

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему : Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів

Виконав: студент 6 курсу,
групи 601 НТ
спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Салій А. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Євграфов П.О.

(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Допустити до захисту:

завідувач кафедри "Теплогазопостачання,
вентиляції та теплоенергетики"

" 20 " 01 2025 р.

к.т.н., проф. Голік Ю.С.

Полтава - 2025 року

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 144 - Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії Голік Ю.С.

" 03 " 09 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Салій Антон Андрійович

Тема проекту Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів

1. Керівник проекту Голік Ю.С. к.т.н.професор.

затверджені наказом вищого навчального закладу №818-фа від "09" 08 року 2024

2. Строк подання студентом роботи 25.12. 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Аналіз використання відходів в якості палива; 2.Розрахунок теплової потужності котельні; 3. Виконання розрахунку та підбору теплообмінного апарату системи ГВП. 4.Розрахунок палива та системи паливостачання. 5.Розрахунок викидів забруднюючих речовин та розрахунок димової труби 6.Підбір та розрахунок обладнання твердопаливної котельні ;

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
—	—		

6. Дата видачі завдання 25.08. 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз виробництва та використання RDF-палива у тепловій енергетиці	13.09 – 17. 10 2024 р.	
2	Розрахунок теплових навантажень, визначення теплової потужності котельні, розрахунок паливостачання	18.10 – 10. 11 2024 р.	
3	Підбір обладнання та висновки	11.11 – 01.12 2024 р.	

Студент



(підпис)

Салій А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту



(підпис)

Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: «Реконструкція котельні за рахунок можливості використання
теплової енергії відходів».

Полтава– 2024 року

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота (магістерського) рівня вищої освіти на тему: «Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів»: пояснювальна записка на 80 с., 29 рис., 27 табл., 14 бібліографічних найменувань.;

Мета роботи – Аналіз шляхів переробки та використання побутових відходів в якості твердого палива. Реалізація проекту з реконструкції котельні з використанням RDF-палива в якості основного так і допоміжного.

В Україні як і в країнах ЄС тема поводження з твердими побутовими відходами набуває актуальності щороку Їх кількість сягає приблизно 12 мільйонів тонн, що стає все більш актуальним і вимагає відповідного науково обґрунтованого рішення та впровадження технологій утилізації твердих побутових відходів що дозволить використати їх тепловий потенціал в енергетиці.

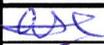
Ключові слова: повітря, паливо, RDF(SFR), сировина, температурний режим, котел, теплота згорання, температура.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ПОБУТОВІ ВІДХОДИ ТА СУЧАСНІ СПОСОБИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ	8
1.1 Аналіз використання відходів в якості палива.....	8
1.2 Використання та виробництво RDF-палива.....	14
1.3 Висновки до розділу	19
РОЗДІЛ 2 РЕКОНСТРУКЦІЯ КОТЕЛЬНІ	20
2.1 Загальні положення проекту реконструкції котельні	20
2.2 Загальні дані для розрахунків	24
2.3 Розрахунок теплової потужності	26
2.4 Розрахункові витрати теплоносія	29
2.5 Графік відпуску теплової енергії	30
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ПАЛИВА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ КОТЕЛЬНІ.....	32
3.1 Загальні положення розрахунку процесу горіння палива	32
3.2 Розрахунок горіння кам'яного вугілля	33
3.3 Розрахунок горіння RDF-палива	36
3.4 Тепловий баланс та визначення витрат палива	40
РОЗДІЛ 4 ТЕПЛОВА СХЕМА ТА КОМПАНУВАННЯ КОТЛІВ У ПРИМІЩЕННІ КОТЕЛЬНІ	44
4.1 Теплова схема котельні	44

					<i>601-НТ-11393361.3П</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Салій А.А.						
Перевір.		Голік Ю.С.					4	80
Реценз.		Євграфов П.О.				НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. Контр.		Голік Ю.С.						
Затверд.								

4.2 Розрахунок димової труби	47
4.3 Системи очещення димових продуктів згорання твердих палив	52
4.4 Підбір котельних агрегатів.....	55
РОЗДІЛ 5 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ	58
5.1 Підбір теплообмінного апарату системи ГВП	58
5.2 Розрахунок та підбір дугтьового вентилятора	65
5.3 Підбір насосного обладнання.....	66
5.4 Підбір розширювального бака	71
5.5 Системи підживлення котельні	74
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИЙ ДЖЕРЕЛ	79

					<i>601-НТ-11393361.3П</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Салій А.А.</i>			<i>Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Голік Ю.С.</i>					5	80
<i>Реценз.</i>		<i>Євграфов П.О.</i>				<i>НУПП ім Ю.Кондратюка</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Голік Ю.С.</i>						
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Муніципальні відходи накопичуються в Україні у величезних кількостях, викликаючи екологічні проблеми.

Загальноприйнята система поводження з відходами в Україні – це захоронення на звалищах або полігонах, які іноді не відповідають європейським стандартам, не обладнані належним чином, на них не дотримуються норми і правила складування.

Це призводить до забруднення ґрунтових вод, а також до виділення в атмосферу метану і діоксиду вуглецю, які є парниковими газами. Несанкціоновані звалища заповнили лісосмуги, прибережні зони і промислові зони великих міст. Ці звалища, крім звичних забруднень навколишнього середовища, можуть містити отруєні отрутохімікатами, люмінесцентні лампи, відпрацьовані масла. Несанкціоноване спалювання відходів призводить до забруднення повітря, що створює суттєву загрозу здоров'ю громадян. За 2014 рік в Україні тільки 4,2% муніципальних відходів було перероблено та утилізовано, з них 1,7% були спалені, а 2,5% - перероблені на пунктах заготівлі вторинної сировини, в окремих випадках компостувати. Полігони твердих побутових відходів (ТПВ) перевантажені в середньому на 18% і не відповідають нормам. При управлінні ТПВ необхідно враховувати такі моменти: будь-яка урбанізована територія генерує велику кількість відходів, існуючі методи утилізації ТПВ мають недоліки соціального, економічного та екологічного плану. Відповідно до вимог статті 32 Закону України «Про відходи», з 1 січня 2018 року треба звести до мінімуму вивезення відходів на сміттєзвалища та їх негативний вплив на навколишнє природне середовище. З іншого боку тверді відходи можуть бути альтернативним джерелом енергетичних ресурсів, яке не вимагає видобування, транспортування та підготовки. Підприємства з термічного знешкодження відходів досить широко експлуатуються у країнах Європейського Союзу, США, Японії тощо. Проблема низького відсотку використання таких підприємств в

					601НТ-11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Україні обумовлена відсутністю відповідної достовірної інформації про технології і обладнання. Отже, проведення дослідження, пов'язаного з оцінкою енергетичного потенціалу відходів і його можливим застосуванням у виробництві будівельних матеріалів, може бути використано в якості платформи для переходу управління відходами до більш сучасних, які загальноприйняті у високорозвинених країнах. Для використання відходів в якості альтернативного палива необхідно розробити комплекс методів термічної обробки твердих побутових відходів з урахуванням їх хімічних та фізичних властивостей. Термічні методи знешкодження відходів спрямовані на скорочення обсягу відходів, перетворення відходів в нешкідливі матеріали та генерування теплової або електричної енергії з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Викладене вище свідчить про необхідність вирішення важливої та вкрай актуальної науково-прикладної проблеми, яка полягає в розробці системи знань про конструкції і параметри експлуатації обладнання для термічного знешкодження відходів на основі оцінки явищ, які впливають на роботу цього обладнання, а також у розробці науково обґрунтованої системи вибору технології термічної обробки відходів, як побутових так і промислових, яка дозволить приймати рішення для ефективного отримання енергії з відходів.

Таким чином, наукова концепція визначеної проблеми полягає у дослідженні та розробці технології термічного знешкодження відходів та використання їх як альтернативного джерела енергії з рекомендаціями для забезпечення ефективної системи спалювання з системою очищення викидів на прикладі реконструкції котельні, визначення техніко-економічних показників роботи котельних агрегатів при використанні теплової енергії відходів.

					601НТ -11393361.ДП	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ПОБУТОВІ ВІДХОДИ ТА СУЧАСНІ СПОСОБИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

1.1 Аналіз використання відходів в якості палива

Аналіз потенційних джерел енергії в теплоенергетиці України є актуальним завданням. В якості альтернативних видів палива розглядалися енергетичні культури (міскантус, павловнія, енергетична тополя та верба), біоенергетичні відходи аграрного сектору та побутові відходи. Дослідження показують, що існує достатня кількість місцевих енергетичних ресурсів для виробництва відновлюваних альтернативних видів палива, кожен з яких може сприяти досягненню енергетичної незалежності місцевих громад.

Головною метою дослідження є демонстрація комплексного використання енергетичних культур, сільськогосподарських відходів та побутових відходів та їх впровадження в малу теплоенергетику України.

Для досягнення мети дослідження було застосовано низку методів системного аналізу та аналізу даних. Проаналізовано сучасні міжнародні літературні джерела, вивчено морфологічний склад побутових та зелених відходів, проаналізовано енергетичний потенціал рослинної біомаси.

В результаті дослідження сформульовано та продемонстровано науково-практичне завдання щодо використання місцевих енергетичних ресурсів на рівні кожної області України з урахуванням екологічного, економічного та соціального розвитку. Висновки даної роботи можуть бути впроваджені в стратегії розвитку різних секторів економіки на основі принципу автономного використання енергетичних ресурсів.

Освоєння енергетичного потенціалу рослинництва та побутових відходів для використання в автономних енергетичних системах малої потужності (школи, дитячі садки, лікарні, адміністративні будівлі, житлові будинки та котельні в домогосподарствах) як альтернативи традиційним видам палива є актуальним завданням. Спалювання викопного палива має значний негативний вплив на всі

					601НТ -11393361.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

компоненти навколишнього середовища. Для боротьби із забрудненням повітря, парниковим ефектом, глобальним потеплінням та зміною клімату багато країн зосередилися на переході енергетичного сектору з невідновлюваних на відновлювані джерела енергії. Однак питання використання найменш шкідливих для довкілля джерел енергії стає все більш актуальним. Біоенергетичні культури для виробництва енергії є альтернативою, яка може мати довгострокові позитивні результати в майбутньому.

Біоенергетичні культури відкривають нові економічні можливості для невеликих громад та сільського населення. Відновлювані джерела енергії мають потенціал для надання енергетичних послуг з нульовими або майже нульовими викидами забруднювачів повітря, включаючи парникові гази. Біомаса (деревина, відходи тваринництва, лісового господарства та рослинництва) є однією з захищених сировинних ресурсів та органічною речовиною з достатнім вмістом вуглецю для виробництва біопалива, яке можна безпосередньо спалювати для утилізації.

З метою забезпечення альтернативних, нетрадиційних видів палива для відновлюваної енергетики в Полтавській області, автори вирішили оцінити потенціал наступних джерел енергії

- Природні компоненти твердих побутових відходів (папір, картон, текстиль (старий одяг, взуття, бавовна), деревина (тирса, стружка, тирса, солома)).
- Зелені відходи (гілки та стовбури дерев, зрізані під час заходів з благоустрою громадського простору в місцях загального користування);
- Енергетичні культури: павловнія, енергетична тополя (*Populus L.*), енергетична верба (*Salix L.*), міскантус (*Miscanthus*);
- відходи лісозаготівельних процесів.

У світі досліджуються численні методи виробництва біопалива. Залежно від характеристик сировини та способу виробництва біопалива поділяються на групи, які називаються біопаливами першого, другого, третього та четвертого

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покоління. Біопаливо першого покоління використовує їстівну біомасу, отриману з крохмалю (картопля, пшениця, ячмінь і кукурудза) і цукру (цукрова тростина і цукровий буряк). Зокрема, використання їстівної біомаси конкурує з продовольчими культурами, які потребують великої кількості добрив, води та великих площ орних земель [1]. Біопаливо другого покоління базується на використанні нехарчової біомаси (просо, тирса, дешева деревина, пожнивні рештки, побутові відходи тощо) [2]. У роботі [3] автори узагальнюють певні техніко-економічні показники (витрати, технічна ефективність, аналіз життєвого циклу) для використання біопалива другого покоління. Існують переваги використання таких сільськогосподарських культур для виробництва біопалива.

Водна сировина, така як біомаса водоростей, використовується для виробництва біопалива третього покоління. Існує кілька процесів виробництва альтернативної енергії з водоростей, включаючи біохімічне перетворення, термохімічне перетворення, хімічні реакції та пряме спалювання [4]. Однак цей вид біомаси має такі недоліки, як висока вартість і той факт, що біопаливо з водоростей є менш стабільним, ніж біопаливо, вироблене з іншої сировини. Це пов'язано з тим, що олія, вироблена з водоростей, є дуже ненасиченою і легко випаровується, особливо при високих температурах. Основна відмінність між другим і третім поколінням полягає в сировині: водорості виробляють біомасу швидше і на меншій площі, ніж лігноцелюозна біомаса [5]. Виробництво водоростевої біомаси пов'язане з технічними проблемами, такими як вилучення ліпідів та зневоднення, а також географічними проблемами в регіонах, де більшу частину року температура повітря нижче нуля.

Біопаливо четвертого покоління знаходиться на ранніх стадіях розвитку і використовує біоінженерні водорості та інші мікроорганізми, а також сільськогосподарські культури, генетично модифіковані для споживання більшої кількості вуглекислого газу, ніж виділяється при згорянні.

Таким чином, аналіз досліджень чотирьох поколінь біопалива, включаючи їх

					601HT-11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

переваги, обмеження, технології та оцінки, показує, що існує потреба в інтеграції використання різних поколінь відповідно до географічних, економічних та соціальних умов.

Щороку кожена громадянин ЄС в середньому створює понад 400 кілограмів сміття. За рік виходить близько 4 млн. тонн твердих комунальних відходів. І лише чверть із них ми зараз використовуємо. Інші вирушають на полігони і стають проблемою на сотні років. Однак вихід є: такі відходи можуть бути використані на сміттєспалювальних заводах і як альтернативне так зване RDF (РДФ - паливо) або тверде вторинне паливо на цементних підприємствах .

Сьогодні обсяг RDF-палива, яке виробляється з твердих комунальних відходів у Європейському союзі, становить понад 3 млн тонн на рік.

Найактивніше воно використовується у Бельгії, Нідерландах, Фінляндії, Італії, Швеції, Німеччині. Досвід країн Європейського союзу показує, що RDF-паливом може бути заміщено до 70% основного технологічного палива, що витрачається цементними заводами.

RDF-паливо являє собою дрібні фракції - механічно оброблені тверді комунальні відходи, які мають високу теплотворність.



Рис.1 Процес підготовки RDF-палива

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Процес підготовки RDF-палива починається зі збору та сортування відходів. Із загальної маси видаляється органіка. Потім відходи подрібнюються та висушуються. Готове RDF-паливо доставляється на цементний завод та завантажується у спеціальні відсіки. За допомогою грейферного крана воно завантажується на конвеєрну стрічку та відправляється у заводську піч. Там паливо спалюється за нормальної температури близько 2000 градусів.

Отримання енергії з відходів – перспективне завдання. Вона покликана вирішити проблему не тільки швидкозростаючих сміттєвих полігонів, а й скоротити використання природних ресурсів, що вичерпуються.

За оцінками фахівців, у Європі 2003 р. щорічно вироблялося близько 3 млн. тонн РДФ-палива. 2008 року Європейська організація з альтернативного палива з відходів (ERFO) оцінила обсяг виробництва РДФ-палива в 11 європейських державах у розмірі 4–5 млн. тонн на рік.

У ЄС використовується приблизно 13,5 млн. тонн РДФ-палива на рік, 12 млн. т. використовуються на цементних заводах та спеціалізованих підприємствах з виробництва електроенергії. Згідно з оціночними даними, ще 1,5 млн. т. використовуються на інших установках.

Паливо, отримане з відходів, використовується у цементних печах ЄС понад 30 років. На ряді цементних заводів Європи частка паливних відходів, що спалюються, становить 100 % загального теплоспоживання, що витрачається на випал клінкеру, при цьому частка РДФ-палива досягає 70–80 % («Хелм», Польща).

У було побудовано 15 заводів, у Швеції - 25, які отримували з ТКО паливо як гранул і брикетів і як добавки 20 % використовували на електростанціях, а пізніше - в цементних печах. Пізніше, такі ж заводи, були побудовані у Великій Британії, Франції та інших країнах, у тому числі й у Росії – паливо, отримане з легких фракцій побутових відходів, було випробувано у Володимирі.

Калорійність такого палива в Європі в середньому становить 14 000 кДж/кг

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

залежно від способу збирання відходів, їх якості, морфологічного складу та глибини обробки. Якість виробництва РДФ палива також, залежить від мети його використання та вимог кінцевого споживача.

Точну потужність заводів, що працюють на РДФ-паливі в Європі, визначити складно, оскільки більшість із них належить приватним компаніям, які не подають звітності про фактичне завантаження потужностей у статистичні органи.

Відповідно до даних Конфедерації Європейських енергетичних установок (CEWER) у 2016 р. у Німеччині налічувався 31 завод, що діє на РДФ паливі, загальною виробничою потужністю 5,5 млн тонн щорічно.

Згідно з дослідженням ERFO у 2015 р., основними споживачами РДФ-палива є цементні печі та спеціалізовані установки.

Ці два напрями нині є найбільшими ринками для збуту РДФ-палива. Таке паливо також використовується на електростанціях, при газифікації/піролізі, на промислових установках, у доменних печах та інших, таких як випалювальні печі [4].

Вже у 2014 році частка заміщення викопного палива відходами у найбільших у світі цементних корпорацій становила: Cemex Group – 27,7%, Heidelberg Group – 20,6%, Lafarge Group – 17,4%.

