВ «Версія-Люкс» є модульною, тобто складається з певної кількості сегментів. Ця перевага дозволяє проектувати газоходи будь-якої складності, що дуже важливо при реконструкції вже існуючих об'єктів, на яких є необхідність враховувати прив'язки до конструктиву будівлі .

При роботі сучасних теплогенераторів в димоходах зазвичай утворюється агресивний конденсат, який необхідно відводити з димової труби. Внутрішня труба термоізованих газоходів виготовлена з аустенітної кислотостійкої нержавіючої сталі, не піддається впливу конденсату. Зовнішній кожух виготовлений оцинкованої сталі. Теплова ізоляція між внутрішньою і зовнішньою оболонками запобігає обмерзанню димової труби і підтримує відповідну тягу незалежно від температурних умов навколишнього середовища.

Димова труба кріпиться до несучої металоконструкції у вигляді решітчастої щогли. Труба складається із царг довжиною 1 м. Царги з'єднуються між собою за допомогою обжимних хомутів. Для запобігання намоканню теплової ізоляції двостінна димова труба завершується конусом [22].

Роботи з влаштування фундаментів під обладнання, опорну щоглу димової труби та теплову ізоляцію циклона до обсягу робіт у даної роботи не включені.

4.2 Розрахунок та підбір обладнання системи очищення відхідних газів котла

Робочим паливом для котла КЗОТ BRS 1500 прийнято тріску деревини з теплотою згорання $Q_n^p = 12$ МДж/кг.

Витрата робочого палива на котел Альтеп ВІО потужністю 1500 кВт

$$B_p = \frac{Q_{\pi}}{Q_n^p \cdot \eta_{\pi}}, \quad (4.1)$$

$$B_p = \frac{1,5}{13,5 \cdot 0,85} = 0,13 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата димових газів з котла КЗОТ BRS 1500

$$V_{\text{д.г.}} = B_p \cdot V_{\Gamma} \cdot [(t_{\text{вг}} + 273) / 273], \quad (4.2)$$

$$V_{\text{д.г.}} = 0,13 \cdot 7,697 [(180 + 273) / 273] = 1,66 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Розрахункова подача димососа на котел КЗОТ BRS 1500

$$V_d = 1,1 \cdot V_{д.г.} \cdot 3600, \quad (4.3)$$

$$V_d = 1,1 \cdot 1,66 \cdot 3600 = 6575 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Для відведення димових газів з котла КЗОТ BRS 1500 необхідно встановити димосос Д-3,5М, що має характеристики: продуктивність в робочій зоні 7200 м³/год, тиск 1000 Па, потужність електродвигуна (AIP100L4) 4 кВт [21].

З метою очищення відхідних газів обираємо до встановлення два циклон ЦН-24-800. Циклон має такі характеристики: максимальна продуктивність 8100 м³/год, аеродинамічний опір 700 Па [23].

Площа газоходу для проходження димових газів

$$f = (V_{д.г.} / \omega), \quad (4.4)$$

де ω – швидкість відхідних газів в газоході, приймаємо $\omega = 6$ м/с;

$$f = 1,852 / 6 = 0,309 \text{ (м)}.$$

Приймаємо уніфікований розмір газоходу 900×400 мм.

Відведення димових газів та розсіювання їх у верхніх шарах атмосфери здійснюємо за допомогою двостінної димової труби Versia-Lux Ø660/600 мм та висотою 20 м [22].

Об'єми робіт визначаються згідно [24-26].

4.3 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Розрахунок та комплектування основних матеріалів наведено у табл.4.1, а допоміжних матеріалів та виробів – у табл. 4.2.

Таблиця 4.1 Комплектувальна відомість основних матеріалів і виробів

№ п/п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
1	Циклон ЦН-24 -800	шт.	1	336	336
2	Бункер пірамідальний БП-3, V=0,7 м ³	шт.	1	111	111
3	Опора для бункера і циклона	шт.	1	61,8	61,8
2	Димосос Д-3,5М з ел. дв. АІР100L4	шт.	1	110	110
3	Шибєр D = 600 мм Versia-Lux	шт.	1	16,72	16,72
4	Труба димохідна утеплена з нержавійки Ø 600/660 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1000 мм Versia-Lux	шт.	19	33,04	627,76
5	Хомут обжимний Ø 660 Versia-Lux	шт.	20	1,08	21,6
6	Трійник 45° утеплений з нержавійки Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1173 мм Versia-Lux	шт.	1	52,43	52,43
7	Коліно 45° утеплене з нержавійки Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1173 мм Versia-Lux	шт.	1	14,68	14,68
8	Конус Ø 600/660 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 220 мм Versia-Lux	шт.	1	7,81	7,81
9	Розвантажувальна платформа з кронштейном Versia-Lux	шт.	19	4,9	93,1
10	Підставка напольна Versia-Lux	шт.	1	3,8	3,8
11	Щогла для димохода Н = 20 м	шт.	1	397	397
12	Перехід 900×400 / Ø600 мм, L = 300 мм, δ = 1,2 мм (1,28 м ²)	шт.	2	11,98	23,96
13	Перехід 245×245 / 900×400 мм, L = 300 мм, δ = 1,2 мм (1,26 м ²)	шт.	1	11,81	11,81
14	Перехід 888×208 / 900×400 мм, L = 300 мм, δ = 1,2 мм (0,85 м ²)	шт.	1	9	9
15	Перехід Ø305 / Ø710 мм, L = 300 мм, δ = 1,2 мм (0,96 м ²)	шт.	1	13,33	13,33
16	Перехід Ø480 / Ø710 мм, L = 300 мм, δ = 1,2 мм (0,75 м ²)	шт.	1	12,1	12,1
17	Відвід 90° Ø710 мм, δ = 1,2 мм (f=2,84 м ²)	шт.	3	33,23	99,69
18	Відвід 90°, 900×400 мм, δ = 1,2 мм (f=2,45 м ²)	шт.	2	23,02	46,04

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
19	Відвід 90°, 400×900 мм, $\delta = 1,2$ мм ($f=1,6$ м ²)	шт.	1	15,16	15,16
20	Газохід $\varnothing 710$ мм, $\delta = 1,2$ мм (2,23 м ²)	м	5	20,87	104,35
21	Газохід 900×400 мм, $\delta = 1,2$ мм (2,6 м ²)	м	4,1	27,67	113,447

Таблиця 4.2 Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів і виробів

№ п/п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірю- вання	Кіль- кість	Маса	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Допоміжні матеріали					
для монтажу димососа [24]					
1	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	1	0,03	30
2	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50А	т	1	0,00011	0,11
3	Масло турбінне	т	1	0,01	10
Для монтажу бункера БП-3 V=0,7 м ³ [25]					
4	Болти із шестигранною головкою оцинковані, діаметр різьби 12-[14] мм	т	0,111	0,00044	0,05
5	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6х50 мм	т	0,111	0,00001	0,001
6	Канати прядив'яні просочені	т	0,111	0,0001	0,011
7	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	т	0,111	0,00003	0,003
8	Швелери N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглецевої звичайної якості, марка Ст0	т	0,111	0,00194	0,21
9	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,111	0,0004	0,044
10	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э46	т	0,111	0,011	1,22
11	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, I сорт	м ³	0,111* 0,00103	520	0,06
12	Грунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	0,111	0,00031	0,034
13	Розчинник, марка Р-4	т	0,111	0,00006	0,007
14	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм ² , діаметр 5,5 мм	10 м	0,111* 0,0187	1,2	0,002
Для виготовлення та монтажу опорної конструкції під бункер [25]					
15	Болти із шестигранною головкою оцинковані, діаметр різьби 12-[14] мм	т	0,062	0,00044	0,027
16	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6х50 мм	т	0,062	0,00001	0,001
17	Канати прядив'яні просочені	т	0,062	0,0001	0,006
18	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	т	0,062	0,00003	0,002
19	Швелери N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглецевої звичайної якості, марка Ст0	т	0,062	0,00194	0,12

