

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)

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«Модернізація водогрійної котельні в місті Полонне»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ – 22 мс
спеціальності 144 – Теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Вакалюк Р. Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТЕ

Боднар Л. А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА

Анозрухов В. М.
(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

завідувач кафедри ТЕ

К.т.н., доц. Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

«06» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет

Кафедра

Рівень вищої освіти

Галузь знань

Спеціальність

Освітньо-професійна програма – Теплоенергетика

будівництва, цивільної та екологічної інженерії

теплоенергетики

перший (бакалаврський)

14 – Електрична інженерія

144 – Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Д. В. Степанов

2024 року

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вакалюку Роману Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи "Модернізація водогрійної котельні в місті Полонне"

керівник роботи Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доц. каф. ТЕ

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 80

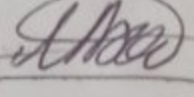
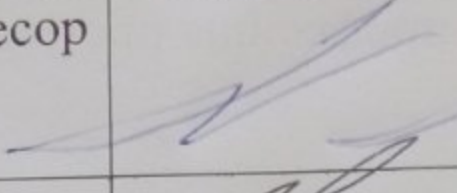
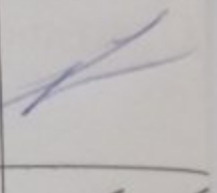
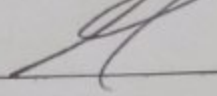
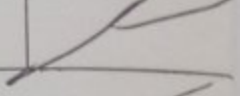
2. Строк подання студентом роботи 05.06.2024 року

3. Вихідні дані до роботи: потужність системи опалення $Q_{оп}=1600$ кВт; система
закрита; графік мережної води 100/80 °С; температура сирої води 5 °С; температура
зовнішнього повітря -21 °С; потужність гарячого водопостачання $Q_{гвп}=160$ кВт;
температура води на гаряче водопостачання 60 °С; марки встановлених котлів КСВа-
1.0Гн «ВК-22» (3 шт); паливо - газ з нижньою теплототою згорання 35,58 МДж/м³,
відновлювані види палива; коефіцієнт корисної дії котла становить 91%.; тривалість
опалювального періоду 189 діб; тривалість міжопалювального періоду 176 діб.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналітичний огляд літературної інформації; аналіз показників роботи
котельні; технологія монтажу водогрійного котла на твердому паливі; водогрійний
котел на твердому паливі; охорона праці.

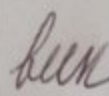
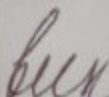
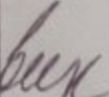
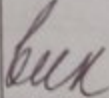
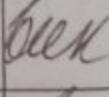
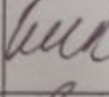
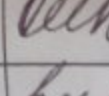
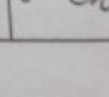
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
схема котельні теплова принципова; план розташування обладнання; план
розташування обладнання: розрізи 1-1, 3-3; план розташування обладнання після
модернізації; схема монтажна аксонометрична; водогрійний котел на твердому паливі
(два аркуші).

6. Консультанти розділів роботи

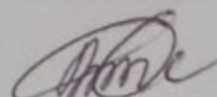
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Боднар Л.А., к.т.н., доц. кафедри ТЕ		
5	Кобилянський О.В, д.пед.н., професор кафедри БЖДПБ		
Н.контроль	Співак О.Ю., к.т.н., доц. кафедри ТЕ		

7. Дата видачі завдання 15 березня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

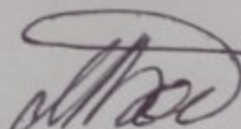
№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
	Назви розділів		
1	Аналітичний огляд літературної інформації	15.03.2024 – 20.03.2024 р.	
2	Аналіз показників роботи котельні.	21.03.2024– 10.04.2024 р.	
3	Технологія монтажу водогрійного котла на твердому паливі	11.04.2024 – 27.04.2024 р.	
4	Водогрійний котел на твердому паливі	28. 04. 2024– 15.05.2024 р.	
5	Охорона праці	16. 05.2024 – 25.05.2024 р.	
6	Оформлення БДР	26. 05.2024 – 01.06.2024 р.	
7	Попередній захист БДР	05.06.2024 р.	
8	Захист БДР	12.06.2024 р.	

Студент


(підпис)

Вакалюк Р. Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник БДР


(підпис)

Боднар Л. А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Вакалюк Р. Ю. Модернізація водогрійної котельні в місті Полонне. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024, 73 с.

Бібліогр.: 45 назв; рис.: 4; табл. 11.

В бакалаврській кваліфікаційній роботі було модернізовано водогрійну котельню в м. Полонне. Проведено аналітичний огляд літературної інформації по способах модернізації котелень, по конструкціях водогрійних котлів на твердому паливі, а також по твердому паливі з біомаси. На основі огляду літературної інформації обрано напрямок модернізації, прийняте рішення по розробці конструкції водогрійного котла на твердому паливі. Проведено розрахунок теплової схеми котельні при роботі на природному газі і визначено техніко-економічні показники роботи котельні. Проведено багатоваріантний аналіз шляхів модернізації котельні і обрано варіант переведення котельні на спалювання гранул з лушпиння соняшнику. Визначено техніко-економічні та екологічні показники обраного варіанту модернізації. Проведено підбір обладнання необхідного для модернізації. Розроблено технологію монтажу водогрійного котла на твердому паливі. Розроблено високоефективну конструкцію водогрійного котла для спалювання гранул з лушпиння соняшнику. У розділі з охорони праці розроблено рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто заходи з дотримання електробезпеки. Графічна частина роботи складається з шести креслень.

Ключові слова: котел, котельня, гранули з лушпиння соняшника, природний газ, щепа деревини, циклон, парникові гази, викиди оксидів азоту, модернізація.

ABSTRACT

Vakalyuk R. Yu. Modernization of the water heating boiler house in the city of Polonne. Bachelor's qualification thesis on specialty 144 - Heat power engineering, educational program - Heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024, 73 p.

Bibliogr: 45 titles; Fig.: 4; table 11.

In the bachelor's qualification work, a water heating boiler house in the city of Polonne was modernized. An analytical review of literary information on methods of modernization of boiler houses, on the construction of water heating boilers on solid fuel, and also on solid fuel from biomass was carried out. Based on the review of literary information, the direction of modernization was chosen, the decision was made to develop the design of a solid fuel water heating boiler. The calculation of the thermal scheme of the boiler room when operating on natural gas was carried out and the technical and economic indicators of the boiler room operation were determined.

A multivariate analysis of ways to modernize the boiler house was carried out and the option of converting the boiler house to burning sunflower husk pellets was chosen. The techno-economic and environmental indicators of the chosen modernization option were determined. Equipment necessary for modernization was selected. The technology of installation of a water heating boiler on solid fuel has been developed. A highly efficient design of a water heating boiler for burning sunflower husk pellets has been developed. The section on labor protection has developed recommendations for improving working conditions, as well as measures to comply with electrical safety. The graphic part of the work consists of six drawings.

Key words: boiler, boiler house, sunflower husk pellets, natural gas, wood chips, cyclone, greenhouse gases, emissions of nitrogen oxides, modernization.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	6
1.1 Способи модернізації котелень	6
1.2 Водогрійні котли на твердому паливі	8
1.3 Характеристики біомаси як палива	9
2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНІ.....	12
2.1 Аналіз і розрахунок теплової схеми котельні.....	12
2.2 Розрахунок теплової схеми для максимально-опалювального режиму...	13
2.3 Розрахунок теплової схеми для середньоопалювального режиму	17
2.4 Розрахунок теплової схеми котельні в міжопалювальний період	23
2.5 Розрахунок техніко-економічних показників роботи котельні.....	25
2.6 Аналіз варіантів модернізації котельні.....	29
2.7. Розрахунок техніко-економічних показників роботи водогрійної котельні на різних типах біопалива.....	31
2.8. Розрахунок викидів забруднювальних речовин під час спалювання природного газу	35
2.9 Розрахунок валових викидів забруднювальних речовин під час спалювання гранул з лушпиння соняшника.....	38
2.10 Підбір обладнання для проведення модернізації.....	43
3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ВОДОГРІЙНОГО КОТЛА НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ.....	47
3.1 Розрахунок та підбір обладнання схеми обв'язки водогрійного котла....	47
3.2 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу	48
3.3. Визначення складу і об'ємів робіт.....	49
3.3. 1 Склад робіт.....	49
3.3.2 Об'єми робіт	50

3.4 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей	51
3.5 Вибір машин і механізмів.....	58
4 ВОДОГРІЙНИЙ КОТЕЛ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ	60
4.1 Обґрунтування конструкції котла	60
4.2 Початкові дані для розробки водогрійного котла на твердому паливі	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	62
5.1.1. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	62
5.1.2 Електробезпека.....	65
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	66
5.2.1 Мікроклімат	66
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	66
5.2.3 Виробниче освітлення	67
5.2.4 Виробничий шум.....	67
ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	71
Додаток А – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	77
Додаток Б – Технічне завдання.....	78
Додаток В – Результати розрахунку водогрійного котла за допомогою програми “Тепловий розрахунок водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах”	82
Додаток Г – Графічна частина	84

ВСТУП

Різке подорожчання природного газу, а також можливі перебої в його постачанні, спонукає до використання в котельнях інших видів палива. Серйозною альтернативою використанню природного газу є кам'яне вугілля і низькосортні види твердого палива, такі як буре вугілля, торф, солома, відходи деревообробки, дрова, ошурки, щепи. Використання альтернативного палива вимагає проведення реконструкції діючих або будівництво нових твердопаливних котелень.

В Україні затверджено Енергетичну стратегію до 2030 року [1]. Цілями Енергетичної стратегії є:

- 1) створення умов для надійного та якісного задоволення попиту на енергетичні продукти за найменших сукупних витрат, при цьому економічно обґрунтовано;
- 2) підвищення енергетичної безпеки держави;
- 3) підвищення ефективності споживання та використання енергопродуктів;
- 4) зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище і забезпечення цивільного захисту у сфері техногенної безпеки ПЕК.

Виходячи із зазначених цілей, основними завданнями й напрямками реалізації Енергетичної стратегії України є:

- 1) формування цілісної та дієвої системи управління та регулювання в паливно-енергетичному секторі, розвиток конкурентних відносин на ринках енергоносіїв;
- 2) поступова лібералізація та розвиток конкурентних відносин на ринках енергоресурсів і ринках пов'язаних послуг;
- 3) створення передумов для істотного зменшення енергоємності економіки за рахунок впровадження нових технологій, прогресивних стандартів, сучасних систем контролю, управління й обліку, транспортування та споживання енергетичних продуктів і розвитку ринкових механізмів стимулювання енергозбереження;

4) збільшення видобутку та виробництва власних енергоресурсів з урахуванням економіки видобування, а також збільшення обсягів енергії та енергопродуктів, видобутих із нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії;

5) диверсифікація зовнішніх джерел поставок енергетичних продуктів;

6) досягнення збалансованості економічно обґрунтованої цінової політики щодо енергетичних продуктів, яка повинна забезпечити покриття видатків на їх виробництво й доставку до кінцевого споживача, а також створення відповідних умов для надійного функціонування та сталого розвитку підприємств ПЕК;

7) створення умов для залучення до ПЕК приватних інвестицій, нових технологій і сучасного досвіду ефективної роботи;

8) нормативно-правове забезпечення реалізації цілей розвитку ПЕК України з урахуванням наявного внутрішнього законодавчого поля, численних зобов'язань, передбачених міжнародними договорами, а також вимогами європейського енергетичного законодавства [1].

Більшість працюючих сьогодні котелень в якості палива використовують природний газ, замінити який можна мазутом або вугіллям, але це несе за собою витрати на заміну котлів і допоміжного обладнання. І сьогодні такі види палива як вугілля і мазут не завжди є доступними. Потрібно підбирати паливо, яке є поширеним, яке легко транспортувати та яке має доступну ціну.

Об'єкт БДР: теплотехнологічні процеси водогрійної котельні.

Предмет БДР: модернізація водогрійної котельні.

Мета роботи: зменшення споживання природного газу в котельні шляхом встановлення водогрійного котла на біомасі.

Завдання БДР:

- 1) аналітичний огляд літературної інформації;
- 2) аналіз показників роботи котельні;
- 3) розробка технології монтажу водогрійного котла;
- 4) розробка конструкції водогрійного котла на гранулах лущиння соняшнику;
- 5) розробка заходів з охорони праці.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Способи модернізації котелень

Модернізація котельні – це сукупність заходів, необхідних для підвищення ефективності її роботи, а також підвищення потужності і безпеки, зменшення витрат в процесі експлуатації [2].

Модернізація котельні проводиться за наявності таких передумов:

- значний ступінь зношеності обладнання;
- збільшення собівартості виробленого тепла;
- порушення температурних графіків теплопостачання;
- відсутність можливостей для будівництва нової котельні.

Перед проведенням заходів з модернізації необхідно попереднє передпроектне обстеження, що включає в себе дослідження додаткових термічних навантажень оптимізації рівня завантаження устаткування, уточнення перспектив енергоефективності та зниження тепловтрат. Згідно з підсумками обстеження приймається один з можливих варіантів модернізації котельні.

Модернізація може включати в себе повне оновлення конфігурації всієї системи або заміну окремих вузлів і агрегатів. Нижче наведено варіанти модернізації [3].

1. Системи подачі палива і паливopідготовки. У процесі модернізації цих систем допустиме проведення робіт по автоматизації та реконструкції з установкою сучасного і високопродуктивного обладнання, заміна і теплоізоляція ємностей, гранулювання і гомогенізація твердого палива, установка сучасних транспортерів, вугілляподрібнювачів.

2. Системи автоматизації й прилади обліку. Модернізація котельні в цій області включає в себе організацію автоматичного контролю за всіма процесами з єдиного пульта управління, установку приладів обліку витрати палива і теплоти на виході, приладів обліку витрати води і контрольно-вимірювального обладнання для управління якістю і кількістю теплоносія і виробленого тепла.

3. Система водопідготовки. Проводяться роботи з удосконалення комплексної обробки мережної води, встановлення станцій по зниженню залізовмісту, автоматизації управління системою, поділу контурів мережної та котлової води.

4. Заміна котельних агрегатів. Це найефективніший спосіб модернізації котельні, що включає в себе заміну всіх старих і які відпрацювали свій ресурс котлів, таких як чавунні секційні, на сучасні сталеві, реконструкцію вугільних котлів з підвищенням ККД до 75-80%, заміну конвективних частин і теплообмінників, заміну топок з ручною паливоподачею на механізовані або автоматизовані топки, організацію утилізації теплоти відхідних газів.

5. Оптимізація режимів горіння і заміна пальників. Для газових і рідкопаливних котлів передбачається заміна пальників з пневматичним розпилювачами, що дозволяє підвищити ККД на 10%, знизити температуру підігріву палива. Також в комплекс заходів може входити установка пальників для водовугільних суспензій, заміна паливних ємностей, зміна схеми забору повітря для піддуву, оптимізація режимів горіння, установка систем контролю за основним та допоміжним обладнанням.

Після розробки загальної концепції модернізації проводиться підбір необхідного обладнання та узгодження з замовником. Наступними етапами є виконання проектних робіт, постачання і монтаж обладнання, налагодження та запуск котельні.

Результатами модернізації є [4]:

- 1) підвищення надійності і продуктивності обладнання;
- 2) значне збільшення ККД і теплової потужності;
- 3) оптимальний режим роботи;
- 4) скорочення витрат на обслуговування і експлуатацію шляхом зниження витрати палива і кількості обслуговуючого персоналу;
- 5) зниження кількості екологічно шкідливих викидів.

1.2 Водогрійні котли на твердому паливі

Водогрійні котли поділяються на жаротрубні, водотрубні і водотрубно-жаротрубні. У водотрубних котлах димові гази омивають труби ззовні. В жаротрубних котлах димові гази рухаються в трубах, а вода омиває труби ззовні. Жаротрубно-водотрубні котли містять два типи поверхонь: і водотрубні і газотрубні.

Класифікація котлів на твердому паливі наведена в роботах [5-6]. Котли на твердому паливі поділяються на такі типи: класичні (працюють лише на твердому паливі), універсальні (працюють на твердому, газоподібному і рідкому паливі) і газогенераторні котли.

Газогенераторні котли є відносно новими на сучасному ринку опалювального обладнання. Перевагою газогенераторних котлів є високий для такого типу обладнання ККД – до 85–90 % і простота регулювання потужності. Крім того, такі котли є більш екологічно чистими ніж котли на рідкому паливі. Відмінністю таких котлів від традиційних моделей є те, що в них горить не тверде паливо, а генераторний газ, що виділяється з палива при термічній обробці [6].

Розглянемо окремі конструкції котлів на твердому паливі.

В роботі [7] описано конструкцію котла твердопаливного водогрійного тривалого горіння, із камерою згоряння та камерою догоряння газів, яка виконана з додатковим теплообмінником, зв'язаним із водяною сорочкою, топкову форсунку із каналом подачі вторинного повітря, виконану між камерою згоряння та камерою допалювання газів, на корпусі у верхній частині виконаний димохід та встановлений терморегулятор, спереду або зверху, або збоку виконані дверцята для завантаження палива, а у нижній частині на рівні піддувала - дверцята із заслінкою для подачі повітря. Газогенераторні водогрійні котли мають вищий ККД, ніж традиційні моделі.

Газогенераторні котли мають деякі недоліки: великі габарити; труднощі при спалюванні різнофракційного палива; залежність від електроенергії; більш висока ціна (в 2–4,5 рази більша ніж традиційного котла такої ж потужності).

В роботі [8] описано конструкцію опалювального водогрійного твердопаливного котла, що містить камеру згорання, яка обладнана теплообмінником, ретортою для гранульованого палива, вентилятором подачі повітря, димососом та шнеком, при цьому котел оснащений автоматизованою системою керування його роботою, до якої підключені блоки управління вентилятором, димососом та приводом шнека, крім того котел оснащено додатковим вентилятором для подачі повітря та аналізатором концентрації вмісту кисню, у димових газах, підключеним до автоматизованої системи керування, при цьому котел оснащено датчиком температури зворотної води підключеним до блока керування приводами шнека і додаткового вентилятора.

В роботі [9] описано водогрійний котел з двоходовим газотрубним теплообмінником, який оснащено інтенсифікаторами теплообміну у вигляді пластин, а в передній стінці зольної камери розміщено вентилятор для подачі первинного повітря, крім того камера допалювання оснащена вентилятором для подачі вторинного повітря.

З огляду літератури видно, що сучасні водогрійні котли на твердому паливі виконують з двостадійною подачею повітря, що забезпечує ефективне спалювання палива, теплообмінники котлів оснащують інтенсифікаторами теплообміну. Також велика увага приділяється якісній автоматизації котлів.

1.3 Характеристики біомаси як палива

Біомаса – невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу [10].

В таблиці 1.1 систематизовано переваги і недоліки різних типів біопалива [11].

Таблиця 1.1 – Основні властивості твердої біомаси як палива, що впливають на її використання

Переваги	Недоліки
1	2
Дрова	
Нижча ціна, достатня наявність в більшості областей України	Затрати праці для розпилювання, складування та подачі в котел. Ця обставина вимагає наявності додаткового персоналу в котельні. Нижчий ККД котельні. Обмеження по одиничній потужності котлів з боку законодавства з охорони праці.
Гранули деревини	
Достатня розповсюдженість, легкість викоритсання, можливість механізації процесів навантаження-розвантаження, складування та подачі в котел. Низька вологість, стабільність паливних характеристик.	Висока ціна (найвища з усіх видів біомаси). Попит за кордоном, що зумовлює високу ціну в Україні.
Гранули з лушпиння соняшника	
Значна розповсюдженість, особливо в центральних, східних та південних областях України. Менша ціна, ніж в деревних гранул.	Більша зольність, порівняно з деревними гранулами. Наявність цього палива залежить від обсягів вирощування та переробки соняшника, що залежить від обсягів експорту соняшникової олії.
Деревна тріска	
Достатньо низька ціна, можливість механізації розвантаження та подачі в котел.	Висока вологість, можлива наявність різнофракційних частинок (занадто крупних зокрема). Обмеженість на ринку палива.

Продовження таблиці 1.1

1	2
Гранули з соломи зернових	
Найнижча ціна серед всіх видів гранул.	Недостатні обсяги виробництва Вищий вміст золи та нижча температура її плавлення, що обумовлює необхідність використання котлів, що пристосовані до таких особливостей палива.
Солома в тюках	
Відносно низька ціна, великий потенціал заготівлі практично в усіх областях України	Вищий вміст золи та нижча температура її плавлення, що обумовлює необхідність використання котлів, що пристосовані до такого виду палива. Недостатня пропозиція на ринку.

Для ефективного використання біомаси необхідно забезпечити стабільність її постачання. В зв'язку з тим, що біомаса досить часто спалюється в котлах вологою, то в конструкціях котлів варто застосовувати важку обмуровку та спеціальні поверхні, так звані каталізатори запалювання вологого палива. Котли необхідно очищати від сажі, потрібно також встановлювати циклони для вловлювання золи. В цілому, котельні на біопаливі мають вищі капітальні витрати порівняно з газовими.

Слід також зазначити, що котельні на біопаливі повинні повинні обладнуватись складами, системами та технікою для складування палива та його подачі в котельню. Крім того для обслуговування котелень необхідна більша потреба в обслуговуючому персоналі.

Також виникає необхідність у складуванні та вивезенні золи.