Також була реалізована ідея використання RDF як додаткового палива електростанцій (ТЕС), хоча цей напрямок виявився недостатньо ефективним. Зберегти викиди електростанції на гранично допустимому рівні вдається, замінюючи не більше 5% палива на відходи, при цьому питомі викиди на тонну RDF виявляються значно вищими, ніж для цементних печей або сміттєспалювальних заводів. Як вважають, деякі експерти (Astrup, T., Møller, J., Fruergaard T. (2009) підвищити екологічну безпеку спалювання відходів у топках ТЕС можна лише через доопрацювання систем спалювання та газоочищення, що рівнозначно будівництву сміттєспалювального заводу.

Варто відзначити, що навіть ретельно відсортовані ТКО для RDF-палива не

					601HT -11393361.3П	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

володіють необхідною якістю. Потенційно ліквідний продукт піролізу RDF - синтетична нафта - має вкрай нестабільні хімічні та фізичні властивості, а наявність парафінів і високий вміст домішок робить її очищення практично нездійсненною.

Піроліз комунальних відходів не є раціональним способом їхньої переробки.

Більше того, діоксини та фурани, зрештою, все одно утворюються при спалюванні продуктів піролізу. Екологічний статус підприємства та вимоги до газоочищення в країнах ЄС залишаються такими самими, як і при прямому спалюванні відходів.

Спалювання неочищеного синтез-газу в ЄС здійснюється лише на одній установці - газифікація Cemex на цементному заводі в Рюдерсдорфі, Німеччина (135 тис.т/рік RDF). Спільно з недопаленою вугільною золою RDF газифікується в киплячому шарі за температури 900-950°C. Після чого синтез-газ відразу прямує на спалювання декарбонізатор, а зольний залишок включається до складу сировинної шихти. Незважаючи на те, що установка функціонує з 1996 р., компанія Cemex тиражувати цю технологію не планує.

Газифікація палива RDF з очищенням синтез-газу та генерацією енергії в газовій турбіні здійснюється на заводі KymiJärvi II поблизу р.

Лахті, Фінляндія. Завод розрахований на 250 000 т/рік RDF (50 МВт по електрики). Газифікація здійснюється при температурі 850-900 ° С, синтез-газ перед спалюванням проходить очищення від смол, пилу, хлору та лугів. ККД генерації електрики становить 31%.

1.2 Використання та виробництво RDF-палива

Грамотне використання і знешкодження твердих комунальних відходів, що утворюються (далі— ТКВ) — одне з найважливіших екологічних питань на порядку денному для країн усього світу. Світовий досвід показує, що економічне зростання, зростання населення та урбанізації ведуть до збільшення утворення

					601HT -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

відходів у світі, більше того, не в пропорційному темпі. Відповідно до даних Євростату, отриманих у результаті дослідження в 2014 р., обсяг міського населення в Європейському союзі становить близько 75 %, і цей показник постійно зростає[3]. Дані представлені нижче на рис.1. Темп приросту в 2015 р. по відношенню до 1950 р. склав 42,9 %, а в 2050 р. становитиме 59,2 %.

Тим не менш, варто відзначити позитивну тенденцію щодо звернення з відходами в Євросоюзі. Відповідно до даних Євростату, які представлені на рис.2, обсяг утворення відходів на душу населення з кожним роком знижується, що говорить про ведення правильної політики щодо поводження з відходами [4]. Темп зниження в 2016 р. по відношенню до 2005 р. склав 6,7%.

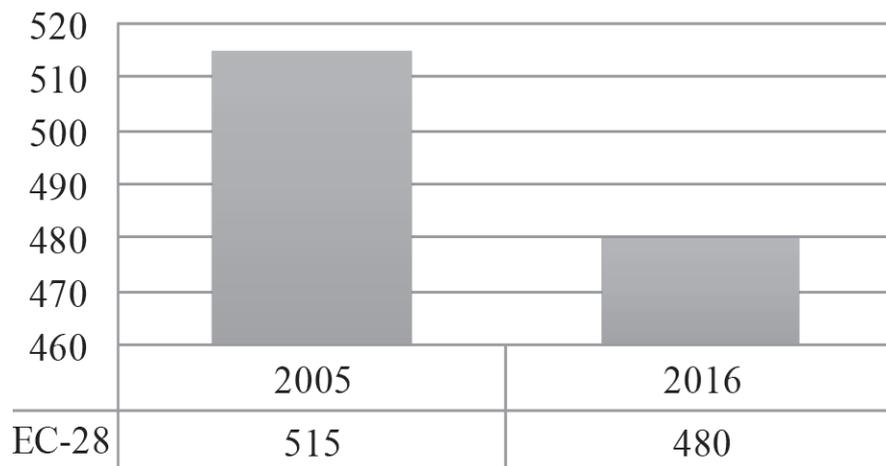


Рис.2 Обсяг надходжень ТКВ в ЄС-28, кг на душу населення

Також варто відзначити позитивну тенденцію щодо використання та знешкодження відходів. Так, раніше переважним способом було поховання, але за останні десятиліття пріоритет змістився в бік спалювання, переробки, компостування (рис. 3). Темп зниження поховання на полігонах з 1995 по 2015 роки. становив 61,5%.

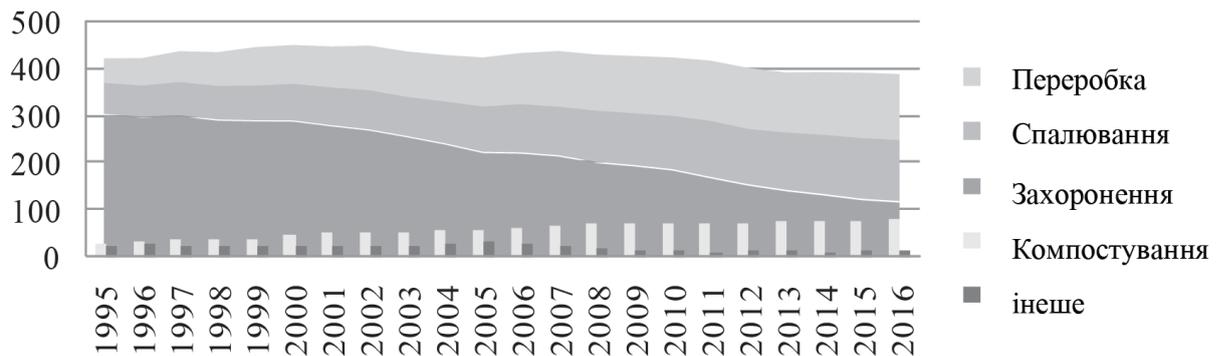


Рис.3 Способи використання ТКВ в ЄС-28, кг на душу населення

Один із поширених способів по поводженню з відходами — спалювання. Важливими перевагами даного методу є ефективне знешкодження відходів, зниження обсягу відходів до 10 разів, використання енергетичного потенціалу органічних відходів.

Відповідно до дослідження Г. А. Аркелової, перший сміттєспалювальний завод, побудований поблизу Лондона на початку XIX століття, ефективно справлявся зі скороченням обсягів відходів більш ніж у 10 разів, а їх маси — в 3 рази. Довгі роки сміттєспалювальні заводи різних країн світу також вирішували одне єдине завдання — позбутися сміття. У середині 70-х років XX століття (у розпал світової енергетичної кризи) тверді побутові відходи стали розглядатися як додаткове сировинне джерело енергії, що призвело до інтенсивного розвитку технологій з термічного знешкодження побутових відходів на сміттєспалювальних установках. Аналіз досвіду функціонування таких заводів показав, що вони мають ряд недоліків, одним із яких є незадовільна екологічна чистота.

Так, наприклад, у відхідних газах сміттєспалювальних заводів було виявлено присутність діоксинів та інших екотоксикантів. Ситуація, що склалася, призвела до необхідності готувати відходи перед спалюванням. Внаслідок цього трохи пізніше в США було побудовано 15 заводів, у Швеції - 25, які отримували з ТКО паливо у вигляді гранул і брикетів і в якості добавки 20% використовували

подають звітність про фактичному завантаженні потужностей у статистичні органи. Відповідно до даних Конфедерації Європейських енергетичних установок (CEWER) у 2016 р. в Німеччині налічувався 31 завод, що діє на РДФ-паливі, загальною виробничою потужністю 5,5 млн. т 2 щорічно.22].

За оцінками фахівців, у Європі в 2003 р. щорічно вироблялося близько 3 млн т РДФ-палива. У 2008 р. Європейська організація з альтернативного палива з відходів (ERFO) оцінила обсяг виробництва РДФ-палива в 11 європейських державах у розмірі 4–5 млн. т на рік.

Згідно з дослідженням ERFO у 2015 р., основними споживачами РДФ-палива є цементні печі та спеціалізовані установки. Ці два напрями в даний час є найбільшими ринками для збуту РДФ-палива. Таке паливо також використовується на електростанціях, при газифікації/піролізі, на промислових установках, в доменних печах та інших, таких як випалювальні печі.

Таблиця.1 Обсяги використання РДФ-палива в країнах ЄС в 2021р.

Використання	РДФ-Паливо, млн/т рік
Цементна індустрія	6,5
Установки по спалюванню РДФ-палива	8,3
Інше	1,9

Дані з таблиці показують, що в ЄС використовується приблизно 13,5 млн т РДФ-палива в рік, 12 млн т використовуються на цементних заводах і спеціалізованих підприємствах з виробництва електроенергії. Згідно з оціночними даними ще 1,5 млн т використовуються на інших установках.

Цементна промисловість залишається важливим ринком збуту РДФ-палива. Паливо, отримане з відходів, використовується в цементних печах ЄС понад 30 років, що дозволяє замінити вугілля і петкокс на більш стійке паливо. У той же час мінеральний вміст відходів переробляється в якості сировини. На ряді цементних заводів Європи частка паливних відходів, що спалюються, становить 100 % загального теплоспоживання, що витрачається на випал клінкеру, при цьому частка РДФ-палива досягає 70–80 % («Хелм», Польща).

Крім цього, існує величезний невикористаний потенціал у багатьох інших галузях, таких як паперова промисловість, хімічна промисловість і т. д. У Європейському союзі планується впровадити заходи для прискорення переробки і, разом з тим, збільшити виробництво РДФ-палива. У разі досягнення цих цілей, в ЄС можна було використати не менше 50 млн т РДФ-палива в рік. Перевагою також є те, що скорочується кількість відходів, що зберігаються, і споживання вичерпних природних ресурсів [2].

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили встановити, що кількість твердих побутових відходів, які є одним з основних побічних продуктів міського життя, зростає швидше, ніж рівень урбанізації. Незважаючи на виявлені позитивні тенденції щодо поводження з відходами, узгоджені цілі щодо стабілізації кількості твердих комунальних відходів у країнах ЄС поки не досягнуто.

Висновки до розлілу

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили встановити, що кількість твердих побутових відходів, які є одним з основних побічних продуктів міського життя, зростає швидше, ніж рівень урбанізації. Незважаючи на виявлені позитивні тенденції щодо поводження з відходами, узгоджені цілі щодо стабілізації кількості твердих комунальних відходів у країнах ЄС не досягнуто.

Отже на даний час переробка ТКВ та подальша переробка його в РДФ-паливо і використання в якості палива для спалювання в котельних установках є актуальним та перспективним питанням яке потребує висвітлення техніко-економічного обґрунтування, екологічного та технічного аспекту даного питання.

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П				

РОЗДІЛ 2 РЕКОНСТРУКЦІЯ КОТЕЛЬНІ

2.1 Загальні положення проекту реконструкції котельні

Будь-який технологічний процес вимагає певної витрати палива, електричної та теплової енергії, тому підприємства є найбільшими споживачами різних видів палива та енергії. У промисловості витрачається приблизно половина всього палива та дві третини енергії. Як паливо підприємства використовують вугілля, кокс, мазут, дрова та деревні відходи, природний газ, діоксид вуглецю (наприклад, для зварювального виробництва).

Генераторами тепла при децентралізованому теплопостачанні є котельні, вбудовані в саму опалювальну будівлю та оснащені котлами малої продуктивності.

При виборі варіанта теплопостачання повинна враховуватись вся сукупність витрат, що впливають на собівартість одиниці теплової енергії. До них відносяться витрати на спорудження, обслуговування та ремонт джерел тепла, теплових мереж та магістралей, абонентських вводів та інших елементів системи, а також витрати на паливо.

Розрахунки показують, що у разі великої розосередженості сільськогосподарських будівель та споруд, коли довжина теплових мереж понад 0,5 – 0,6 км, а теплове навантаження не перевищує 4000 кДж/м, економічно доцільно застосовувати місцеві (вбудовані) котельні з джерелами тепла малої продуктивності .

Якщо кількість споживаного тепла порівняно велика, а розташування виробничих будівель, багатоквартирних будинків, громадських комунально-побутових будівель компактне, то економічно вигіднішим буде теплопостачання від централізованої котельні. Нині у сільському господарстві переважно поширені дрібні індивідуальні котельні, оскільки на їх будівництво не потрібно великих одноразових витрат.

Котельна установка – це основний агрегат виробничої котельні та теплової електростанції. Необхідна теплова потужність котельної установки визначається її

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

паропродуктивністю при забезпеченні заданої температури та робочого тиску.

При цьому в топці котельного агрегату спалюється розрахункова кількість палива.

При виконанні теплового розрахунку котельного агрегату його паропродуктивність, параметри пари та поживної води є заданими. Тому мета розрахунку полягає у виборі раціонального компоновання та визначенні розмірів усіх поверхонь нагріву котельного агрегату (конструктивний розрахунок) або ж у визначенні температур і теплосприйняття робочого тіла та газового середовища в поверхнях нагріву заданого котельного агрегату (перевірочний розрахунок).

Тепловий розрахунок парового котельного агрегату буває конструктивним чи повірковим.

Завдання конструктивного теплового розрахунку полягає у:

- у виборі компоновання поверхонь нагріву в газоходах котельного агрегату;
- у визначенні поверхонь теплообміну.

Розрахункові значення поверхонь теплообміну повинні забезпечувати номінальну паропродуктивність котла при заданих номінальних параметрах пари, надійність та економічність його роботи. При цьому забезпечення надійності роботи поверхонь нагріву передбачає отримання розрахункових теплових характеристик, що виключають збільшення максимальної температури стінки понад допустиме значення за умовами міцності, а на економічність роботи котла визначальний вплив мають температура газів, що йдуть, і присоси холодного повітря в газовий тракт.

Виконання конструктивного теплового розрахунку проводиться на основі вихідних даних, що становлять завдання на проект.

Завдання має містити такі дані:

- Тип парового котельного агрегату;
- номінальну паропродуктивність;
- Параметри перегрітої пари;

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Родовище та марку енергетичного палива;
- Спосіб спалювання твердого палива;-
- температуру поживної води, що надходить у котельний агрегат.

Крім зазначених, можуть бути задані інші характеристики, наприклад, безперервна продування, частка рециркуляції газів в топку, робота котельного агрегату під наддувом або при розрідженні в газовому тракті та ін.

Температури газів, що йдуть, повітря на вході в повітропідігрівач і гарячого повітря після підігрівача і ряд інших характеристик, як правило, вибираються проєктантом відповідно до рекомендацій.

Перевірочний розрахунок котельного агрегату або окремих елементів виконується для існуючої конструкції з метою: - визначення показників її роботи при переході на інше паливо; - при зміні навантаження чи параметрів пари; - після проведеної реконструкції поверхонь нагріву.

В результаті перевірконого розрахунку визначають: - Коефіцієнт корисної дії котельного агрегату;

- Витрата палива;
- температуру продуктів згоряння по газовому тракту, включаючи температуру газів, що йдуть;
- температуру робочого середовища (пари, води) за кожною поверхнею нагріву.

Надійність роботи поверхні нагріву встановлюють розрахунком очікуваної температури стінки та порівнянням її з допустимою для використаного металу.

Для виконання розрахунку доводиться попередньо задаватися температурою газів, що йдуть, і температурою гарячого повітря, правильність вибору яких визначається лише після завершення розрахунку.

Завдання на перевірконий розрахунок включає практично ті ж вихідні дані, що і при конструктивному розрахунку, і додатково - конструктивні дані поверхонь котельного агрегату. Цьому розрахунку передуює визначення за кресленнями

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

геометричних характеристик поверхонь (діаметрів та кроків труб, числа рядів труб, розмірів прохідних перерізів для газів та робочого середовища, габаритних розмірів газоходів та поверхонь нагріву тощо).

Як при перевірочному розрахунку котельного агрегату, так при конструктивному спочатку визначають обсяги та ентальпії повітря і продуктів згоряння, ККД і витрата палива, а потім виконують розрахунок теплообміну в камері топки та інших поверхнях в послідовності, що відповідає їх розташуванню по ходу газів.

При перевірочному розрахунку поверхні нагріву задаються зміною температури одного з теплообмінних середовищ (різницею температур на вході та виході). Цим визначається теплосприйняття поверхні у першому наближенні. Далі обчислюють температури іншого середовища на кінцях поверхні нагріву, температурний напір, швидкості газового потоку та робочої середовища та всі інші величини, необхідні для обчислення теплосприйняття у другому наближенні. При розбіжності прийнятого та розрахункового теплосприйняття вище допустимого повторюють розрахунок для нового прийнятого теплосприйняття. Таким чином, перевірочний розрахунок поверхні нагріву виконують методом послідовних наближень.

В результаті розрахунку визначають теплосприйняття поверхні, а також температури та ентальпії середовищ на вході та виході з неї.

У записці наводяться короткі пояснення та обґрунтування значень величин, розрахункових формул, порядку виконання розрахунку, що вибираються для розрахунку. Розрахункова записка повинна містити також використовувані для розрахунку таблиці обсягів та ентальпій продуктів згоряння та повітря, теплову схему котельного агрегату.