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
20	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,062	0,0004	0,025
21	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э46	т	0,062	0,014	1,868
22	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, І сорт	м ³	0,062* 0,00103	520	0,033
23	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	0,062	0,00031	0,019
24	Розчинник, марка Р-4	т	0,062	0,00006	0,004
25	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм ² , діаметр 5,5 мм	10 м	0,062* 0,0187	1,2	0,001
26	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,062	0,005	0,31
27	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42		0,062	0,0215	1,333
28	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм		0,062* 0,3	0,55	0,55
Для монтажу опорної конструкції та димової труби [25]					
29	Болти із шестигранною головкою, діаметр різьби 10 мм	т	1,22	0,00253	3,087
30	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,8х60 мм	т	1,22	0,00001	0,012
31	Канати прядив'яні просочені	т	1,22	0,0001	0,122
32	Розчинник для лакофарбових матеріалів N 649	т	1,22	0,00006	0,073
33	Електроди, діаметр 8 мм, марка Э46	т	1,22	0,0207	25,254
34	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 2-3,75 м, ширина 75-150 мм, товщина 16 мм, ІІ сорт	м ³	1,22* 0,001	520	0,634
35	Шпали просочені для залізниць широкої колії, обрізні та необрізні хвойні [крім модрина], тип ІІ	шт	1,22* 0,08	80	7,808
36	Окремі конструктивні елементи будівель та споруд [колонни, балки, ферми, зв'язки, ригелі, стояки тощо] з перевагою товстостішової сталі, середня маса складальної одиниці до 0,5 т	т	1,22	0,0105	12,81
37	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	1,22	0,00031	0,378
Для монтажу циклона [26]					
38	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,1	0,5	0,05
39	Каболка	т	0,1	0,00001	0,001
40	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	0,1	0,00002	0,002
41	Оліфа комбінована К-3	т	0,1	0,00001	0,001
42	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42	т	0,1	0,0098	0,98
43	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,1	0,0038	0,38
для монтажу газоходів 900х400 мм, Ø710 мм і фасонних частин [26] 100 м ²					

Продовження табл 4.2

1	2	3	4	5	6
44	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	0,4321	0,003	1,296
45	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,4321	2,81	1,214
46	Емульсія мильна	т	0,4321	0,0025	1,08
47	Електроди, марка Э42, діаметр 2 мм	т	0,4321	0,0008	0,346
48	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,4321	0,0167	7,216
Для монтажу шибера Ø600 мм [26]					
49	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	т	1	0,00024	0,24
50	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	1	0,71	0,71
51	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,0005	0,5

Маса основного обладнання і матеріалів – 2302,6 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 110,25 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 2302,6 + 110,25 + 2316,95 = 4729,8 \text{ (кг)}.$$

4.4 Вибір обладнання для виконання монтажних робіт

Методи виконання робіт з монтажу системи очищення відхідних газів котла та послідовність робіт під час монтажу визначені [27-28].

Обладнання для очищення димових газів та допоміжні матеріали завозяться централізовано вантажним автомобілем Dongfeng DFA 1060 за два рази. Технічні характеристики автомашини наведені в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомашини Dongfeng DFA 1060 [29]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Монтажна довжина платформи	м	4300
Колісна база	мм	3308
Допустима повна маса	кг	5100
Габарити:		
Довжина	мм	5995
Ширина		1980
Висота		2300
Витрата пального	л/100 км	10
Споряджена маса	кг	2570

Виконання зварювальних робіт виконується за допомогою зварювального інверторного апарату Jasic ARC-400 (Z312) з технічними характеристиками [30]:

- номінальна споживана потужність, кВт – 15;
- максимальний зварювальний струм, А – 400
- напруга мережі живлення, В – $380 \pm 15\%$;
- діаметр електродів, мм – 2 – 8,0;
- напруга холостого ходу, В – 65/9;
- коефіцієнт корисної дії, % - 87;
- маса – 24 кг.

Для шліфувальних робіт під час монтажу трубопроводів застосовується кутова шліфмашина INTERTOOL WT-0227 [31], з наступними технічними характеристиками:

- діаметр диска 180 мм;
- споживана потужність 1800 Вт;
- швидкість обертання 8000 об/хв;
- номінальна напруга 220 В;
- маса 5,2 кг.

Таблиця 4.4 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників [32]

Найменування	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній		
M17x19 мм	6	0,9
M19x22 мм	6	1,2
Плоскогубці комбіновані	6	1,6
Викрутки	6	0,31
Молоток слюсарний	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	6	2,1
Молоток гумовий	6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	6	0,12
Рівень металевий	2	0,22
Ящик переносний для інструменту	12	3,2
		$\Sigma=11,75$

Для підйому обладнання теплогенеруючого комплексу використовуємо автокран Palfinger Sany STC 250T5-5. Його характеристики вказані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики автокрана Palfinger Sany STC 250T5-5 [33]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	25
Максимальна висота підйому	м	42,5
Максимальний виліт стріли	м	32
Вантажопідйомність при максимальному вильоті стріли	т	6,5
Маса противаги	т	6,2
Габаритні розміри у транспортному положенні		
довжина	мм	13700
ширина	мм	2750
висота	мм	3750

Випробування газоходів виконуємо за допомогою компресора пересувного поршневого FINI BK 114-270F-5.5 з регулюванням тиску, що має такі технічні характеристики [34]:

- об'єм ресивера, л – 270;
- продуктивність, м³/хв - 0,58 ;
- потужність двигуна, кВт – 4,0;
- тиск нагнітання, бар – 10;
- габарити, мм – 1650×505×1150;
- напруга мережі, В – 380;
- маса 116 кг.

Монтаж газоходів виконуємо за допомогою ножичного підіймача СОМРАСТ 10N, що має такі характеристиками [35]:

- довжина платформи підйому, м – 2,4;
- ширина платформи, м – 0,81;
- робоча висота, м – 9,8;
- швидкість підйому/опускання платформи, с – 36/42;
- вантажопідйомність, кг – 250;
- вага – 2160 кг.

Загальна маса допоміжного обладнання складає 2316,95 кг.

Для того щоб виключити можливість виникнення нещасних випадків на заготівельних роботах та під час монтажних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки та пожежної безпеки [36-37].

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розглянуто питання охорони праці, що стосуються убезпечення працівників під час модернізації водогрійної котельні в місті Хмельницький. Аварії на будівельних майданчиках, а також невиконання правил по безпечній експлуатації будівельної техніки призводять до серйозної загрози життю та здоров'ю людей через небезпеку падінь з висоти, поранень, опіку, уражень електричним струмом тощо. Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює розбирання будівель і споруд та їх реконструкцію чи знесення, впливають фізичні, хімічні та трудового процесу небезпечні та шкідливі виробничі фактори [38, 39].

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); іонізація повітря.

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: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового будівельного обладнання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [40-42]

умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Перед розбиранням, реконструкцією та капітальним ремонтом необхідно обстежити загальний стан будівлі (споруди), а також фундаменту, стін, колон, склепінь та інших конструкцій, а для надбудов також стан основ. За результатами обстежень складається акт, на підставі якого розробляється проект організації будівництва (ПОБ) і проект виконання робіт (ПВР). Усі необхідні узгодження з проведення підготовчих заходів повинні бути виконані на стадії розроблення ПОБ. Для розроблення ПОБ і ПВР замовник повинен додатково надати проектній організації такі вихідні дані: склад відокремлених технологічних діляниць підприємства, можлива послідовність і тривалість їх зупинки на реконструкцію; послідовність розбирання і перекладання інженерних мереж, місця підключення тимчасових мереж, перелік виробничих і санітарно-побутових приміщень, що надаються будівельним організаціям на період виконання робіт з розбирання, реконструкції, відомості про зони з високими температурами, загазованістю, вибухо- і пожежонебезпечними речовинами, з обмеженими умовами робіт; обмеження на виконання спеціальних видів робіт (забивання паль, газозварювальних, безтраншейного прокладання труб тощо); місця розташування споруд, пошкодження яких під час виконання будівельно-монтажних робіт може призвести до важких наслідків та людських жертв (склади паливно-мастильних матеріалів, газопроводи, електромережі тощо).