2 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Аналіз і розрахунок теплової схеми котельні

Згідно класифікації котелень, наведеної в ДБН В.2.5-77:2014 [12] котельня в м. Полонне віднесена:

- за призначенням – опалювальна;
- за планувальним рішенням – окремо розташована;
- за надійністю відпуску теплоносія споживачам – другої категорії;
- за видом теплоносія – водогрійна;
- за архітектурно-будівельним вирішенням – закрита;
- за агрегатним станом палива – газова.

Котельня призначена для теплопостачання системи опалення житлових будинків. На котельні встановлені три водогрійних котла КСВ «ВК-22».

Котельня забезпечує відпуск води з температурою 95 °С для потреб системи опалення та з температурою 60 °С для гарячого водопостачання. Мережний насос забирає зворотну мережну воду з тепломережі і подає на нагрів в нижню зону котла. Нагріта вода по прямому трубопроводу подається споживачу.

Джерелом газопостачання котельні є існуючий газопровід середнього тиску. В якості палива в даний час в котельні використовується природний газ низького тиску. Регулювання тиску газу передбачено в існуючій газорегуляторній установці, розташованій в котельному залі. Резервне або аварійне паливо не передбачене. Газопроводи котельні обладнуються відключаючими пристроями, продувочними газопроводами і газопроводом безпеки. Котельня обладнана хімводоочисткою з використанням установки ВПУ-1 і хімічною деаерацією підживлювальної води.

Теплова схема передбачає постійну витрату води через котел і підтримання температури в зворотному трубопроводі не менше заданої. Задана температура підтримується перепуском мережної води із прямого в зворотній трубопровід.

Для видалення повітря із системи на трубопроводі встановлюються повітровипускні вентиля.

На виході із котла встановлений запобіжний клапан. Напірний трубопровід від запобіжного клапана виведений окремою лінією.

Для запобігання протитоку теплоносія на лінії рециркуляції, підживлювальному трубопроводі і після мережних насосів передбачено встановлення зворотних клапанів.

Гаряче водопостачання здійснюється за закритою системою постачання води. Вода на гаряче водопостачання нагрівається від мережної води в рекуперативному теплообміннику і береться безпосередньо із мережі.

Димові гази в котельні в даний час видаляються через існуючу димову трубу висотою 35 м. Система відведення димовими газами оснащена двома вибуховими клапанами.

2.2 Розрахунок теплової схеми для максимально-опалювального режиму

Система опалення живиться від водогрійної котельні. Згідно завдання потужність системи опалення $Q_{оп}=1400$ кВт, потужність гарячого водопостачання $Q_{гвп}=160$ кВт, система замкнута, графік мережної води 95/70 °С, температура сирої води 5 °С, температура води на гаряче водопостачання 60 °С. Температура зовнішнього повітря -21 °С. Марки встановлених котлів КСВа-1.0Гн «ВК-22», паливо газ з $Q_{н}^p = 35,58$ МДж/м³. Розрахунок теплової схеми котельні проводимо за методикою [13].

Температура води в прямому трубопроводі теплової мережі в тепловому пункті

$$t'_{пр} = t_{пр} - 2, \quad (2.1)$$

$$t'_{пр} = 95 - 2 = 93 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Температура води в зворотному трубопроводі в тепловому пункті

$$t'_{зв} = t_{зв} + 2, \quad (2.2)$$

$$t'_{зв} = 70 + 2 = 72 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата мережної води на опалення

$$G_{\text{тм}}^{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{C_p \cdot (t'_{\text{пр}} - t'_{\text{зв}})}, \quad (2.3)$$

$$G_{\text{тм}}^{\text{оп}} = \frac{1400}{4,19 \cdot (93 - 72)} = 15,91 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води на теплообмінник системи гарячого водопостачання

$$G_{\text{тм}}^{\text{гвп}} = \frac{Q_{\text{гвп}}}{C_p \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}}) \cdot \eta}, \quad (2.4)$$

$$G_{\text{тм}}^{\text{гвп}} = \frac{160}{4,19 \cdot (93 - 72) \cdot 0,98} = 1,86 \text{ (кг/с)}.$$

Загальна витрата мережної води

$$G_{\text{тм}} = G_{\text{тм}}^{\text{оп}} + G_{\text{тм}}^{\text{гвп}}, \quad (2.5)$$

$$G_{\text{тм}} = 15,91 + 1,86 = 17,77 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підживлення мережі

$$G_{\text{пж}} = G_{\text{тм}} \cdot \alpha, \quad (2.6)$$

$$G_{\text{пж}} = 17,77 \cdot 0,015 = 0,27 \text{ (кг/с)}.$$

де α – частка втрат мережної води, пов'язаних з витіканням води в мережах.

Витрата сирій води

$$G_{\text{сир.вод.}} = G_{\text{підж.}} \cdot 1,2, \quad (2.7)$$

$$G_{\text{сир.вод.}} = 0,27 \cdot 1,2 = 0,324 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води перед лінією рециркуляції

$$G'_{\text{тм}} = G_{\text{тм}} \cdot (1 - \alpha) + G_{\text{пж}}, \quad (2.8)$$

$$G'_{\text{тм}} = 17,77 \cdot (1 - 0,015) + 0,27 = 17,77 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата зворотної води

$$G_{\text{зв}} = G_{\text{тм}} - G_{\text{пж}}, \quad (2.9)$$

$$G_{\text{зв}} = 17,77 - 0,27 = 17,5 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води через мережний насос

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{зв}} + G_{\text{пж}}, \quad (2.10)$$

$$G_{\text{мн}} = 17,5 + 0,27 = 17,77 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на виході з мережного насосу

$$t_{\text{MH}} = \frac{G_{\text{ЗВ}} \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПЖ}} \cdot t_{\text{СВ}}}{G_{\text{MH}}}, \quad (2.11)$$

$$t_{\text{MH}} = \frac{17,5 \cdot 70 + 0,27 \cdot 5}{17,77} = 69 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата котлової води

$$G_{\text{K}} = G_{\text{MH}}, \quad (2.12)$$

$$G_{\text{K}} = 17,77 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{КОТ}} = G_{\text{K}} \cdot C_p \cdot (t'' - t'), \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{КОТ}} = 17,77 \cdot 4,19 \cdot (95 - 70) = 1862 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива

$$B_p = \frac{Q_{\text{КОТ}}}{Q_{\text{H}}^p \cdot \eta_{\text{КОТ}}}, \quad (2.14)$$

де $Q_{\text{H}}^p = 35,58$ – нижня теплота згорання природного газу, МДж/м³;

$\eta_{\text{КОТ}}$ – ККД котла, який дорівнює 91%.

$$B_p = \frac{1,862}{35,58 \cdot 0,91} = 0,0575 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}} \quad (2.15)$$

$$B_y = \frac{1,862}{29,3 \cdot 0,91} = 0,07 \text{ (кг/с)} = 252 \text{ (кг/год)}.$$

ККД котельні

$$\eta = \frac{Q_{\text{оп}} + Q_{\text{гвп}}}{B_y \cdot Q_{\text{ну}}^p}, \quad (2.16)$$

$$\eta = \frac{(1400 + 160) \cdot 10^{-3}}{0,07 \cdot 29,3} = 0,76.$$

2.3 Розрахунок теплової схеми для середньоопалювального режиму

Визначимо температуру в подавальному і зворотному трубопроводі при середній температурі зовнішнього повітря за опалювальний період $t_3 = -1,1$ °С. Розрахункова температура навколишнього повітря для опалення $t_{3,0} = -21$ °С. Температурний графік мережної води 95/70 °С. Розрахункова внутрішня температура опалювальних приміщень $t_{в,р} = 20$ °С. Відносне теплове навантаження для опалення при t_3

$$\frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{t_{в,р} - t_3}{t_{в,р} - t_{3,0}}, \quad (2.17)$$

де $t_{в,р}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_{в,р} = 18$ °С;

t_3 – середня температура опалювального періоду, $t_3 = -1,1$ °C;

$t_{3,0}$ – температура зовнішнього повітря, $t_{3,0} = -21$ °C;

$$\left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}} = \frac{18 + 1,1}{18 - (-21)} = 0,48.$$

Температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_o = \frac{(t_{10} + t_{20})}{2} - t_{в,р}, \quad (2.18)$$

$$\Delta t_o = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \text{ (°C)}.$$

де t_{10} – температура в подавальному трубопроводі, без використання елеватора, $t_{10} = 95$ °C;

t_{20} – температура в зворотному трубопроводі, $t_{20} = 70$ °C.

Перепад температур мережної води для розрахункового режиму

$$\Delta \tau_o = t_{10} - t_{20}, \quad (2.19)$$

$$\Delta \tau_o = 95 - 70 = 25 \text{ (°C)}.$$

де τ_{10} – температура в прямому трубопроводі, $\tau_{10} = 95$ °C.

τ_{20} – температура в зворотному трубопроводі, $\tau_{20} = 71$ °C.

Перепад температур води в опалювальній системі для розрахункового режиму

$$\Theta_o = \Delta \tau_o = 25 \text{ °C}.$$

Температура в подавальному трубопроводі при t_3

$$\tau_1 = t_{\text{в.п}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} + (\Delta \tau_o - 0,5 \cdot \Theta_o) \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right), \quad (2.20)$$

$$\tau_1 = 18 + 64,5 \cdot 0,48^{0,8} + (26 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,48 = 60,34 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура в зворотному трубопроводі при t_3

$$\tau_2 = t_{\text{в.п}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right), \quad (2.21)$$

$$\tau_2 = 18 + 64,5 \cdot 0,48^{0,8} - 0,5 \cdot 0,48 \cdot 25 \cdot 0,48 = 51 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Згідно з розрахунками, температура в прямому і зворотньому трубопроводах при середньоопалювальному періоді дорівнює відповідно 60,34 °С та 51 °С.

Початкові дані для середньоопалювального періоду:

температура води в прямому трубопроводі на виході з котельні становить $t_{\text{пр}}=60,34 \text{ } ^\circ\text{C}$;

температура води в зворотному трубопроводі на вході в котельню становить $t_{\text{зв}}= 51 \text{ } ^\circ\text{C}$;

температура сирої води $t_{\text{св}}=5 \text{ } ^\circ\text{C}$;

теплова потужність опалення $Q_{\text{оп}} = 1400 \text{ кВт}$;

теплова потужність гарячого водопостачання $Q_{\text{гвп}} = 160 \text{ кВт}$;

нижня теплота згорання природнього газу $Q_{\text{н}}^{\text{п}}=35,58 \text{ МДж/м}^3$;

ККД котла $\eta = 91\%$.

Витрата мережної води в системі опалення житлової частини

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{оп}}}{C_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (2.22)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп}} = \frac{1400 \cdot 0,48}{4,19 \cdot (60,34 - 51)} = 17,2 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води в системі гарячого водопостачання житлової частини

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (2.23)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{160}{4,19 \cdot (60,34 - 51)} = 4,09 \text{ (кг/с)}.$$

Загальна витрата мережної води

$$G_{\text{TM}} = 17,2 + 4,09 = 21,29 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підживлення мережі

$$G_{\text{пж}} = G_{\text{TM}} \cdot \alpha, \quad (2.24)$$

$$G_{\text{пж}} = 21,29 \cdot 0,015 = 0,32 \text{ (кг/с)}.$$

де α – частка втрат мережної води, пов'язаних з витіканням води в мережах.

Витрата сирій води

$$G_{\text{сир.вод.}} = G_{\text{підж.}} \cdot 1,2, \quad (2.25)$$

$$G_{\text{сир.вод}} = 0,32 \cdot 1,2 = 0,38 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води перед лінією рециркуляції

$$G'_{\text{TM}} = G_{\text{TM}} \cdot (1 - \alpha) + G_{\text{ПЖ}}, \quad (2.26)$$

$$G'_{\text{TM}} = 21,99 \cdot (1 - 0,015) + 0,32 = 21,98 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата зворотної води

$$G_{\text{ЗВ}} = G_{\text{TM}} - G_{\text{ПЖ}}, \quad (2.27)$$

$$G_{\text{ЗВ}} = 21,29 - 0,32 = 20,97 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на виході з мережного насосу

$$t_{\text{МН}} = \frac{G_{\text{ЗВ}} \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПЖ}} \cdot t_{\text{СВ}}}{G_{\text{МН}}}, \quad (2.27)$$

$$t_{\text{МН}} = \frac{20,97 \cdot 51 + 0,32 \cdot 5}{21,29} = 50,31 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{\text{рец}} = G'_{\text{TM}} \cdot \frac{t_{\text{ЗВ}} - t_{\text{МН}}}{t_{\text{пр}} - t_{\text{ЗВ}}}, \quad (2.28)$$

$$G_{\text{рец}} = 21,98 \cdot \frac{51 - 50,31}{60,34 - 51} = 1,62 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата котлової води

$$G_{\text{к}} = 21,98 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{кот}} = G_{\text{к}} \cdot C_{\text{р}} \cdot (\tau_1 - \tau_2), \quad (2.29)$$

$$Q_{\text{кот}} = 21,98 \cdot 4,19 \cdot (60,34 - 51) = 860 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива

$$B_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (2.30)$$

$$B_{\text{р}} = \frac{860 \cdot 10^{-3}}{35,58 \cdot 0,91} = 0,026 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_{\text{у}} = \frac{860 \cdot 10^{-3}}{29,3 \cdot 0,91} = 0,032 \text{ (кг/с)} = 115,2 \text{ (кг/год)}.$$

ККД котельні

$$\eta = \frac{860 \cdot 10^{-3}}{0,032 \cdot 29,3} = 0,917.$$

2.4 Розрахунок теплової схеми котельні в міжопалювальний період

Для даного періоду працює тільки система гарячого водопостачання.

Витрата мережної води на теплообмінник системи гарячого водопостачання

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_p \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}})}, \quad (2.31)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{160}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 1,81 \text{ (кг/с)}.$$

Загальна витрата мережної води

$$G_{\text{TM}} = G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}}, \quad (2.32)$$

$$G_{\text{TM}} = 1,81 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підживлення мережі

$$G_{\text{ПЖ}} = G_{\text{TM}} \cdot \alpha, \quad (2.33)$$

$$G_{\text{ПЖ}} = 1,81 \cdot 0,015 = 0,027 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води

$$G_{\text{ЗВ}} = G_{\text{TM}} - G_{\text{ПЖ}}, \quad (2.34)$$

$$G_{\text{ЗВ}} = 1,81 - 0,027 = 1,783 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води через мережний насос

$$G_{\text{МН}} = G_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПЖ}} , \quad (2.35)$$

$$G_{\text{МН}} = 1,783 + 0,027 = 1,81 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води на виході з мережного насосу

$$t_{\text{МН}} = \frac{G_{\text{ЗВ}} \cdot t_{\text{ЗВ}} + G_{\text{ПЖ}} \cdot t_{\text{СВ}}}{G_{\text{МН}}} , \quad (2.36)$$

$$t_{\text{МН}} = \frac{4,65 \cdot 55 + 0,12 \cdot 5}{4,77} = 53,7 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата котлової води

$$G_{\text{К}} = G_{\text{МН}} , \quad (2.37)$$

$$G_{\text{К}} = 1,81 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{КОТ}} = G_{\text{К}} \cdot C_p \cdot (t'' - t'), \quad (2.38)$$

$$Q_{\text{КОТ}} = 1,81 \cdot 4,19 \cdot (95 - 70) = 189,6 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива

$$B_p = \frac{Q_{\text{КОТ}}}{Q_{\text{H}}^p \cdot \eta_{\text{КОТ}}} , \quad (2.39)$$

$$B_p^{\text{моп}} = \frac{189,6 \cdot 10^{-3}}{35,58 \cdot 0,91} = 0,006 (\text{м}^3/\text{с}).$$

2.5 Розрахунок техніко-економічних показників роботи котельні

Розрахунок виконано згідно [13].

Річна витрата палива

$$B_{\text{річ}} = B_p^{\text{макс}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{макс}} + B_p^{\text{со}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{со}} + B_p^{\text{моп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{моп}}, \quad (2.40)$$

$$B_{\text{річ}} = 0,0575 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 20 + 0,026 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 169 +$$

$$+ 0,006 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 176 = 0,57 (\text{млн.м}^3/\text{рік}).$$

Витрати на паливо

$$C_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{пал}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (2.41)$$

де $k_{\text{вп}}$ – коефіцієнт, який враховує втрати палива, 1,007;

$\Pi_{\text{пал}}$ – вартість палива, яка становить 15,45 грн/м³ [14]

$$C_{\text{пал}} = 0,57 \cdot 15,45 \cdot 1,007 = 8,87 (\text{млн.грн./рік}).$$

Споживання електричної енергії насосами в максимально-опалювальний період

$$N = N_{\text{оп}} \cdot \tau, \quad (2.42)$$

$$N = 16,5 \cdot 24 \cdot 20 = 7920 (\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

Споживання електричної енергії насосами в середньоопалювальний період

$$N=20 \cdot 24 \cdot 169=81120 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Споживання електричної енергії насосами в міжопалювальний період

$$N_{H\Sigma}=3,37 \cdot 24 \cdot 176=14235 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Сумарне споживання електричної енергії насосами 103275 (кВт·год).

Сумарне споживання електричної енергії вентиляторами і насосами

$$N_{\Sigma}= N_{B\Sigma}+ N_{H\Sigma}, \quad (2.43)$$

$$N_{\Sigma}= 7630+103275=110905 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати на електричну енергію

$$C_{\text{ел}} = N \cdot \Pi_{\text{ее}}, \quad (2.44)$$

де $\Pi_{\text{ее}}$ – вартість електроенергії, яка становить 4,50 грн за кВт·год [14]

$$C_{\text{ел}}=110905 \cdot 4,5=0,499 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Орієнтовна кількість води необхідна для підживлення мережі становить $V=5000 \text{ м}^3/\text{рік}$.

Затрати на воду

$$C_{\text{в}} = V \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (2.45)$$

де $\Pi_{\text{в.}}$ – вартість води 25 грн/м³.

$$C_{\text{в}} = 5000 \cdot 25 = 125000 \text{ (грн/рік) або } 0,125 \text{ (млн.грн./рік)}$$

Балансова вартість котельні $k=3,36$ млн.грн.

Витрати на амортизацію

$$C_{\text{а}} = k \cdot H_{\text{а}}, \quad (2.46)$$

де $H_{\text{а}}$ – норма амортизаційних відрахувань;

$$C_{\text{а}} = 3360 \cdot 0,07 = 235,2 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт розраховуються як 20% від амортизаційних відрахувань

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{ам}}, \quad (2.47)$$

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 235,2 = 47,04 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Витрати на заробітню плату

$$C_{\text{з}} = n \cdot \text{ЗП}, \quad (2.48)$$

де n – кількість працюючих людей, приймаємо 8 осіб;

ЗП – заробітня плата, 8000 грн./місяць;

$$C_{\text{з}} = 8 \cdot 8000 \cdot 12 = 0,768 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Норми відрахувань:

1) до пенсійного фонду, 33,2%;

- 2) до фонду соціального страхування у зв'язку із тимчасовою втратою працездатності, 2,9%;
- 3) до фонду соціального страхування на випадок безробіття, 1,6%;
- 4) до фонду соціального страхування внаслідок нещасного випадку, 2,42% [6].

Загальні річні витрати на заробітну плату працівникам

$$C_{зп} = C_з + C_з \cdot (0,332 + 0,029 + 0,016 + 0,0242), \quad (2.49)$$

$$C_{зп} = 0,768 + 0,768 \cdot (0,332 + 0,029 + 0,016 + 0,0242) = 1,076 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$C_i = 0,085 \cdot (C_{пал} + C_{ел} + C_v + C_a + C_{пр} + C_{зп}), \quad (2.50)$$

$$C_i = 0,085 \cdot (8,87 + 0,499 + 0,125 + 0,3052 + 0,061 + 1,076) = 0,93 \text{ (млн.грн.)}$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{річ} = C_{пал} + C_{ел} + C_{ам} + C_{пр} + C_{зп} + C_i, \quad (2.51)$$

$$C_{річ} = 8,87 + 0,499 + 0,125 + 0,3052 + 0,061 + 1,076 + 0,93 = 11,87 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{річ} = Q_{сп}^{макс} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{макс} + Q_{сп}^{со} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{со} + Q_{сп}^{моп} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{моп}, \quad (2.52)$$

$$Q_{\text{річ}} = (1,4 + 0,16) \cdot 20 \cdot 24 \cdot 3600 + (0,672 + 0,16) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 169 + \\ + 0,16 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 176 = 14946 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Собівартість виробництва теплової енергії

$$CB_{\text{ТЕПЛОТИ}} = \frac{C_{\text{річ}}}{Q_{\text{річ}}}, \quad (2.53)$$

$$CB_{\text{ТЕПЛОТИ}} = \frac{11,87 \cdot 10^6}{14946} = 794 \text{ (грн./ГДж)}.$$

Собівартість виробництва теплової енергії на даній котельні досить висока. Отже, потрібно провести модернізацію даної котельні, а також розробити заходи по енергозбереженню.

2.6 Аналіз варіантів модернізації котельні

Можливі такі варіанти реконструкції та модернізації водогрійної котельні в м. Полонне:

- 1) встановлення утилізатора теплоти димових газів «сухого типу»;
- 2) встановлення утилізатора теплоти контактного типу;
- 3) встановлення в котельні нового котла на біомасі і додаткового обладнання;
- 4) створення міні-ТЕЦ на базі газопоршневого двигуна;
- 5) створення міні-ТЕЦ на базі органічного циклу Ренкіна;
- 6) встановлення на території котельні газогенератора і спалювання в котлі генераторного газу;
- 7) встановлення передтопки перед котлом і спалюванні в ній біомаси;

Оскільки собівартість виробництва теплової енергії при роботі котла на природному газі досить висока, то ставиться задача переведення на інші види палива.