Розрахунок конвективних поверхонь нагріву супроводжується складанням схем, що ілюструють напрями взаємного руху та зміну температур гріючих газів та робочого середовища в межах кожної поверхні нагріву. Ескізна компоновка

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

поверхонь нагрівання котельного агрегату повинна мати основні розміри газоходів (ширину, висоту, глибину) та габаритні розміри поверхонь.

Теплова схема котельного агрегату відображає розподіл теплосприйняття робочого середовища між поверхнями нагрівання котельного агрегату та встановлює послідовність їх розміщення вздовж газового тракту.

2.2 Загальні дані для розрахунків

Котельня, що реконструюється, є джерелом відпуску теплової енергії по внутрішній тепловій мережі, що є 4-х трубною.

Що забезпечує тепlopостачання в такі будівлі:

- їдальня;
- банно-пральний комплекс (БПК);
- адміністративний корпус №3;
- адміністративний корпус №4;

За призначенням опалювальна котельня, щореконструюється, для забезпечення потреб у тепловій енергії системи опалення, вентиляції та систем тепlopостачання подачі гарячої води для систем гарячого водопостачання; За надійністю відпуску теплової енергії приєднані споживачі відносяться до II категорії.

За розташуванням – котельня, що окремо стоїть на території комплексу.

Параметри клімату для м.Чернігів:

- Архітектурно-будівельний район– II ;
- Температура повітря найбільш холодної п'ятиденки, [холодний період, з забезпеченістю 0,92] –21 °С;
- Тривалість опалювального періоду [при $t_{in} \leq 8^\circ\text{C}$ – 173 доби;

2.3 Вихідні дані для розрахунків

Існуюча тепла мережа що обслуговує їдальню, БПК, корпуси №3 та №4.

Теплова енергія, що відпускається з котельні в теплову мережу, є відпущеним

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

продуктом виробництва.

Місце підключення джерела тепла котельні до існуючих трубопроводів тепломережі. В точці приєднання трубопроводу використовується сталева електрозварна труба ГОСТ 10704 номінальним діаметром Ду100. Проектною межею цієї ділянки є місце підключення системи.

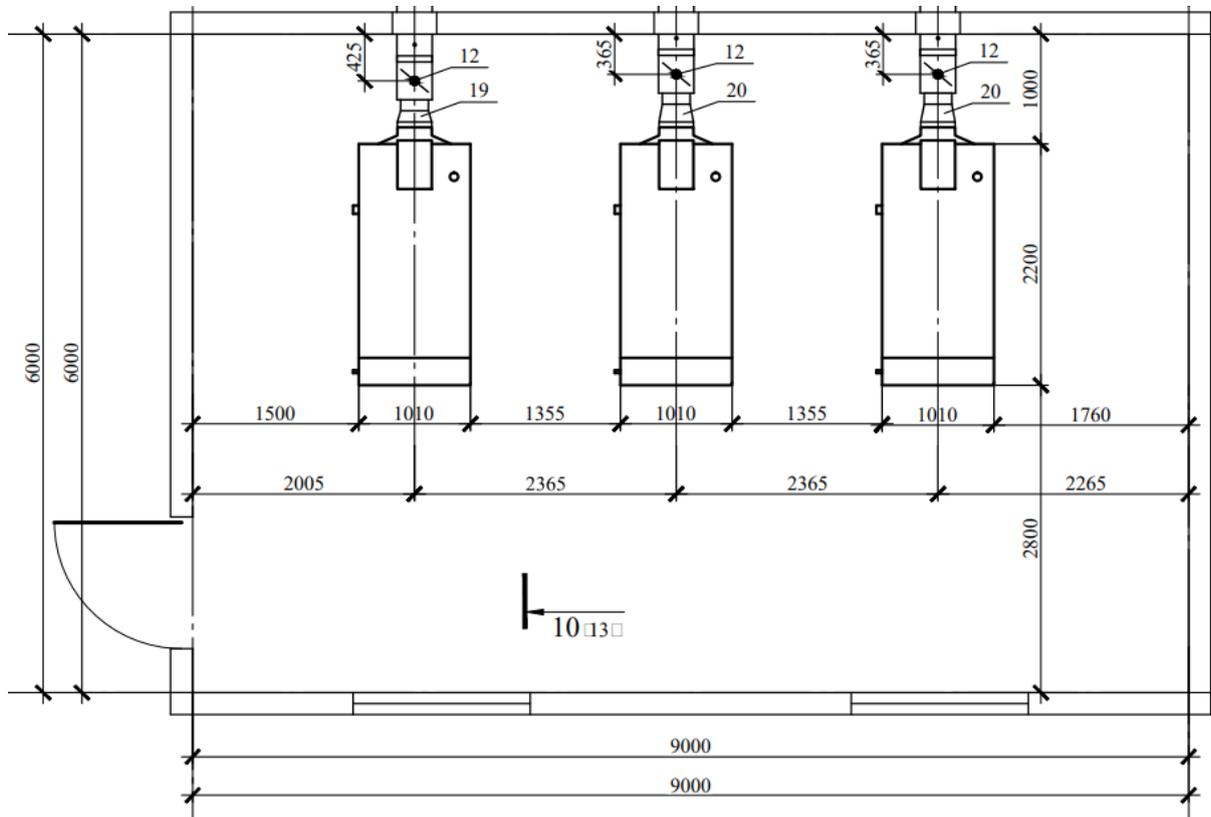


Рис.5 План приміщення що розглядається проектом

Теплоносій - воду пом'якшують, а якість теплоносія перевіряють відповідно до вимог ДБН В.2.5-39, ДБН В.2.5-77 та НПАОП 0.00-1.26.

Відповідно до температури зовнішнього повітря від джерела регулюється віддача теплової енергії на опалення та вентиляцію споживачів.

										Арк.
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П					

Таблиця 2 Витрати тепла приєднаного споживача - теплова мережа до будівлі їдальні та БПК, корпусів №3,4 згідно опитувального листа за 2023р.

№ п.п.	Найменування	Позначення	Розмірність	Числове значення
1	Витрата тепла, у тому числі:	Q	МВт	0,316
			ГДж/г	1,137
1.2	- на гаряче водопостачання [максимальна витрата тепла]	Q _{ГВП}	МВт	0,101
			ГДж/г	0,364
1.3	- на технологічні потреби	Q _{ТЕХН}	МВт	-
			ГДж/г	-
1.4	- теплові втрати теплової мережі	Q _{ТП}	кВт	28,70
			кДж/г	103320
2	Річний витрата тепла, у тому	Q _{річ}	кВтхч	773138
			ГДж	2783
2.1	- на опалення і вентиляцію	Q _{ОВ}	кВт г	371067
			ГДж	1336
2.2	- на гаряче водопостачання	Q _{ГВС}	кВт г	331785
			ГДж	1194
2.3	- на технологічні потреби	Q _{ТЕХН}	кВт г	-
			ГДж	-
2.4	- теплові втрати теплової мережі	Q _п	кВт г	70285
			ГДж	253

2.3 Розрахунок теплової потужності

Розрахункову теплову потужність котельні визначають як суму максимальних витрат теплової енергії на опалення та вентиляцію, так і максимально витрат теплової енергії на гаряче водопостачання. При визначенні розрахункової теплової потужності котельні враховуються витрати теплової енергії на власні потреби котельні, втрати в котельні та теплових мережах з урахуванням енергетичної ефективності системи.

Розрахункові теплові навантаження визначено для чотирьох розрахункових режимів:

- максимально-зимовий режим при розрахунковій температурі зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92;
- передній – режим при середній температурі зовнішнього повітря опалювальний період;

- перехідний період - режим при перехідній температурі зовнішнього;
- Літній період - режим при розрахунковій температурі зовнішнього повітря більш теплого п'ятиденки забезпеченістю 0,99.

При цьому визначаються навантаження в розрахунковому режимі, при якому сума витрат теплоти споживачами системи досягають максимального значення.

За рахунок відпустки теплоти із системи тепlopостачання задовольняються такі види тепловикористання мікрорайону:

- Сезонні теплові навантаження.
- Цілорічні теплові навантаження.

Теплові навантаження споживачів не залишаються незмінними. Витрати теплоти на опалення, вентиляцію та кондиціонування повітря залежать в основному від кліматичних умов: температури зовнішнього повітря, напряму та швидкості вітру, вологості повітря та ін. Навантаження гарячого водopостачання залежить від ступеня благоустрою будівлі та має змінний добовий графік, а річний графік певною мірою залежить від пори року. Літні навантаження, як правило, нижчі за зимові внаслідок вищої температури водopровідної води та менших втрат теплопроводів.

Розрахунок тепла на опалення будь-якого приміщення можна зробити за такою формулою:

$$Q^0_{max} = q_0 \cdot A \cdot (1 + k_1) \quad (2.1)$$

де q_0 - укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м² будівлі, Вт;

A - загальна площа будівлі, м²;

k_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення будівлі, $k_1 = 0$ для житлових будівель;

$k_1 = 0,25$ для громадських будівель.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний тепловий потік на вентиляцію для громадських будівель, Вт дорівнює:

$$Q_{max}^6 = q_0 \cdot A \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (2.2)$$

де k_1 - коефіцієнт, що враховує тепловий потік для опалення громадських будівель, $k_1 = 0,25$, k_2 - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських будівель; $k_2 = 0,6$ для будівель, збудованих після 1985 року.

Для визначення максимального теплового потоку на гаряче водопостачання житлових та громадських будівель, Вт спочатку знаходиться середній тепловий потік, Вт, за формулою:

$$Q_{cp}^{2.6.} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot c \quad (2.3)$$

де m – кількість осіб для житлових будинків, визначається за такою формулою:

$$m = A/12 \quad (2.4)$$

a - норма споживання гарячої води для житлових будівель (105 л/добу).

b - норма споживання гарячої води для громадських будівель (25 л/добу).

t_x - температура води в зимній період ($5 \text{ } ^\circ\text{C}$)

c – питома теплоємність води ($4,19 \text{ Дж/кг} \cdot \text{ } ^\circ\text{C}$).

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будівель, Вт, визначається за формулою:

$$Q_{max}^{2.6.} = 2,4 \cdot Q_{cp}^{2.6.} \quad (2.5)$$

Розрахункові витрати на вироблену, відпущену теплову енергію та теплову енергію, витрачену на власні потреби, наведено в таблиці 3.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3 Розрахункові витрати теплової енергії

№ п.п.	Найменування	Позначення	Розмірність	Числове значення			
				Розрахунковий режим при t _н			
				-21	0,3	8	26
1	Відпущена тепла енергія приєднаним споживачам						
1.1	Сумарна витрата тепла на опалення	Q _о	МВт	0,14864	0,0712	0,0432	0,000
1.2	Сумарна витрата тепла на гаряче водопостачання	Q _{ГВП}	МВт	0,101	0,101	0,091	0,081
1.3	Сумарна витрата тепла на вентиляцію	Q _в	МВт	0,03716	0,0178	0,0108	0,000
1.4	Втрати тепла в тепловій мережі	Q _т	кВт	28,7	13,8	8,4	0,9
	ВСЬОГО:	Q^{ГМ}	МВт	0,316	0,204	0,154	0,082
2	Теплова енергія на власні потреби котельні						
2.1	Сумарна витрата тепла на опалення і вентиляцію котельні	Q _{ОВ^{СН}}	кВт	1,0	0,5	0,3	0,0
2.2	Сумарна витрата тепла на гаряче водопостачання котельні	Q _{ГВП^{СН}}	кВт	0,0	0,0	0,0	0,0
2.3	Втрати тепла в обладнанні та трубопроводах котельні	Q _{т1}	кВт	0,5	0,4	0,2	0,7
2.4	Втрати тепла на підживлення систем котельні	Q _{під}	кВт	0,14	0,14	0,14	0,14
	ВСЬОГО:	Q^{СН}	кВт	1,7	1,0	0,7	0,8
3	Вироблена тепла енергія	Q_{заг}	МВт	0,317	0,205	0,154	0,083

2.4 Розрахункові витрати теплоносія

Сумарна витрата теплоносія в теплових мережах, кг/година визначається за формулою:

$$G_c = G_{max}^0 + G_{max}^6 + G_{cp}^{2,6} \cdot k_3 \quad (2.6)$$

де G_{max}^0 - максимальна витрата теплоносія на опалення, кг/год;

G_{max}^6 - максимальна витрата теплоносія на вентиляцію, кг/год;

$G_{cp}^{2,6}$ - середня витрата теплоносія на ГВП, кг/год;

$$k_3 = 1,2$$

Максимальна витрата на опалення, кг/година визначається за формулою:

$$G_{max}^c = \frac{3,6 \cdot Q_{max}^0}{(T - T_2) \cdot c} \quad (2.7)$$

де Q_{max}^0 - максимальне теплове навантаження на опалення, Вт;

c - питома теплоємність води (4,19 Дж/кг0 C).

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П				

T_1 - температура теплоносія в подавльному трубопроводі, $^{\circ}C$, ($T_1 = 80^{\circ}C$);

T_2 - температура теплоносія в зворотньому трубопроводі, $^{\circ}C$, ($T_2 = 60^{\circ}C$);

Максимальна витрата теплоносія на вентиляцію, кг/година:

$$G_{\max}^{\text{в}} = \frac{3.6 \cdot Q_{\max}^{\text{в}}}{(T - T_2) \cdot c} \quad (2.8)$$

Таблиця 4 Розрахункові витрати теплоносія

№ п.п.	Найменування	Позначення	Розмірність	Числове значення			
				Розрахунковий режим при $t_{\text{н}}$			
				-21	0,3	8	26
1	Витрати теплоносія						
1.1	Сумарна витрата теплоносія на опалення і вентиляцію	$G_{\text{ОВ}}$	м ³ /год	7,99	3,82	2,32	0,00
1.2	Сумарна витрата теплоносія на гаряче водопостачання	$G_{\text{ГВП}}$	м ³ /год	4,34	4,34	3,91	3,48
1.3	Сумарна витрата теплоносія на технологічні потреби	$G_{\text{ТЕХН}}$	м ³ /год	0,00	0,00	0,00	0,00
	ВСЬОГО:	$G^{\text{ТМ}}$	м ³ /год	13,56	8,76	6,59	3,52

2.5 Графік відпуску теплової енергії

Побудова графіку відпуску теплової енергії відбувається за даними розрахунку теплових навантажень в залежності від тривалості годин стояння температури зовнішнього повітря. Для умов клімату міста Чернігів повтрюваність температур, $^{\circ}C$ зовнішнього повітря, годин наведено в таблиці 5

Таблиця 5 Повтрюваність температур, $^{\circ}C$ зовнішнього повітря, годин

Повтрюваність температур, $^{\circ}C$ зовнішнього повітря, годин									Всього годин
від -34,9 до -30	від -29,9 до -25	від -24,9 до -20	від -19,9 до -15	від -14,9 до -10	від -9,9 до -5	від -4,9 до 0	від +0,1 до +5	від +5,1 до +8	
1	10	39	127	324	648	1238	1510	687	4584

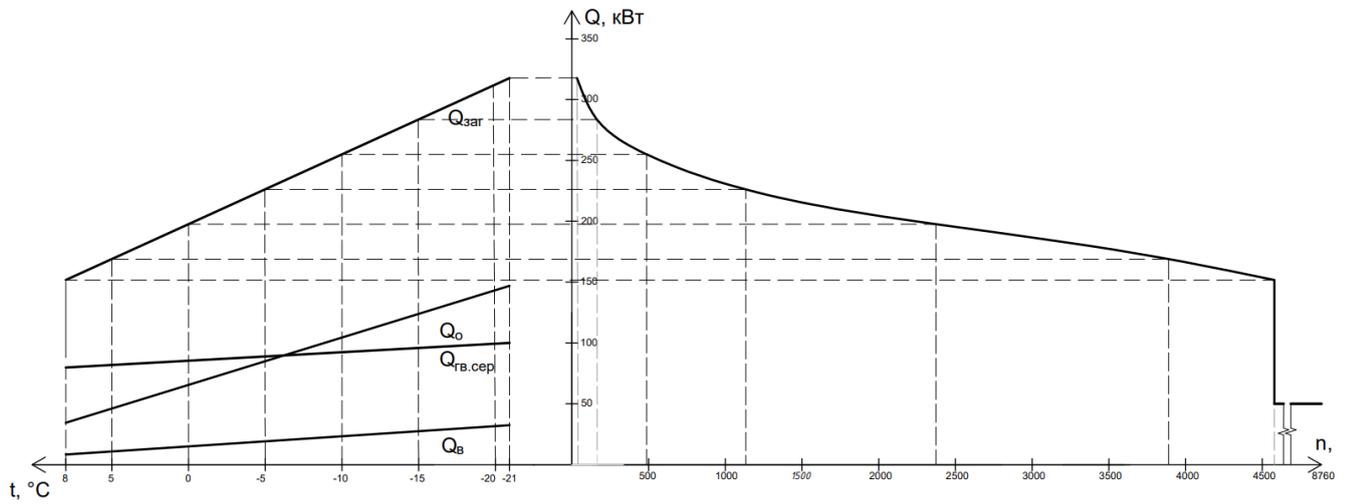


Рис.6 Графік відпуску теплової енергії

За результатами розрахунків була визначена теплова потужність котельні, визначено витрати теплоносія та побудовано графік відпуску теплової енергії за яким буде функціонувати котельня у опалювальний період та в літку.