У проектно-технологічній документації необхідно зазначити такі заходи: вибір методу розбирання, демонтажу та монтажу, надбудови будівлі (споруди); визначення послідовності та безпеки виконання робіт; визначення небезпечних зон, застосування захисних огорож; тимчасове чи постійне закріплення або підсилення конструкцій будівлі, що розбирається, з метою запобігання випадковому обваленню конструкцій або частини будівлі; пилоосідання; безпека праці під час виконання робіт на висоті; визначення схеми стропування під час демонтажу конструкцій і технологічного обладнання.

Крім того, повинні бути зазначені вимоги безпеки праці, що забезпечуються під час: виконання робіт без зупинки основного виробництва або з частковою зупинкою; виконання робіт під час демонтажу або реконструкції внутрішніх інженерних мереж; виконання транспортних робіт в умовах обмеженого виробничого простору; складування та утилізації матеріалів і конструкцій, одержаних під час розбирання або реконструкції споруд.

Відповідальність за підготовку та виконання заходів, що забезпечують безпеку праці всіх працюючих на об'єкті відповідно до вимог НПАОП 45.2-2.01, несуть керівники будівельно-монтажних організацій.

До початку проведення робіт з розбирання будівель необхідно виконати підготовчі заходи, пов'язані з відселенням мешканців житлових будинків, переміщенням розміщених там організацій, відключенням інженерного обладнання від мереж водо-, тепло-, газо- і електропостачання, каналізації, технологічних продуктопроводів. Під час розбирання будівель, виконання робіт в межах міської забудови, що склалася, доступ у зону виконання робіт сторонніх осіб, які не беруть участі у виконанні цих робіт, заборонено. Дільниці, де виконуються роботи, необхідно огородити згідно з ГОСТ 23407.

Розбирання будівель, демонтаж, підсилення або вилучення конструкцій, а також в особливо відповідальних випадках (під час піднімання конструкцій із застосуванням складного такелажу, методом повороту, під час насування конструкцій, піднімання їх більше ніж одним механізмом тощо) проводяться під безпосереднім керівництвом виконавця робіт або майстра і в денний час.

Перед початком демонтажних робіт оформлюють наряд-допуск на їх виконання із зазначенням заходів, що забезпечують безпечні і нешкідливі умови праці монтажників. Члени бригади повинні пройти цільовий інструктаж із безпечних методів виконання робіт, маршруту руху по цеху на робоче місце, в санітарно-побутові приміщення, ознайомитися з технологічною картою та з заходами, передбаченими в ПВР, про що вони ставлять підпис у журналі реєстрації інструктажів з охорони праці. З машиністами мостових кранів необхідно проводити інструктаж про порядок демонтажу конструкцій.

Прохід людей у приміщення під час розбирання або демонтажу та монтажу елементів будівель і споруд повинен бути закритим. З боку вулиць, проходів і

проїздів на огорожі через кожні 5–10 м вивішують попереджувальні написи «Небезпечна зона» та необхідні дорожні знаки. Якщо немає можливості дотримуватися необхідних відстаней для встановлення огорож небезпечних зон (у разі неглибокого залягання підземних комунікацій, близького розташування проїздів, сусідніх будівель, ліній електропередачі тощо), допускається зменшення меж небезпечних зон з одночасним збільшенням висоти огорож або розмірів захисного козирка для захисту людей, унеможливлення травмування падінням матеріалів і конструкцій з висоти. Конструкцію суцільних захисних споруд необхідно зазначити у ПВР.

Під час розбирання, повалення стін будівель механізованим способом необхідно визначити небезпечні зони, а машини (механізми) розмістити ззовні зони можливого обвалення конструкцій. Кабіна машиніста (кранівника) повинна бути захищена від можливого потрапляння уламків, які відкололись, а робітники повинні бути забезпечені захисними касками, окулярами, бронесклом та/або сіткою.

Під час розбирання будівель, а також прибирання відходів, сміття необхідно вжити заходів для зменшення пилоутворення. Робітники, що працюють в умовах запиленості, повинні бути забезпечені засобами захисту органів дихання від пилу та мікроорганізмів (цвілі, грибків, спор), які можуть бути у повітрі робочої зони. Перед допуском працівників на робочі місця з можливою появою газу або шкідливих речовин робочі місця необхідно провентилувати, робітників забезпечити засобами індивідуального захисту (протигазами). У разі несподіваної появи газу, інших шкідливих речовин роботи необхідно припинити, працівників вивести з небезпечної зони.

Під час розбирання будівель проходи до робочих місць повинні бути завширшки не менше ніж 0,8 м. Під час розбирання покрівлі та зовнішніх стін робітники повинні застосовувати запобіжні пояси, місця закріплень яких зазначаються у ПВР. Розбирання будівель (демонтаж конструкцій) необхідно здійснювати послідовно зверху вниз. Забороняється розбирання будівель одночасно в декількох ярусах по одній вертикалі. Видалення нестійких конструкцій під час розбирання будівель і споруд необхідно виконувати у присутності керівника робіт.

Пошкоджені будівлі та споруди розбирають за принципом полегшення несучих конструкцій. Видалення однієї частини будівлі або конструктивного елемента не повинно призводити до обвалення інших частин будівлі або елементів. Будь-який сумнів стосовно стійкості конструкції є сигналом до припинення робіт та отримання вказівок від керівника про їх продовження. Конструкції, що знаходяться під загрозою обвалення, необхідно укріпити або видалити до початку розбирання об'єкта.

Виконання робіт під час туману і дощу, що значно погіршує видимість у межах фронту робіт, ожеледі, грози, вітру зі швидкістю 15 м/с і більше не допускається. До розбирання будівель, пов'язаного з верхолазними роботами, допускаються особи, що пройшли медичний огляд, навчені правилам безпеки праці та мають відповідне посвідчення. Перед початком кожної зміни працівники повинні проходити інструктаж про порядок виконання роботи і заходи з безпеки праці.

Послідовне розбирання стін (зверху вниз по цеглині) допускається за незначного обсягу робіт. Для цього необхідно використовувати ручний інструмент: ломи, клини з кувалдою, кирки, відбійні молотки тощо. Під час організації роботи на висоті робітники повинні бути забезпечені запобіжними поясами, місця закріплення яких зазначаються у ПВР.

Під час розбирання вертикальних залізобетонних елементів необхідно заздалегідь розрізати основну арматуру біля точки перекидання в зоні, протилежній напрямку обвалення. Матеріали, отримані внаслідок розбирання будівель, а також будівельне сміття необхідно опускати по закритих жолобах або у закритих ящиках чи контейнерах за допомогою вантажопідіймальних кранів. Відходи бетонів, цегли, утеплювачів, полімерних матеріалів, асфальту тощо необхідно розділяти по видах, утилізувати після дроблення і фракціонування. Під час складування і перероблення відходів необхідно додержувати вимог безпеки.

5.1.2 Електробезпека

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення. При роботі з електроустаткуванням використовуються основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [43]. Мікроклімат

цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відотною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відотної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в табл. 5.1. Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	Пб	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		15-29	70 при 25 °С	0,2-0,5

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [44].

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [44] наведено в табл. 5.2.

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [45]: застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення; необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

5.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [46] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Нормовані значення освітленості наведені в табл. 5. 3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер 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 $E_{сум}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній	світлий	-	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 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу системи опалення на будівництві джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності. Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи: нормування за гранично допустимим спектром шуму; нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра. За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [47] і наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [48] і наведені в табл. 5.5.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних 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	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [49, 50]. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [51], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [52].

Отже, приміщення будівель, що підлягають реконструкції, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В; з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівлі, що підлягають реконструкції, характеризується III та IIIа ступенями вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку; а до IIIа ступеня вогнестійкості відносяться будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості).