Для встановлення передтопки перед котлом в котельні мало місця, тому цей варіант відхилено.

Встановлення утилізаторів теплоти зекономить паливо, але ставиться задача пошуку варіантів переведення котельні на біомасу.

Встановлення газопоршневого двигуна вимагає охолодження двигуна, причому газопоршневий двигун підбирається таким чином, щоб потужність сорочки охолодження була рівна потужності гарячого водопостачання. Для того, щоб використання когенераційної установки було економічно вигідним, вона повинна експлуатуватися якомога довше. Чим довше когенераційна установка може реально передавати тепло та енергію в систему, тим швидше вона окупиться. Потужність системи гарячого водопостачання становить 160 кВт. Для такої потужності найбільш підходить когенераційна установка Viessmann Vitibloc 200 [15]. При 75 % навантаження працює з такими параметрами: електрична потужність 100 кВт, тепла потужність 165 кВт, електричний ККД 33,5 %, тепловий ККД 55,4 %, загальний ККД 88,9 %. Але це досить дороговартісне обладнання, тому такий варіант відхилений.

Варіант зі встановленням газогенератора відхилено, оскільки на території котельні бракує місця і для газогенератора і для складу палива.

Відмінністю органічного циклу Ренкіна від звичайного циклу Ренкіна є те, що робочим тілом є органічні сполуки (наприклад фреон) з більш низькою температурою кипіння, порівняно з водою. Джерелами теплоти для органічного циклу Ренкіна є: теплота від спалювання природного газу, доменного газу, піролізного газу, біомаси; теплота відхідних газів котельних установок; тепло сонячних термальних станцій. На даній котельні є лише одне джерело теплоти для установки такого типу: теплота відхідних газів котельної установки.

Оскільки потужність котельні є малою, то встановлення такого дороговартісного обладнання є недоцільним.

2.7. Розрахунок техніко-економічних показників роботи водогрійної котельні на різних типах біопалива

Проведемо розрахунки техніко-економічних показників роботи водогрійної котельні на різних типах біопалива.

Вартість біопалива беремо з сайту Prozorro [16]: гранули з лущиння соняшнику 3846 грн/т; гранули з соломи зернових 5000 грн/т; щепа з деревини 5000 грн/т; брикети паливні з змішаних порід дерев 8680 грн/т; брикети паливні з листових порід дерев 9000 грн/т; вугілля кам'яне 8100 грн/т; торф'яні брикети 5358 грн/т.

Розрахункова витрата палива на котельню в максимальноопалювальний період у разі спалювання гранул з соняшника [13] за формулою (2.39). Теплоту згорання гранул беремо $Q_n^p = 15,43$ МДж/кг; $\eta_{\text{кот}} = 87\%$ ККД котла на гранулах; потужність котельні беремо з розрахунку теплової схеми.

$$B_p^{\text{max}} = \frac{1,862}{15,43 \cdot 0,87} = 0,14 \text{ (кг/с)}.$$

Розрахункова витрата палива на котельню в середньоопалювальний період (за формулою 2.39). Потужність котельні беремо з розрахунку теплової схеми.

$$B_p^{\text{co}} = \frac{0,86}{15,43 \cdot 0,87} = 0,064 \text{ (кг/с)}.$$

Розрахункова витрата палива на котельню в міжопалювальний період (за формулою 2.39). Потужність котельні беремо з розрахунку теплової схеми.

$$B_p^{\text{моп}} = \frac{0,1896}{15,43 \cdot 0,87} = 0,014 \text{ (кг/с)}.$$

Річна витрата палива

$$B_{\text{річ}} = B_{\text{p}}^{\text{макс}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{макс}} + B_{\text{p}}^{\text{co}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{co}} + B_{\text{p}}^{\text{моп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{моп}}, \text{ (т/рік)}$$

$$B_{\text{річ}} = 0,14 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 20 + 0,064 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 169 + \\ + 0,014 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 176 = 1389312 \text{ (кг/рік)} \text{ або } 1390 \text{ (т)}.$$

Витрати на паливо

$$C_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{пал}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (2.54)$$

де $k_{\text{вп}}$ – коефіцієнт, який враховує втрати палива, 1,015;

$\Pi_{\text{пал}}$ – вартість палива, яка становить 3846 грн/тону.

$$C_{\text{пал}} = 1390 \cdot 3846 \cdot 1,015 = 5426129 \text{ (грн./рік)} \text{ або } 5,43 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Сумарне споживання електричної енергії вентиляторами і насосами згідно розрахунку теплової схеми котельні становить 110905 кВт·год.

Після переведення котельні на спалювання твердого палива витрата електричної енергії орієнтовно збільшиться на 10 %. Тому беремо сумарне споживання електричної енергії 121995 кВт·год. Витрати на електричну енергію за формулою (2.42)

$$C_{\text{еє}} = 121995 \cdot 4,5 = 0,55 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Затрати на воду беремо з розрахунку котельні $C_{\text{в}} = 125000 \text{ (грн/рік)}$ або 0,125 (млн.грн./рік).

Витрати на амортизацію за формулою

$$C_a = H_a \cdot K, \quad (2.55)$$

де H_a – норма амортизаційних відрахувань, 7 % для опалювальних котелень;

K – капітальні вкладення, млн.грн.

Балансова вартість котельні існуючої 3,36 млн.грн, капіталовкладення в модернізацію беремо 1 млн. грн, тоді $K=3,36+1=4,36$ млн. грн,

$$C_a = 4,36 \cdot 0,07 = 0,3052 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_a, \quad (2.56)$$

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 0,3052 = 0,061 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Загальні річні витрати на заробітну плату працівникам беремо з розрахунку котельні без змін $C_{\text{зп}}=1,076$ (млн. грн/рік).

Інші витрати за формулою (2.51)

$$C_i = 0,085 \cdot (5,43 + 0,55 + 0,125 + 0,3052 + 0,061 + 1,076) = 0,64 \text{ (млн.грн.)}$$

Загальні річні експлуатаційні витрати за формулою (2.51)

$$C_{\text{річ}} = 5,43 + 0,55 + 0,125 + 0,3052 + 0,061 + 1,076 + \\ + 0,64 = 8,2 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Річний відпуск теплоти залишається таким же , як і при роботі котельні на природному газі $Q_{\text{річ}} = 14946$ (ГДж/рік).

Собівартість виробництва теплової енергії за формулою (2.53)

$$CB_{\text{теплоти}} = \frac{8,2 \cdot 10^6}{14946} = 549 \text{ (грн./ГДж)}.$$

Собівартість виробництва теплової енергії в разі переведення на спалювання гранул з лушпиння соняшника суттєво менша, ніж при спалюванні природного газу.

За формулами (2.40) – (2.56) проведемо розрахунки техніко-економічних показників, в разі роботи котельні на щепі деревини, гранулах соломи.

Характеристики палива наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Склад деяких видів палива

Паливо	С ^p , %	Н ^p , %	С ^p , %	О ^p , %	Н ^p , %	А ^p , %	W ^p , %	Q _н ^p , кДж/кг
Гранули з соломи	42,7	5,3	0,1	36,9	0,5	4,5	10	15,7
Гранули з лушпиння соняшнику	42,5	4,9	0,16	34,6	0,44	2,4	15	15,43
Щепа деревини	34,6	4,2	0	30,1	0,4	0,7	30	12,3

Показники роботи котельні на різних видах палива наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Показники роботи котельні на різних видах палива

Показник	Розмірність	Котельня на газу	Котельня на гранулах з лушпиння соняшнику	Котельня на гранулах з соломи пшениці	Котельня на щепі деревини
1	2	3	4	5	6
Річна витрата палива	Газ – млн. м ³ /рік Тверде паливо тон/рік	0,57	1390	1365	1744

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
Річні витрати на паливо	млн.грн.	8,87	5,43	6,87	8,07
Загальні річні експлуатаційні витрати	млн.грн.	11,87	8,2	9,75	11,05
Річний відпуск теплоти	ГДж/рік	14946	14946	14946	14946
Собівартість виробництва теплової енергії	грн/ГДж	794	549	652	739

Отже, з економічної точки зору, найбільш доцільно встановити в котельні котел на гранулах лушпиння соняшника.

2.8. Розрахунок викидів забруднювальних речовин під час спалювання природного газу

Визначимо валові викиди забруднювальних речовин у разі спалювання природного газу. Початковими даними для розрахунку викидів забруднювальних речовин є [17]: елементарний склад палива; показники емісії забруднювальних речовин; витрата палива за рік.

Кінцевими результатами є: валовий викид оксидів азоту; валові викиди оксидів вуглецю; валовий викид оксиду діазоту; валовий викид метану.

При використанні природного газу потрібно розраховувати викиди оксидів азоту, сірки і вуглецю, оксиду діазоту та метану. Крім того, необхідно виконати перерахунок характеристик природного газу. Густина природного газу становить $\rho_{\text{п}}=0,723 \text{ кг/м}^3$, нижча теплота згорання згорання $Q_{\text{iv}}^{\text{daf}} = 35,5 \text{ МДж/м}^3$.

Масовий елементний склад природного газу, %:

вуглець – $C^{\text{r}} = C^{\text{daf}} = 73,67$;

водень – $H^{\text{r}} = H^{\text{daf}} = 24,65$;

кисень – $O^r = O^{daf} = 0,12$;

азот – $N^r = N^{daf} = 1,56$.

Масова нижча теплота згоряння

$$Q_i^r = Q_i^{daf} = Q_{iv}^{daf} / \rho_{\Pi}, \quad (2.57)$$

$$Q_i^r = 35,5 / 0,723 = 49,1 \text{ (МДж/кг)}.$$

Масова витрата природного газу

$$B = B_p \cdot \rho_{\Pi} / 1000, \quad (2.58)$$

де B_p – річна витрата природного газу

$$B = 570000 \cdot 0,723 / 1000 = 412,11 \text{ (т)}.$$

Показник емісії оксидів азоту $(k_{NOx})_0$ без урахування первинних заходів згідно з даними таблиці Д.5 [17] дорівнює 150 г/ГДж. У таблиці Д.6 [17] емпіричний коефіцієнт z для природного газу становить 1,25. Відповідно до вихідних даних та згідно з таблицею Д.7 [17] ефективність первинних заходів зменшення викиду оксидів азоту η_I становить 0,40. Азотоочисна установка відсутня, тому ефективність η_{II} та коефіцієнт роботи β дорівнюють нулю.

Показник емісії оксидів азоту

$$k_{NOx} = (k_{NOx})_0 \cdot (1)^{1,25} (1 - z), \quad (2.59)$$

$$k_{NOx} = 150 \cdot (1)^{1,25} (1 - 0,40) = 90 \text{ (г/ГДж)}.$$

Валовий викид оксидів азоту

$$E_{\text{NOx}} = 10^{-6} \cdot k_{\text{NOx}} \cdot Q_i^r \cdot B, \quad (2.60)$$

$$E_{\text{NOx}} = 10^{-6} \cdot 90 \cdot 49,1 \cdot 412,11 = 1,82 \text{ (т)}.$$

Показник емісії вуглекислого газу під час спалювання органічного палива

$$k_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_i^r} \varepsilon_C, \quad (2.61)$$

Ступінь окислення вуглецю ε_C під час спалювання природного газу в енергетичній установці за даними [8] становить 0,995.

Показник емісії вуглекислого газу

$$k_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{73,67}{100} \cdot \frac{10^6}{49,1} \cdot 0,995 = 54705 \text{ (г/ГДж)}.$$

Валовий викид оксидів вуглецю

$$E_{\text{CO}_2} = 10^{-6} \cdot k_e \cdot Q_i^r \cdot B, \quad (2.62)$$

$$E_{\text{CO}_2} = 10^{-6} \cdot 54705 \cdot 49,1 \cdot 412,11 = 1107 \text{ (т)}.$$

Валовий викид оксиду діазоту N_2O при спалюванні природного газу розраховується за даними таблиці Е.3 [8]:

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \cdot k_{\text{N}_2\text{O}} \cdot Q_i^r \cdot B, \quad (2.63)$$

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 49,1 \cdot 412,11 = 0,002 \text{ (т)}.$$

Валовий викид метану CH_4 під час спалювання природного газу розраховується за даними таблиці Е.4 [8]

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot k_{CH_4} \cdot Q_i^r \cdot B, \quad (2.64)$$

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot 49,1 \cdot 412,11 = 0,02 \text{ (т)}.$$

2.9 Розрахунок валових викидів забруднювальних речовин під час спалювання гранул з лушпиння соняшника

Проведено розрахунки викидів забруднювальних речовин в разі спалювання твердого палива: гранул з лушпиння соняшнику і щепи деревини.

Склад палива наведено в таблиці 2.1. Показники емісії для щепи деревини: $k_{N_2O} = 5 \text{ г/ГДж}$, $k_{CH_4} = 5 \text{ г/ГДж}$, $k_{NO_x} = 200 \text{ г/ГДж}$. Показники емісії для лушпиння соняшника: $k_{N_2O} = 5 \text{ г/ГДж}$, $k_{CH_4} = 9 \text{ г/ГДж}$, $k_{NO_x} = 88 \text{ г/ГДж}$. Ефективність золовловлювача взято 95%.

Показник емісії вуглекислого газу при спалюванні гранул з лушпиння соняшника за формулою (2.61). Частка золи, яка видаляється у вигляді леткої золи $a_{вин} = 0,6$. У котлі відбувається неповне згоряння палива, у першу чергу через механічне недопалювання. Ступінь окислення вуглецю для робочої маси палива ε_c в паливі беремо 0,9942. Річна витрата гранул з лушпиння соняшнику визначена в пункті $B_p = 1390 \text{ тон}$.

$$K_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{42,5}{100} \cdot \frac{10^6}{15,275} \cdot 0,9942 = 101954 \text{ (г/ГДж)}$$

Валовий викид вуглекислого газу за формулою (2.62)

$$E_{\text{CO}_2} = 10^{-6} \cdot 101954 \cdot 15,275 \cdot 1390 = 2165 \text{ (т/рік)}.$$

Валовий викид оксиду діазоту N_2O під час спалювання гранул з лушпиння соняшнику розраховується за формулою (2.63)

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \cdot 5 \cdot 15,275 \cdot 1390 = 0,106 \text{ (т/рік)}.$$

де $K_{\text{N}_2\text{O}} = 5 \text{ г/ГДж}$ – довідникова інформація.

Валовий викид метану за формулою (2.64). Показник емісії

$$E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 15,275 \cdot 1390 = 0,02 \text{ (т/рік)}.$$

де $K_{\text{CH}_4} = 9 \text{ г/ГДж}$ – довідникова інформація.

Показник емісії оксиду сірки

$$K_{\text{SO}_2} = \frac{10^6}{Q_{\text{H}}^{\text{p}}} \cdot \frac{2 \cdot S^{\text{p}}}{100}, \quad (2.65)$$

$$K_{\text{SO}_2} = \frac{10^6}{15,275} \cdot \frac{2 \cdot 0,16}{100} = 209,5 \text{ (г/ГДж)}.$$

Валові викиди оксидів сірки

$$E_{\text{SO}_2} = 10^{-6} \cdot K_{\text{SO}_2} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}} \cdot B,$$

$$E_{\text{SO}_2} = 10^{-6} \cdot 209,5 \cdot 15,275 \cdot 1390 = 4,45 \text{ (т/рік)}.$$

Для того, щоб перевести отримані значення викидів парникових газів в CO_2 еквівалент, необхідно валові викиди помножити на потенціали глобального потепління. Для викидів метану 26, для викидів N_2O – 265.

$$E_{\text{CO}_2}^{\text{екв}} = E_{\text{CO}_2} + E_{\text{CH}_4}^{\text{CO}_2\text{екв}} + E_{\text{N}_2\text{O}}^{\text{CO}_2\text{екв}}, \quad (2.66)$$

$$E_{\text{CO}_2}^{\text{екв}} = 2165 + 0,02 \cdot 26 + 0,106 \cdot 265 = 2193 (\text{тон } \text{CO}_2 - \text{екв}).$$

Результати розрахунків показано на рисунках 2.1 – 2.4.

Як показали результати досліджень (рис. 2.1), найбільше валових викидів буде при спалювання твердого палива. Це пояснюється тим, що теплота згорання природного газу більша, ніж у гранул з лушпиння соняшнику, тому для забезпечення необхідної теплової потужності, потрібно більше спалити твердого палива. Але біопаливо вважається CO_2 – нейтральним, тому збільшені викиди не відіграють великого значення на зміну клімату. Але при цьому зростає плата за викиди забруднювальних речовин.

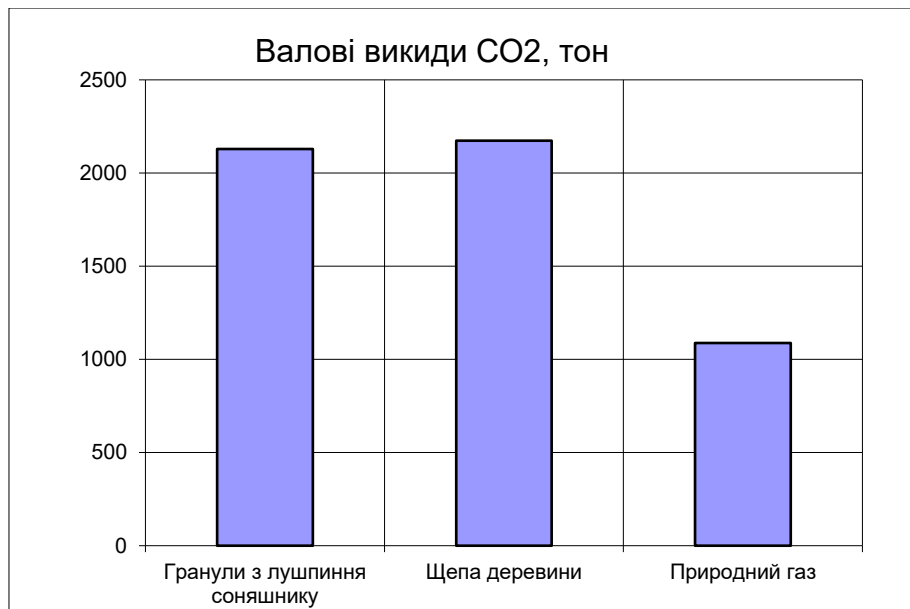


Рисунок 2.1 – Валові викиди вуглекислого газу під час спалювання природного газу, щепи деревини та гранул з лушпиння соняшнику

На рисунку 2.2 наведено результати розрахунків викидів оксидів азоту під час спалювання природного газу, щепи деревини, гранул з лушпиння соняшника.

Викиди оксидів азоту більші під час спалювання природного газу. Це пояснюється тим, що показник емісії оксидів азоту найбільший серед порівнюваних палив і становить 150 г/ГДж.

Крім того, щепи деревини і гранул з лушпиння соняшника спалюється більше для забезпечення необхідної кількості теплоти.



Рисунок 2.2 – Валові викиди оксидів азоту під час спалювання природного газу, щепи деревини та гранул з лушпиння соняшнику

На рисунку 2.3 наведено порівняння викидів твердих частинок для двох видів палива: гранул з лушпиння соняшнику і щепи деревини.

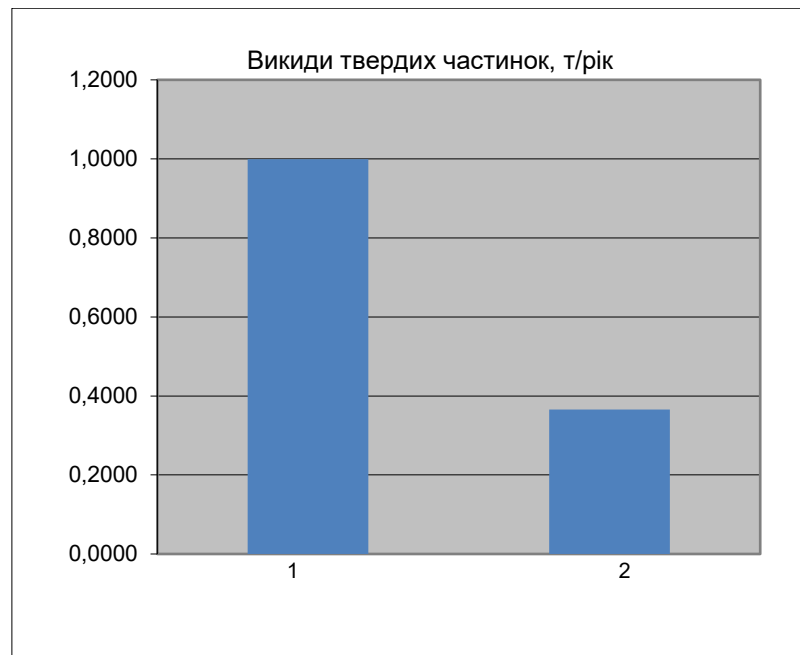


Рисунок 2.3 – Валові викиди твердих частинок під час спалювання щепи деревини та гранул з лушпиння соняшнику, 1 – гранули з лушпиння соняшнику, 2 – щепи деревини.

Оскільки зольність лушпиння становить 2,4 %, а щепи деревини 0,7 %, то відповідно, викиди більші.

На рисунку 2.4 визначено сумарні викиди парникових газів для порівнюваних видів палив.