					601HT-11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ПАЛИВА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ КОТЕЛЬНІ

3.1 Загальні положення розрахунку процесу горіння палива

Метою розрахунку горіння палива є визначення кількісних характеристик, до яких відносять витрату атмосферного або збагаченого киснем повітря, необхідного для повного спалювання одиниці палива (L , $\text{м}^3/\text{кг}$ або $\text{м}^3/\text{м}^3$), вихід (V , $\text{м}^3/\text{кг}$ або $\text{м}^3/\text{м}^3$) та склад продуктів повного згоряння, а також температуру горіння палива ($t_{\text{гор}}$, $^{\circ}\text{C}$). Розрахунок зазначених характеристик можна здійснювати або на основі представленого хімічного складу палива (точні розрахунки), або на основі знання тільки теплоти згоряння та виду палива (наближені розрахунки).

Якщо характеристики, що розраховуються, виходять в результаті точного обліку кількості кисню для повного окислення горючих складових, то ця характеристика отримана на основі стехіометричних співвідношень, і тоді їм присвоюють індекс «нуль».

Таким чином, мінімально необхідна кількість повітря (теоретично необхідна) позначається L_0 , а теоретичний вихід для продуктів згоряння від спалювання одиниці палива позначається як V_0

Зважаючи на складність процесу горіння теоретично необхідного кількості повітря буває недостатньо для повного окислення паливних складових палива. На практиці повітря подають із деяким надлишком для забезпечення повного згоряння палива.

Кількість дійсно введеного повітря позначають L_d ($\text{м}^3/\text{кг}$ або $\text{м}^3/\text{м}^3$).

Коефіцієнт надлишку повітря задається у технічних розрахунках в залежності від виду палива, теплоти його згоряння, умов протекання процесу і типу камери згоряння.

При конкретному утворюється дійсний вихід продуктів згоряння V_d . Склад продуктів згоряння, необхідний розрахунку процесу, а також теплообміну в робочому просторі теплового агрегату, буде розглянуто нижче для конкретних

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П				

видів палива.

Ще однією важливою характеристикою процесу горіння палива є температура горіння, яка залежить від багатьох факторів, таких як вид палива, його теплота згорання, коефіцієнт надлишку повітря, ступінь збагачення киснем, температура підігріву палива та повітря, технологічні умови спалювання палива тощо.

Щоб ця характеристика була більш визначеною і відповідала даному виду палива та умовам його спалювання, приймають деякі обмеження та припущення. По-перше, умовно припускають, що вся теплота, що виділялася при горінні одиниці палива, залишається в продуктах згорання, тобто приймаються умови відсутності теплообміну відпрацьованих газів з навколишнім середовищем (адіабатичні умови). По-друге, допускається введення теплоти з підігрітими паливом і повітрям і, по-третє, допускається, незважаючи на надлишок повітря, що частина палива з різних причин може не догоряти, і тоді з'являється винос теплоти з механічним недопалом (для твердого палива) та з хімічним недопалом (для всіх видів палива).

3.2 Розрахунок горіння кам'яного вугілля

Для розрахунку було взято вугілля, елементарний склад вугілля наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 Елементарний склад вугілля.

<i>СР</i>	<i>НР</i>	<i>ОР</i>	<i>НР</i>	<i>SR</i>	<i>AP</i>	<i>WP</i>
85,9	9,9	0,5	0,3	0,4	0,2	2,8

- Крім того, відомі:
- Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,28$;
- Вологість повітря $g^{c.п} = 13,9 \text{ г/см}^3$;

Визначення кількості повітря, необхідного для спалювання 1 кг вугілля
Розрахуємо кількість кисню, що окислює всі горючі компоненти вугілля:

$$V_0 = 1,604 + 0,003 + 1,319 + 8,11 = 11,04 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Склад відпрацьованих газів:

$$CO_2 = \frac{V_0^{CO_2} \cdot 100}{V_0} = \frac{1,604 \cdot 100}{11,04} = 14,53\%;$$

$$SO_2 = \frac{V_0^{SO_2} \cdot 100}{V_0} = \frac{0,003 \cdot 100}{11,04} = 0,03\%;$$

$$N_2 = \frac{V_0^{N_2} \cdot 100}{V_0} = \frac{8,11 \cdot 100}{11,04} = 73,46\%;$$

$$H_2O = \frac{V_0^{H_2O} \cdot 100}{V_0} = \frac{1,139 \cdot 100}{11,04} = 11,98\%.$$

Визначення об'ємної кількості та складу продуктів горіння при $a = 1,28$

Кількість CO_2 і SO_2 залишиться такою самою, як і при $a = 1$:

$$V^{CO_2} = V^{CO_2} = 1,604 \text{ м}^3 / \text{кг} ;$$

$$V^{SO_2} = V^{SO_2} = 0,003 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Кількість водяної пари збільшиться за рахунок вологи надлишкового повітря:

$$V^{H_2O} = V^{H_2O} + 0,00124g^{c.п} (a - 1)L^{c.п} \quad (3.10)$$

$$V^{H_2O} = 1,319 + 0,00124 \times 13,9 \times (1,28 - 1) \times 10,27 = 1,368 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

За рахунок надлишкового повітря збільшиться і кількість азоту:

$$V^{N_2} = V^{N_2} + k(a - 1)V_0 \quad (3.11)$$

$$V^{N_2} = 8,11 + 3,76 \times (1,28 - 1) \times 2,157 = 10,48 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

У продуктах горіння з'явиться вільний кисень надлишкового повітря:

$$V_{O_2}^{над} = (a - 1) \times V_{O_2} \quad (3.12)$$

$$V_{O_2}^{над} = (1,28 - 1) \times 2,157 = 0,604 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Загальний обсяг продуктів горіння при $a = 1,26$:

$$V_{\delta} = V_{\delta}^{CO_2} + V_{\delta}^{SO_2} + V_{\delta}^{H_2O} + V_{\delta}^{N_2} + V_{\delta}^{над} \quad (3.13)$$

$$V_{\delta} = 1,604 + 0,003 + 1,368 + 10,48 + 0,604 = 14,06 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Склад продуктів горіння:

Нижча теплота згорання вугілля, кДж / кг:

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ - 11393361.3П					

$$Q_{н.р.} = 339C^P + 1030H^P - 109(O^P - S^P) - 25(9H^P - W^P) \quad (3.14)$$

$$Q_{н.р.} = 339 \times 85,9 + 1030 \times 9,9 - 109 \times (0,5 - 0,4) - 25 \times (9 \times 9,9 - 2,8) = 37030,5$$

кДж / кг.

Склад продуктів горіння:

$$CO_2 = \frac{V_{\partial}^{CO_2} \cdot 100}{V_{\partial}} = \frac{1,604 \cdot 100}{14,06} = 11,41\%;$$

$$SO_2 = \frac{V_{\partial}^{SO_2} \cdot 100}{V_{\partial}} = \frac{0,003 \cdot 100}{14,06} = 0,02\%.$$

$$H_2O = \frac{V_{\partial}^{H_2O} \cdot 100}{V_{\partial}} = \frac{1,368 \cdot 100}{14,06} = 9,73\%;$$

$$N_2 = \frac{V_{\partial}^{N_2} \cdot 100}{V_{\partial}} = \frac{10,48 \cdot 100}{14,06} = 74,54\%;$$

$$O_2 = \frac{V_{O_2}^{изб} \cdot 100}{V_{\partial}} = \frac{0,604 \cdot 100}{14,06} = 4,30\%.$$

3.3 Розрахунок горіння RDF (SRF) - палива

В Україні утворюється значна кількість ТПВ (близько 11-12 млн. тонн на рік), з яких щорічно можна видобувати близько 2-3 млн. тонн RDF (SRF). (SRF з теплотворною здатністю 10-25 МДж/кг)

У 2019 році 28% всіх ТКВ ЄС було піддано термічній обробці, включаючи рекуперацію енергії за допомогою технологій WtoE, і ця цифра зростає з кожним роком. Технології WtoE включають різні методи переробки відходів для виробництва електроенергії, тепла або альтернативних видів палива, засновані на спалюванні (спалюванні) змішаних потоків ТКВ, виробництві та спалюванні палива з ТКВ, включаючи спільне спалювання з вичерпним органічним паливом. В останні роки все більшого значення набуває термічна переробка ТКВ на підприємствах промисловості, відмінних від сміттєспалювальних заводів. Спільне спалювання відходів і палива на їх основі використовується на виробничих об'єктах (наприклад, в цементній промисловості в особливості виробництво цементного гелю, в доменних печах та в промисловості виготовлення

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П					

паперу), на ТЕС і ТЕЦ, а також у промислових котельнях, які частково замінюють традиційні види палива (вугілля, дизельне паливо, природний газ) [13].

За даними дослідження [13] елементний склад, енергетичні властивості RDF (SRF) палива наведені на Рис.7

Країна, місто	Елементний склад на робочу масу r , %							Вихід легких, %	Q_r , МДж/кг
	C ^r	H ^r	O ^r	N ^r	S ^r	A ^r	W ^r		
Україна	20,3	2,8	17,5	0,6	0,1	20,2	38,5	57,0	6,9
Вінниця	18,6	2,6	15,8	0,4	0,1	21,8	40,2	57,8	6,3
Київ	17,1	2,4	14,4	0,5	0,1	24,4	40,9	58,8	5,7
Львів	19,6	2,7	15,3	0,6	0,2	17,3	43,8	58,2	6,7
Миколаїв	19,6	2,7	15,3	0,6	0,2	17,3	43,8	56,7	6,7
Мелітополь	20,2	2,9	18,1	0,4	0,1	21,0	40,0	56,8	7,0
Полтава	16,5	2,3	13,6	0,6	0,1	25,4	41,3	51,5	5,5
Харків	18,3	2,6	16,5	0,5	0,1	22,7	38,8	58,9	6,1
Хмельник	18,8	2,7	18,4	0,3	0,1	24,8	34,4	58,6	6,3
Черкаси	20,3	2,8	15,5	0,6	0,2	18,7	41,3	63,5	7,0
США	24,8	3,1	19,0	0,4	0,1	27,6	25,2	55,5	8,9
Канада	25,6	3,2	18,1	0,4	0,1	25,4	27,0	57,8	9,3
Німеччина	30,0	2,1	13,4	0,6	0,2	27,5	26,2	н/д	11,0
Нідерланди	22,2	1,5	8,3	0,2	0,3	43,3	24,2	31,2	7,6

Рис.7 Елементний склад, енергетичні властивості RDF (SRF) палива

Дані зображені на рис.7 були покладені в основу для розрахунку RDF (SRF) палива для котельні що реконструюється. Для спалювання твердого палива сумісно або повністю заміщеного на RDF (SRF) необхідно виконати розрахунок параметрів необхідних для горіння даних палив та отримання складу продуків згорання робочого складу палива.

Таблиця 7 елементарний склад RDF (SRF):

<i>CP</i>	<i>HP</i>	<i>OP</i>	<i>NP</i>	<i>SP</i>	<i>AP</i>	<i>WP</i>
20,3	2,8	17,5	0,6	0,1	20,2	38,5

- Крім того, відомі:
- Коефіцієнт надлишку повітря $a = 1,28$;
- Вологість повітря $g^{c.п} = 13,9$ г/см³;

Визначення кількості повітря, необхідного для спалювання 1 кг вугілля

Розрахуємо кількість кисню, що окислює всі горючі компоненти м:

$$V_{O_2} = 0,01 \times (1,867C^P + 5,6H^P + 0,7S^P - 0,7O^P) \quad (3.15)$$

$$V_{O_2} = 0,01 \times (1,867 \times 20,3 + 5,6 \times 2,8 + 0,7 \times 0,1 - 0,7 \times 17,5) = 0,420 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Теоретична витрата сухого атмосферного повітря дорівнюватиме:

$$L^{c.n} = (1 + k)_{V_{O_2}} \quad (3.16)$$

$$L^{c.n} = (1 + 3,76) \times 0,420 = 2,000 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Теоретична витрата вологого повітря:

$$L^{b.n} = (1 + 0,00124g^{e.n}) \quad (3.17)$$

$$L = (1 + 0,00124 \times 13,9) = 2,03 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Дійсна витрата вологого повітря:

$$L^{e.n} = aL^{b.n} \quad (3.18)$$

$$L^{e.n} = 1,28 \times 2,03 = 2,59 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Визначення об'ємної кількості та складу продуктів горіння вугілля при $a = 1$

Об'ємна кількість діоксиду вуглецю:

$$V_{CO_2} = 0,01 \times 1,867C^P \quad (3.19)$$

$$V_{CO_2} = 0,01 \times 1,867 \times 20,3 = 0,379 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Об'ємна кількість діоксиду сірки:

$$V_{SO_2} = 0,01 \times 0,7S^P \quad (3.20)$$

$$V_{SO_2} = 0,01 \times 0,7 \times 0,1 = 0,0007 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Об'ємна кількість водяної пари:

$$V_{H_2O} = 0,01 \times (11,2H^P + 1,244W_0^P) + 0,00124g^{c.n}L^{c.n} \quad (3.21)$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \times (11,2 \times 2,8 + 1,244 \times 38,5) + 0,00124 \times 13,9 \times 2,53 = 0,792 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Кількість азоту:

$$V_{N_2} = 0,01 \times 0,8N^P + kV_O \quad (3.22)$$

$$V_{N_2} = 0,01 \times 0,8 \times 0,6 + 3,76 \times 0,42 = 1,58 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Загальний обсяг продуктів горіння при $a = 1$:

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$V_0 = V^{CO_2} + V^{SO_2} + V^{H_2O} + V^{N_2} \quad (3.23)$$

$$V_0 = 0,379 + 0,0007 + 0,792 + 1,58 = 2,7557 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Склад відпрацьованих газів:

$$CO_2 = 13,7\%$$

$$SO_2 = 0,4\%$$

$$H_2O = 30,9\%$$

$$N_2 = 55,0\%$$

Визначення об'ємної кількості та складу продуктів горіння при $a = 1,28$

Кількість CO_2 і SO_2 залишиться такою самою, як і при $a = 1$:

$$V^{CO_2} = V^{CO_2} = 0,379 \text{ м}^3 / \text{кг.};$$

$$V^{SO_2} = V^{SO_2} = 0,0007 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Кількість водяної пари збільшиться за рахунок вологи надлишкового повітря:

$$V^{H_2O} = V^{H_2O} + 0,00124g^{c.n} (a - 1)L^{c.n} \quad (3.24)$$

$$V^{H_2O} = 0,792 + 0,00124 \times 13,9 \times (1,28 - 1) \times 2,59 = 0,804 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

За рахунок надлишкового повітря збільшиться і кількість азоту:

$$V^{N_2} = V^{N_2} + k(a - 1)V_{O_2} \quad (3.25)$$

$$V^{N_2} = 1,58 + 3,76 \times (1,28 - 1) \times 0,420 = 2,02 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

У продуктах горіння з'явиться вільний кисень надлишкового повітря:

$$V_{O_2}^{над} = (a - 1) \times V_{O_2} \quad (3.26)$$

$$V_{O_2}^{над} = (1,28 - 1) \times 0,42 = 0,117 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Загальний обсяг продуктів горіння при $a = 1,28$:

$$V_{\partial} = V_{\partial}^{CO_2} + V_{\partial}^{SO_2} + V_{\partial}^{H_2O} + V_{\partial}^{N_2} + V_{\partial}^{над} \quad (3.27)$$

$$V_{\partial} = 0,379 + 0,0007 + 0,804 + 2,02 + 0,117 = 3,320 \text{ м}^3 / \text{кг.}$$

Склад продуктів горіння:

Низча теплота згорання вугілля, кДж / кг:

$$Q_{н.р.} = 339C^P + 1030H^P - 109(O^P - S^P) - 25(9H^P \times W^P) \quad (3.28)$$

$$Q_{н.р.} = 339 \times 20,3 + 1030 \times 2,8 - 109 \times (17,5 - 0,1) - 25 \times (9 \times 2,8 + 38,5) = 10069,5$$

кДж / кг.

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ - 11393361.3П					

3.4 Тепловий баланс та визначення витрат палива

Тепловий баланс - це розподіл теплоти, що вноситься в котло-агрегат при спалюванні, на корисно використану теплоту та теплові втрати. Тепловий баланс складається на 1 кг твердого (рідкого) або на 1 м³ газоподібного палива стосовно встановленого теплового стану котельного агрегату.

Рівняння теплового балансу має вигляд:

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6. \quad (3.29)$$

У відсотках від наявної теплоти:

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 100. \quad (3.30)$$

Тут: $q_i = Q_i / Q_p \cdot 100$; $q_2 = (Q_2 / Q_p) \cdot 100$ і т.д.; Q_p - наявна теплота, кДж/м³ (кДж/кг); Q_1 (q_1) - теплота, корисно використана в котлоагрегаті для отримання пари, кДж/м³ (кДж/кг); Q_2 (q_2) - втрати теплоти з газами, що йдуть, кДж/м³ (кДж/кг); Q_3 (q_3) - втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння палива, кДж/м³ (кДж/кг); Q_4 (q_4) - втрати теплоти від механічної неповноти згоряння палива, кДж/м³ (кДж/кг); Q_5 (q_5) - втрати теплоти в доквілля, кДж/м³ (кДж/кг); Q_6 (q_6) - втрати теплоти з фізичною теплотою шлаку, кДж/м³ (кДж/кг).

Наявна теплота:

$$Q_p = Q_n + Q_{тл} + Q_{вн} + Q_{ф} + Q_{до} \quad (3.31)$$

Тут: Q_n - нижча теплота згоряння сухої маси палива, кДж/м³ (кДж/кг); $Q_{вн}$ - теплота, що вноситься в топку з повітрям, кДж/м³ (кДж/кг); $Q_{ф}$ - теплота, що вноситься в топку з паровим дуванням, кДж/м³ (кДж/кг); $Q_{тл}$ - фізична теплота палива, кДж/м³ (кДж/кг); $Q_{до}$ - тепла, витрачена на розкладання карбонатів робочої маси сланців, що містить CaCO₃ і MgCO₃, з утворенням газоподібного CO.