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [53] 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, костоури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхові (у т.ч. горішні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0, E 30, M1	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормується	
IIIa	REI 60 M0	REI 30 M0	E 15 M1	E1 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції: втрати несучої спроможності (R); втрати цілісності (E); втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [53] наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	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 житловими 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) [53].

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
III	8/9	8/12	10/15
IIIa	10/12	10/15	15/18

Будинки адміністративного та побутового призначення та громадські будинки, в тому числі підприємства торгівлі, на кожному поверсі повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше, зокрема ВП-5 (ВВП-5), а в разі площі поверху більше 100 м² кількість вогнегасників приймаються з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги [53].

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі виконано розрахунок теплової схеми котельні по вул. Горбанчука, 2, м. Хмельницький. В котельні встановлено 3 водогрійних котли потужністю 4 МВт марки Noviter. Дані котли забезпечують запас 18% від розрахункової потужності.

Виконані розрахунки теплової схеми котельні для опалювального, середньо-опалювального та міжопалювального періодів, визначена витрата природного газу для зазначених періодів, яка становить 0,35 м³/с, 0,18 м³/с, 0,051 м³/с відповідно. Розраховані техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі. Визначено, що орієнтовні експлуатаційні витрати становлять 72,58 млн.грн/рік, а собівартість виробництва теплової енергії – 673,5 грн/ГДж.

Розглянуті варіанти роботи водогрійної котельні на трісці з деревини та на паливних гранулах,. За результатами розрахунків встановлено, що собівартість виробництва теплоти в разі роботи водогрійних котлів на трісці з деревини та паливних гранулах 441,51 грн/ГДж і 654,29 (грн/ГДж) відповідно. Отже, як джерело енергії для забезпечення потреб споживачів гарячого водопостачання та опалення цивільних будівель вибрано водогрійну котельню, яка працюватиме на трісці з деревини. До встановлення прийнято 2 котли КЗОТ BRS 2000 та 1 котел КЗОТ BRS 1500. Визначено висоту димової труби для твердопаливних котлів, яка становить 16,2 м. Розрахунковий діаметр димової труби 1000 мм.

Виконано тепловий конструктивний розрахунок водо-водяного пластинчастого підігрівника сирієї води потужністю 40 кВт, причому «холодний» теплоносіє нагрівається від 10°C до 25,9°C, а «гарячий» теплоносіє охолоджується від 90°C до 68,8°C. Для встановлення вибрано пластини розміри пластини розмірами: висота 250 мм, ширина 145 мм, кількість пластин 14 шт, загальна площа поверхні теплообмінника 0,218 м². Втрати тиску зі сторони «гарячого» теплоносія 1,239 кПа, а зі сторони «холодного» – 2,601 кПа.

Розроблено технологію монтажу системи очищення відхідних газів котла тепловою потужністю 1,5 МВт, що працює на трісці деревини та монтажну схему, що містить циклон, димосос, димову трубу та газоходи.

Підібрано обладнання системи очищення відхідних газів котла, складено відомість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для її монтажу, розроблено аксонометричну монтажну схему. При цьому загальна маса основного обладнання і матеріалів склала 79234 кг, а допоміжного – 1583,72 кг.

Визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах. Так для транспортування матеріалів використовується автомашина VOLVO FH 16.500 4×2, для зварювання використовується зварювальний напівавтомат APRO MMA-280 LV, для шліфувальних робіт під час монтажу трубопроводів застосовується кутова шліфмашина GTM AG180/1800M, для підйому обладнання – автокран КС-55729В та електричну лебідку JM 3 т. Загальна маса обладнання для монтажу системи – 1070,45 кг.

Проаналізовано умови праці, розглянуто заходи щодо покращення умов праці та технічні рішення з пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сотнік І. М. Енергоефективність та відновлювальна енергетика в Україні: проблеми управління: монографія. Університетська книга, 2023. 247 с.
2. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч./ С.О.Кудря. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.
3. Аналіз перспектив розвитку виробництва та використання біогазу в Україні. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84122738.pdf>. (дата звернення: 18.04.2024).
4. Постанова Кабінету міністрів України « Про затвердження державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2016 роки». URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF> (дата звернення: 15.05.2024).
5. Кінаш Р. І., Жуковський С.С. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.
6. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Теплові розрахунки промислових парогенераторів. Вінниця: ВДТУ, 1999. 352 с.
7. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
8. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів : навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
9. Ціна на електроенергію в опалювальний період на 2022-2023 роки. URL: <https://ukravtonomgaz.ua/blog/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-biznesu-5-7-grnkvt-god-v-opalyvalniy-period-2022-2023-rokiv> (дата звернення: 16.05.2024).
10. Тарифи на газ для підприємств. <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/2023-09-01/> (дата звернення: 16.05.2024).
11. Тарифи на водопостачання та водовідведення. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/> (дата звернення: 16.05.2024).
12. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в теплоенергетиці : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2020.

93 с.

13. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/За ред. Г.Гелетухи. Київ : Поліграф плюс, 2015. 72 с.

14. Войцицький А. П., Дубровський В.П., Боголюбов В.М. Техноекологія : підручник/за ред.В.М. Боголюбова. Київ: Аграрна освіта, 2009. 533 с.

15. Тріска опалювальна 1 м куб. Ціна на пелети та тріску. URL: <https://gi-pellets.com.ua/produkcija/shepa-otopitelynaya> (дата звернення: 18.05.2024).

16. Ціни на паливні гранули. URL: https://www.biowood.com.ua/ru/product-category/pellety-toplivnye/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwrcKxBhBMEiwAIVF8rDJ-4WvO-hqllngT8sM3mAOp24Ku5RbMkKHPJorPVwwYCMVkfWyBoCTloQAvD_Bw_E (дата звернення: 18.05.2024).

17. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «районна опалювальна котельня»/Під ред. І.О.Редько. Харків: Український державний університет залізничного транспорту, 2022. 56 с.

18. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

19. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2009. 135 с.

20. БП-3 0,7 м³ пірамідальний бункер. URL: <https://systemax.ua/ua/ciklony/bunkeri-dlja-ciklonov/bp/bp-3-0-7.html> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

21. Димосос Д-3,5М. URL: <https://systemax.ua/ua/ventilyatory/dimososi/d-m/d-3-5m.html> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

22. Димові труби для промисловості. URL: <https://versia-lux.com/ua/products/dymovye-truby-dlja-promyshlennosti> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

23. ЦН-24-800 (ЦН 24 800) циклон для очистки димових газів. URL:

<https://systemax.ua/ua/ciklony/cikloni-dlja-ochistki-dimovih-gazov/cn-24/cn-24-800.html> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

24. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 57 с. URL : <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/c464e588-eedb-417b-8d9f-83a4e5d3df86.pdf> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

25. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Металеві конструкції (Збірник 9). URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-metalevi-konstrukcziyi.-zbirnyk-9.pdf> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

26. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 20. Вентиляція та кондиціонування повітря. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 150 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/d55e5c6b-59be-464f-a9f6-0c2555f5ad79.pdf> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

27. Технології заготівельних і монтажних робіт систем обігрівання та вентиляції [Текст] : навчальний посібник / В. М. Желих, О. Т. Возняк, О. М. Довбуш [та ін.] ; НУ «Львівська політехніка». Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2019. 276 с.

28. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

29. Бортовий автомобіль Dongfeng DFA 1060. URL: <https://dongfeng-trucks.com.ua/uk/bortovi-avtomobili/bortovyj-avtomobil-dongfeng-dfa-1060> (дата звернення: 28.05.2024 р.).

30. Зварювальний інвертор ARC-400 (Z312). URL: <https://www.i-e.com.ua/ua/jasic-arc-400-z312.html>. (дата звернення: 28.05.2024 р.).