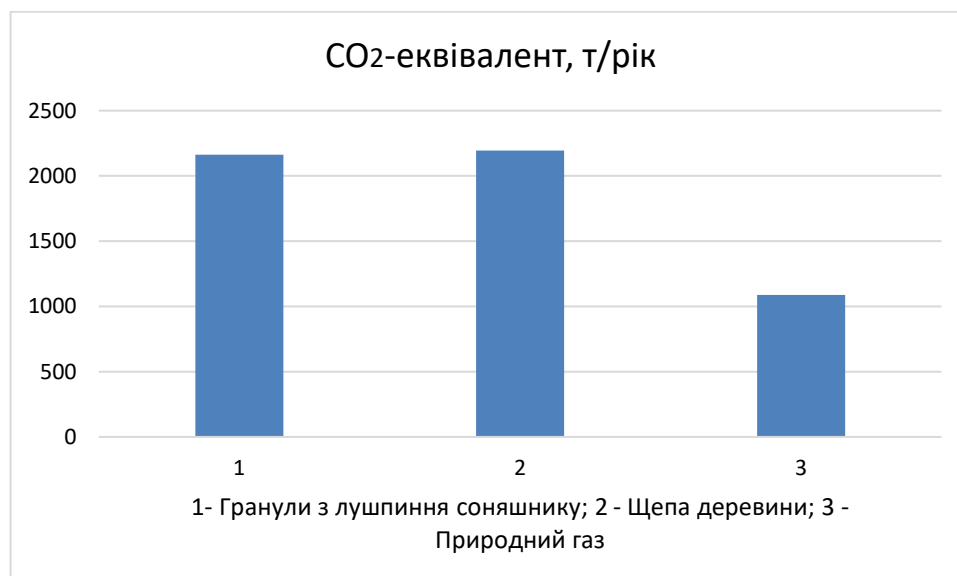


Рисунок 2.4 – Валові викиди парникових газів у перерахунку на CO₂ – еквівалент під час спалювання природного газу, щепи деревини та гранул з лушпиння соняшнику

Як видно з рисунку 2.4, CO₂-екв майже в 2 рази більший для біопалив, ніж для природного газу.

Слід зазначити, що за викиди CO₂ підприємства сплачують екологічний податок. З 1 січня 2019 року ставка податку зросла у 24 рази до 10 грн за тону викидів CO₂. Під оподаткування підпадають підприємства, які спалюють біомасу, хоча вона вважається вуглецевонеїтральним паливом і у світі не оподатковується. Україна має зобов'язання гармонізувати своє законодавство з директивою ЄС 2003/96/ЄС про реструктуризацію оподаткування електроенергії і перенести базу оподаткування викидів CO₂ на викопне паливо. Це буде стимулювати перехід на відновлювані джерела енергії, оскільки вони не підпадають під оподаткування.

Результати досліджень опубліковано в роботі [18].

2.10 Підбір обладнання для проведення модернізації

Підбір котла

Для встановлення обираємо твердопаливний котел потужністю 900 кВт [19]. Котел буде працювати в середньоопалювальний період. В максимальноопалювальний період буде працювати водогрійний котел на природному газі.

Конструкція котла повинна передбачати його експлуатацію з електронним пультом керування та вентиляторами піддуву. Електронний регулятор призначений для забезпечення заданої температури теплоносія на виході твердопаливного котла шляхом регулювання обертів вентиляторів, подачею палива та циркуляцією теплоносія.

Вартість котла разом з бункером для палива становить 863900 грн.

Технічні характеристики котла наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики котла Ретра – 3М

Назва параметру та розміру	Модель Ретра – 3М
Номінальна продуктивність, кВт	900
Габаритні розміри котла, мм	
Довжина	3420
Ширина	2120
Висота	2640
Вид палива	Дрова, брикети з відходів деревообробки, лузги соняшника, соломи, торфу, вугілля буре та кам'яне, щепи
Коефіцієнт корисної дії, %	87
Максимальна температура води, °С	
- на виході з котла, не більше	100
- на вході в котел, не менше	55
Коефіцієнт надлишку повітря	1,3
Температура димових газів, °С	160
Об'єм бункера в комплектації Віо, м ³	2
Діаметр димової труби, мм/ Висота, м, не менше	700/25
Маса котла, (без води), кг	5980

Бункер для подачі палива.

Згідно [12] місткість паливних бункерів котлів і відповідний режим роботи паливоподавання, а також доцільність улаштування загальних паливних бункерів котельні визначають на основі порівняльного аналізу техніко-економічних показників можливих варіантів. Запас вугілля у бункерах кожного котла приймають не менше ніж на 3 год його роботи, запас фрезерного торфу, біопалива – не менше ніж на 1,5 год.

Секундна витрата палива становить $V_p = 0,062$ кг/с, годинна 223 кг/год. Для забезпечення трьох годин роботи котла необхідна маса палива 669 кг. Насипна густина паливних гранул 450 кг/м³. Необхідний об'єм бункера для забезпечення

тригодинної роботи котла становить $669/450=1,48 \text{ м}^3$. Беремо стандартний бункер 2 м^3 .

Технічні характеристики бункера: об'єм 2 м^3 ; діаметр шнека 162 мм ; довжина шнека 1550 мм ; споживана потужність $1,1 \text{ кВт}$; маса основного бункера 700 кг .

Механізований склад палива.

Згідно [12] місткість витратних (оперативних) складів палива передбачають: при постачанні палива автотранспортом – не більше ніж 7-добової витрати (у даному розділі добова витрата палива визначається для режиму, що відповідає тепловому навантаженню котельні в середньоопалювальному режимі).

Витрата палива за 7 діб становить $M=37464 \text{ кг}$. Насипна густина гранул лущиння соняшника $\rho_{\text{нас}}=450\dots550 \text{ кг/м}^3$.

Об'єм, що займає паливо в складі $V= M/ \rho_{\text{нас}}=37464/450=83 \text{ м}^3$. Вартість складу становить 100000 грн .

Підбір циклона.

Об'ємна витрата продуктів згорання

$$V_{\text{д.г.}} = B_p \cdot V_g \cdot \frac{t'_r + 273}{273}, \quad (2.67)$$

де B_p – розрахункова витрата палива, кг/с ;

V_g – дійсний об'єм димових газів, $\text{м}^3/\text{кг}$;

t'_r – температура димових газів на виході з котла, $^{\circ}\text{C}$.

$$V_{\text{д.г.}} = 0,062 \cdot 5,36 \cdot \frac{160 + 273}{273} = 0,527 \text{ (м}^3/\text{с)} \text{ або } 1898 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Обираємо циклон ЦН-15 виробництва Монастирищенського заводу котельного обладнання [19].

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики циклона ЦН-15

Характеристика	Величина
Номінальна продуктивність, м ³ / год	1800 – 2800
Коефіцієнт очищення, %	80 – 95
Температура димових газів, °С, не вище	400
Робочий об'єм циклона, м ³	0,5
Об'єм бункера осадження, м ³	0,84
Маса, кг, не більше	370

Вартість циклона 23000 грн.

Для відведення димових газів встановлюємо окрему димову трубу [19] висотою 30 м. Вартість погонного метра димової труби 1581 грн. Загальна вартість труби 47430 грн.

Таким чином, загальні капіталовкладення в закупівлю обладнання для модернізації становить 1 млн. грн. Вартість монтажу беремо 50 % від вартості обладнання. Вартість трубопроводів і запірно-регулювального обладнання 0,1 млн. грн. Вартість проектних робіт становить 0,2 млн.грн

Таким чином, загальні капіталовкладення становлять $K = 1$ млн. 800 тис. грн.

Простий термін окупності

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E_{\text{річ}}}, \quad (2.68)$$

де K – капіталовкладення, грн,

$E_{\text{річ}}$ – чиста річна економія коштів, грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{1800000}{(794 - 549) \cdot 14946} = 0,5 \text{ (року)}.$$

3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ВОДОГРІЙНОГО КОТЛА НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

3.1 Розрахунок та підбір обладнання схеми обв'язки водогрійного котла

Робочим паливом для твердопаливного котла Ретра-3М Віо 900 кВт прийнято гранули з лушпиння соняшнику з теплотою згорання $Q_H^p = 15$ МДж/кг.

Витрата робочого палива на Ретра-3М Віо 900 кВт

$$B_p = \frac{Q_{BK}}{Q_H^p \cdot \eta_{BK}}, \quad (3.1)$$

де Q_{BK} – номінальна потужність твердопаливного водогрійного котла, кВт;

η_{BK} – коефіцієнт корисної дії водогрійного котла.

$$B_p = \frac{0,9}{15 \cdot 0,86} = 0,096 \text{ (кг/с)}.$$

Номінальна витрата димових газів з Ретра-3М Віо 900 кВт

$$V_{д.г.} = B_p \cdot V_{г.} \cdot [(t_{вг} + 273) / 273], \quad (3.2)$$

$$V_{д.г.} = 0,096 \cdot 7,7 [(180 + 273) / 273] = 1,223 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Тоді, подача димососа на Ретра-3М Віо 900 кВт

$$V_d = 1,1 \cdot V_{д.г.} \cdot 3600, \quad (3.3)$$

$$V_d = 1,1 \cdot 1,223 \cdot 3600 = 4844,5 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Тобто димові гази з твердопаливного котла Ретра-3М Віо 900 кВт планується відводити за допомогою димососу ДН-6,3 95-40, що має характеристики: продуктивність 4900 м³/год, тиск 680 Па, потужність електродвигуна (АИР100L4) складає 4 кВт за кількості обертів 1500 об/хв [21].

Площа газоходу для проходження димових газів

$$f = (V_{\text{д.г.}} / \omega), \quad (3.4)$$

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

$$f = 1,223 / 6 = 0,2038 \text{ (м)}.$$

Приймаємо уніфікований розмір газоходу 450х450 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].

3.2 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу

Твердопаливний водогрійний котел працює на альтернативному виді палива – гранули з лушпиння соняшнику. Габаритні розміри теплогенератора: 3420×2120×2640 мм. Маса котла без води 5980 кг.

Автоматичний котел оснащений живильним бункером об'ємом 2 м³. За потреби об'єм бункера можна збільшити до 2,5 м³, 3 м³ і більше за допомогою надставок, які встановлюються на основний бункер. Габаритні розміри бункера: 1100×1100×2050 мм. Маса бункера 210 кг.

Для відведення димових газів у навколишнє середовище передбачається встановлення окремої утепленої димової труби з нержавіючого матеріалу (AISI(201/201)) діаметром 700/760 мм і висотою 25 м. Труба Versia-Lux складається із секцій довжиною 1 м [23].

Переміщення димових газів із котла до димової труби забезпечується димососом одностороннього всмоктування ДН-6,3 95-40 з електродвигуном АИР100L4. Димосос ДН 95-40 призначено для відведення вибухобезпечних димових газів із топок парових і водогрійних котельних агрегатів з кінцевою запиленістю димових газів не більше ніж 2 г/м^3 . Температура навколишнього середовища від -30°C до $+40^\circ\text{C}$. Температура переміщуваних димових газів до 200°C (короткочасно до 250°C) [24].

Транспортування відхідних газів виконується газоходами із корозійно-стійкої сталі класу П товщиною 0,6 мм.

Оскільки даний твердопаливний котел працює на трісці деревини, у системі відведення димових газів необхідно передбачити систему очищення димових газів, наприклад циклон МЦ-800.

До обсягу робіт у даній роботі не включені роботи з влаштування фундаментів під обладнання, димову трубу та монтаж циклона.

3.3. Визначення складу і об'ємів робіт

3.3. 1 Склад робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання газоходів.
3. Монтаж твердопаливного водогрійного котла Ретра-3М Віо потужністю 900 кВт.
4. Монтаж живильного бункера об'ємом 2 м^3 .
5. Монтаж димососа ДН-6,3 95-40 з електродвигуном АИР100L4.
6. Встановлення щогли для димової труби $H = 25 \text{ м}$.
7. Встановлення димової труби $D = 700/760 \text{ мм}$ і $H = 25 \text{ м}$.
8. Прокладання газоходів і фасонних частин $450 \times 450 \text{ мм}$ та $\varnothing 500 \text{ мм}$.
9. Монтаж шибера $D = 500 \text{ мм}$ Versia-Lux.
10. Пневматичне випробування газоходів.
11. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.

12. Повернення допоміжного обладнання на склад.

3.3.2 Об'єми робіт

Розрахунки виконано згідно [23 – 26]

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса твердопаливного котла системи відведення димових газів, основних та допоміжних матеріалів виробів та обладнання складає 11246,8 кг (11,25 т). Приймаємо $V = 11,25$.

2. Розмітка місць прокладання газоходів. Одиниці вимірювання – 100 м. Загальна довжина всіх газоходів складає $L = 15,53$ м. Приймаємо $V = 0,1553$.

3. Монтаж твердопаливного водогрійного котла Ретра-3М Віо потужністю 900 кВт. Одиниці вимірювання – штуки. У котельні встановлюється 1 водогрійний котел потужністю 900 кВт. Приймаємо об'єм $V = 1$.

4. Монтаж живильного бункера об'ємом 2 м³. Одиниці вимірювання – тони. Маса щогли складає 210 кг (0,21 т). Приймаємо $V = 0,21$.

5. Монтаж димососа ДН-6,3 95-40 з електродвигуном АИР100L4. Одиниці вимірювання – 1 штука. У газовому тракті водогрійного котла встановлюється 1 димосос. Приймаємо $V = 1$.

6. Встановлення щогли для димової труби $H = 25$ м. Одиниці вимірювання – тони. Маса щогли складає 496 кг (0,5 т). Приймаємо $V = 0,5$.

7. Встановлення димової труби $D = 700/760$ мм і $H = 25$ м. Одиниці вимірювання – тони. Маса утепленої двостінної димової труби складає 1301 кг (1,3 т). Приймаємо $V = 1,3$.

8. Прокладання газоходів і фасонних частин 450x450 мм та $\varnothing 500$ мм. Одиниці вимірювання – 100 м². У газовому тракті водогрійного котла монтується 22,92 м² газоходів і фасонних частин 450x450 мм, $\varnothing 500$ мм. Приймаємо $V = 0,2292$.

9. Монтаж шиберу Versia-Lux $D = 500$ мм. Одиниця вимірювання – 1 шт. У газовому тракті водогрійного котла монтується 1 шибер $D = 600$ мм. Приймаємо $V = 1$.

10. Пневматичне випробування газоходів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всіх газоходів складає $L = 15,53$ м. Приймаємо $V = 0,1553$.

11. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всіх газоходів складає $L = 15,53$ м. Приймаємо $V = 0,1553$.

12. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 2660 кг (2,66 т). Приймаємо $V = 2,66$.

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

Розрахунок та комплектування основних матеріалів наведено у таблиці 3.1, а допоміжних матеріалів та виробів – у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Комплектувальна відомість основних матеріалів і виробів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірюван ня	Кіль- кість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
1	Твердопаливний водогрійний котел Ретра-3М Віо, $Q_{\text{вк}} = 900$ кВт	шт.	1	5980	5980
2	Димосос ДН-6,3 95-40 з електродвигуном АІР100L4	шт.	1	222	222
3	Бункер живильний $V = 2$ м ³	шт.	1	210	210
4	Шибер Versia-Lux D = 500 мм	шт.	1	12,31	12,31
5	Щогла для димової труби H = 25 м	шт	1	496	496
6	Підставка напольна Versia-Lux	шт.	1	4,43	4,43
7	Платформа розвантажувальна з кронштейном Versia-Lux	шт.	24	5,72	137,2
8	Конус Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 220 мм Versia-Lux	шт.	1	13	13

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
9	Коліно 45° Versia-Lux утеплене Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201)	шт	1	20,51	20,51
10	Трійник 45° Versia-Lux утеплений Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201), H = 1375 мм	шт	1	77,13	77,13
11	Труба димохідна утеплена Versia-Lux Ø 700/760 товщина стінки 0.8 мм сталь AISI(201/201) довжина 1000 мм	шт.	24	43,7	1048,8
12	Хомут обжимний Versia-Lux Ø 760	шт.	25	1,22	30,5
13	Перехід 725×412 /Ø500 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,2$ мм (0,75 м ²)	шт.	1	7,02	7,02
14	Перехід Ø418/450×450 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,2$ мм (0,6 м ²)	шт.	1	5,62	5,62
15	Перехід 450×450 / 236×315 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,2$ мм (0,57м ²)	шт.	1	5,34	5,34
16	Перехід 450×450 /Ø700 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,2$ мм (0,45 м ²)	шт.	1	4,21	4,21
17	Перехід 156×666 / 450×450 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,2$ мм (0,76 м ²)	шт.	1	7,11	7,11
18	Перехід 446×281/ 450×450 мм, L = 300 мм, $\delta = 1,2$ мм (0,64 м ²)	шт.	1	5,99	5,99

1	2	3	4	5	6
19	Газохід $\varnothing 500$ мм, $\delta = 1,2$ мм, L = 300 мм (0,47 м ²)	шт	1	4,4	4,4
20	Газохід 450×450 мм, $\delta = 1,2$ мм , L = 1000 мм (1,8 м ²)	шт.	5	16,85	84,24
21	Газохід 450×450 мм, $\delta = 1,2$ мм , L = 1300 мм (2,34 м ²)	шт.	1	21,9	21,9
22	Відвід на 90° 450×450 мм, $\delta = 1,2$ мм (1,17 м ²)	шт.	5	10,95	54,75
23	Відвід на 90° $\varnothing 500$ мм, $\delta = 1,2$ мм , (1,49 м ²)	шт.	1	13,95	13,95

Таблиця 3.2 – Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів і виробів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірюв ання	Кіль- кість	Маса	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Допоміжні матеріали					
для монтажу твердопаливного водогрійного котла Ретра-3М Біо [6]					
1	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00008	0,08
2	Масло індустрієне И-20А	т	1	0,00005	0,05
3	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00398	3,98
4	Оліфа натуральна	кг	1	0,04	0,04
5	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,44	0,44

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
6	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0164	16,4
7	Вода	м ³	1	6,1	6100
8	Очіс льняний	т	1	0,00004	0,04
9	Пароніт	т	1	0,00092	0,92
Для монтажу димососа ДН-6,3 95-40					
10	Поковки масою 1,8 кг виготовлені із квадратних заготовок	т	1	0,02	20
11	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50А	т	1	0,00011	0,11
12	Порошок графітовий	кг	1	0,8	0,8
Для монтажу живильного бункера V=2 м ³					
13	Болти із шестигранною головкою оцинковані, діаметр різьби 12-[14] мм	т	0,21	0,00044	0,092
14	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6x50 мм	т	0,21	0,00001	0,02
15	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3 – 6,5 мм	т	0,21	0,00001	0,02
16	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3 – 6,5 мм	т	0,21	0,00003	0,006
17	Швелери N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглецевої звичайної якості, марка Ст0	т	0,21	0,00194	4,074
18	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,21	0,0004	0,084
19	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,21	0,011	2,31

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
20	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, I сорт	м ³	0,21* 0,00103	520	0,112
21	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	0,21	0,00031	0,065
22	Розчинник, марка Р-4	т	0,21	0,00006	0,013
23	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм ² , діаметр 5,5 мм	10 м	0,21*0 ,0187	1,2	0,005
для монтажу газоходів 450×450 мм , Ø500 мм і фасонних частин [9]					
24	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0- 10,0 мм	т	0,2292	0,0031	0,71
25	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,2292	2,81	0,644
26	Емульсія мильна	т	0,2292	0,0012	0,275
27	Електроди, марка Э42, діаметр 2 мм	т	0,2292	0,00053	0,121
28	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,2292	0,02265	5,191
Для монтажу щогли та димової труби [8]					
29	Болти із шестигранною головкою, діаметр різьби 10 мм	т	1,31 0,5	0,00253 0,00044	3,534
30	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,8х60 мм	т	1,81	0,00001	0,018
31	Канати прядив'яні просочені	т	1,81	0,0001	0,181

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
32	Розчинник для лакофарбових матеріалів N 649	т	1,31	0,00006	0,077
33	Розчинник, марка Р-4	т	0,5	0,00006	0,03
34	Електроди, діаметр 8 мм, марка Э46	т	1,31	0,0207	27,117
35	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э46		0,5	0,004	0,2
36	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42		0,5	0,004	0,2
37	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 2-3,75 м, ширина 75-150 мм, товщина 16 мм, II сорт	м ³	1,31*0,001 0,5*0,00103	520	0,949
38	Шпали просочені для залізниць широкої колії, обрізні та необрізні хвойні [крім модрина], тип II	шт	1,31*0,08	80	8,384
39	Окремі конструктивні елементи будівель та споруд [колони, балки, ферми, зв'язки, ригелі, стояки тощо] з перевагою товстолистової сталі, середня маса складальної одиниці до 0,5 т	т	1,31 0,5	0,0105	19,005

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
40	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	1,81	0,00031	0,561
41	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм ² , діаметр 5,5 мм	10 м	0,5*0,0187	1,2	0,011
42	Швелери N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглецевої звичайної якості, марка Ст0	т	0,5	0,00194	0,97
Для монтажу шибера Ø500 мм [9]					
43	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0-10,0 мм	кг	1	0,00017	0,17
44	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	1	0,38	0,38
45	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,0002	0,2

Маса основного обладнання і матеріалів – 8466,41 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 120,39 кг.