Теплота, що вноситься в топку з повітрям за його зовнішнього підігріву, кДж/м³ (кДж/кг) :

$$Q = a_m \cdot V \cdot c_v \cdot \Delta T \quad (3.32)$$

Тут: a_m - коефіцієнт надлишку повітря у топці; V - теоретичний обсяг повітря, необхідний повного згоряння 1 м³ (кг) палива, (м³/м³), (м³/кг); c_v -

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П				

середня об'ємна теплоємність повітря при постійному тиску, кДж/(м³·К) (кДж/(кг·К)); ΔT - різниця значень температури підігрітого та холодного повітря, °С.

$$Q = V \cdot c_n \cdot \Delta T \quad (3.33)$$

Тут: c_n - теплоємність робочої маси палива, кДж/(м³·К) (кДж/(кг·К)); t_t – температура палива на вході в топку, °С. V – витрата палива кг\год.

Величини втрат теплоти від хімічної q_3 та механічної q_4 неповноти згоряння палива приймають за таблицею 8.

Таблиця 8 Величини втрат теплоти від хімічної q_3 та механічної q_4 неповноти згоряння

Паливо	Суммарні втрати $q_3 + q_4$, % при навантаженні		
	100	70 - 100	< 70
Тверде паливо	0,1...0,15	0,15...0,2	0,3...0,4
Газ	0,05...0,07	0,05...0,01	0,1...0,15

Теплові розрахунки котлоагрегатів виконують, користуючись нижчою теплоотою згоряння робочої маси палива.

$$\eta = 6,4 + 0,8 + 0,2 + 0,05 + 0,55 = 92\%$$

Головним паливом для котельні є вугілля та RDF (SRF) паливо. Резервні види палива не передбачені.

Джерело паливостачання - існуючий приоб'єктний склад палива, розташований на території комплексу.

Подача палива передбачається обслуговуючим персоналом вручну.

Розрахункові витрати палива, в залежності від режиму роботи котельні:

$$B_p = \frac{Q_k}{Q_p^H \cdot \eta} = \frac{317}{2,79 \cdot 90,6} \cdot 100 = 39,3 \left[\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right] \quad (3.34)$$

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9 Витрати палива в залежності від температури зовнішнього повітря

Найменування	Позначення	Розмірність	Числове значення			
			Розрахунковий режим п			
			-21	0,3	8	26
Витрати вугілля	ВГ	кг/год	33,7	79,2	60,1	10,8
Витрати RDF (SRF)	ВГ	кг/год	123,5	291,2	39,3	39,3

На рис.8 наведено дані режиму сумісного спалювання вугілля та RDF (SRF) палив, з цього випливає, що по мірі додавання RDF (SRF) палива ростуть витрати палива, оскільки RDF (SRF) мають нижчу теплоту згорання також, ростуть викиди оксидів азоту та інших забруднюючих речовин у порівнянні з вугіллям .

Q, %	QRDF, %	Емісія			Втрати палива, %	T _{max} , К
		CO, мкг/с	C, г/с	NOx, мкг/с		
100	0	2,459	~0	109	~0	2011
90	10	2,29	4,43	844	0,781	2020
80	20	2,294	7,11	843	1,25	1993
70	30	2,30	8,83	1 198	1,56	1907

Рис.8 Дані режиму сумісного спалювання вугілля та RDF (SRF) палива

Оскільки RDF (SRF)— паливо твердого типу, що отримують з безпечних відходів, до числа яких входять ТКВ промислових і комерційних відходів, включаючи полімери, пластмасу, папір, картон, деревину та текстиль, які можна використовувати для виробництва енергії в котельних агрегатах

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П					

Забруднююча речовина	Установка		
	Спалювання відходів	Спільного спалювання відходів	Спалювання вугілля
Сумарний пил, мг/м ³	10	30	10—30
Газоподібні та пароподібні органічні речовини, як загальний органічний вуглець, мг/м ³	10	10	—
Хлористий водень HCl, мг/м ³	10	10	—
Фтористий водень HF, мг/м ³	1	1	—
Діоксид сірки SO ₂ , мг/м ³	50	50	150—400
Оксиди азоту NO _x , мг/м ³	200	500	150—400
Оксид вуглецю CO, мг/м ³	50	—	—
Кадмій та талій (Cd + Tl), мг/м ³	0,05	0,05	—
Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть (Hg), мг/м ³	0,05	0,05	—
Інші важкі метали (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V), мг/м ³	0,5	0,5	—
Поліхлоровані дібензодіоксини та поліхлоровані дібензофурани, нгДЕ/м ³	0,1	0,13	—

Рис.9 Склад продуктів згорання сумісного спалювання кам'яного вугілля та відходів.

ISSN 0204–3572. Electronic Modeling. 2020. V. 42. № 6 ня або спільного спалювання з вугіллям. SRF виробляється відповідно до класифікації та технічних характеристик, викладених у стандарті Європейського союзу EN 15359 : 2011 Solid Recovered Fuels — Specifications and Classes (табл. 3). У схемі класифікації SRF використано три основні параметри: теплота згорання (економічна інформація), концентрація Cl (технічна інформація) і Hg (екологічна інформація). Стандарт EN 15359 : 2011 вже прийнято в Україні — «ДСТУ EN 15359 : 2018 Тверде відновлювальне паливо. Технічні характеристики та класи (EN 15359 : 2011, IDT)».

РОЗДІЛ 4 ТЕПЛОВА СХЕМА ТА КОМПАНУВАННЯ КОТЛІВ У ПРИМІЩЕННІ КОТЕЛЬНІ

4.1 Теплова схема котельні

Теплові схеми котелень розробляються відповідно до технічних вимог споживачів, що приєднуються, і рекомендацій основних виробників обладнання котелень включають усі -Контури котлів -системи, які керують теплоносіями та подають їх у теплову мережу; -системи гарячого водопостачання; -системи хімводопідготовки -Системи подачі; -Системи холодного водопостачання для приготування гарячої води -Системи гарячого водопостачання теплових мереж - Системи рециркуляції гарячої води Котельні контури-контури циркуляції теплоносіїв із використанням системи котел-гідравлічний сепаратор. ційним насосом. Заповнення та підживлення контуру здійснюється за допомогою системи підживлювальної води. Компенсацію теплового розширення теплоносія забезпечують мембрани розширювальні сторони системи підживлення. Система керування подачею теплоносія керує подачею теплоносія циркуляційний контур за схемою теплова мережа – гідравлічний сепаратор – теплова мережа – споживачі тепла на опалення та вентиляцію. Система регулювання подачі теплоносія в теплову мережу залежною та закритою.

На рисунку 10 зображено принципову схему роботи котельні.

					601HT -11393361.3П	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

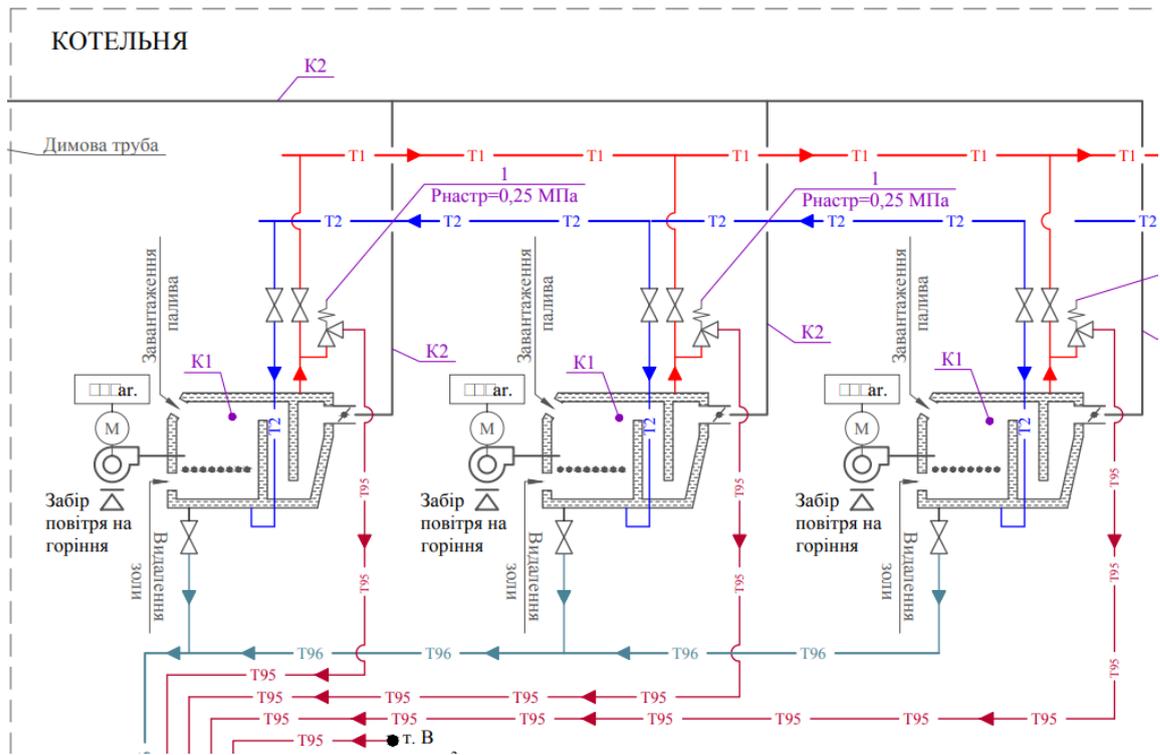


Рис.10 Принципова схема котельні

Температурний режим відпуску теплової енергії $-80/60^{\circ}\text{C}$ з поступовим зниженням температури подачі в залежності від зовнішньої температури. Витрата теплоносія в тепловій мережі постійна. Регулювання теплопостачання має високу якість. Система теплоносія системи гарячого водопостачання є циркуляційним контуром на основі системи пластинчастих теплообмінників типу «гідравлічний сепаратор-вода-вода». тури постійна. Теплоносій циркулює за допомогою циркуляційного (робочого/резервного) насоса. Регулювання температури гарячої води має високу якість. Наповнення та перезаряджання контуру здійснюється за допомогою системи заряджання. Компенсація теплового розширення Теплове розширення охолоджувальної води компенсується вибраним розширювальним баком у системі підживлення.

Система хімічної водопідготовки - ця система призначена для збирання, зберігання та обробки поживної води перед роботою казана. Система живильної води - Система живильної води призначена для заповнення системи котельної та приєднаної теплової мережі теплоносіями, автоматично підтримуючи статичний тиск у заданому діапазоні, так пенсуючи теплове розширення теплоносіїв у

системі котельної, теплової мережі та системі споживача. Система призначена для використання. До складу системи входять два (робочого/резервного) насоса, що підкачують, там мембранний розширювальний пакет. Система подачі холодної води для приготування гарячої води включає подачу води до теплообмінника і технічний облік води, що враховує гарячу воду, що подається споживачеві. Система подачі гарячої води до споживача – система трубопроводів для подачі гарячої води від теплообмінника до теплої мережі. Система подачі гарячої води до споживача є незалежною.

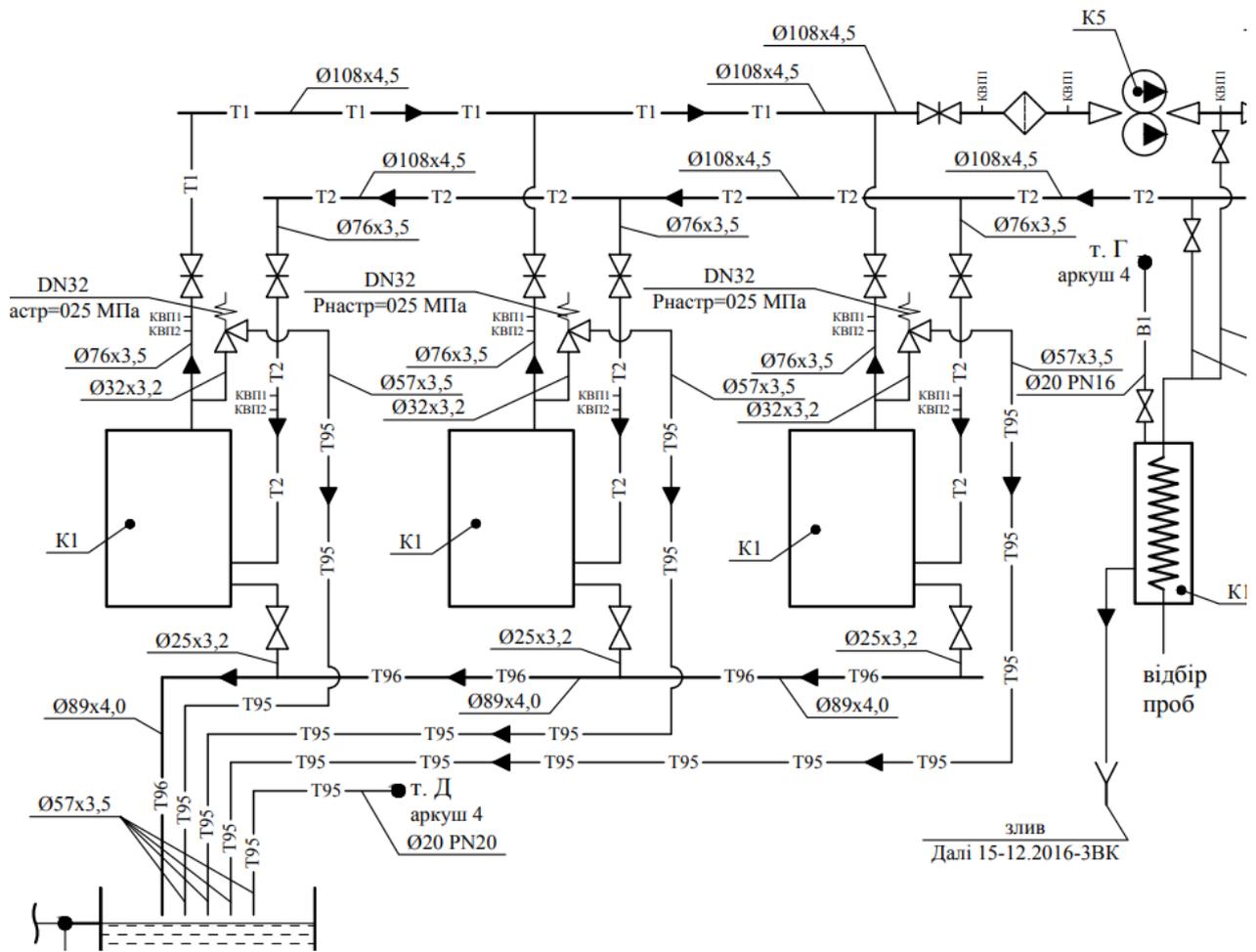


Рис.11 Теплова схема котельні

Система циркуляції гарячої води – теплообмінник – тепла мережа – циркуляційний контур за схемою споживача гарячої води. Циркуляція гарячої води забезпечується циркуляційними (робочими/резервними) насосами. Наповнення та підтримання тиску в трубах подачі та повернення гарячої води в тепломережі та будинках споживачів залежить від тиску у міській водопровідній

мережі.

4.2 Розрахунок димової труби

Розрахунок труби при природній тязі не відрізняється від розрахунку інших елементів газового тракту і зводиться до визначення її опорів. Силового тиску труби підраховується окремо спільно з самотягом по всьому газовому тракту.

Температура газів у димарі приймається рівною температурі газів у димососа.

Якщо задана висота труби, а діаметр не заданий, то внутрішній діаметр труби на виході визначається за формулою:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{тр}}}{\pi \cdot W_{\text{ек}}}} \quad (4.1)$$

де $V_{\text{тр}}$ - витрата газів через трубу, що визначається для випадку роботи всіх приєднаних до труби котлів при номінальному навантаженні і їх, $\text{м}^3/\text{с}$; $W_{\text{ек}}$ - швидкість газів на виході з труби, $\text{м}/\text{с}$,

Опір тертя підраховується за наближеною формулою з урахуванням конічності труби при прийнятому як для цегляних і бетонних, так і для залізних труб значення коефіцієнта опору тертя $\lambda = 0,03$

$$\Delta h_{\text{мп}} = (0,004/i) (0,5W^2 \rho) \quad (4.2)$$

де i - середній ухил внутрішніх стінок труби, для розрахунку цегляних та залізобетонних труб приймається $i = 0,02$.

Втрата тиску з вихідною швидкістю W розраховується з коефіцієнтом місцевого опору виходу $\xi_{\text{вих}} = 1,1$.

Динамічний тиск визначається, як і в інших випадках, за графіком рис. 12.

Поправки на наведений вагу газів і тиск вносяться на суму опорів всього тракту, включаючи димову трубу.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина самотяги на 1 м висоти h'_c , Па, при температурі зовнішнього повітря 20 °С безпосередньо визначається по нижньому полю графіка рис.23, с.192 залежно від об'ємної частки водяної пари в димових газах Γ_{H_2O} і температури газів.

Величина Γ_{H_2O} при прийнятій надлишку воздуха приймається из теплового расчета.

Виправлення на різницю щільностей димових газів та сухого повітря при тиску 760 мм рт.ст. вноситься до суми опорів всього тракту (без самотягу) у вигляді загального множника при прийнятому надлишку повітря приймається із теплового розрахунку.

При встановленні мокрих золоуловлювачів поправки на різницю щільностей вносяться окремо для ділянок до і після золоуловлювачів.