31. Шліфмашина кутова 1800 Вт, діаметр круга 180 мм, 8000 об/хв,

- плавний пуск INTERTOOL WT-0227. URL: <https://intertool.ua/catalog/elektroinstrument-i-oborudovanie/shlifmashini-uglovie/intertool-wt-0227.html>. (дата звернення: 28.05.2024 р.).
32. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 28.05.2024 р.).
33. Автокран Palfinger Sany STC 250T5-5. URL: <https://modus.kiev.ua/catalog/avtokran-palfinger-sany-stc-250t5-5-144/> (дата звернення: 28.05.2024 р.).
34. Компресор FINI BK 114-270F-5.5. URL: <https://tech-market.com.ua/ua/p21126818-kompressor-fini-114.html> (дата звернення: 28.05.2024 р.).
35. Ножичний підіймач COMPACT 10N. URL: <https://technopodjem.com.ua/produkcija/podemniki/nozhnichnye-podemniki/jelektricheskij-nozhnichnij-podemnik-compact-10n> (дата звернення: 28.05.2024 р.).
36. Ратушняк Г. С., Попова Г.С. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092108 - «Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції» Вінниця: ВДТУ, 2003. 122 с.
37. Гусєв А.М. Охорона праці: навч. посіб. Київ: Видавництво Європейського університету, 2006. 283 с.
38. 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.
39. 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->.
40. 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.

41. 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.

42. 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>.

43. 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>.

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

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

46. 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-nor4878.html>.

47. 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>.

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

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

50. 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.

51. 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.

52. 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.

53. 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>.

Додаток А
(обов'язковий)

66

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація водогрійної котельні в місті Хмельницький

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 75,5

Схожість 24,5

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)

Лейміч Д.К.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Резидент Н.В.

(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)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц.

_____ Степанов Д. В.
(підпис)

“ _____ ” _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу на
тему:

«Модернізація водогрійної котельні в
місті Хмельницький»

08-15.БДР.003.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к. т. н. доц.. Резидент Н. В.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-206

Лейміч Д.К.

1 Найменування і область використання продукції

Розробка стосується промислової теплоенергетики і модернізації водогрійної котельні в місті Хмельницький, яка дозволить зменшити собівартість виробництва теплової енергії і зменшити шкідливий вплив котельні на довкілля.

2 Основа для виконання робіт

Основою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БДР № 80 від «11» березня 2024 року.

3 Мета та призначення розробки

Заміщення природного газу відновлюваними видами палива, зменшення собівартості виробництва теплової енергії, зменшення шкідливого впливу на довкілля шляхом встановлення котлів, які спалюють біомасу та системи очищення відхідних газів котлів.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, дані літературних та інтернет джерел, інші технічні матеріали щодо застосування альтернативних джерел енергії.

1. ДБН Котельні ДБН В.2.5.-77: 2014 [Чинний від 01-01-2015 р. №252]. – Київ: Мінрегіон України, 2014. 61 с.

2. Ткаченко С. Й., Чепурний М.М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання : навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.

3. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

5 Технічні вимоги

5.1 Забезпечення споживачів теплотою з визначеними показниками: потужністю, витратою, температурою.

5.2 Теплова потужність системи опалення.....7,85 МВт

5.3 Теплова потужність гарячого водопостачання.....1,5 МВт

5.4 Температурний графік.....90/70 °С

5.5 Температура води для потреб ГВП.....55 °С

5.6 Паливо:

- природний газ;
- тріска з деревини, паливні гранули.

6. Створення об'єкту повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Здійснити економічне обґрунтування доцільності переведення водогрійної котельні на альтернативні природному газу види палива, визначивши річні витрати палива, зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

7 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

8 Вимоги з надійності

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

9 Стадії та етапи розробки

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика об'єкта	15.03.24...19.03.24	
2	Розрахунки показників роботи водогрійної котельні до та після модернізації	19.03.24...05.03.24	
3	Розрахунок водо-водяного пластинчастого	06.04.24...18.04.24	
4	підігрівника сирої води	19.04.24...01.05.24	
5	Охорона праці	02.05.24...18.05.24	
6	Оформлення БДР	19.05.24...30.05.24	
7	Попередній захист БДР	31.05.24...10.06.24	
8	Захист БДР	11.06.24...21.06.24	

Дата видачі завдання «__»_____ 2024 р.

Крайні терміни виконання «__»_____ 2024 р.

8 Порядок контролю та 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.

9 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника БДР.

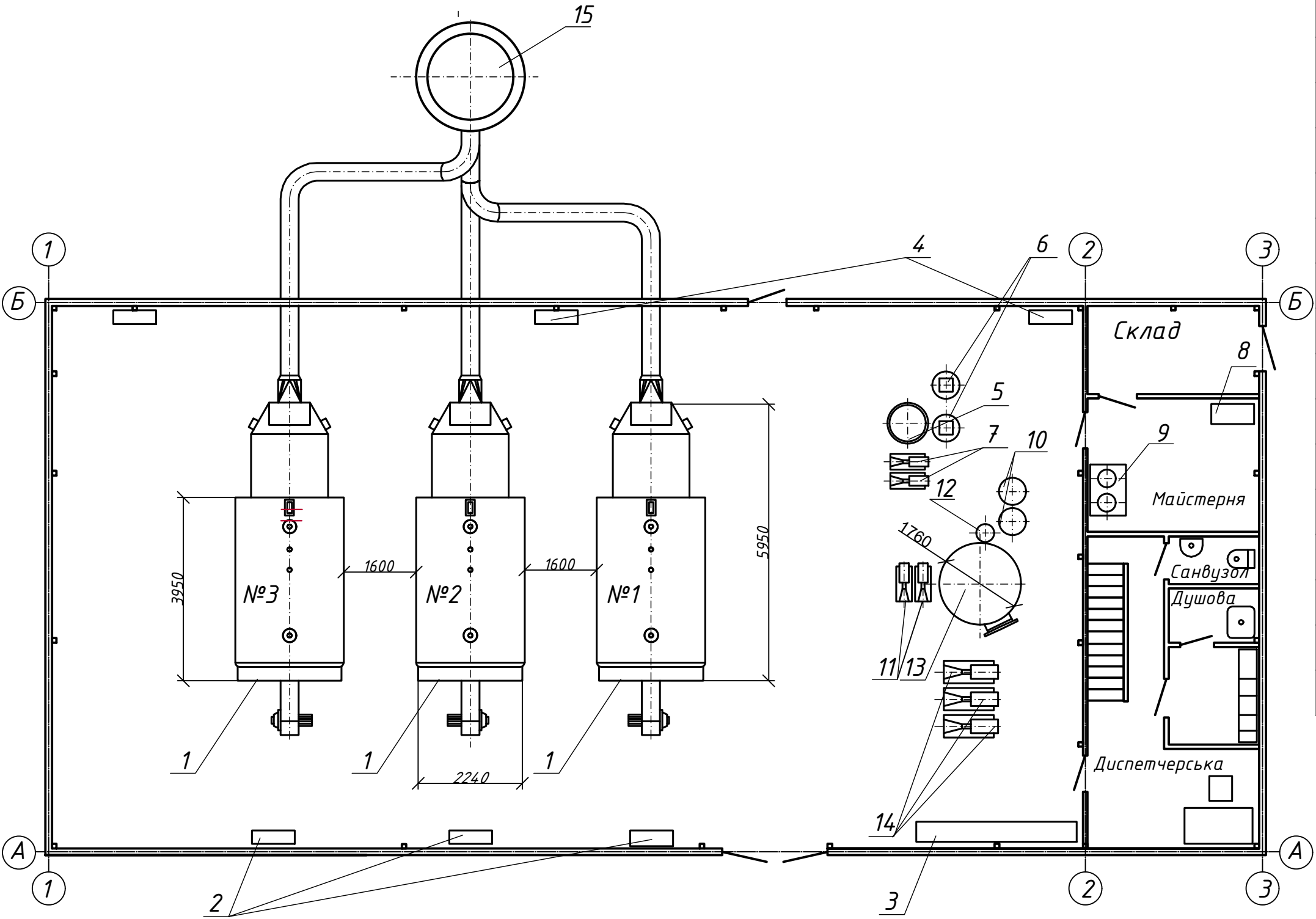
Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