Необхідна кількість води – 6100 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 8466,41 + 120,39 + 2660 = 11246,8 \text{ (кг)}.$$

3.5 Вибір машин і механізмів

Основне та допоміжне обладнання водогрійного котла та його газового тракту доставляються на монтажний майданчик вантажним автомобілем Mercedes-Benz Atego 1223 за три рази. Технічні характеристики автомобіля показані в таблиці 6.1

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики автомашини Mercedes-Benz Atego 1223 [28]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	5000
Споряджена маса	кг	3400
Колісна база	мм	3560
Тип палива	-	дизель
Габарити:	мм	
Довжина		6580
Ширина		2450
Висота		2260
Витрата палива у змішаному циклі	л/100 км	11

Зварювальні роботи виконуються за допомогою зварювального інверторного апарату Tesla Weld MMA 350 з технічними характеристиками [29]:

- номінальна споживана потужність, кВт – 12,95;
- регулювання зварювального струму, А – 20 – 350;
- напруга мережі живлення, В – 380 ;
- діаметр електродів , мм – 1,6 – 2,0 – 3,0 – 4,0 – 5,0 – 6,0;
- напруга холостого ходу, В – 61;
- коефіцієнт корисної дії, % - 85;
- маса – 18 кг.

Таблиця 3.4 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників [30]

Найменування	Кільк., шт.	Заг. 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
		Σ=11,75

Для підйомних робіт в котельні використовуємо лебідку електричну 7.1ТН 120м, що має такі технічні характеристики: тягове зусилля 71 кН; потужність двигуна 11 кВт; розрахункова канатоємність 120 м; діаметр каната вантажного барабана 22,5 мм; габаритні розміри : 1200x1250x1000 мм; маса – 1050 кг [31].

Випробування газоходів виконується за допомогою пересувного компресора ODWERK TOF 1190, що має такі характеристики: тип – поршневий; об'єм ресивера – 90 л; потужність двигуна – 2,2 кВт; максимальний тиск – 8 бар; продуктивність – 600 л/хв.; маса – 77 кг [32].

Монтаж газоходів виконуємо за допомогою ножичного підйомника GS 1932, що має такі характеристики [33]: вантажопідйомність максимальна – 227 кг; довжина та ширина підйомної платформи – 2540 та 810 мм відповідно; висота підйому максимальна – 7800 мм; маса – 1503 кг.

Загальна маса допоміжного обладнання складає 2660 кг.

4 ВОДОГРІЙНИЙ КОТЕЛ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

4.1 Обґрунтування конструкції котла

Оскільки потужність системи опалення в середньоопалювальний період становить 860 кВт, прийнято рішення встановити котел на твердому паливі потужністю 900 кВт, що буде працювати на гранулах лушпиння соняшнику. Для розробки обираємо жаротрубну конструкцію котла. Для підвищення інтенсивності теплообміну в трубах встановлюємо інтенсифікатори теплообміну у вигляді скрученої стрічки.

Є декілька способів спалювання гранул: у передтопці перед котлом, на ретортному пальнику, у факельному пелетному пальнику, на рухомій колосниковій решітці, на нерухомій колосниковій решітці. Кожен з цих методів має переваги і недоліки. Для котла, що проєктується обираємо пальний ретортного типу.

Для підвищення ефективності спалювання палива, необхідно передбачити розділення повітря на первинне і вторинне.

Для очищення труб котла від золових відкладень сучасні виробниці передбачають систему, що призводить в рух турбулізатори і вони очищають поверхню.

Для подачі палива в пальник необхідно передбачити місце для встановлення шнеку.

Для видалення золи в конструкції котла необхідно встановити шнек.

Камеру згорання розділимо на дві частини: спалювання гранул на пальнику і камеру допалювання газоподібних речовин. В камеру допалювання буде подаватись вторинне повітря. Топку викладемо з вогнетривкого матеріалу.

Для розрахунку котла використаємо комп'ютерну програму “Тепловий розрахунок водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах” [34] розроблену на кафедрі теплоенергетики ВНТУ.

Програма дозволяє виконувати як конструктивний, так і перевірний розрахунок водогрійних котлів.

Перед введенням початкових даних у програму, потрібно задатись розмірами топки, визначити площу топки, в тому числі площу топки, що омивається водою, визначити площу дзеркала горіння, об'єм топки, задатись кількістю труб, їх довжиною. В програмі обрати тип інтенсифікатора та його характеристики (наприклад крок згину чи крок закручування).

4.2 Початкові дані для розробки водогрійного котла на твердому паливі

Склад палива наведено в таблиці 2.1.

Потужність котла 900 кВт; температура води в подавальному трубопроводі 95 °С, температура води у зворотному трубопроводі 70 °С; коефіцієнт надлишку повітря беремо 1,4; втрати теплоти з хімічним недопалюванням палива 1%; втрати теплоти з охолодженням котла 1 %; втрати теплоти з механічним недопалюванням 1 %; частка виносу золи 0,6; температура холодного повітря становить 20 °С.

Крок інтенсифікатора 6. Температурою відхідних газів задаємося таким чином, щоб відхил теплового балансу був менше 1,5 %. У випадку, якщо відхил значний, корегують геометричні розміри топки і теплообмінника.

Результати проєктування котла за допомогою програми наведено в додатку В. За результатами розрахунку отримано такі результати: коефіцієнт корисної дії котла $\eta=88,1$ %; температура відхідних газів $t_{вг}=175$ °С; витрата котлової води $G_k=8,6$ кг/с; витрата палива $B_p=0,065$ кг/с; довжина труб теплообмінника $L=1,5$ м; кількість труб $n=100$ шт; тип інтенсифікатора скручена пластина з кроком закручування 6.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розглянуто питання охорони праці під час монтажу обладнання в процесі модернізації водогрійної котельної в місті Полонне. Аварії будівельних машин і механізмів, електричного інструменту, що використовуються в процесі будівельно-монтажних робіт, а також невиконання правил по їхній безпечній експлуатації можуть призвести 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 монтаж обладнання водогрійної котельної, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [37, 38].

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.

1.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу обладнання водогрійної котельної монтажники повинні дотримуватися правил охорони праці в будівництві [39], відповідно до яких

потрібно перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмощування. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР. Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного.

Під час монтажу огорожувальних панелей необхідно застосовувати запобіжний пояс разом із запобіжними пристроями, про що слід зазначити у ПВР. Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій і обладнання, що монтуються.

Навісні металеві драбини довжиною більше ніж 5 м необхідно огородити металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріпити до конструкцій чи обладнання. Піднімання робітників по навісних драбинах на висоту більше ніж 10 м допускається лише у разі їх обладнання площадками для відпочинку не менше ніж через кожних 10 м по висоті.

Розтяжки для тимчасового закріплення конструкцій, що монтуються, необхідно прикріпити до надійних опор. Кількість розчалювань, їх матеріал і перетин, способи натягування і місця закріплення визначаються у ПВР. Розтяжки необхідно розташовувати за межами габаритів руху транспорту і будівельних машин; вони не повинні мати дотику до гострих кутів інших конструкцій. Перегин розтяжок у місцях дотику їх до інших конструкцій допускається лише

після перевірки міцності та стійкості цих елементів під впливом зусиль від розчалювання.

Необхідно запобігати розгойдуванню й обертанню елементів конструкцій чи обладнання, що монтуються, під час переміщення. Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати засобами, що забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли висота до замка засобу, що захоплює вантаж, перевищує 2 м.

До початку виконання монтажних робіт необхідно визначити порядок обміну умовними сигналами між особою, яка керує монтажем, та машиністом (мотористом) крана. Усі сигнали подаються лише однією особою (бригадиром монтажної бригади, ланковим, такелажником- стропальником). Лише сигнал «Стоп» може подати будь-який робітник, який помітив небезпеку.

Якщо конструкція, що монтується, знаходиться за межами поля зору машиніста крана, між ним та монтажниками повинен бути забезпечений надійний зв'язок. Якщо такої можливості немає, призначаються проміжні сигнальники з числа стропальників (такелажників).

В особливо відповідальних випадках (у разі піднімання конструкцій із застосуванням складного такелажу, методу повороту, під час насування великогабаритних і важких конструкцій; під час піднімання їх двома механізмами чи більше тощо) сигнали повинен подавати тільки керівник робіт.

Стропування елементів, що монтуються, необхідно виконувати у місцях, зазначених у робочих кресленнях, і забезпечувати їх піднімання і подавання до місця встановлення у положенні, близькому до проектного. Забороняється піднімання елементів будівельних конструкцій, що не мають монтажних петель чи отворів, маркування і позначок, які забезпечують їх правильне стропування і монтаж. Під час монтажу з транспортних засобів елементи конструкцій забороняється проносити над кабіною водія.

Очищення елементів конструкцій, що підлягають монтажу, від бруду і льоду необхідно робити до їх піднімання. Елементи, що підлягають монтажу, необхідно піднімати плавно, без ривків, розгойдування та обертання. Піднімання вантажу

(прикладного, частково засипаного ґрунтом, сміттям, з'єднаного з елементами інших конструкцій тощо), який перевищує вантажопідйомність монтажного крана, заборонено. Піднімати конструкції необхідно в два етапи: спочатку на висоту 20-30 см, потім, після перевірки надійності стропування та монтажних петель, здійснювати подальше піднімання.

Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі – не менше ніж 0,5 м. Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

Установлені в проектне положення елементи конструкцій чи обладнання повинні бути закріплені так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність. Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможливорює видимість у межах фронту робіт.

5.1.2 Електробезпека

Живлення технологічного обладнання та системи освітлення твердопаливної водогрійної котельної 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, 41] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Загальні вимоги 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.

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 [42]. 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 обладнання твердопаливної водогрійної котельної відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [42].

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 [42] наведено в табл. 5.2.

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	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [43]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами , які встановленні безпосередньо на ділянцях 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.

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 [44] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

5.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу обладнання твердопаливної водогрійної котельної 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.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [45] 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.

ВИСНОВКИ

В ході виконання бакалаврської дипломної роботи проведено модернізацію водогрійної котельні в м. Полонне. Виконано аналітичний огляд літературної інформації, результатом якого є виявлення напрямів модернізації котелень. На основі огляду літературної інформації виявлено найбільш ефективні конструкції водогрійних котлів на твердому паливі. Проаналізовано переваги і недоліки різних видів біопалив.

Проведено розрахунок теплової схеми котельні. Визначено витрати палива на котельню в максимально-опалювальний $B_p=0,0575 \text{ м}^3/\text{с}$, середньоопалювальний $B_p=0,026 \text{ м}^3/\text{с}$ та міжопалювальний $B_p=0,006 \text{ м}^3/\text{с}$ періоди. Визначено, що собівартість виробництва теплової енергії в існуючій котельні $СВ=794 \text{ грн/ГДж}$.

Виконано багатоваріантний аналіз для вибору джерела теплоти водогрійної котельні. Розглянуті варіанти влаштування котельні на гранулах з лущиння соняшнику, гранулах з соломи, щепі деревини. Проведено оцінку екологічної ефективності переведення котельні на гранули з лущиння соняшнику. Показано, що викиди парникових газів у разі переведення на спалювання гранул з лущиння соняшнику майже вдвічі перевищують такі викиди при спалюванні природного газу. Валові викиди оксидів азоту в 1,38 рази більші при спалюванні природного газу. Собівартість виробництва теплової енергії після модернізації – 549 грн/ГДж . Капіталовкладення в проєкт $K=1,8 \text{ млн. грн}$, а термін окупності 0,5 року.

Розроблено монтажну схему, що містить систему твердопаливний водогрійний котел, витратний бункер для палива, димосос, циклон, димову трубу і газоходи.

Підібрано димосос для відведення димових газів під час роботи для роботи твердопаливного водогрійного котла, складено відомість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для його монтажу. При цьому основного обладнання і матеріалів склала $8466,41 \text{ кг}$, а допоміжного – $120,39 \text{ кг}$.

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах і механізмах. Так для транспортування матеріалів використовується автомашина Mercedes-Benz Atego 1223, для зварювання використовується зварювального інверторного апарат

Tesla Weld MMA 350, для випробувань газопроводів використовується пересувний компресор ODWERK TOF 1190, для підйому обладнання – електричну лебідку 7.1TH 120м, для монтажу газопроводів – ножичний підйомник GS 1932.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу котла і газопроводів. Загальна маса обладнання – 2660 кг.

Спроектовано водогрійний котел на твердому паливі потужністю 900 кВт для спалювання гранул з лущиння соняшнику. ККД котла 88,1 %. Котел обладнано інтенсифікаторами теплообміну, шнеком для подачі палива та відведення золи, а також системою для автоматичного очищення теплообмінника котла від золових відкладень. За результатами розрахунку отримано такі результати: температура відхідних газів $t_{вг}=175$ °С; витрата котлової води становить $G_k=8,6$ кг/с; витрата палива $V_p=0,065$ кг/с; довжина труб теплообмінника $L=1,5$ м; кількість труб $n=100$ шт; тип інтенсифікатора скручена пластина з кроком закручування 6.

Розроблено заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична стратегія України до 2030 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13>. Дата звертання 10.05.2024.
2. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 170 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/9951a020-c769-4ab2-b6f9-2e7077a401d3/content> (дата звернення 20.03.2024 р).
3. Оптимальні рішення для модернізації котелень URL:<https://www.kronaimpuls.com.ua/optimalni-rishennya-dlya-modernizatsiyi-kotelen-2/> (дата звернення 20.03.2024 р).
4. Модернізація котелень. URL:<https://alfagaz.com.ua/modernizatsiya-kotelnyh/> (дата звернення 20.03.2024 р).
5. Степанов Д. В., Боднар Л. А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності. Вінниця: Універсум, 2011. 132 с.
6. Боднар Л. А., Головка Г. О. Підвищення енергетичної ефективності й екологічної безпеки теплогенераторів для спалювання соломи. Науково-технічний збірник "Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві". 2017. №1. С. 112– 117.
7. Котел шахтний твердопаливний водогрійний тривалого горіння: пат. 119134 Україна: МПК(2017.01) F24H1/00, F23B60/00. № 201703522; заявл. 11.04.2017; опубл. 11.09.2017, Бюл. № 17. 5 с.
8. Опалювальний водогрійний твердопаливний котел: пат. 126088 Україна: МПК(2017.01) F24H1/22, F24H1/08. № 201711759; заявл. 01.02.2017; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11. 5 с.
9. Водогрійний котел : пат. 102615 Україна: МПК(2015.01) F24H1/00. № 201504315; заявл. 05.05.2015; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21. 5 с.

10. Що таке біомаса? URL: <https://uabio.org/news/7609/>(дата звернення 20.03.2024 р).
11. Використання твердої біомаси як палива на котельних URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/11/4.-Kramar-V.-G.-Vykorystannya-tverdoyi-biomasy-yak-palyva-na-kotelnyh.pdf> (дата звернення 20.03.2024 р).
12. ДБН В 2.5–77:2014. Котельні : [Чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 65 с.
13. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
14. Мінфін. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/trans/> (дата звернення 05.04.2024 р).
15. Когенераційна установка Viessmann https://static.viessmann.com/resources/technical_documents/UA/uk/VDP/6223265VDP00006_1.pdf?#pagemode=bookmarks&zoom=page-fit&view=Fit (дата звернення 15.04.2024 р).
16. Prozorro Market. URL: [23. Аналіз цін у Prozorro Market - Ціни товарів \(завершені закупівлі із одним предметом лота\) | Лист - Qlik Sense](#) (дата звернення 16.04.2024 р) (дата звернення 01.04.2024 р).
17. ГКД 34.02.305–2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. 40 с.
18. Боднар Л. А., Вакулук Р. Ю. Енергетична та екологічна ефективність переведення водогрійної котельні на спалювання біопалива. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці” ВНТУ, Вінниця, 15.10.2023 – 20.05.2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21272>. (дата звернення 15.05.2024 р).
19. Котли Ретра. URL: <https://retra.com.ua/retra.com.ua> (дата звернення 06.04.2024 р).

20. Монастирищенський завод котельного обладнання. URL: <https://tekomp-zavod.com.ua/ua/p1020474630-tsiklon-tsn-kotlu.html> (дата звернення 06.04.2024 р.).

21. Димосос ДН-6,3 95-40 4 кВт 1500 об/хв. URL: <https://www.vent.com.ua/dymosos-dn-63-ehldv-4-1500/> (дата звернення 01.04.2024 р.).

22. ДИМОВІ ТРУБИ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОСТІ. URL: <https://versia-lux.com.ua/products/dymovye-truby-dlja-promyshlennosti> (дата звернення 01.04.2024 р.).

23. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення 01.04.2024 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 01.04.2024 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-konstrukciyi.-zbirnyk-9.pdf> (дата звернення 01.04.2024 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 01.04.2024 р.).

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

28. Вантажівки Mercedes-Benz Atego 1223. URL: <https://autoline.ua/-/vantazhivki/Mercedes-Benz/Atego-1223c2tm2675m8608>
(дата звернення 01.04.2024 р.).
29. Зварювальний інверторний апарат Tesla Weld MMA 350. URL: <https://ua.teslaweld.com/svarochnyy-invertornyy-apparat-tesla-weld-mma-350> . (дата звернення 01.04.2024 р.).
30. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення 01.04.2024 р.).
31. ЛЕБІДКА ЕЛЕКТРИЧНА 7.1ТН 120М. URL: <https://load-tech.com.ua/uk/lebidki-elektrichni/248-lebidka-elektrichna-71tn-120m.html> (дата звернення 01.04.2024 р.).
32. КОМПРЕСОР ODWERK TOF 1190. URL: <https://budprokat.kiev.ua/ua/kompressor-odwerk-tof-1190.html> (дата звернення 01.04.2024 р.).
33. Ножичні підйомники. URL: https://tedarent.com.ua/nozhichni-pidjomniki/?gclid=Cj0KCQiAiJSeBhCCARIsAHnAzT-BYvIK9hh6uwfwgwXBc0kFsc9KK8maGIykKmecOi-TvLSpd-kcz7IaAnwdEALw_wcB (дата звернення 01.04.2024 р.).
34. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 32324. Комп'ютерна програма “Тепловий розрахунок водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах”.
35. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Боднар Л. А. Котельні установки: електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2016. 185 с.
36. Чепурний М.М., Степанов Д. В., Корженко Є. С. Теплові розрахунки парогенераторів: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2006. 155 с.
37. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073. (дата звернення 11.04.2024 р.).

38. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->. (дата звернення 20.04.2024 р.).

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

40. 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. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

41. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення 11.05.2024 р.).

42. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звернення 11.05.2024 р.).

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

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

45. 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>. (дата звернення 11.05.2024 р.).

ДОДАТКИ

Додаток А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація водогрійної котельні в місті Полонне

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

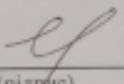
Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichек

Оригінальність 71,4 Схожість 28,6

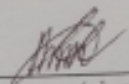
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 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  Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

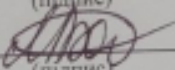
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichек щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

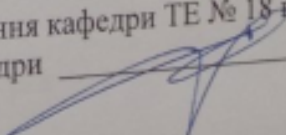
Вакалюк Р.Ю.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Боднар Л.А.
(прізвище, ініціали)

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

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

Додаток Б
(обов'язковий)

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



ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ
доц. Д. В. Степанов

"12" 03 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ В МІСТІ ПОЛОННЕ

08-15.БДР. 008.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доц. кафедри ТЕ

Боднар Лілія Анатоліївна

Виконавець:

студент гр. ТЕ-22 мс

Вакалюк Роман Юрійович

Вінниця – 2024 рік

1 Найменування об'єкта та область застосування

Модернізація водогрійної котельні стосується підвищення енергетичної та економічної ефективності котельні, шляхом переведення її на відновлювальні види палива. Робота спрямована на підвищення енергоефективності та економічності виробництва теплової енергії на котельні.

2 Підстава для розробки

Підставою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БКР № 80 від “11” березня 2024 року

3 Мета і призначення розробки

Модернізація котельні шляхом встановлення водогрійного котла на гранулах з лущиння соняшнику, а також розробці високоефективної конструкції твердопаливного котла.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу, дані літературних джерел, інтернет джерел та інші технічні матеріали про модернізацію водогрійних котелень

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

2. Степанов Д. В., Корженко Є.С., Боднар Л. А. Котельні установки промислових підприємств : навч. посібн. Вінниця : ВНТУ, 2011. 120 с.

3. Ткаченко С. Й., Боднар Л. А. Екологічні аспекти виробництва енергії : навч. посібн. Вінниця : ВНТУ, 2017. 100 с.

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

5 Технічні вимоги

1.2 Технічні характеристики

- потужність системи опалення $Q_{оп}=1600$ кВт;
- система замкнута;
- графік мережної води 95/75 °С;
- потужність гарячого водопостачання $Q_{гвп}=160$ кВт;
- температура води на гаряче водопостачання 60 °С;
- марки встановлених котлів КСВа-1.0Гн «ВК-22» (3 шт);
- тривалість опалювального періоду 189 діб; тривалість міжопалювального періоду 176 діб;
- види палива: природний газ, гранули з лушпиння соняшнику.

1.3 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

1.4 Вимоги з надійності

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

6 Економічні вимоги

Проаналізувати роботу котельні до та після модернізації, визначити собівартість виробництва теплової енергії.

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Назви розділів		
1	Аналітичний огляд літературної інформації		
2	Аналіз показників роботи котельні.	15.03.2024 – 20.03.2024 р.	
3	Технологія монтажу водогрійного котла на твердому паливі	21.03.2024 – 10.04.2024 р.	
4	Водогрійний котел на твердому паливі	11.04.2024 – 27.04.2024 р.	
5	Охорона праці	28.04.2024 – 15.05.2024 р.	
6	Оформлення БКР	16.05.2024 – 25.05.2024 р.	
7	Попередній захист БКР	26.05.2024 – 01.06.2024 р.	
8	Захист БКР	10.06.2024 р.	
		12.06.2024 р.	

11 Порядок контролю і приймання

Порядок контролю за виконанням розробки здійснює дипломний керівник відповідно до встановлених термінів. Приймання розробки відбувається на попередньому і заключному етапах захисту за участю екзаменаційної комісії згідно з графіком захисту.