Для визначення сумарного самотягу величина h'_z множиться на висоту H . Поправка на тиск вноситься до суми опорів всього тракту (без самотягу) у вигляді загального множника $760/h_{бар}$, де $h_{бар}$ – середній барометричний тиск (мм рт.ст.), який у звичайних випадках приймається залежно від висоти місцевості над рівнем моря. Якщо ця висота не перевищує 200 м, то зниження барометричного тиску не враховується, тобто прийняття $h_{бар} = 760$ мм рт.ст.

З урахуванням усіх поправок сумарний опір тракту при штучній тязі та тиску на вході в котел не більше 0,11 МПа підраховується за формулою (4.4) :

$$\Delta H = \left[\sum \Delta h_{топка-зу} \left(1 + \mu_{зл.сп} \right) + \sum \Delta h_{зу-труба} \right] M_p \frac{760}{h_{бар}}, \text{ Па.}$$

При встановленні мокрих золоуловлювачів поправки на різницю наведених щільностей вносяться на кожне доданок окремо.

При тиску на вході в котел більше 0,11 МПа замість виправлення $760/h_{бар}$ вводиться $P_1/P_{ср}$.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

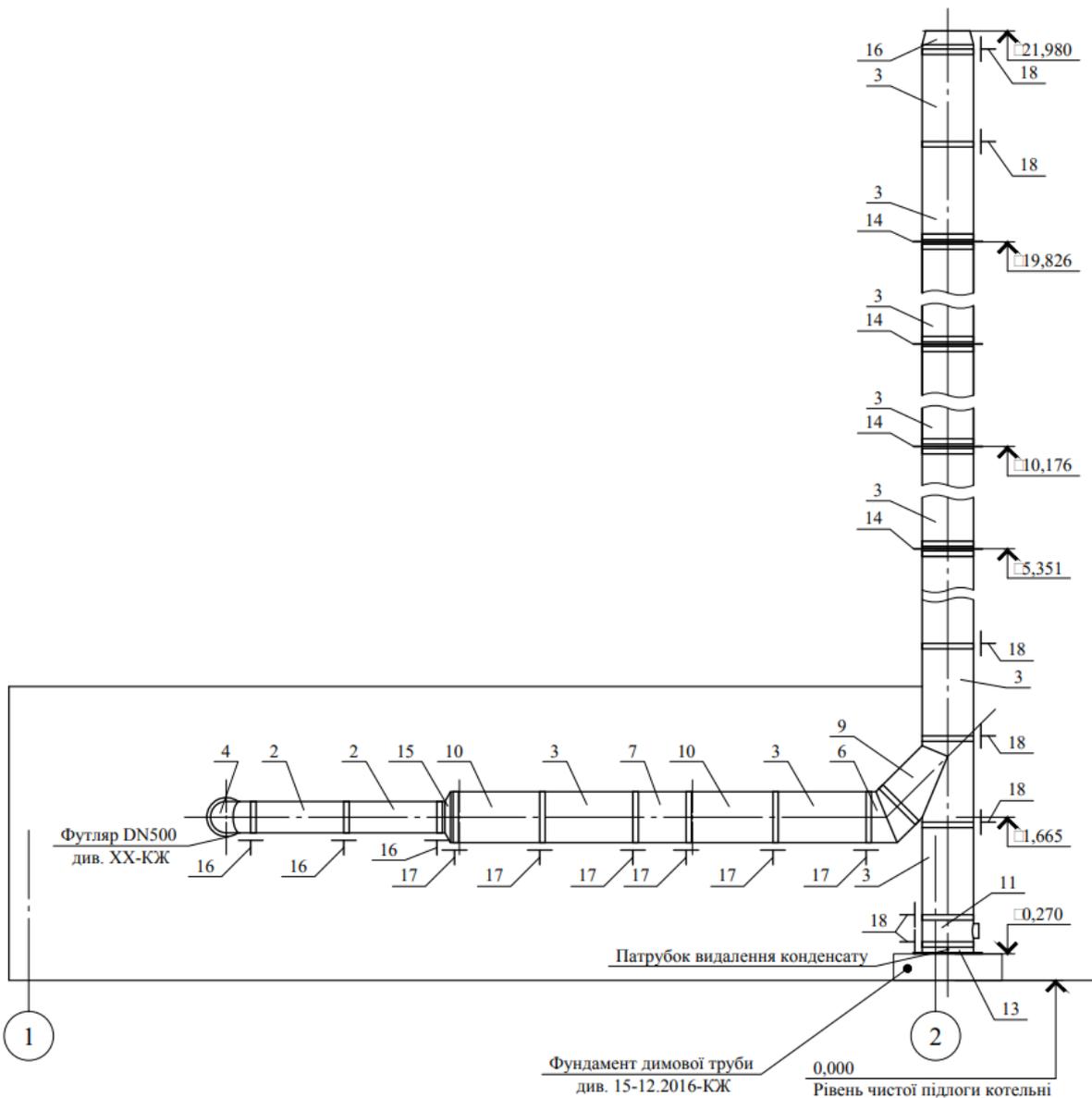


Рис.13 Розріз газоходу

Поправка на самотягу

При штучній тязі ніякі поправки до самотяга не потрібні, і самотяга, підрахована раніше для окремих ділянок тракту, алгебраїчно підсумовується по всіх цих ділянках, причому самотяг димової труби, як вказувалося вище, включається в самотяг газопроводів.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

систем для димових газів.

оксиди сірки та азоту - у повітрі з'єднуються з парами води і в ході фотохімічної реакції утворюють кислоту, яка осідає на землю у вигляді кислотних дощів.

важкі метали - група елементів, що володіє властивістю токсичності. З технічної точки зору, до важких металів зараховують елементи з щільністю вище за щільність заліза (8 г/см²) і найчастіше застосовується до свинцю, ртуті і кадмію.

Спосіб і вид пристрою для очищення газів, що викидаються, розраховується і вибирається на стадії створення загального проекту енергетичного або металургійного об'єкта. Існують два методи очищення димових газів:

- фізичний;
- фізико-хімічний.

У першому випадку використовуються сухі (механічні) уловлювальні пристрої та апарати мокрого очищення. Сухим способом очищаються газоповітряні суміші в інерційних пиловловлювачах, циклонах, електричних, рукавних, картриджних фільтрах. Очищення потоку відбувається за рахунок відцентрової та інерційної сил, коли тверді частинки відкидаються до стінок корпусу або осідають у накопичувальний бункер при різкій зміні напрямку руху газу, що очищається. У рукавних фільтрах очищення здійснюється при проходженні запиленого газу через матеріал, що фільтрує, а в електричних апаратах для осадження використовується різниця потенціалів частинок забруднень і спеціальних електродів всередині корпусу. Циклони та осаджувальні камери можуть застосовуватися як основний або другий щабель очищення.

В апаратах мокрої очистки проводиться промивання запиленого потоку рідиною за допомогою форсунок або забруднення осаджуються на плівку рідини, яка подається на внутрішні поверхні камери. Тверді частинки забруднень захоплюються дрібними краплями рідини та виводять їх із запиленого потоку. Прилиплі на мокрі поверхні забруднення змиваються рідиною дренажну

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

систему. До апаратів мокрого очищення відносяться скрубери, труби Вентурі, динамічні промивачі. Мокра очищення актуальна для підприємств, де існує система очищення води, за її відсутності краще передбачити сухий метод знепилення робочого потоку.

У сучасній промисловості застосовують п'ять основних видів очищення димових газів:

абсорбція (фізична чи хімічна) – основою методу є добір рідини, під час проходження якої забруднення розчиняються у ній (фізична абсорбція) чи вступають із нею у хімічну реакцію з утворенням нових речовин (хімічна абсорбція);

адсорбція – процес дифузії з утворенням підвищеної концентрації газів, що відокремлюються, на межі розділу фаз при зв'язуванні забруднюючих речовин на поверхні рідкої або твердої сполуки (активне вугілля, силікагель, цеоліти, синтетичні смоли);

конденсація - метод для застосування в середовищі вуглеводнів або інших органічних сполук, коли система містить пари речовин при температурі, дуже близької до точки роси;

допалювання - термічне окиснення газів до утворення нешкідливих сполук (CO_2 , H_2O);

хімічний метод – нейтралізація шкідливі речовини шляхом хімічної реакції коїться з іншими елементами.

Залежно від умов експлуатації та складу потоку газу, що очищається, методи можуть комбінуватися.

В цілому для забезпечення нормативних показників ГДК при спалюванні твердих відходів, в залежності від теплової потужності та розміщення енергетичного об'єкту, необхідно влаштовувати установки з високим ступенем очистки димових газів. Оскільки продукти згорання ТКВ містять в собі сірку, важкі метали які мають негативний вплив на екологічний стан навколишнього

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовища та здоров'я людини.

Оскільки в даному проекті розглядається існуюча котельня що розташована на території промислового підприємства, що знаходиться за межами міста потужністю 0,24МВт. В даних умовах ГДК забруднюючих речовин не перевищуватиме нормативні показники завдяки розсіювання забруднюючих речовин.

4.4 Підбір котельних агрегатів.

Для м. Чернігова термін стояння температур у опалювальний період найвищий в проміжку від -5 °С до +5 °С. Для оптимізації процесу спалювання палива та зменшення його витрати необхідно дотримуватись режиму що відповідає номінальній або близькій до номінальної потужності в заданому діапазоні температур. В результаті були підібрані котли вказані в таблиці 10.

Таблиця 10 Підбір котлів

Номер котла	Тип котла	Номінальна продуктивність, кВт	Паспортний ККД котла, %
К1	GEFEST-PROFI S 120	120,0	92
К1	GEFEST-PROFI S 120	120,0	92
К1	GEFEST-PROFI S 120	120,0	92

Даний твердопаливний котел розроблени для ефективного спалювання твердого палива зокрема: вугілля дров і брикет, в режимах високих температур, реалізувати таке спалювання допомагають різні зони горіння та подачі повітря для горіння, що надходить до камери догорання у чітко визначеній кількості. Котли даної серії — мають збільшену камеру завантаження та конвективні поверхні з декількома секціями для забезпечення стабільного горіння в усьому діапазоні потужності також це призводить до конденсату на малих температурах. Оскільки

котли данного типу – піролізні, їх обслуговування простіше та не потребує постійного завантаження палива. Завантаження палива 1-2 рази на добу. Що є необхідним для зменшення кількості обслуговуючого персоналу. Запас потужності заявленої номінальною +20%. Спалювання деревини до 60% вологості.

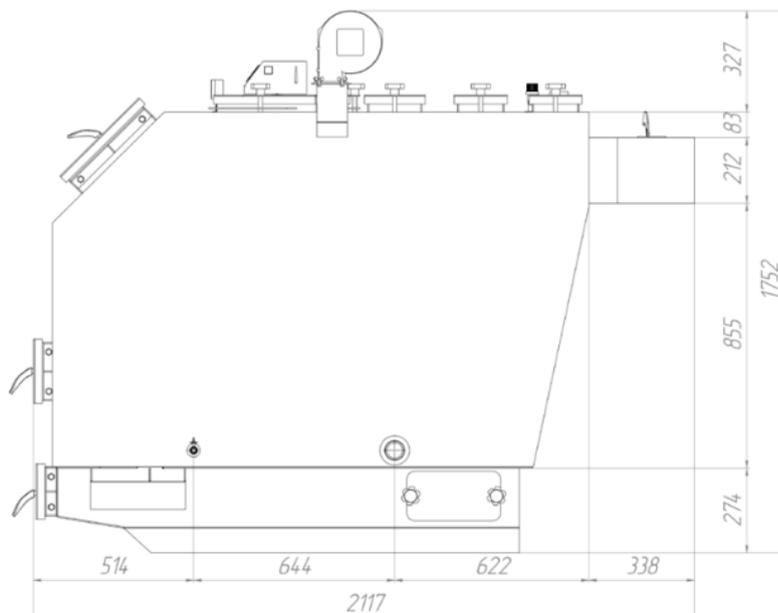


Рис.15 Загальний вид котла GEFEST-PROFI S 120

Номінальна теплопродуктивність, кВт $\pm 10\%$	120	
Товщина сталі, мм	5	
Площа конвективної частини, м ²	12	
Об'єм води в котлі, л	330	
Об'єм камери завантаження, літр	600	
Розміри камери завантаження, мм	Довжина	698
	Ширина	705
	Висота	975
Робочий тиск води, МПа:		
-Номінальний	0,1	
-Робочий	0,2	
Максимальна ел. Споживана потужність, Вт	105	
Необхідна сила тяги, ПА	45	
Висота димоходу, м, не менше	12	
Приєднувальні розміри, мм		
-До системи опалення D вн.	65	
-До димоходу	308x212	
Діаметр труб димоходу, мм	250	
Габаритні розміри, мм ± 5 мм		
-Довжина (глибина)	2100	
-Ширина	1000	
-Висота	1500	
Маса, кг, не більше	1088	

Рис.16 Технічні характеристики котла GEFEST-PROFI S 120

					601HT -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Для м. Чернігова повторюваність температур в опалювальний сезон найвища в діапазоні від $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для зменшення витрат газу та підвищення ККД в цьому діапазоні температур котли повинні працювати при номінальній або близькій до номінальної потужності.

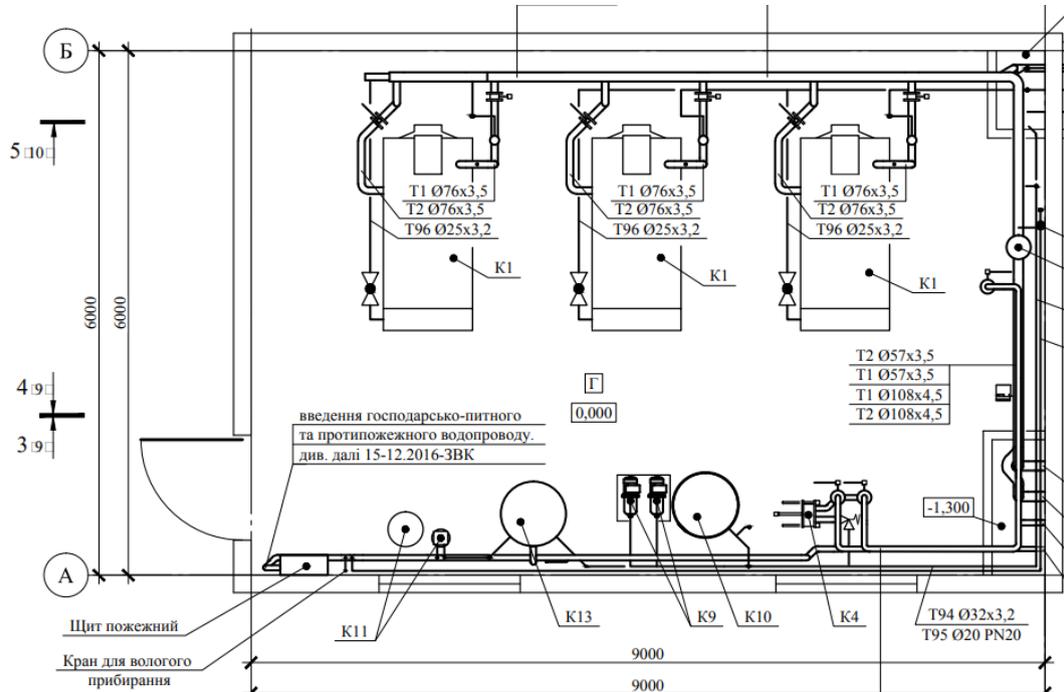


Рис.17 Компеновка котлів у котельні.

										Арк.
										58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393361.3П					

РОЗДІЛ 5 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

5.1 Підбір теплообмінного апарату системи ГВП

Пластинчасті розбірні теплообмінники останнім часом поширені, оскільки відрізняються інтенсивним теплообміном, простотою виготовлення, компактністю, малими гідравлічними опорами, зручністю монтажу та очищення від забруднень.

Ці теплообмінники складаються з окремих пластин, розділених гумовими прокладками, двох кінцевих камер, рами та стяжних болтів, частина пластин виконується гофрованою або ребристою, причому гофри можуть бути горизонтальні або розташовані в «ялинку».

До пластин приклеюються гумові прокладки для герметизації конструкцій; до пластин - від 7 до 303. Температура теплоносія обмежується 150 °С (з урахуванням гумової прокладки), тиск – до 1,0 МПа.

Теплообмінники можна застосовувати для охолодження та підігріву, як рекуператори тепла, конденсатори, дефлегматори, а також для теплообміну між двома, трьома та великою кількістю робочих середовищ у компактних апаратах з мінімальною теплопередавальною поверхнею. робочими середовищами.

У пластинчастих теплообмінниках можна здійснювати теплообмін між робочими середовищами – рідина, пара – рідина, пара + газ – рідина, газ – газ. на теплопередаючих поверхнях можна періодично перемикає канали на такі робочі середовища, які очищають поверхні від забруднень без розбирання апарату.

Пластинчасті теплообмінники найбільш ефективні при роботі зі средами малої в'язкості, а також із в'язкістю розчинами до $60 \cdot 10^{-2}$ м²/с.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Пластини встановлюються на раму теплообмінника, що складається з несучих штанг, рухомих та неподвижних плит із затискним пристроєм. технологічних трубопроводів

На нерухомій плиті штуцера знімні; їх можна встановлювати у верхньому чи нижньому положенні.

При однопакетному компоюванні пластин допускається встановлення всіх чотирьох штуцерів на нерухомій плиті.

На теплообміннику може бути встановлено більше чотирьох штуцерів, наприклад, за необхідності відведення несконденсованих газів, зливу продуктів та ін.

У каталозі наведено опис теплообмінників консольного типу (виконання I), на двоопорній рамі (виконання II), на тріопорній рамі з нерухомою опорою в середині рами (виконання III) та на двоопорній рамі з проміжною плитою (виконання IV).

Конденсатори мають однопакетну компоювання пластин на ходу пари.