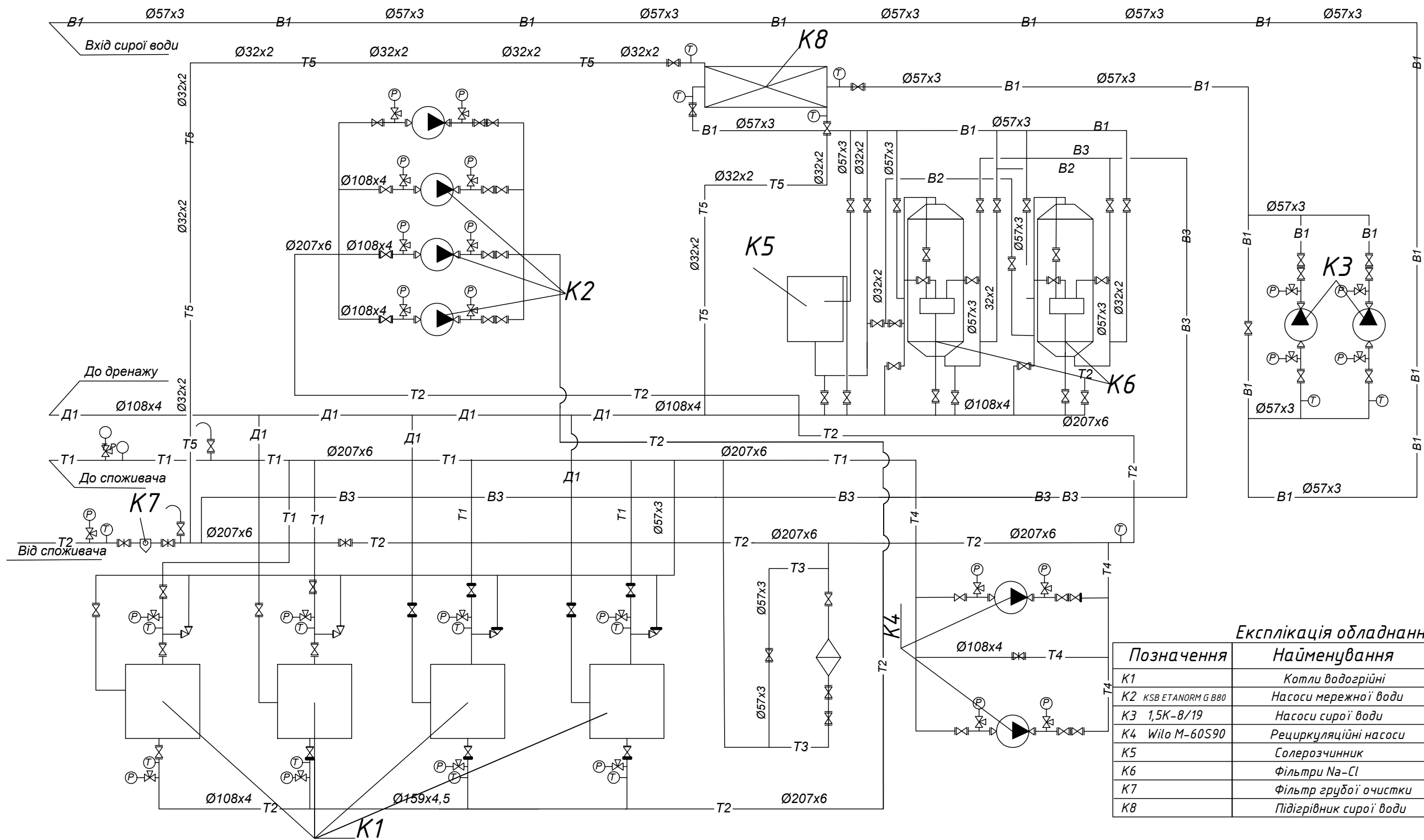
«МОДЕРНІЗАЦІЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ В МІСТІ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ»

Експлікація обладнання

N п/п	Найменування		К-ть	Прим.
1	Котел водогрійний	шт	3	
2	Блок управління пальником	шт	3	
3	Головний електрощит	шт	1	
4	Калорифер	шт	2	
5	Солерозчиник	шт	1	
6	Водопом'якшуючі баки	шт	2	
7	Насоси підвищувальні	шт	2	
8	Фільтро-витяжна система побутових приміщень	шт	1	
9	Водопідігрівачі побутових приміщень	шт	1	
10	Баки для хімікатів	шт	2	
11	Насоси підживлювальні	шт	2	
12	Бак гідрозатвора	шт	1	
13	Бак розширювальний V=7 м³	шт	1	
14	Насоси мережні	шт	3	
15	Димова труба	шт	1	



						08-15.БДР.003.01.00.000 АР			
						м. Хмельницький			
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Модернізація котельні в місті Хмельницький	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав		Лейміч Д.К.							
Перевірів		Резидент Н.В.							
Т. контр.									
Рецензент		Бондар А.В.				План котельні на відм.0.000 до модернізації	ВНТУ, гр. ТЕ-20б		
Н. контр.		Співак О.Ю.							
Затв.		Степанов Д.В.							



Експлікація обладнання

Позначення	Найменування	Кільк.
K1	Котли водогрійні	4
K2	КSB ETANORM G B80	3
K3	1,5K-8/19	2
K4	Wilo M-60S90	2
K5	Солерозчинник	1
K6	Фільтри Na-Cl	2
K7	Фільтр грубої очистки	1
K8	Підігрівник сирої води	1

Умовні позначення

	Засувка, кран, вентиль	— B1 —	Господарсько-питний трубопровід
	Зворотний клапан	— B2 —	Трубопровід на установку фільтрування
	Запобіжний клапан	— B3 —	Трубопровід пом'якшеної води
	Перехід	— D1 —	Дренажний трубопровід
	Кран трьохходовий	— T1 —	Подавальний трубопровід
	Термометр	— T2 —	Зворотний трубопровід
	Манометр	— T3 —	Перепускний трубопровід
		— T4 —	Рециркуляційний трубопровід
		— T5 —	Трубопровід на рекуперативний підігрівник