Коректування технічного завдання допускається з дозволу керівника роботи.

Початок розробки "15" березня 2024 р.

Кінець розробки "05" червня 2024 р.

Розробив студент групи ТЕ-22 мс

Вакалюк Р.Ю.

Додаток В (довідниковий)

Результати розрахунку водогрійного котла за допомогою програми “Тепловий розрахунок водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах”

Тепловий розрахунок теплогенератора
— □ ×

Початкові дані

Потужність котла, кВт	900
Температура в подавальному трубопроводі, град.С	95
Температура в зворотному трубопроводі, град.С	70
Коефіцієнт надлишку повітря в котлі	1,5
Температура відхідних газів, град.С	175
Температура холодного повітря, град.С	20
Частка виносу золи	0,6
Вид палива	тверде паливо
Родовище	інше
Концентрація смол, мг/м³	1000

Розрахувати об'єми та ентальпії повітря і продуктів згорання

Результати розрахунку об'ємів продуктів згорання

Теоретичний об'єм повітря	4,028	куб.м/кг
Теоретичний об'єм триатомних газів	0,797	куб.м/кг
Теоретичний об'єм двоатомних газів	3,186	куб.м/кг
Теоретичний об'єм водяної пари	0,777	куб.м/кг
Теоретичний об'єм димових газів	4,761	куб.м/кг
Дійсний об'єм двоатомних газів	5,201	куб.м/кг
Дійсний об'єм водяної пари	0,809	куб.м/кг
Дійсний об'єм димових газів	6,808	куб.м/кг
Концентрація золи	0,03965	кг/кг
Об'ємна частка триатомних газів	0,117	
Об'ємна частка водяної пари	0,118	
Сумарна частка триат.газів та пари	0,236	

Тепловий баланс і витрата палива

Втрати теплоти від хімічної невовноти згорання, %	0,5
Втрати теплоти від механічної невовноти згорання, %	1
Втрати теплоти від зовнішнього охолодження, %	1

Розрахувати тепловий баланс та витрату палива

Результати розрахунку теплового балансу і витрати палива

Нижча теплота згорання палива	15622	кДж/кг	ККД котла	88,08	%
Ентальпія холодного повітря	104,75	кДж/кг	Коефіцієнт збереження теплоти	0,988	
Ентальпія відхідних газів	1643,4	кДж/кг	Розрахункова витрата палива	0,064751	кг/с
Втрати теплоти з відхідними газами	9,418	%	Витрата котлової води	8,5918	кг/с

Початкові дані

Об'єм топки, м³	1,136
Площа стін топки, м²	4,057
Площа променеспр. поверхні, м²	1,136
Коефіцієнт, що враховує забруднення	0,6
Конструкція пальників	шарові топки
Відношення дзеркала горіння до стін топки, м²/м³	0,185

Виконати тепловий розрахунок топки

Результати теплового розрахунку топки

Корисне тепловиділення в топці	15700	кДж/кг	Ефективна товщина випром. шару	1,008	м
Адіабатна температура	1440	град.С	Добуток rms	0,023789	
Температура на виході з топки	1066,1	град.С	Коефіцієнт ослаблення променів	16,253	
Ентальпія газів на виході з топки	11191	кДж/кг	Критерій Бутера	1,6384	
Променисте тепловиділення	4454,	кДж/кг	Параметр М	0,6517	

Рисунок В1 – Вікно програми розрахунку водогрійного котла

Початкові дані

Внутрішній діаметр труб, мм
Зовнішній діаметр труб, мм
Середня довжина труб, м
Кількість труб, шт.
Тип інтенсифікатора
Товщина інтенсифікатора, м
Відносний крок згину, м/м

скручена пластина

Виконати тепловий розрахунок пучка

Тепловий розрахунок конвективного пучка

Результати теплового розрахунку конвективного пучка

Площа поверхні нагріву	31,08	м2	Коеф. промен.тепловіддачі від газів	6,525518	Вт/м2К
Площа перерізу для проходу газів	0,2646	м2	Температура вставки	470,55	град.С
Середньотемпературний напір	363,26	град.С	Коеф.тепловіддачі від вставки	14,220	Вт/м2К
Середня швидкість газів	5,452	м/с	Коеф.тепловіддачі сумарний	85,591	Вт/м2К
Критерій Рейнольдса	3560,		Коефіцієнт теплопередачі	52,434	Вт/м2К
Коеф.конвект.тепловіддачі від газів	64,84	Вт/м2К	Нев'язка розрахунку пучка	3,0584	%

Температура стінки труби пучка	126,74	град.С	Конденсація водяної пари	не відбуватиметься
Температура конденсації водяної пари	48,744	град.С	Конденсація смол	не відбуватиметься
Температура точки роси прод. згорання	84,866	град.С		
Температура точки роси смол	94,427	град.С		

Нев'язка розрахунку котла 1,1725 %

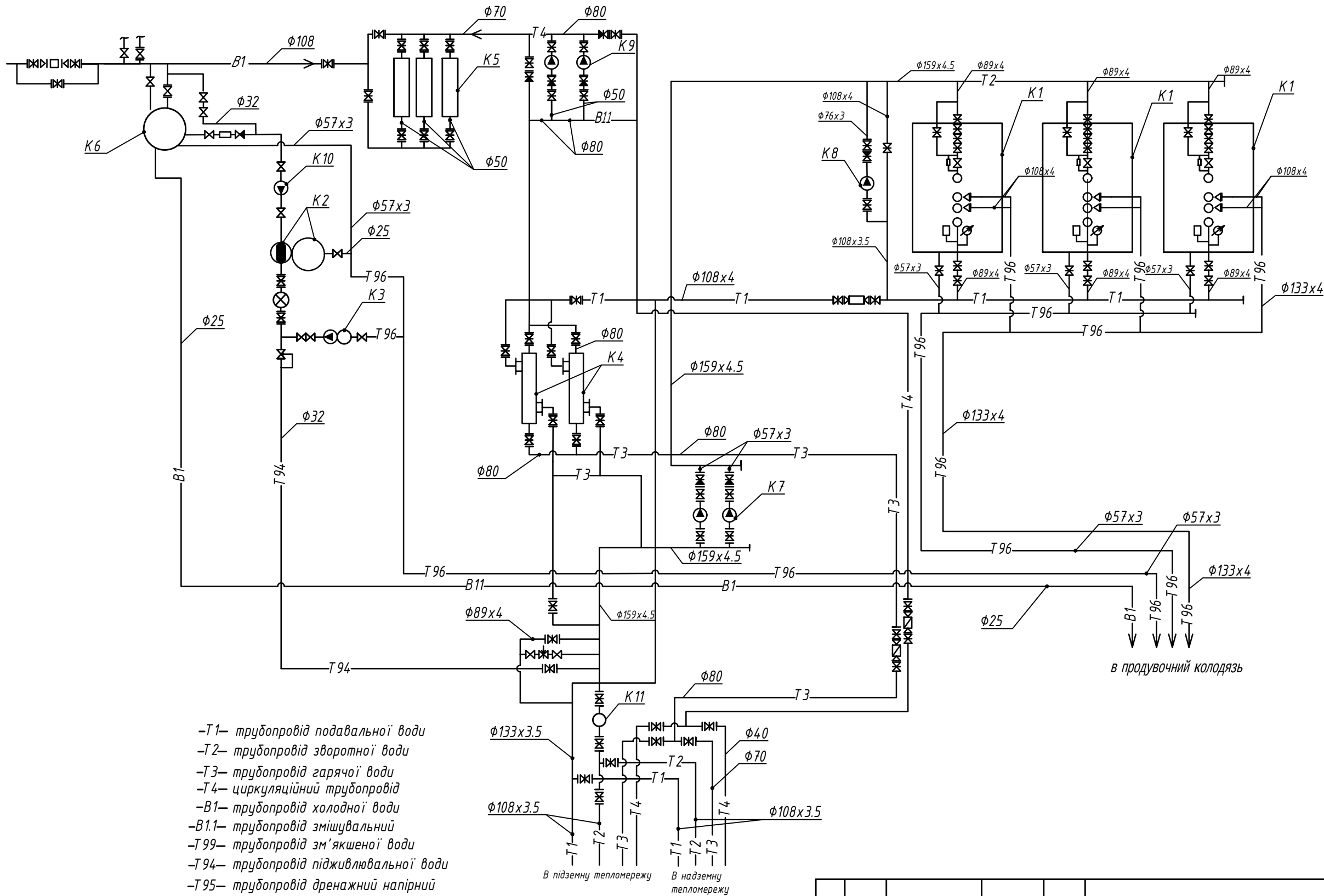
Рисунок В1 – Вікно програми розрахунку водогрійного котла (продовження)

Додаток Г
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ В МІСТІ ПОЛОННЕ

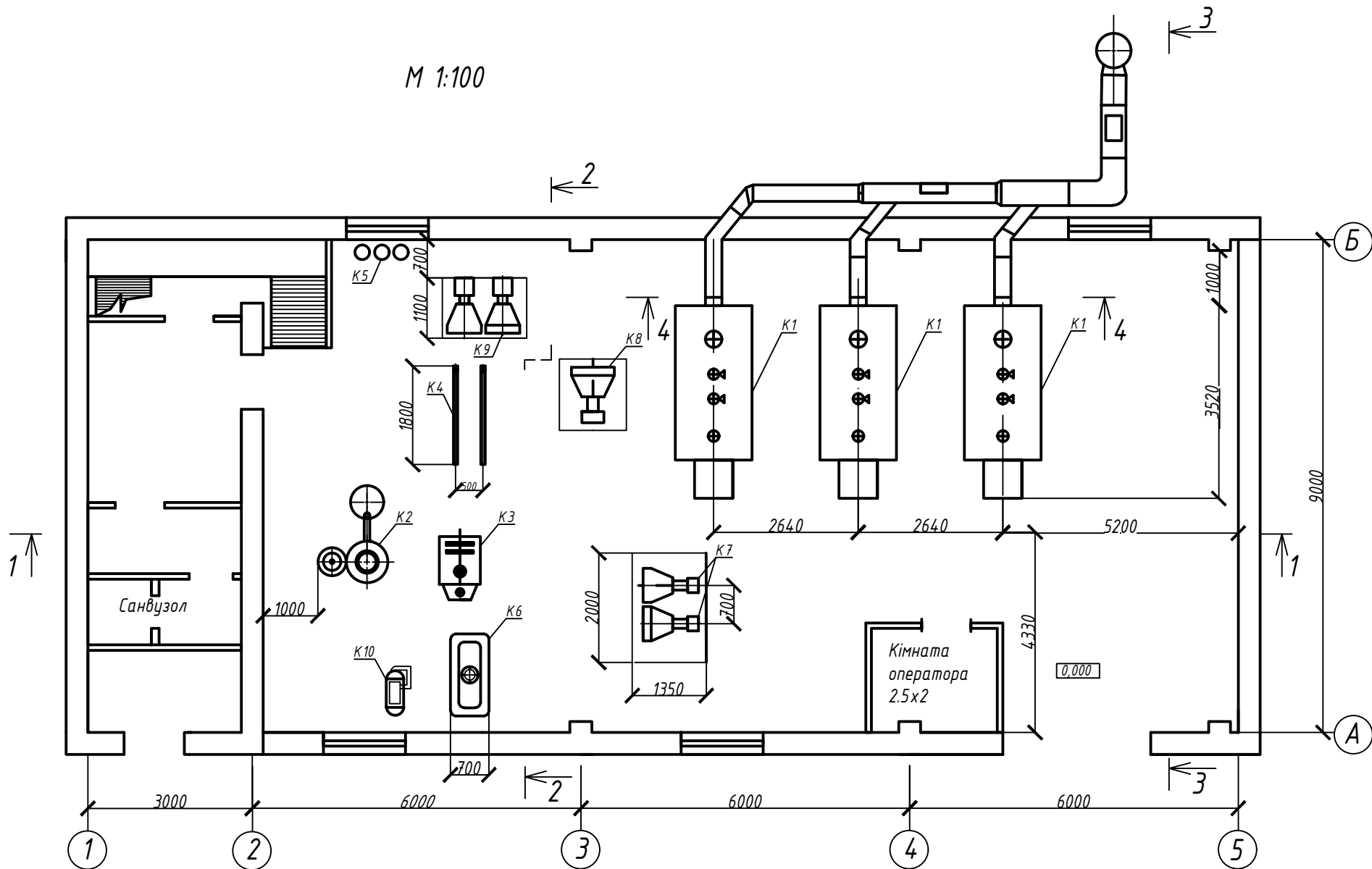
Підпис і дата	Інв. № докл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № од.



- T1— трубопровід подавальної води
- T2— трубопровід зворотної води
- T3— трубопровід гарячої води
- T4— циркуляційний трубопровід
- B1— трубопровід холодної води
- B1.1— трубопровід змішувальний
- T99— трубопровід зм'якшеної води
- T94— трубопровід підживлювальної води
- T95— трубопровід дренажний напірний
- T96— трубопровід дренажний безнапірний

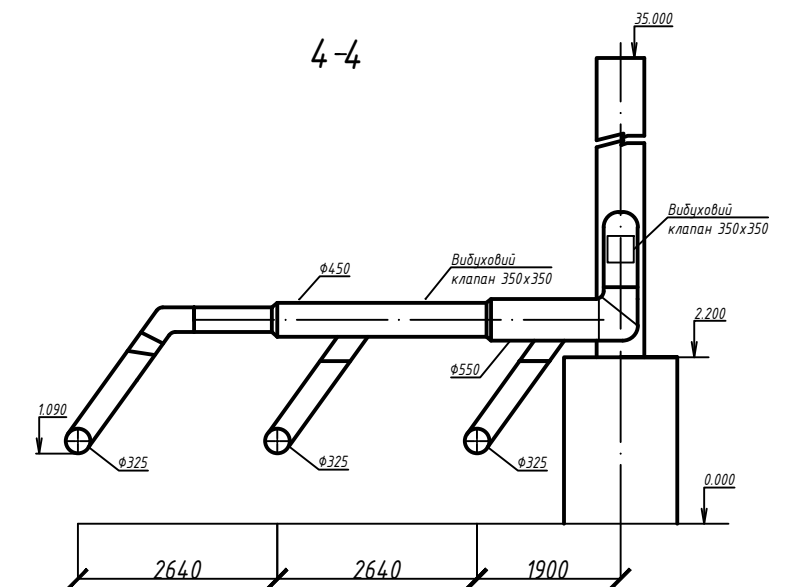
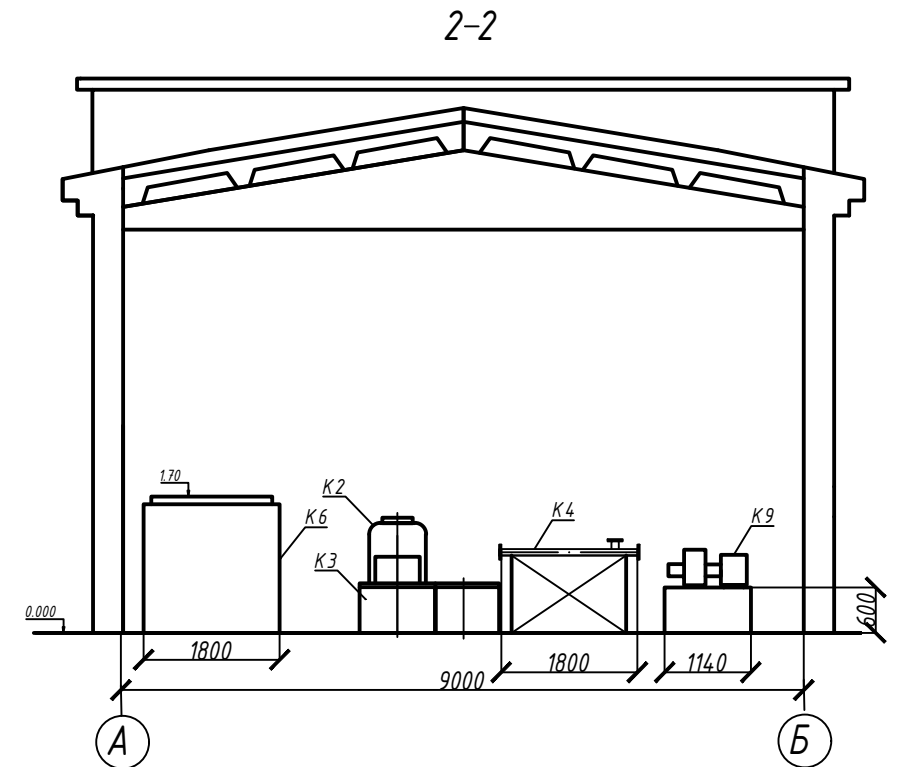
В підземну тепломережу
В надземну тепломережу

					08-15. БДР.008.01.00.000. Т 3												
					Схема котельні теплова принципова						Лім.		Лист		Масштаб		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата										1			
Розроб.	Вакалюк Р.Ю.																
Перевір.	Боднар Л.А.																
Т.контр.																	
Реценз.											ТЕ -22 мс						
Н.контр.	Снівак О.Ю.																
Затверд.	Степанов Д.В.																



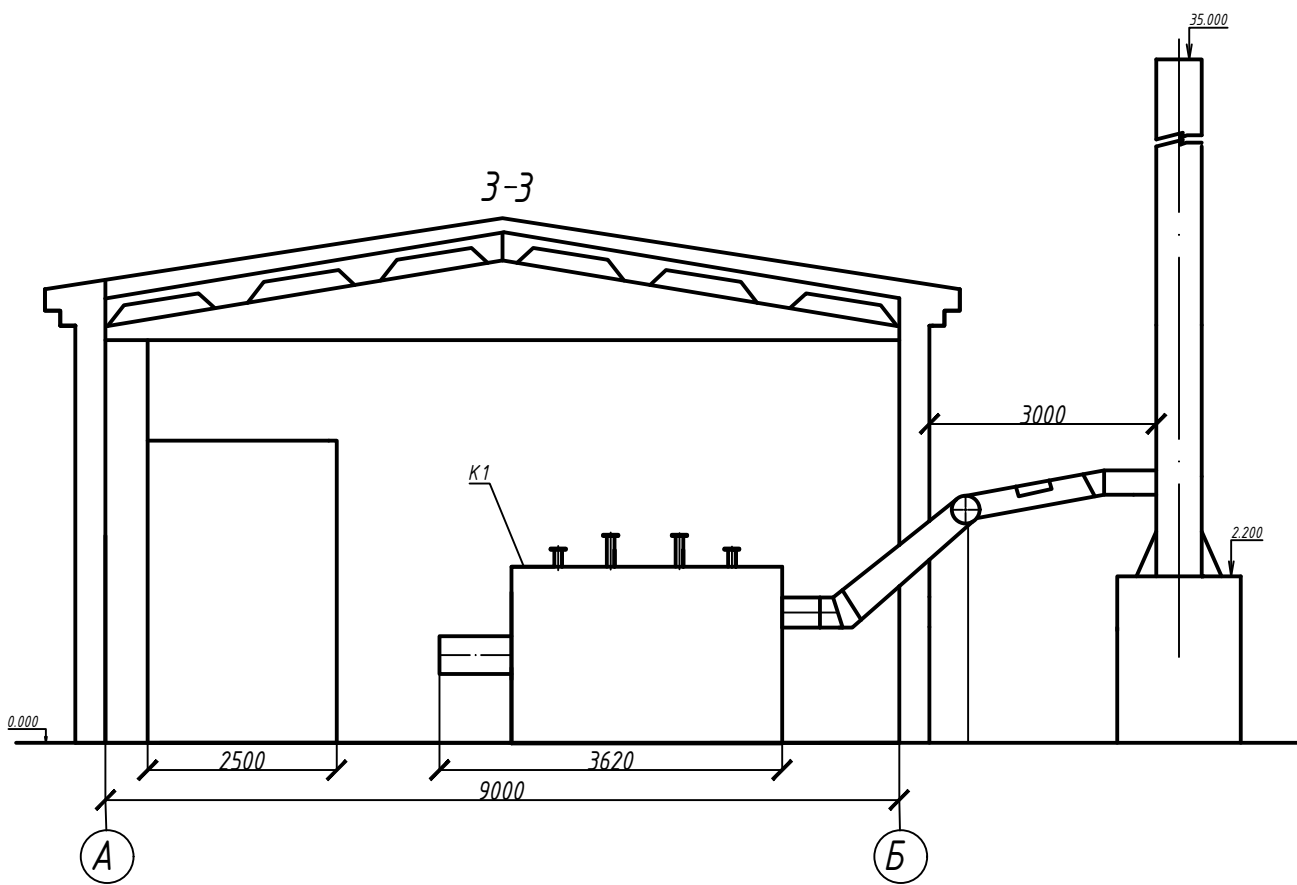
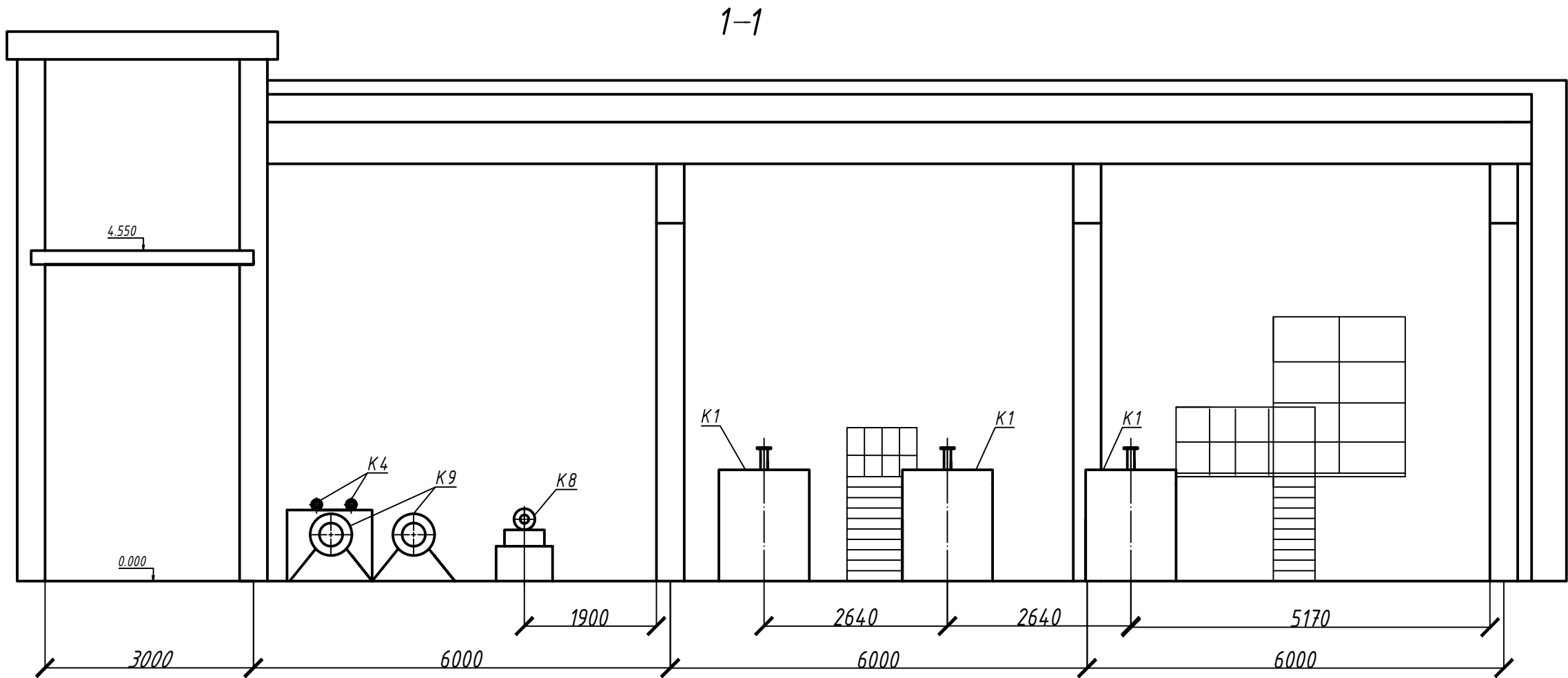
Експлікація обладнання