У каналах, складених із пластин, є точки опори, що дозволяє витримувати різницю тиску з обох боків пластини, а також підвищений внутрішній тиск у каналах.

Група пластин, що утворює систему каналів, у яких робоча среда рухається тільки в одному напрямку, складає пакет.

Один чи кілька пакетів, стиснутих між нерухомою та рухомою плитами, називають секцією. для проходу робочих середовищ. Проміжні та кінцеві пластини можуть мати одну, дві чи три відверстия, кількість яких визначається відповідно до схеми компоювання пластин у теплообміннику.

					601HT -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Корпусна пластина омивається двома робочими середовищами: з одного боку – охолоджуваною, а з іншого – нагрівальною, внаслідок чого між середовищами відбувається теплообмін.

Просторову схему руху робочих середовищ в однопакетному пластинчастому теплообміннику наведено малюнку 1.

Розрахунок показує, що за форм і розмірів гофрів, прийнятих для промислових пластинчастих теплообмінників, вже за $\geq 50 \dots 200$ стабілізація потоку порушується.

При певному компоюванні пластинчастих розбірних теплообмінників можна отримати оптимальну кількість каналів у пакеті та пакетів у секції для кожної робочої середовища.

Компоювання готового теплообмінника можна змінити у відповідності з конкретним кількістю шкірної робочої середовища, наявним напором та заданим тепловим режимом. У такому разі гідромеханічну характеристику теплообмінника можна наблизити до оптимальної.

Розрахунок теплообмінного апарату включає визначення необхідної поверхні теплопередачі, вибір типу апарату та нормалізованого варіанта конструкції, що задовольняють заданим технологічним умовам оптимальним чином.

Необхідна поверхня теплопередачі F визначається з основного рівняння теплопередачі:

$$F = Q / K \Delta t_{cp} . \quad (5.1)$$

Теплове навантаження Q відповідно до заданих технологічних умов виходить із рівняння теплового балансу для одного з теплоносіїв:

– якщо агрегатний стан теплоносія не змінюється:

					601НТ -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$Q = G_i c_i (t_{in} - t_{ik}), \quad (5.2)$$

Коефіцієнт теплопередачі визначається з рівняння адитивності термічних опорів теплопередачі через стінку.

На цій стадії розрахунку точне визначення коефіцієнта теплопередачі неможливе, оскільки коефіцієнти теплопередачі.

від параметрів конструкції апарату, що розраховується. Тому спочатку на підставі орієнтовної оцінки коефіцієнта теплопередачі приблизно визначається поверхня, вибирається конкретний варіант конструкції, а потім проводиться уточнений розрахунок коефіцієнтів α_1, α_2, K і необхідної поверхні.

Зіставлення її з поверхнею вибраного нормалізованого теплообмінника дає відповідь на питання про придатність вибраного варіанта для даного технологічного завдання. При значному відхиленні розрахункової поверхні обраної слід перейти до іншого варіанту конструкції і знову виконати уточнений розрахунок. Число повторних розрахунків залежить, головним чином, від ступеня відхилення орієнтовної оцінки коефіцієнта теплопередачі від його уточненого значення.

Вибір рівнянь для уточненого розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі залежить від характеру теплообміну (без зміни агрегатного стану, кипіння або конденсації), від виду обраної поверхні теплообміну (тип пластин), від режиму руху теплоносія.

Котельня, що розглядається проектом, розрахована також на систему гарячого водопостачання, тому тепловій схемі котельні передбачено встановлення таких теплообмінних апаратів.

Водяний пластинчастий теплообмінний апарат системи ГВП.

Теплообмінний апарат призначений для підігріву питної води.

					601HT -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

10	Температура на вході в апарат	T11	°C	Розрахунок теплової схеми	80	80
11	Температура на виході з апарату	T12	°C	Розрахунок теплової схеми	60	64
12	Витрата води	G1	т/ч	Розрахунок теплової схеми	4,8	4,8
13	Гідравлічний опір	ДР1	кПа	Розрахунок теплової схеми	30	30
14	Розрахунковий тиск	Pp	МПа	прийнято	0,40	0,40

На рис. 19 Наведено загальний вид теплообмінного апарату що був підібрано для даного проекту реконструкції



Рис. 19 Загальний вид теплообмінного апарату Danfoss NH-07-10/11-TL

					601HT -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ТЕХНІЧНІ ДАНІ
пластинчастий теплообмінний апарат системи ГВП
Модель: НН-07-10/11-TL
Виробник: Danfoss
Кількість : 1

№	Найменування параметра	Од. Вимірювання	Значення
1	масовий витрата (гаряча сторона)	т/ч	4,73
2	масовий витрата (холодна сторона)	т/ч	3,3
3	температура на вході (гаряча сторона)	°С	80
4	температура на виході (гаряча сторона)	°С	60
5	температура на вході (холодна сторона)	°С	26
6	температура на виході (холодна сторона)	°С	55
7	втрати тиску (гаряча сторона)	кПа	20,50
8	втрати тиску (холодна сторона)	кПа	11,1
9	швидкість (канали/порти) (гаряча сторона)	м/с	0,55/0,46
10	швидкість (канали/порти) (холодна сторона)	м/с	0,37/0,31
11	коефіцієнт теплопередачі	ккал/чхм ² хК	0,79
12	Запас посерхности	%	14,8
13	поверхня теплообміну	м ²	0,66
14	Кількість пластин/Компонування	-	11-TL
15	Компонування каналів (гаряча сторона)	-	1x5+0x0
16	Компонування каналів (холодна сторона)	-	1x5+0x0
17	товщина, матеріал пластин	-	0,4 мм AISI 316
18	Прокладки	-	EPDM
19	Тип приєднання	-	фланец DN50
20	Максимальна робоча температура	°С	130
21	робочий/пробний тиск	МПа	0,6/1,5
22	Об'єм води (гаряча сторона)	л	1
23	Об'єм води (холодна сторона)	л	1,2
24	Маса нетто	кг	78

					601HT -11393361.3П	Арк. 64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок та підбір дуттьового вентилятора

Розрахункові параметри продуктивності дуттьового вентилятора розраховуються з урахуванням умов всмоктування, м³/ч:

$$L_p = \beta_1(V_{x.n.}/z)(760 / (h_{\text{бар}} - \beta_2 H_{\text{ВХ}}/13,6)) \quad (5.3)$$

де β_1, β_2 - коефіцієнт запасу що враховують 10 та 20% запасу на умови всмоктування;

$V_{x.n.}$ - витрата повітря що відповідає номінальній потужності котла, м³/ч;

z - кількість вентиляторів, шт.;

$H_{\text{вх}}$ - розрідження у входному перерізі вентилятора, мм вод.ст.;

Температура холодного повітря що всмоктується дуттьовим вентилятором із приміщення котельні, при розрахунку типових конструкцій приймається зазвичай у відповідності з Нормативним методом теплового розрахунку і дорівнює 30 °С.

Необхідний за розрахунком повний тиск (в мм вод.ст.), який повинен розвивати вентилятор, визначається за формулою:

$$H_p = \beta_2 \Delta H_{\text{п}} \quad (5.4)$$

Результати розрахунків:

Таблиця 12 Результати розрахунку продуктивності дуттьових вентиляторів

№ котла	Паливо	Лх.п. , м3/годину	Lp, м ³ /годину	Hp, мм вод.ст.
К1	Вугілля	450,2	495,22	3,1
	RDF	319,8	351,78	
К2	Вугілля	450,2	495,22	1,4
	RDF	319,8	351,78	
К3	Вугілля	450,2	495,22	3,3
	RDF	319,8	351,78	

При проектуванні котелень тягодуттьові установки (димососи і дуттьові вентилятори) прийняті відповідно до вказівок заводів-виробників. Дуттьові вентилятори згідно розрахунку прийняті ВД-2,7 на кожний котел.

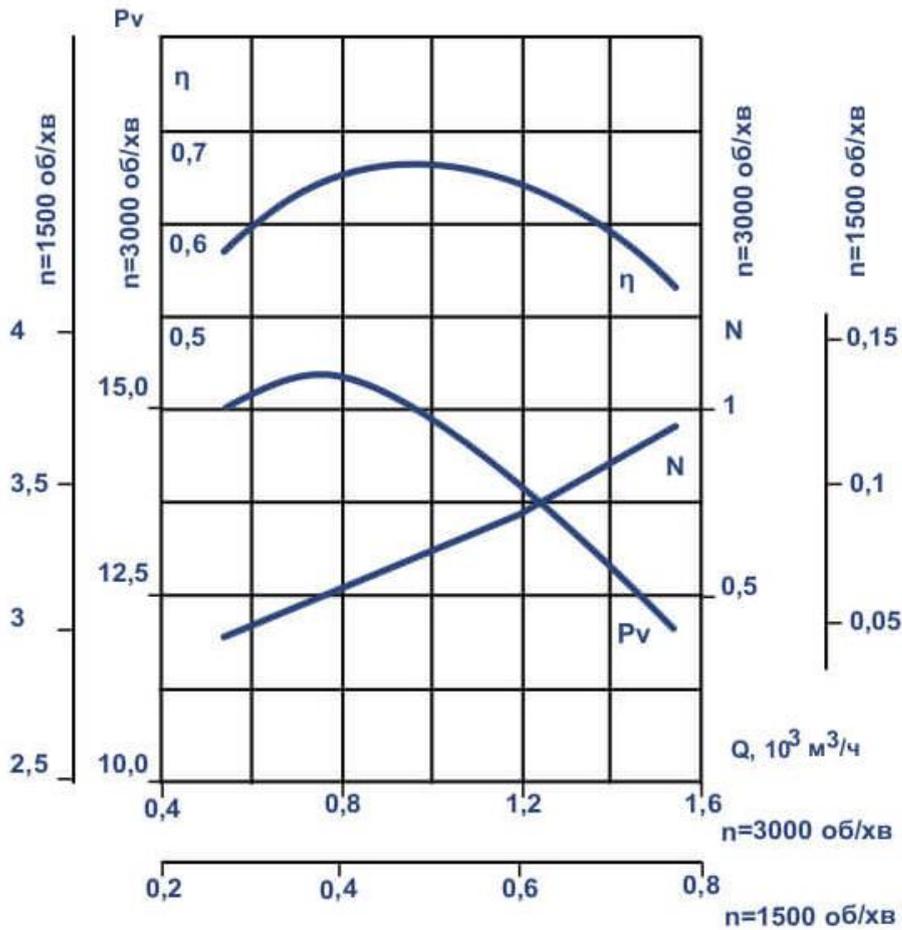


Рис.20 Характеристика дуттьового вентилятора ВД-2,7

5.3 Підбір насосного обладнання.

В якості насосу котлового контуру був прийнятий насос DAB DPH 60/280.50 Т здвоєного типу.

Насос DAB DPH 60/280.50 Т здвоєного типу - це продуктивна, що комплектується мокрим ротором, гарантуючи при цьому підвищений рівень продуктивності і найчастіше застосовуватися в системах опалення, кондиціювання, а також у водопровідних системах, приміщень. промислової спрямованості. Завдяки своїм особливим технологічним характеристикам насос розрахований на перекачування чистої, холодної та прісної води (номінальний вміст гліколю 30%), в якій не міститься бруд, абразивні елементи, пісок, а також маслянисті, в'язкі, хімічно агресивні або горючі речовини, що здатні нашкодити внутрішньому.

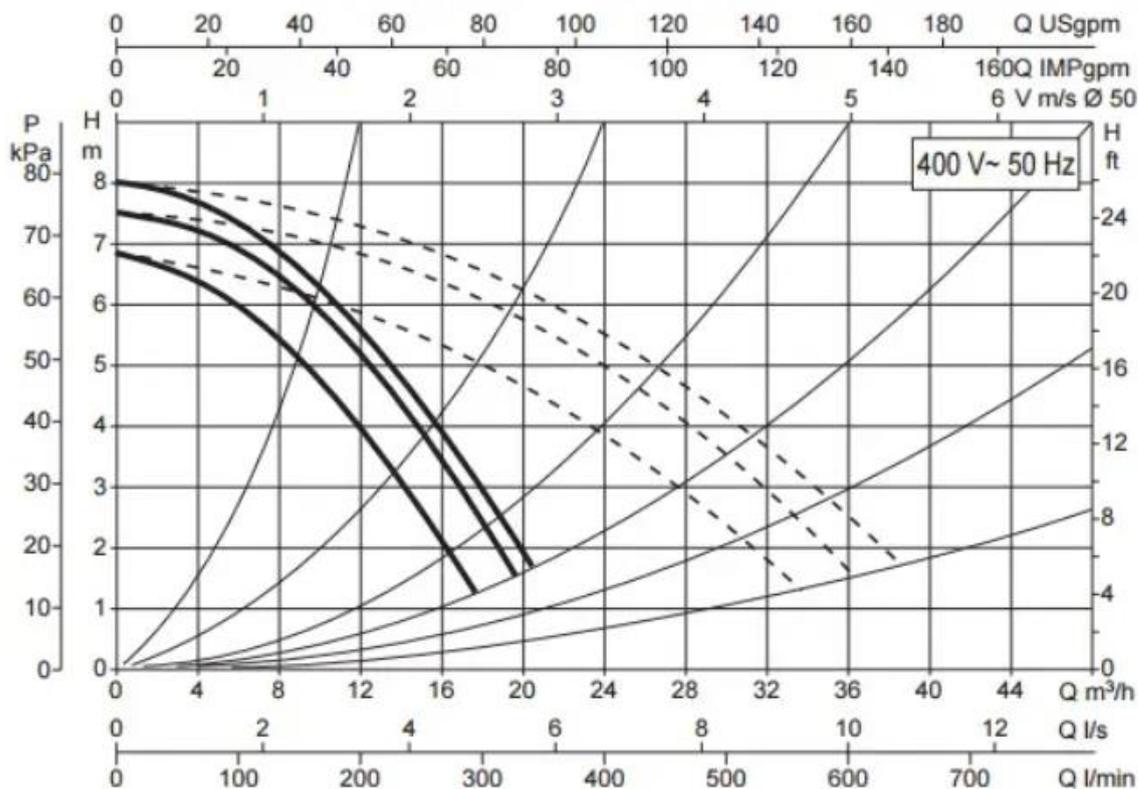


Рис.22 Графік продуктивності насосу котлового контуру DAB DPH 60/280.50

Обраний насос котлового контуру з наступними параметрами: 17 м³/ч, Н=37,5

м.водн.ст, Р1=0,595 кВт, п=2840 об/хв/

Щоб отримати високу продуктивність, корпус насоса виробляють з чавуну підвищеного рівня міцності і витримує механічні пошкодження будь-якої тяжкості. Для запобігання корозійним утворенням і окисленню поверхню моделі покривають шаром захисної фарби, що перешкоджає негативній дії конденсату, що накопичився. Це виконання значною мірою продовжить загальний термін експлуатації. Для досягнення більшого рівня міцності передбачено EPDM ущільнення.

Робоче колесо виготовляється з технополімеру, воно нормально взаємодіє зі значними обсягами рідини, що перекачується, при тому, що подає вал має виконання з нержавіючої сталі. Функціонування насоса здійснюється за рахунок міцних і надійних підшипників, що змащуються за рахунок рідини, що

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT -11393361.3П					

перекачується, гарантуючи тривалий термін експлуатації, а головне відносно низький рівень шуму.

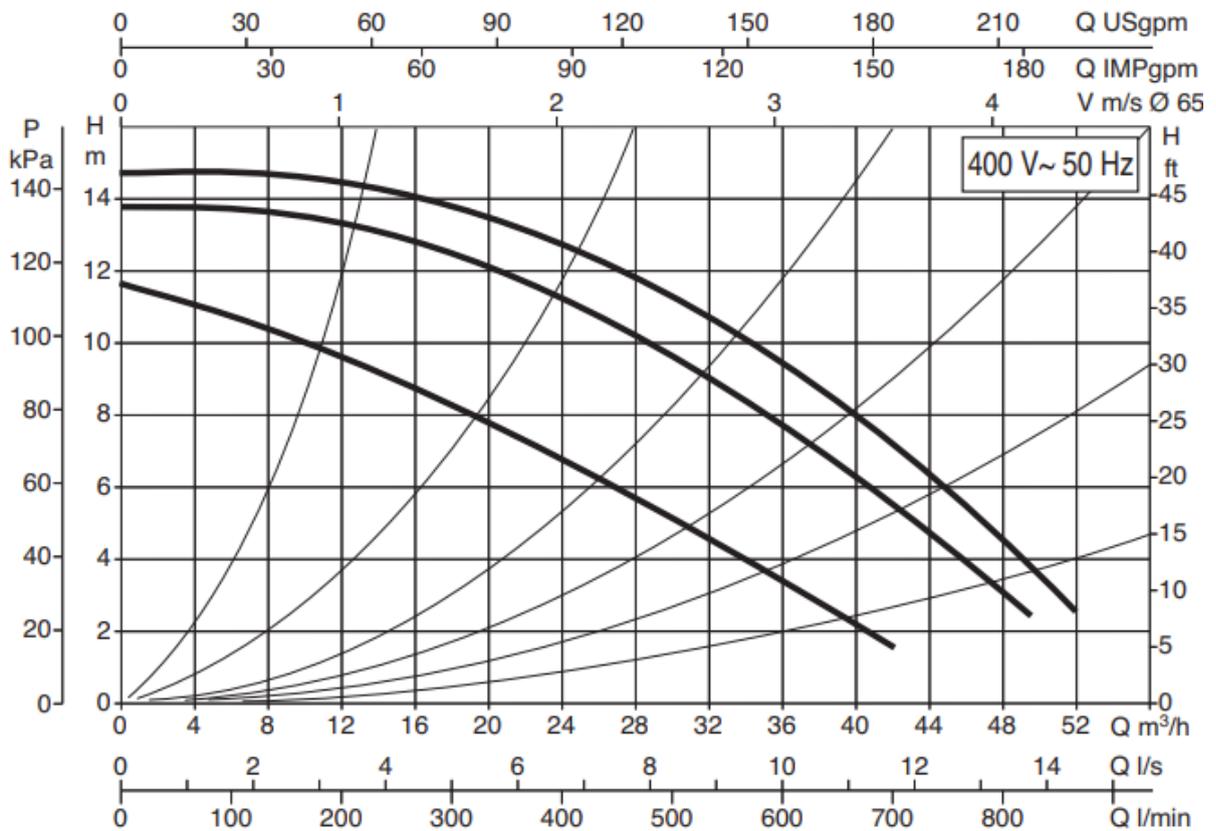


Рис.23 Графік продуктивності насосу гріючого контуру системи ГВП ДАВ ДРН 60/280.40

Обраний насос гріючого контуру системи ГВП, наступними параметрами: системи ГВП $G=5,5$ м³/ч, $H=5,5$ м.водн.ст, $P_1=0,316$ кВт, $n=2830$ об/мин, $U=3 \times 400$ В DN40 PN10

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601HT - 11393361.3П

Арк.