08-15.БДР.003.02.00.000 ТМ

Схема котельні
модернізована теплова

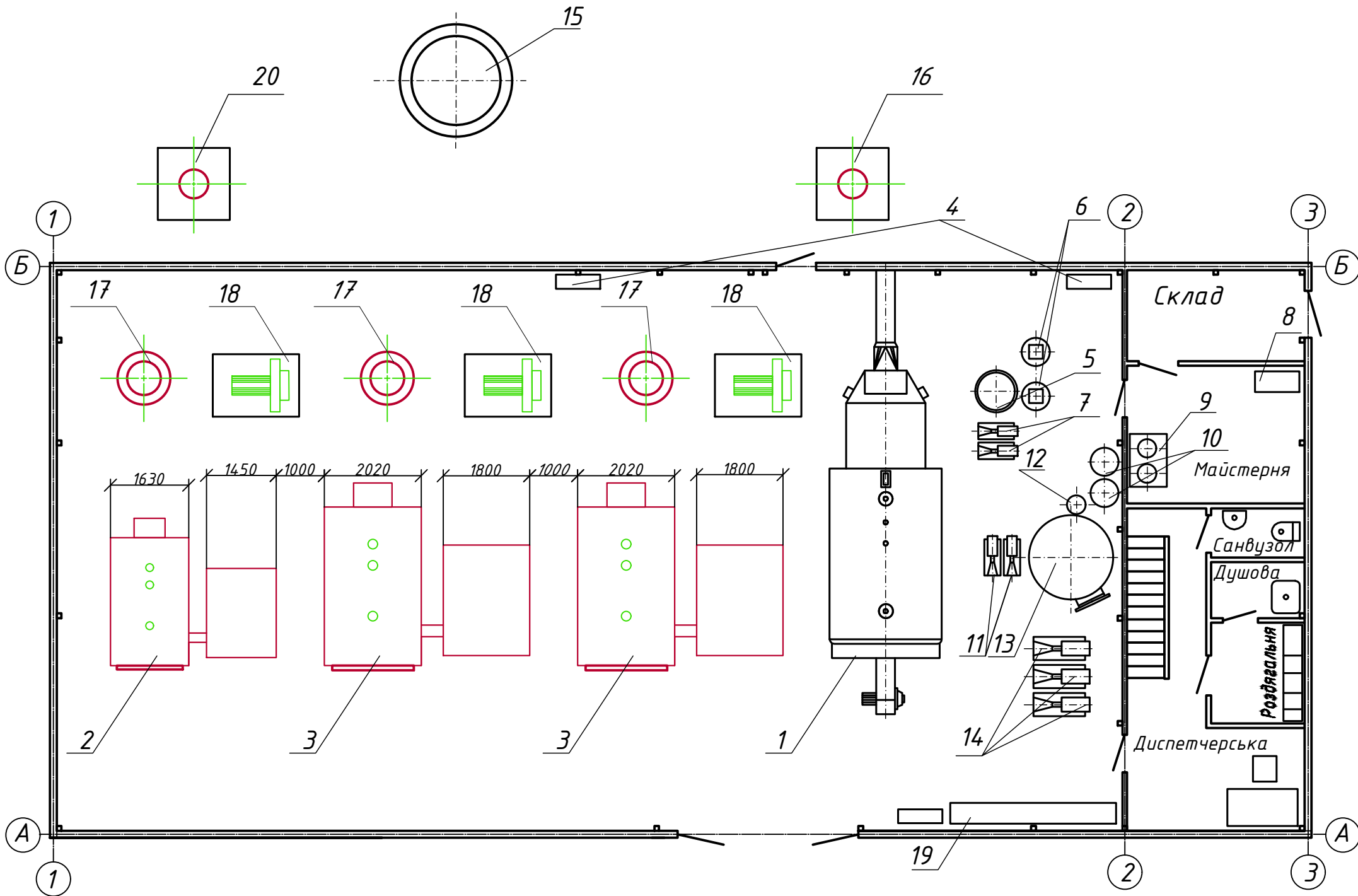
Стадія	Аркуш	Аркушів

ВНТУ, гр. ТЕ-208

Змін	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив		Лейніч Д.К.			
Перевірів		Резидент Н.В.			
Т.контр.					
Рецензент		Бондар А.В.			
Н.контр.		Снівак О.Ю.			
Затверд.		Степанов Д.В.			

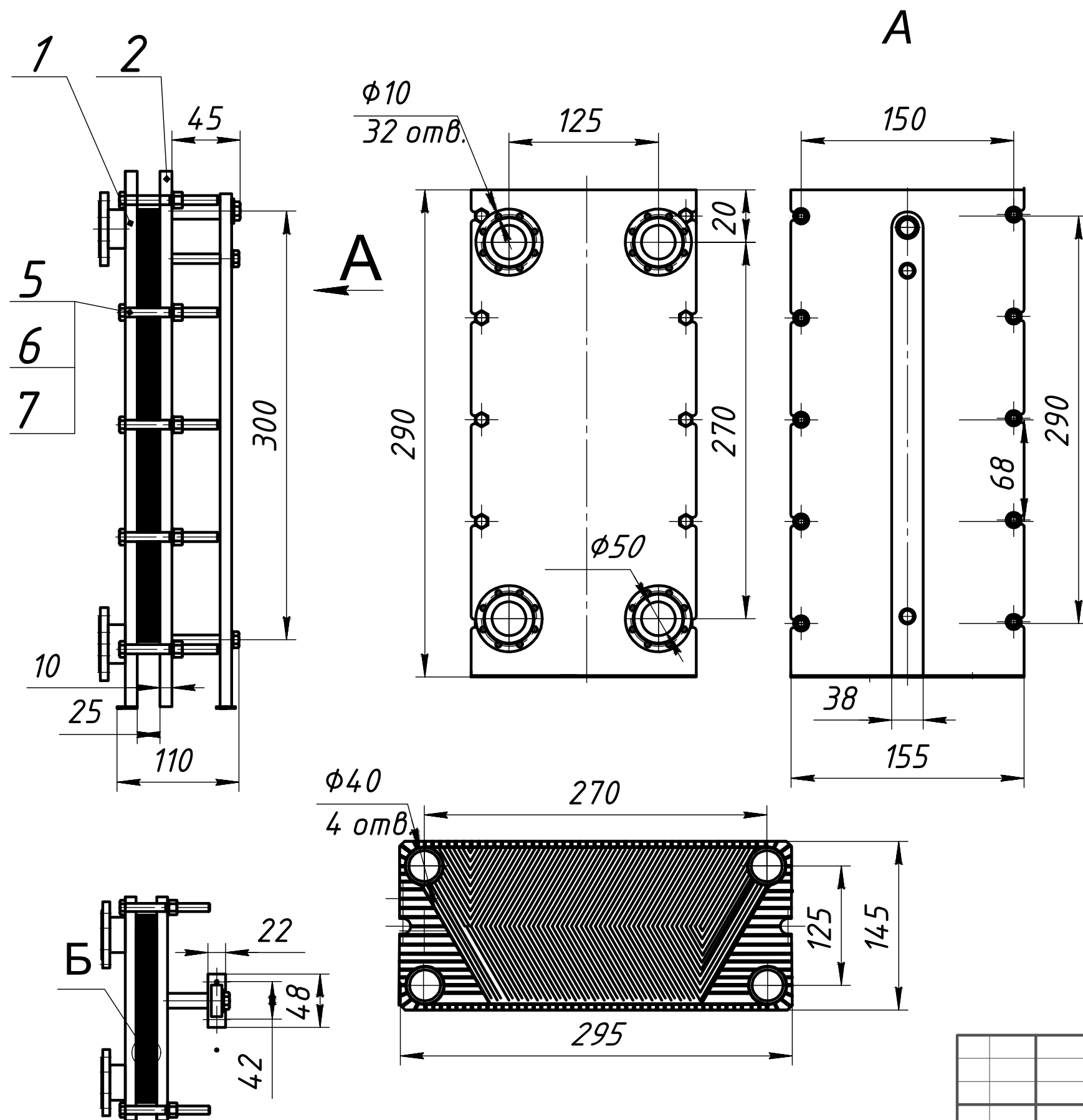
Експлікація обладнання

N п/п	Найменування		К-ть	Прим.
1	Котел водогрійний NWT	шт	1	
2	Котел водогрійний BRS 1500	шт	1	
3	Котел водогрійний BRS 2000	шт	2	
4	Калорифер	шт	2	
5	Солерозчиник	шт	1	
6	Водопом'якшуючі баки	шт	2	
7	Насоси підвищувальні	шт	2	
8	Фільтро-втяжна система побутових приміщень	шт	1	
9	Водопідігрівачі побутових приміщень	шт	1	
10	Баки для хімікатів	шт	2	
11	Насоси підживлювальні	шт	2	
12	Бак гідрозатвора	шт	1	
13	Бак розширювальний V=7 м³	шт	1	
14	Насоси мережні	шт	3	
15	Димова труба твердопаливних котлів	шт	1	
16	Димова труба газового котла	шт	1	
17	Циклон	шт	3	
18	Димосос	шт	3	
19	Головний електрощит	шт	1	
20	Димова труба котла на твердому паливі Q=1,5 MWt	шт	1	

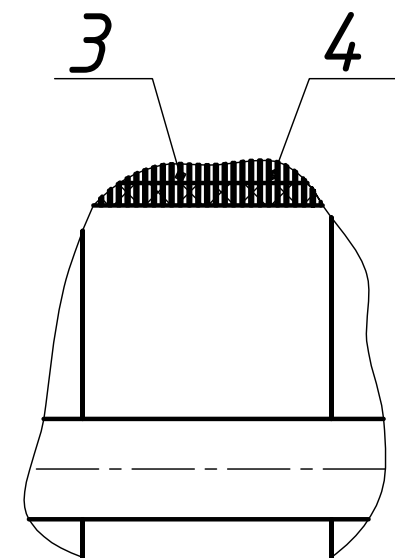


						08-15.БДР.003.03.00.000 АР			
						м. Хмельницький			
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				
Виконав		Лейміч Д.К.				Модернізація котельні в місті Хмельницький	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Резидент Н.В.							
Т. контр.									
Рецензент		Бондар А.В.				План котельні на відм.0.000 після модернізації	ВНТУ, гр. ТЕ-208		
Н. контр.		Співак О.Ю.							
Затв.		Степанов Д.В.							