Поз.	Найменування	Кіль.	Примітка
К1	Котел сталевий водогрійний Q=1МВт	3	
К2	Установка хімводоочистки (2-х корпусна)	1	
К3	Установка хімічної деаерації з насосом дозатором	1	
К4	Теплообмінний апарат ТТАНР	2	
К5	Електромагнітний апарат	3	
К6	Бак запасу води для підживлення	1	
К7	Насос мережний Wilo NP50	2	
К8	Насос рециркуляційний Wilo NP40	1	
К9	Насос циркуляційний Wilo NP32	2	
К10	Насос підживлювальної води від поз.К6	1	



08-15.БДР.008.02.00.000.АР						м. Полонне		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Модернізація водогрійної котельні в м. Полонне	Стадія	Аркуш
Розробив	Вакалюк Р.Ю.							Аркушів
Перевірів	Боднар Л.А.						1	2
Т.контр.								
Рецензент						План розташування обладнання		
Н.контр.	Снівак О.Ю.							
Затвердив	Степанов Д.В.							

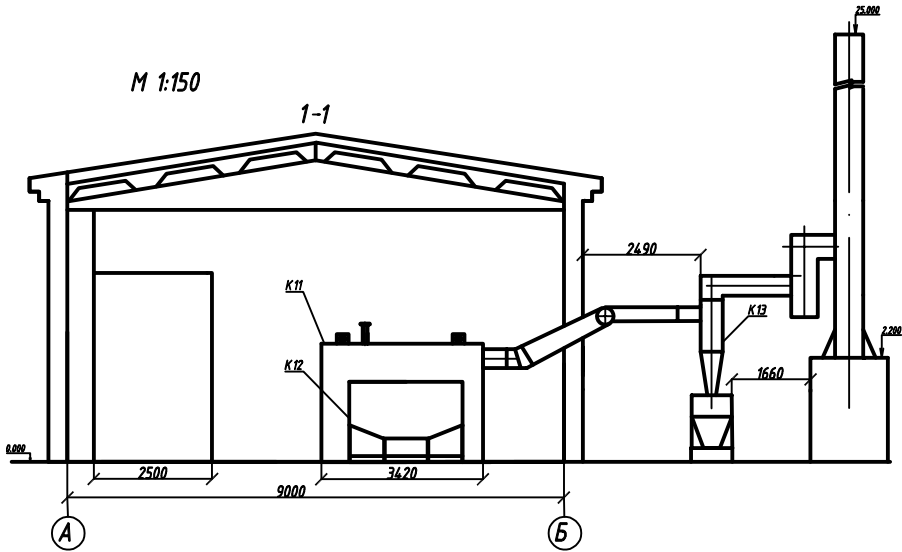
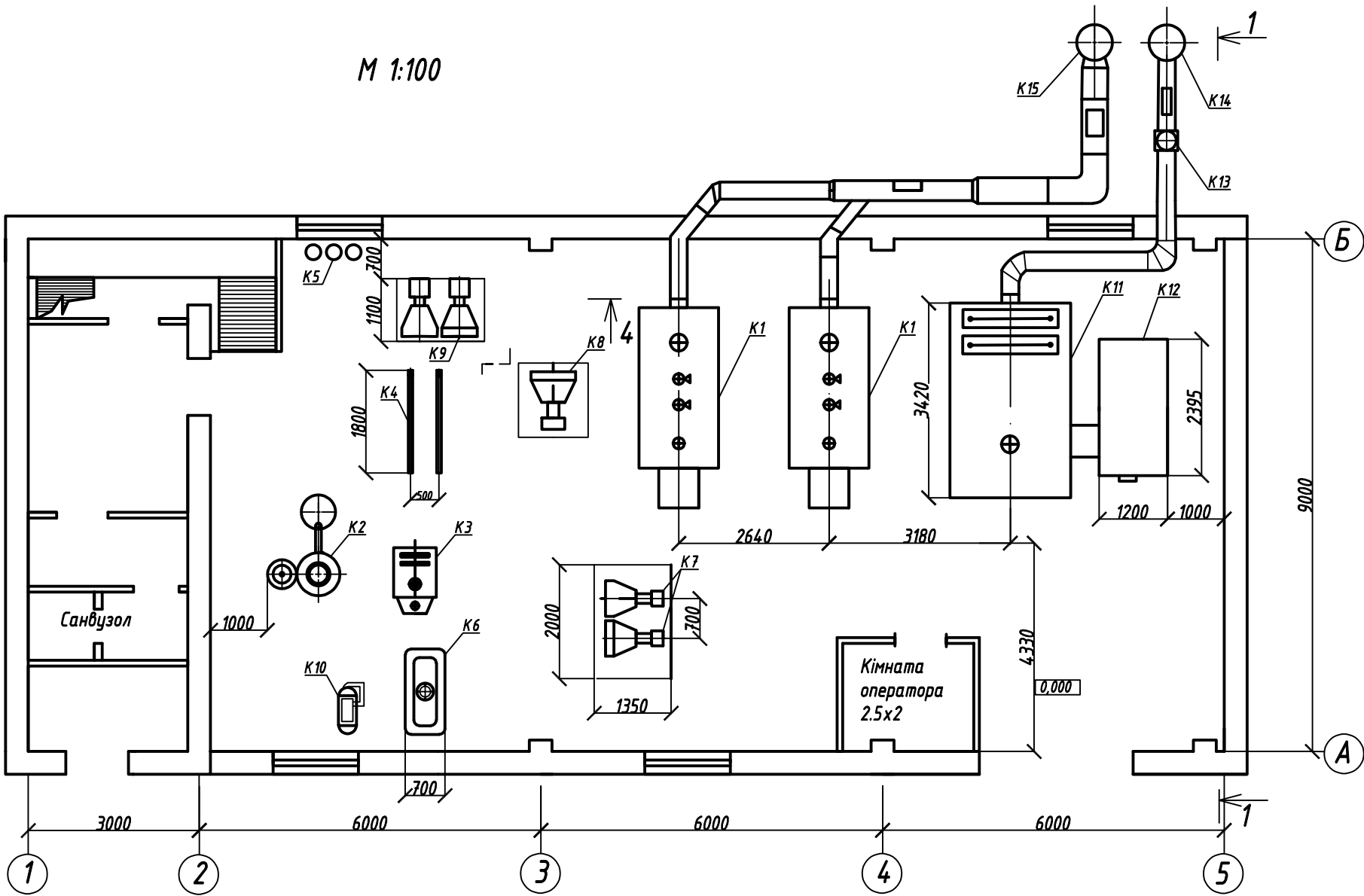
Формат А3	Погоджено:		Зам. інв. №	
	Копіював		Підпис і дата	
	Інв. № об.			



Експлікація обладнання

Поз.	Найменування	Кіль.	Примітка
К1	Котел сталевий водогрійний Q=1МВт	3	
К4	Теплообмінний апарат ТТАНР	2	
К8	Насос рециркуляційний Wilo NP40	1	
К9	Насос циркуляційний Wilo NP32	2	

						08-15.БДР.008.03.00.000.АР			
						м. Полонне			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Модернізація водогрійної котельні в м. Полонне	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Вакалюк Р.Ю.							2	2
Перевірів	Степанов Д.В.								
Т.контр.									
Рецензент						План розташування обладнання. Розрізи 1-1, 3-3			
Н.контр.	Снівак О.Ю.								
Затвердив	Степанов Д.В.								



Експлікація обладнання

Поз.	Найменування	Кіль.	Примітка
К1	Котел сталевий водогрійний Q=1МВт	3	
К2	Установка хімводоочистки (2-х корпусна)	1	
К3	Установка хімічної деаерації з насосом дозатором	1	
К4	Теплообмінний апарат ТТАНР	2	
К5	Електромагнітний апарат	3	
К6	Бак запасу води для підживлення	1	
К7	Насос мережний Wilo NP50	2	
К8	Насос рециркуляційний Wilo NP40	1	
К9	Насос циркуляційний Wilo NP32	2	
К10	Насос підживлювальної води від поз.К6	1	
К11	Водогрійний котел на твердому паливі Ретра	1	

Поз.	Найменування	Кіль.	Примітка
К12	Бункер твердопаливного котла	3	V=2м3
К13	Циклон	1	
К14	Димова труба твердопаливного котла	1	
К15	Димова труба котлів на газовому паливі	1	

						08-15.БДР.008.04.00.000.АР			
						м. Полонне			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Модернізація водогрійної котельні в м. Полонне	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Вакалюк Р.Ю.							1	1
Перевірів	Боднар Л.А.								
Т.контр.									
Рецензент						План розташування обладнання після модернізації			
Н.контр.	Співак О.Ю.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

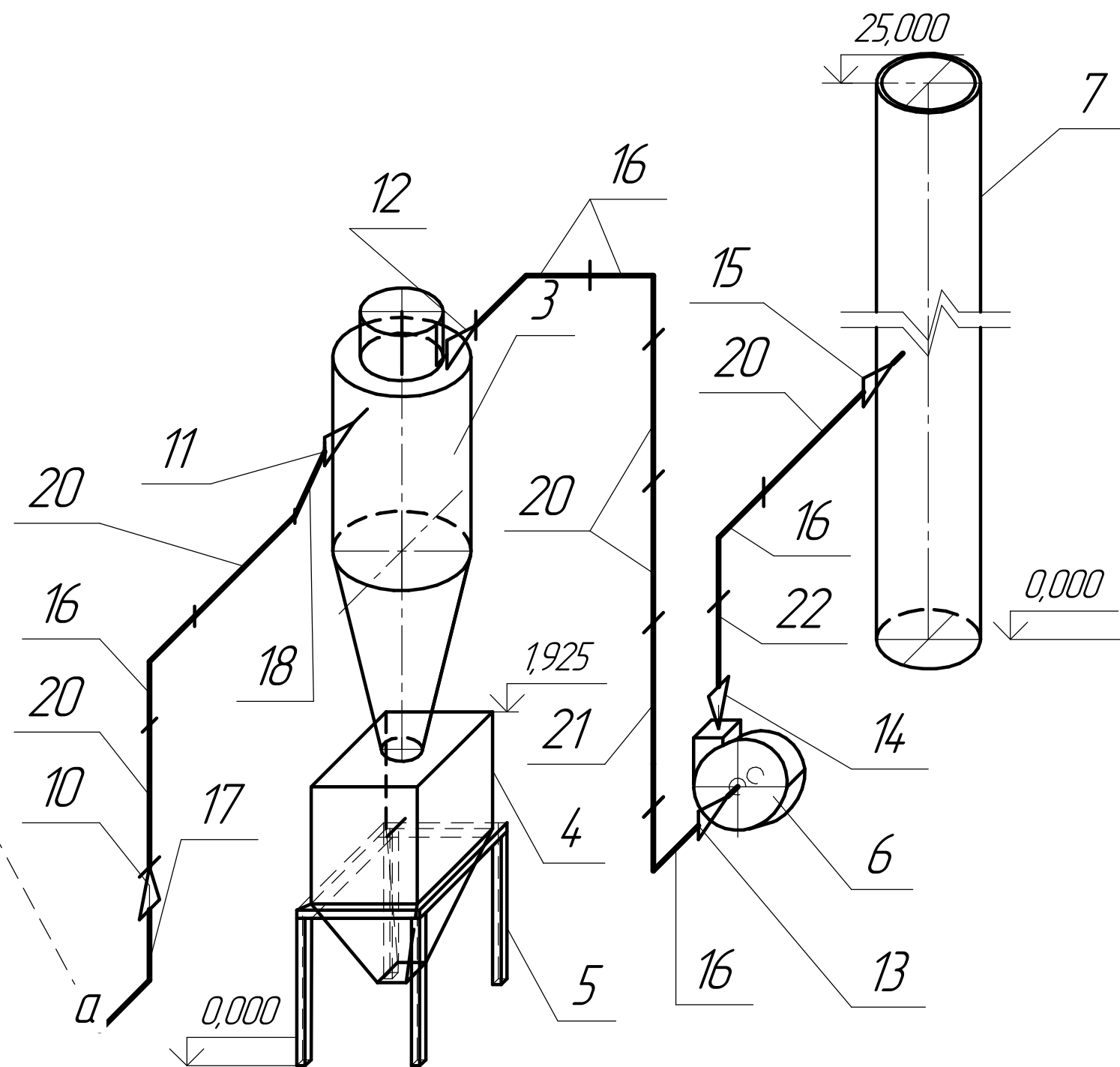
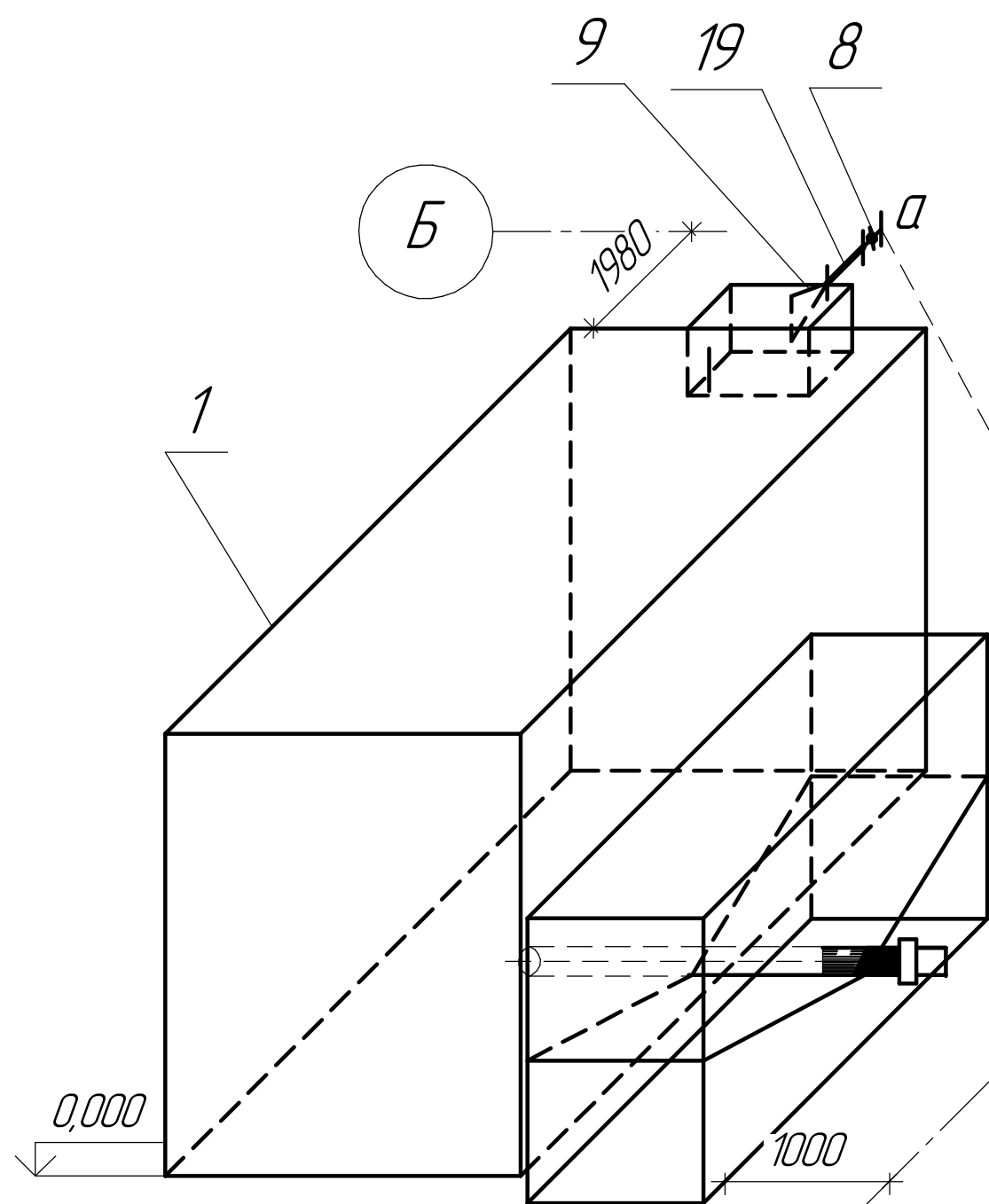
Перв. примен.		Познач.	Найменування			Кількість	Примітки		
		1	Водогрійний котел Ретра-3М Вio, Q=900 кВт			1			
		2	Бункер витратний щеповий V = 2 куб. м			1			
		3	Циклон МЦ-800			1	не монтується		
		4	Бункер циклона			1	не монтується		
		5	Опора бункера і циклона Н=1,1 м			1	не монтується		
Справ. №		6	Димосос ДН 95-40			1			
		7	Димова труба Versia-Lux D=700/760 мм, Н=25 м			1			
		8	Шибєр Ø600 мм Versia-Lux			1			
		9	Перехід 725×412/ Ø500 мм, L=300 мм			1			
		10	Перехід 450×450/ Ø500 мм, L=300 мм			1			
		11	Перехід 450×450 / 166×666 мм, L=300 мм			1			
		12	Перехід 450×450 / 446×281 мм, L=300 мм			1			
		13	Перехід 450×450 / Ø418 мм, L=300 мм			1			
		14	Перехід 450×450 / 236×315 мм, L=300 мм			1			
		15	Перехід 450×450/ Ø700 мм, L=300 мм			1			
Подп. и дата		16	Відвід 90°, 450×450 мм			5			
		17	Відвід 90°, Ø500 мм			1			
		18	Перехід зі зміщенням 450×450 мм, L=300 мм, h=273 мм			1			
Инв. № дціл.		19	Газохід Ø500 мм, L = 300 мм			1			
		20	Газохід 450×450 мм, L=1000 мм			5			
		21	Газохід 450×450 мм, L=1300 мм			1			
Взам. инв. №		22	Газохід 450×450 мм, L=600 мм			1			
Подп. и дата									
Инв. № подл.						08-15.БДР.008.05.00.000			
Инв. № подл.	Розроб.	Вакалюк Р.Ю.				Схема монтажна аксонометрична	Літ.	Аркцш	Аркцшів
	Перевір.	Боднар Л.А.						1	1
	Рецензент								
	Н.контр.	Співак О.Ю.							
	Затв.	Степанов Д.В.							
							ВНТУ зр. ТЕ-22мс		

Согласовано

Взам. інв. №

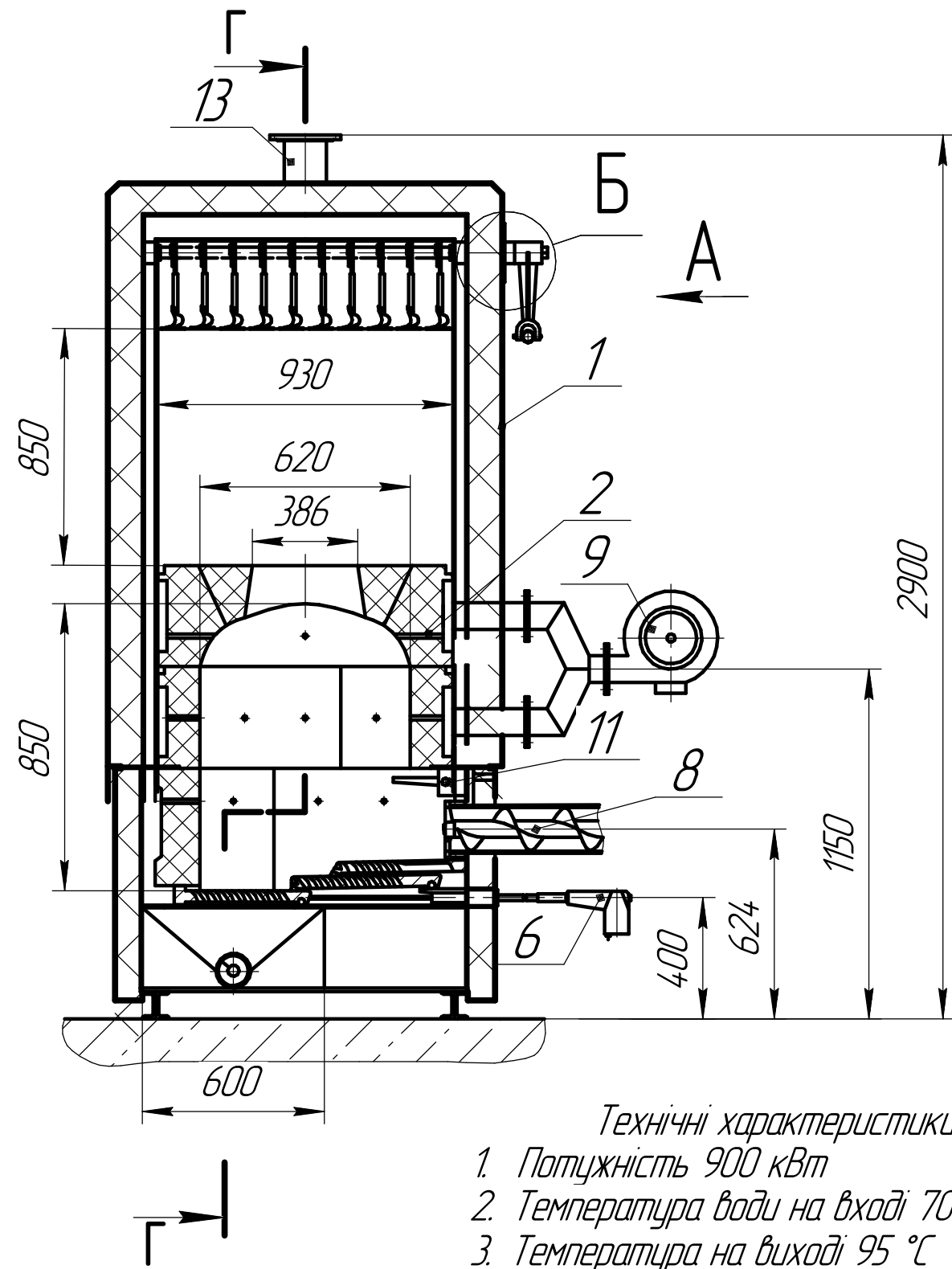
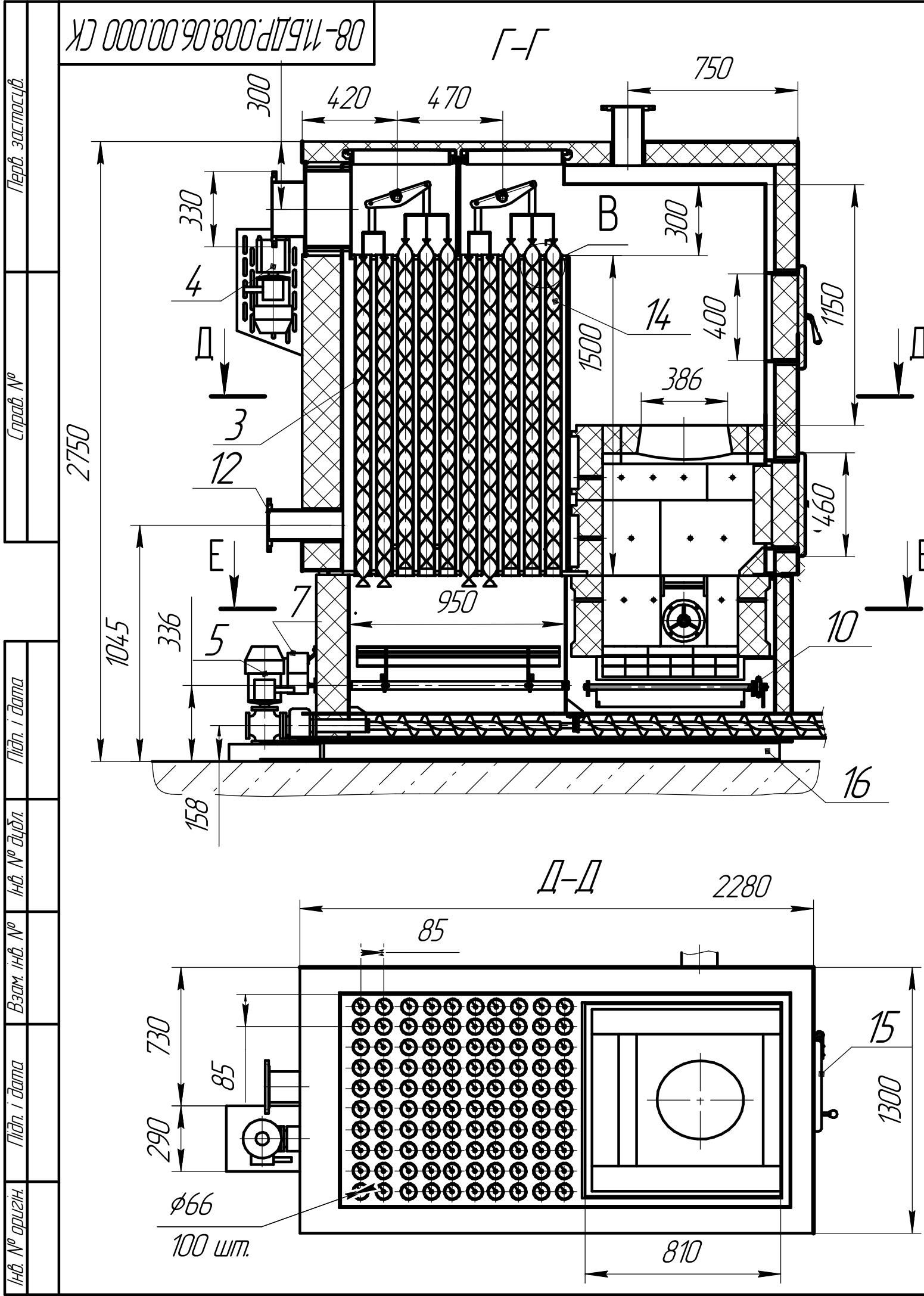
Підп. і дата

Інв. № оригін.



						08-15.БДР.008.05.00.000 Г5		
						м. Полонне		
Зм.	Кілич.	Аркцш	№ док.	Підп.	Дата	Модернізація водогрійної котельні в м. Полонне	Стадія	Аркцш
Виконав	Вакалак Р.Ю.							Аркцш
Перевірив	Боднар Л.А.					Схема монтажна аксонометрична		1
Т.контр.								
Резензент								
Н.контр	Слівак О.Ю.					ВНТУ, ТЕ-22мс		
Затвердив	Степанов Д.В.							

Формат		Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
					Документація		
A1				08-15.БДР.008.06.00.000.СК	Складальне креслення		
					Складальні одиниці		
				1 08-15.БДР.008.06.01.000	Корпус	1	
				2 08-15.БДР.008.06.02.000	Топка шамотна	1	
				3 08-15.БДР.008.06.03.000	Трудна система	110	
					Комплекси		
				4 08-15.БДР.008.06.04.000	Пристрій руху завихрювачів	1	
				5 08-15.БДР.008.06.05.000	Пристрій вивантаження золи	1	
				6 08-15.БДР.008.06.06.000	Пристрій руху колосникової решітки	1	
				7 08-15.БДР.008.06.07.000	Пристрій руху жалюзійної решітки	1	
				8 08-15.БДР.008.06.08.000	Шнек подачі палива	1	
				9 08-15.БДР.008.06.09.000	Пристрій подачі вторинного повітря	1	
				10 08-15.БДР.008.06.10.000	Жалюзі первинного повітря	1	
				11 08-15.БДР.008.06.11.000	Пристрій розпалювання паливаа	1	
					Стандартні вироби		
				12	Вхідний патрубок для води	1	
				13	Вихідний патрубок для води	1	
				14	Завихрювач	110	
				15	Лаз для обслуговування	2	
				16	Швеллер	4	
				08-15.БДР.008.06.00.000.			
Зм.		Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розробив		Вакалюк Р.Ю.				Літ.	Аркцш
Перевірив		Боднар Л.А.					1
Т.контр							Аркцшів
Н.контр.		Співак О.Ю.				1	
Затвердив		Степанов Д.В.				ВНТУ, ТЕ-22мс	



Технічні характеристики:

1. Потужність 900 кВт
2. Температура води на вході 70 °C
3. Температура на виході 95 °C
4. Паливо – гранули з лушпиння соняшнику
5. Витрата палива $V_p = 233 \text{ кг / год}$

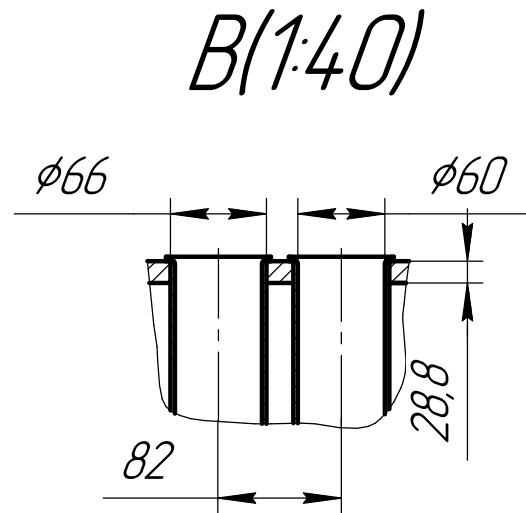
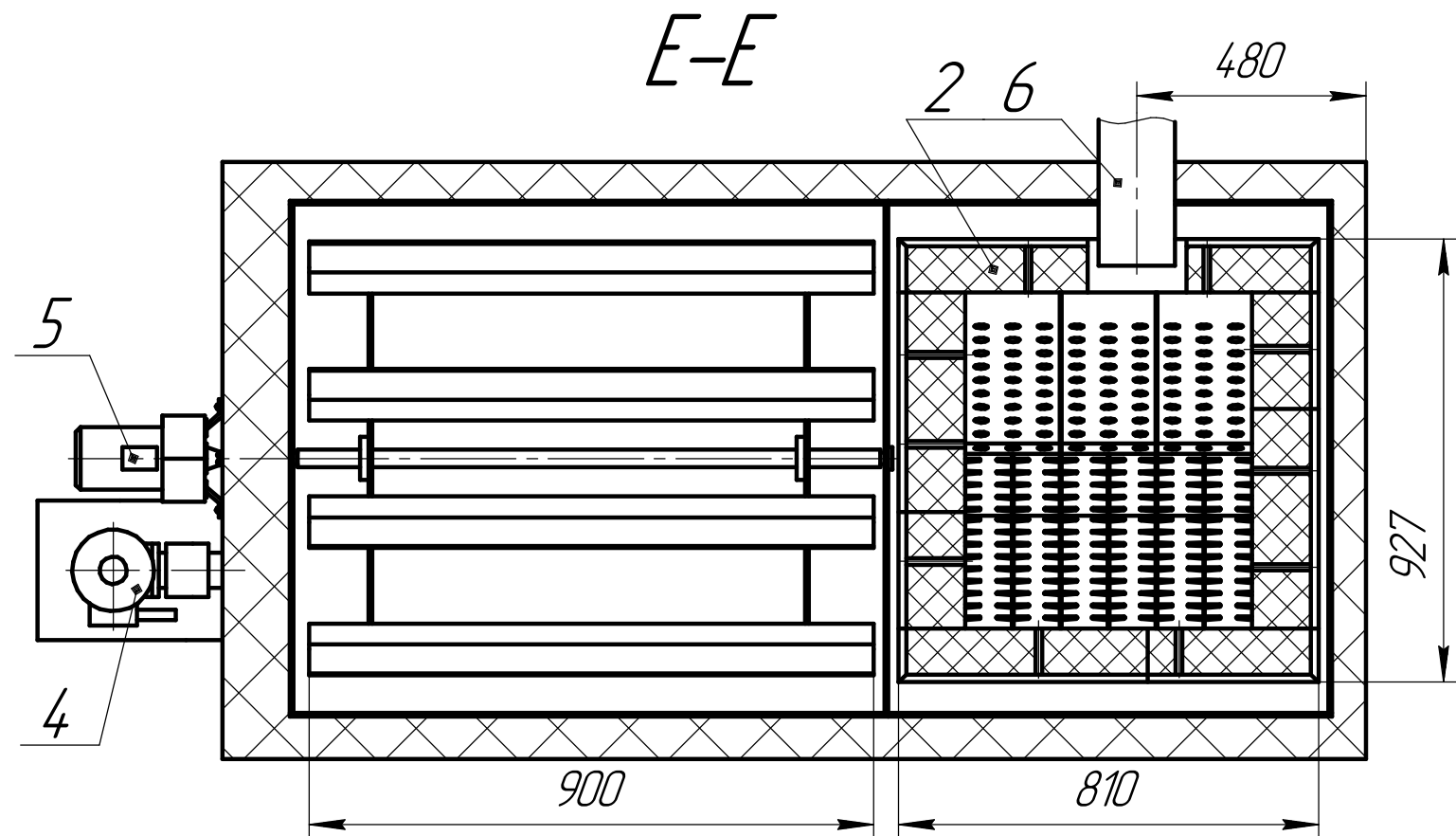
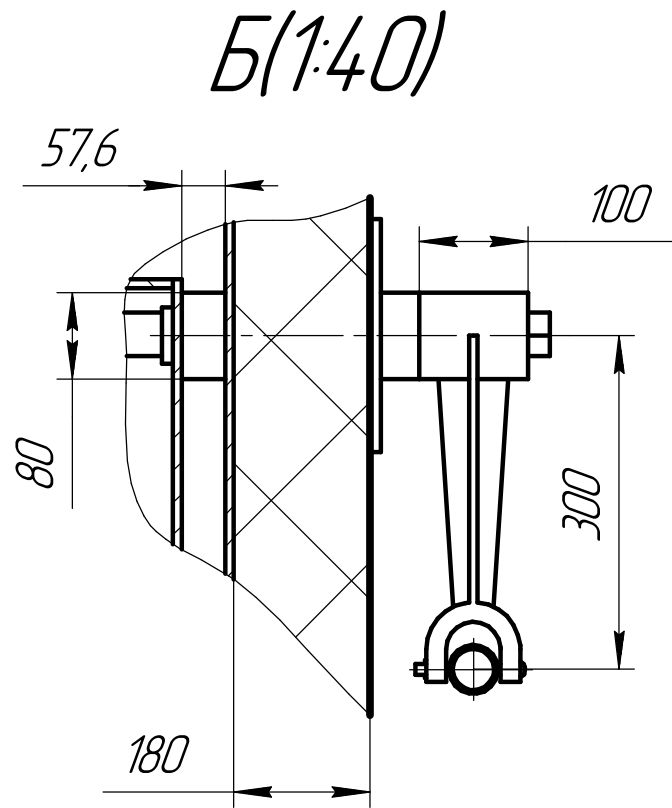
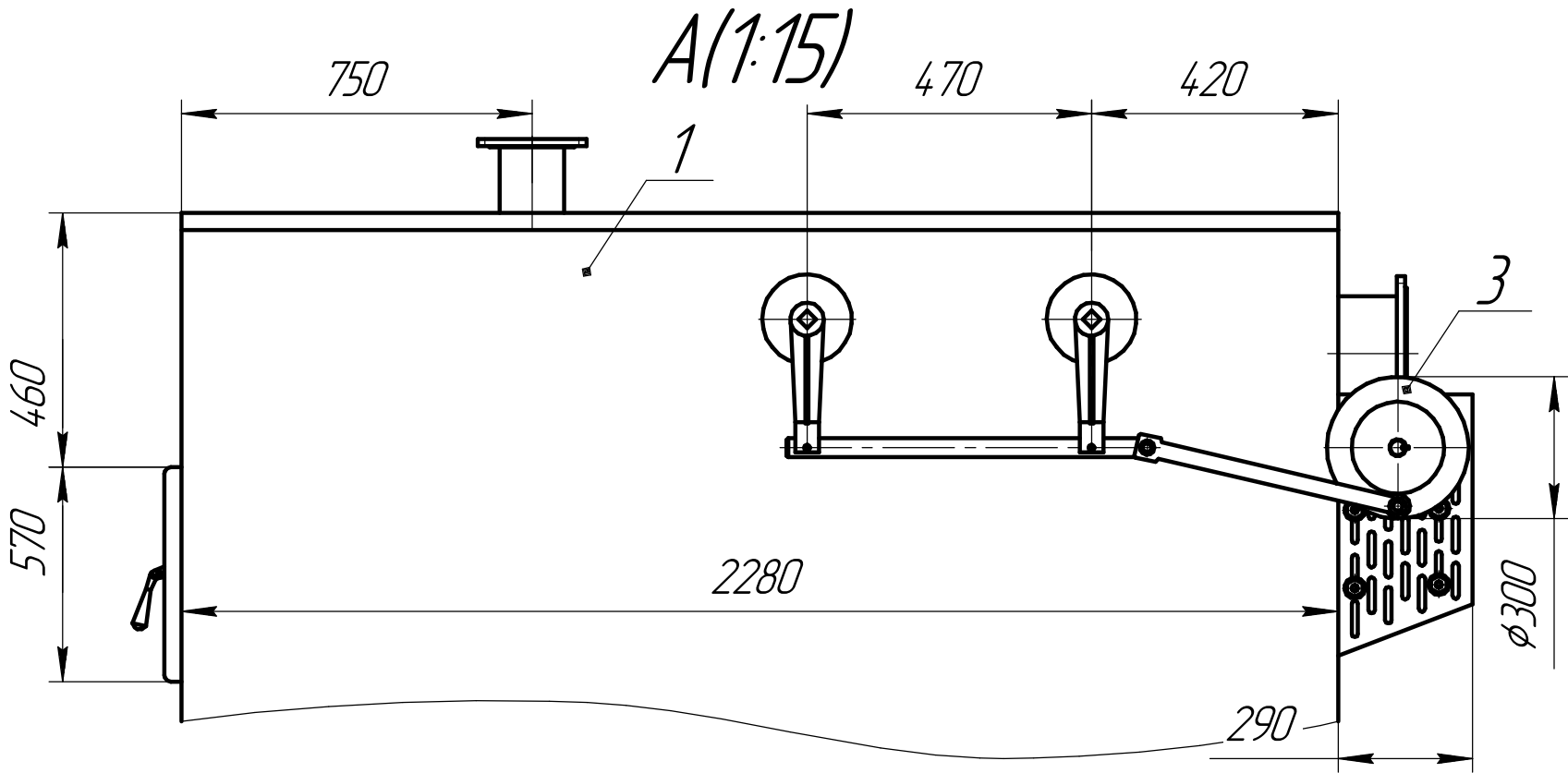
08-11.БДР.008.06.00.000 СК					Літ.			Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Водогрійний котел на твердому паливі			1:15	
Розробив	Вакалюк Р.Ю.								
Перевірив	Боднар Л.А.								
Т.контр.									
Реценз.									
Н.контр.	Співак О.Ю.								
Затвердив	Степанов Д.В.								
					ВНТУ зр. ТЕ-22мс				
					Формат А3				

Копіював

Формат А3

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка	
							Документація		
		A2			08-11.БДР.008.07.00.000 СК	Складальне креслення			
							Складальні одиниці		
			1	08-11.БДР.008.07.01.000	Корпус	1			
			2	08-11.БДР.008.07.02.000	Топка шамотна	1			
							Комплекси		
Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	3	08-11.БДР.008.07.03.000	Пристрій руху завихрювачів	1		
				4	08-11.БДР.008.07.04.000	Пристрій вивантаження золи	1		
				5	08-11.БДР.008.07.05.000	Пристрій руху жалюзійної решітки	1		
				6	08-11.БДР.008.07.06.000	Шнек подачі палива	1		
Інв. № ориг.	Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	08-15.БДР.008.07.00.000			
	Розробив	Вакалюк Р.Ю				Водогрійний котел на твердому паливі	Літ.	Аркцш	Аркцшів
	Перевірив	Боднар Л.А.						2	2
	Т.контр.						ВНТУ, ТЕ-22мс		
	Н.контр.	Співак О.Ю							
	Затвердив	Степанов Д.В.							

Перв. примен.	Справ. №	08-11.БДР.008.07.00.000 СК		
Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дідл.	Інв. №	Підп. і дата
Інв. № оригін.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дідл.	Підп. і дата



					08-11.БДР.008.07.00.000 СК				
					Водогрійний котел на твердому паливі	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					1:15
Розробив	Вакалюк Р.Ю.								
Перевірів	Боднар Л.А.								
Т.контр.									
Реценз.						Аркцш 2		Аркцшів 2	
Н.контр.	Співак О.Ю.					ВНТУ зр. ТЕ-22мс			
Затвердив	Степанов Д.В.								
					Копіював				
					Формат А3				