		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Наименование	Кільк.	Примітка		
		A3			08-15.БДР.003.04.00.000 СК	Складальне креслення				
						Документація				
						Складальні одиниці				
		A3	1		08-15.БДР.003.04.01.000	Плита нерухома	1			
		A3	2		08-15.БДР.003.04.02.000	Плита рухома	1			
						Деталі				
		A3	3		08-15.БДР.003.04.00.003	Пластина	14			
		A3	4		08-15.БДР.003.04.00.004	Прокладка	15			
						Стандартні вироби				
			5			Болт М10х80 ГОСТ 15589-70	32			
			6			Гайка М10 ГОСТ 126-2041-96	32			
			7			Шайба 10 ГОСТ 11371-78	32			
						08-15.БДР.003.04.00.000				
		Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
		Розробив	Лейміч Д.К.				Теплообмінник пластинчастий водо-водяний (складальне креслення)	Лім.	Аркуш	Аркушів
		Перевірив	Резидент Н.В.							
		Рецензент	Бондар А.В.							
Н.контр.	Співак О.Ю.									
Затверд.	Степанов Д.В.									



Б (2:1)



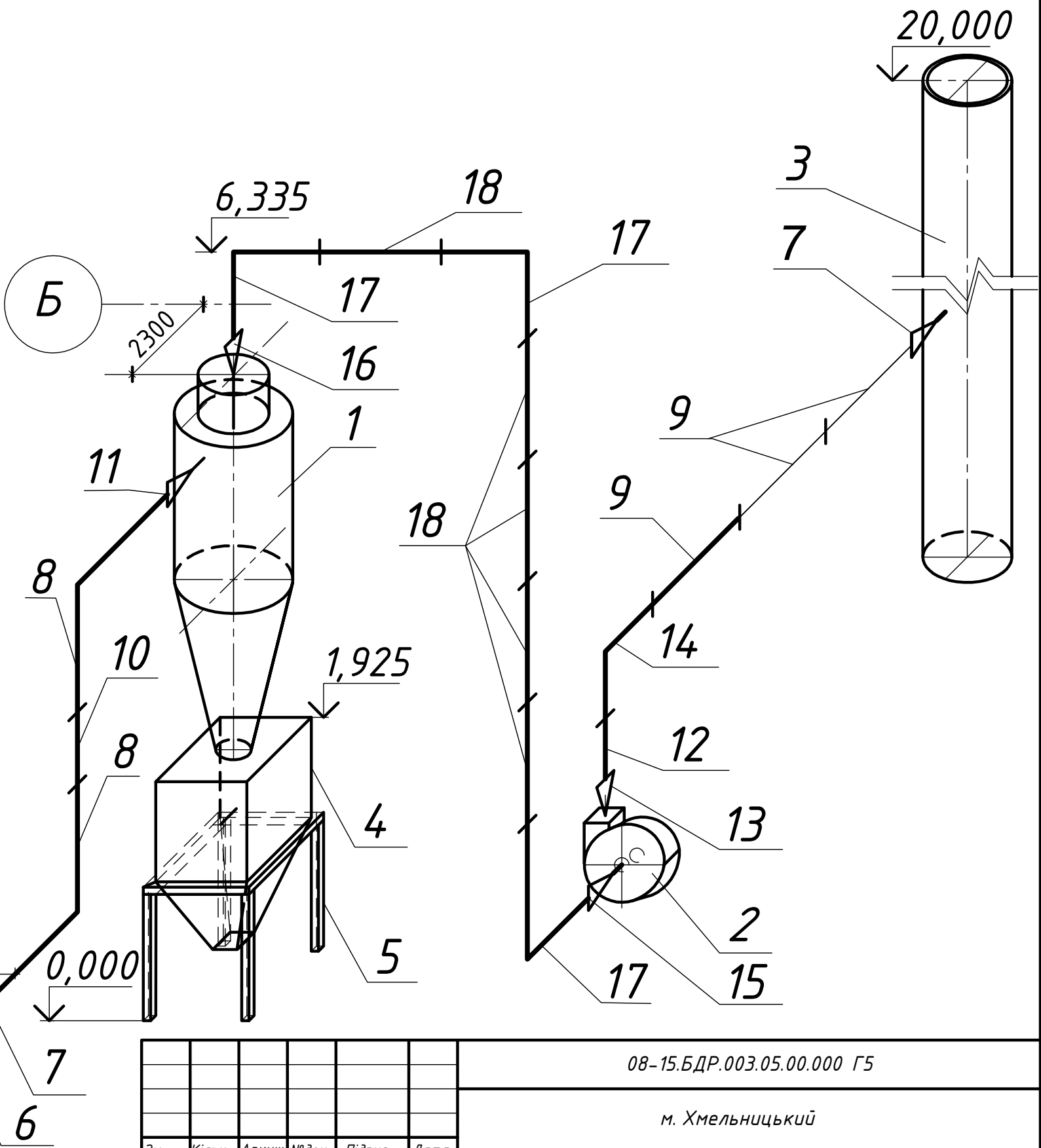
Технічні характеристики

1. Температура "гарячого" теплоносія на вході 90°C
2. Температура "холодного" теплоносія на вході 10°C
3. Температура "гарячого" теплоносія на виході 68,8°C
4. Температура "холодного" теплоносія на виході 25,9°C
5. Площа теплообміну однієї пластини 0,02 м²
6. Теплова потужність теплообмінника 40 кВт
7. Товщина пластин 0,5 мм
8. Кількість пластин 14 шт.

						08-15.БДР.003.04.00.000 СК			
Зм.	Кільк.	Літ.	№ док.	Підпис	Дата	Теплообмінник пластинчастий водо-водяний (складальне креслення)	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Лейміч Д.К.							
Перевірів		Резидент Н.В.							
Т.контр.									
Рецензент		Бондар А.В.							
Н.контр.		Співак О.Ю.					ВНТУ, гр. ТЕ-208		
Затверд.		Степанов Д.В.							

ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Поз.	Найменування	Кільк.	Прим.
1	Циклон ЦН-24 -800	1	
2	Димосос Д-3,5М	1	
3	Димова труба 660/600 мм, Н=20 м	1	
4	Бункер БП-3, V=0,7 м ³	1	
5	Опора бункера і циклона Н=1,1 м	1	
6	Шибєр Ø600 мм Versia-Lux	1	
7	Перехід 900х400 / Ø600 мм	1	
8	Відвід 90°, 400х900 мм	2	
9	Газохід 900х400 мм, L=1000 мм	3	
10	Газохід 900х400 мм, L=595 мм	1	
11	Перехід 900х400 / 888х208 мм	1	
12	Газохід 900х400 мм, L=500 мм	1	
13	Перехід 900х400 / 245х245 мм	1	
14	Відвід 90°, 900х400 мм	1	
15	Перехід Ø710 / Ø305 мм, L=300 мм	1	
16	Перехід Ø710 / Ø480 мм, L=300 мм	1	
17	Відвід 90°, Ø710 мм	3	
18	Газохід Ø710 мм, L = 1000 мм	5	



Приєднання до газоходу котла Ф600 мм межа проектування

						08-15.БДР.003.05.00.000 Г5			
						м. Хмельницький			
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Модернізація котельні в місті Хмельницький	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав		Лейміч Д.К.							
Перевірів		Резидент Н.В.							
Т. контр.						Схема газоходів системи очищення відхідних газів котла	ВНТУ, гр. ТЕ-208		
Рецензент		Бондар А.В.							
Н. контр.		Співак О.Ю.							
Затв.		Степанов Д.В.							