69

Обраний мережний насос з наступними параметрами: $H=14,1$ м.водн.ст, $P1=1,796$ кВт, $n=2800$ об/хв.

Таблиця 13 Експлікація насосного обладнання

Поз.	Позначення	Назва	Кі-сть	Маса од., кг	Примітка
K5	DPD 60/280.50 M	Насос котлового контуру	1	44,5	
		17 м ³ /ч, $H=3,5$ м.водн.ст, $P1=$			
		0,595 кВт, $n=2840$ об/хв, $U=$			
		3x400BDN50PN10			
K6	DPD 150/340.65	Насос мережний $G=10$	1	59	
		$H=14,1$ м.водн.ст, $P1=1,796$			
		кВт, $n=2800$ об/хв, $U=$			
		3x400B DN65 PN10			
K7	DPD 60/250.40	насос гріючого контуру	1	32	
		системи ГВП $G=5,5$ м ³ /ч, $H=$			
		5,5 м.водн.ст, $P1=0,316$ кВт,			
		$n=2830$ об/мин, $U=3x400B$			
		DN40 PN10			
K8	ALP 800	насос рециркуляційний	2	7,5	
		контуру системи ГВП $G=1,8$			
		м ³ /ч, $H=7,0$ м.водн.ст, $P1=0,$			
		37 кВт, $n=2915$ об/мин, $U=$			
		3x400B DN40 PN10			
K9	JET 62	підживлюючий насос	2	10,5	
		м ³ /ч, $H=24$ м.водн.ст, $N=0,67$			
		кВт, $n=2850$ об/мин, $U=$			
		3x400B DN25 PN8			

5.4 Підбір розширювального бака

Підбір розширювального бака необхідно проводити з огляду на його температурні та міцнісні характеристики. Тиск та температура у місці підключення бака не повинні перевищувати максимально допустимих значень.

Об'єм розширювального бака повинен бути більшим або дорівнює обсягу, отриманому в результаті розрахунку. Відчутної шкоди збільшення обсягу більш розрахункового немає.

										Арк.
										71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT -11393361.3П					

При встановленні розширювальних баків необхідно враховувати їх габарити і співвідносити їх з розмірами дверних або віконних отворів, враховуючи, що розширювальні баки діаметром понад 750 мм і висотою понад 1,5 м можуть мати проблеми з транспортуванням і їх переміщення будуть необхідні засоби механізації. У такому разі можна побудувати систему опалення на основі не одного розширювального бака, а кількох мембранних баків меншої ємності.

Слід знати, що при використанні в якості теплоносія гліколевих сумішей необхідно підбирати розширювальний бак із запасом на 50%, що перевищує отриманий при розрахунку. Інакше першочерговою ознакою неправильно обраного розширювального бака або відсутність його налаштування буде часте спрацювання запобіжного клапана

Для розрахунку розширювального бака в системі опалення:

Необхідно, дізнавшись об'єм теплоносія у системі, помножити на 0,08 - 0,1 тобто. приблизно 8-10% об'єму системи опалення. Таким чином, можна дізнатися, що системі 100 літрів теплоносія потрібен розширювальний бак об'ємом близько 8-10 літрів.

Об'єм розширювального баку становить

$$V = (V_L \times E) / D, \quad (5.5)$$

Де V_L - сумарний об'єм системи (котел, радіатори, труби, теплообмінники тощо)

E - Коефіцієнт розширення рідини % D - ефективність мембранного розширювального баку.

Об'єм системи опалення обчислити досить складно, тому приблизний розрахунок можна отримати, знаючи потужність системи опалення, використавши формулу, виходячи із співвідношення 1 кВт = 15 л.

Оскільки в даному проекті відбувається реконструкція котельні а мережа та споживачі незмінились то і об'єм теплоносія кардинально не змінився.

Об'єм теплоносія в системі - 4 044 л.

Таким чином необхідний об'єм розширення склав – 363 л.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже обираємо розширювальний бак з 10% запасом по об'єму Reflex N400 мембранний розширювальний бак V=400 л. PN6



Рис.26 Загальний вид розширювального баку Reflex N400

Розширювальний бак Reflex N400 має наступні характеристики :

- Об'єм, л 400
- Діаметр підключення 1"
- Максимальний робочий тиск 6 бар
- Максимальна температура системи 120 °С
- Максимальна робоча температура: 70 °С
- Попередньо встановлений тиск повітря в баку 1.5 бар
- Діаметр Ø 740 мм
- Висота 1102 мм

					601HT -11393361.3П	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Системи підживлення котельні

Системи підживлення котельні призначені для поповнення і компенсації технічних втрат в тепловій мережі, обладнанні та трубопроводах теплоносіїв і систем споживачів, підключених до котельні.

Система підживлювальної води включає в себе бакакумулятор підживлювальної води і насос підживлювальної води. Подача підживлювальної води здійснюється в автоматичному режимі, але може працювати і в «ручному» режимі.

Резервуар для зберігання води для регідратації є відкритим, і в ньому не використовується плівковий герметик. Резервуари виготовлені з поліетилену.

Водопідготовка та водопостачання забезпечують роботу водогрійного котла без утворення накипу або шламу, а також без пошкодження компонентів через корозію металу. Водопідготовче обладнання котельні забезпечує водно-хімічний режим приєднаної теплової мережі та гарантує роботу без пошкоджень або втрати ефективності через корозію мережевого обладнання або утворення осаду та шламу на обладнанні та трубопроводах теплової мережі. Системи водопідготовки котельні гарантують характеристики охолоджувальної води відповідно до вимог ДБН В.2.5-39, ДБН В.2.5-77 та НПАОП 0.00-1.26.

Виходячи з показників якості водних ресурсів, проектом будуть передбачені наступні заходи з водопостачання та очищення мережевої води:

- Очищення від механічних домішок;
- Пом'якшення води;
- Дозування реагентів.

Механічні домішки видаляються за допомогою сітчастих фільтрів. Пом'якшення води здійснюється шляхом встановлення автоматичних станцій пом'якшення води, обладнаних катіонітними фільтрами Na. Фільтр регулярно регенерується розчином хлориду натрію відповідно до жорсткості вихідної води.

Дозування реагенту розраховане на видалення розчиненого кисню з живильної води. Для подачі реагенту в мережеву воду проектом передбачено

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлення інжекторної системи, що включає резервуар для зберігання розчину реагенту та інжекторний насос. Насоси будуть працювати в «ручному» режимі, коли це необхідно, а не автоматично, коли вмикається електронасос. Реагент для видалення розчиненого кисню - RONDOPHOS PIK9 від BWT. Система дозування також може бути використана для подачі інших реагентів, наприклад, для регулювання значення рН.



Рис.27 Пом'якшувальна установка Ecosoft TWIN FU-1054TWIN

Для забезпечення безпеки працівників при відборі проб води для аналізу в рамках проекту буде встановлено холодильник для відбору проб, який охолоджуватиме воду до температури нижче 40°C.

Як робочий матеріал в установці використана спеціальна катіонообмінна смола Dowex. Відновлення властивостей, що фільтрують, виконується автоматично шляхом промивання матеріалу звичайним сольовим розчином. При цьому всі забруднення змиваються і через спеціальні трубопроводи потрапляють у

					601HT -11393361.3П	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каналізацію. Комплекс складається із двох окремих фільтрів. При цьому один із них завжди перебуває в роботі, а другий – на регенерації чи в режимі очікування.

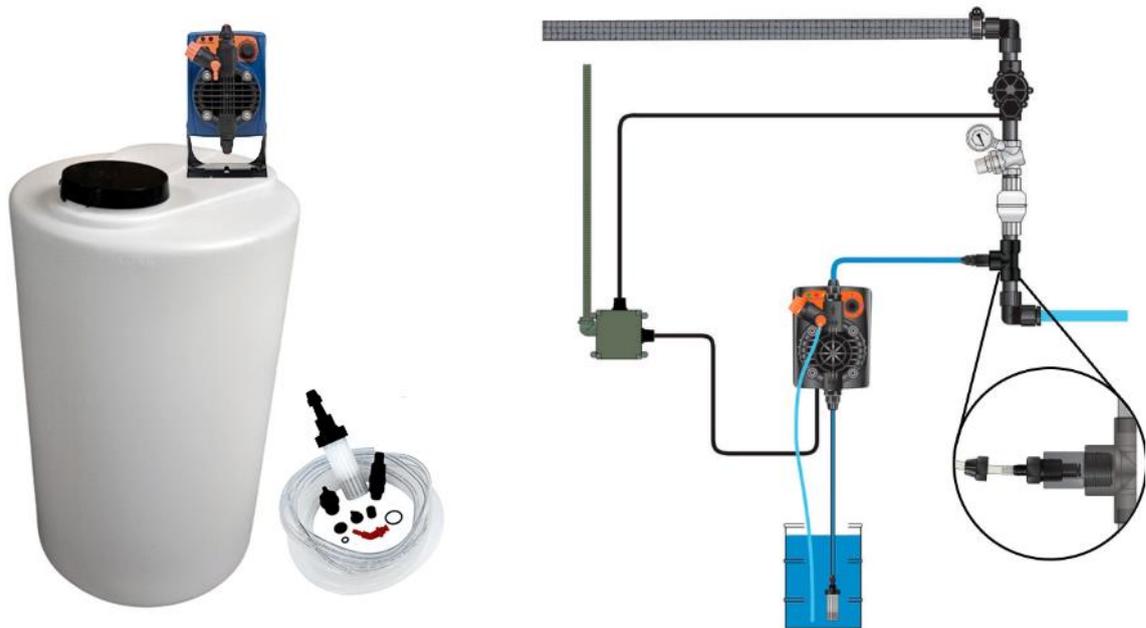


Рис.28 Станція постійного дозування ETATRON 1 л/год, 60 л

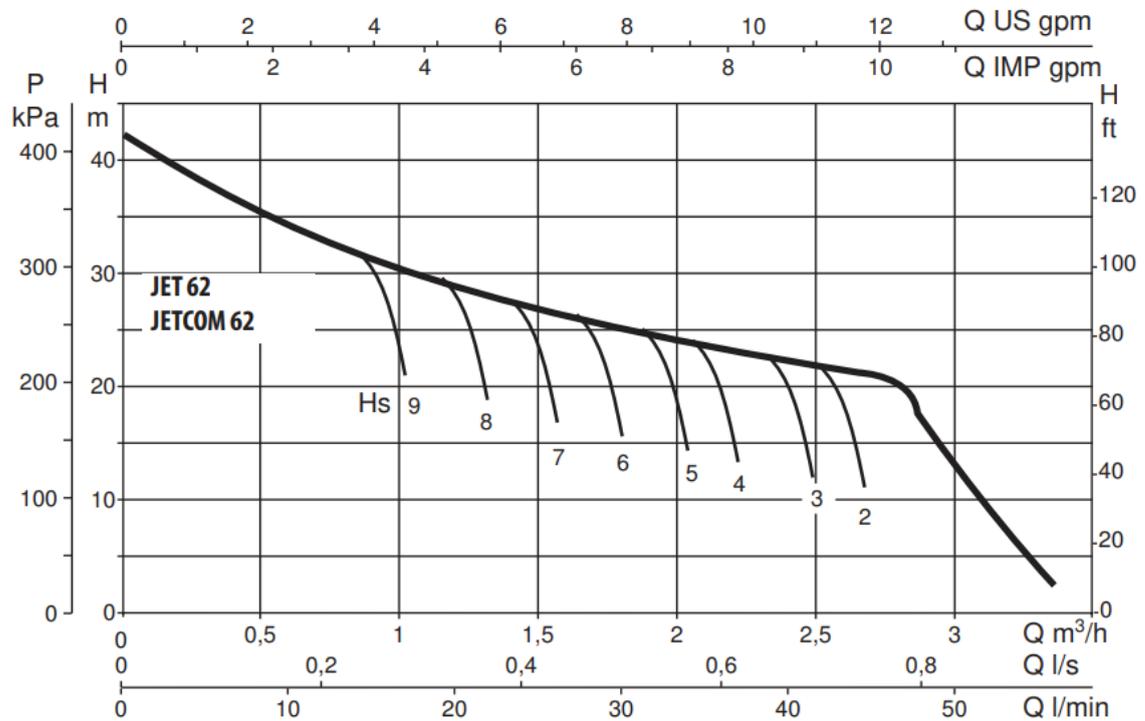


Рис.29 Графік продуктивності мережного насосу DAB JET 62

Обраний підживлюючий насос з наступними параметрами: м³/год, Н=24

										Арк.
										76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT -11393361.3П					

м.водн.ст, N=0,67 кВт, п=2850 об/мин, U=3x400В DN25 PN8

Таблиця 14 Експлікація систем підживлення

Поз.	Позначення	Назва	Кі-сть	Масса од., кг	Примітка
К11	Ecosoft TWIN FU-1054TWIN	Помякшувальна установка	1	100	
К12	MedoDaDDPII-60	Дозувальна станція з запасу розчину реагенту 60	1		
К9	JET 62	підживлюючий насос мЗ/ч, Н=24 м.водн.ст, N=0,67 кВт, п=2850 об/мин, U=3x400В DN25 PN8	2	10,5	

					601HT -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВКИ

В Україні як і в країнах ЄС тема поводження з твердими побутовими відходами набуває актуальності щороку

Їх кількість сягає приблизно 12 мільйонів тонн, що стає все більш актуальним і вимагає відповідного науково обґрунтованого рішення та впровадження технологій утилізації твердих побутових відходів що дозволить використати їх тепловий потенціал в енергетиці.

Україна досягає близько 300 мільйонів тонн, а її теплотворна здатність становить 10-25 МДж / кг. Що є потенційним джерелом палива для енергетики. Використання вторинного спалювання палива в поєднанні з традиційними видами палив потребує сучасних систем очищення високого ступеню.

Сумісне спалювання належним чином підготовленого палива RDF, SRF та традиційних палив є одним із інструментів недорогої модернізації та може вирішити широкий спектр регіональних проблем поводження з твердими відходами.

Спалювання RDF палива в котлах малої і середньої потужності, у визначеній кількості, не буде мати негативних наслідків для екологічної ситуації.

Концентрація вуглецевих залишків, оксидів азоту і окису вуглецю в твердій фазі в камері згоряння дозволяє оцінити можливість виділення частки РДФ при спільному згорянні в кількості до 30%.

RDF паливо має відносно меншу теплотворну здатність у порівнянні з традиційними видами твердого палива тому потребує більш потужних систем завантаження та підготовки палива, система очистки димових газів повинна забезпечувати очищення від важких металів. Всі ці фактори є стримуючими для масштабування данної технології. Тому данне технічне рішення є доцільним в малій енергетиці.

					601НТ -11393361.3П	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИЙ ДЖЕРЕЛ

1. Chyang C.S., Han Y.L., Wu L.W. et al. An investigation on pollutant emissions from cofiring of RDF and coal // Waste Management, 2010, 30, pp. 1334—1340.
2. Assessment of waste incineration capacity and waste shipment in Europe / H. Wilts [et al.] [Electronic resource]. — 2017.
3. Eurostat [Electronic resource]. — 2016. — URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index>.
4. Increasing the use of alternative fuels at cement plants: international best practice [Electronic resource].
M. Folliet [et al.] // International Finance Corporation — 2017. — URL: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/bb652356/Alternative+Fuels_06+27.pdf. — Date of access: 20.02.2018.
5. Ingénierie et Gestion de l'Environnement Industriel (IGEL) [Electronic resource]. 2012. URL: http://www.gdmaroc.info/fileadmin/user_files/pdf/renforcement_capacite/IGEL-module2
6. Market for solid recovered fuel / EFRO [Electronic resource]. — 2015. — URL: https://www.erfo.info/images/PDF/ERFOCEMBUREAU_report_SRF_2015.pdf. — Date of access: 12.02.2018.
7. Hayder A. Alalwan, Alaa H. Alminshid, Haydar A.S. Aljaafari. Promising evolution of biofuel generations. Subject review / Renewable Energy Focus. 2019. Vol. 28. P. 127-139. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.12.006>.
8. M.V. Rodionova, R.S. Poudyal, I. Tiwari, R.A. Voloshin, S.K. Zharmukhamedov, H.G. Nam, B.K. Zayadan, B.D. Bruce, H.J.M. Hou, S.I. Allakhverdiev Biofuel production: Challenges and opportunities / International Journal of Hydrogen Energy. 2017. Vol. 42, Is. 12. P. 8450-8461. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.125>.
9. Mungodla, S.G., Liganiso, L.Z., Mlambo, S. and Motaung, T. Economic and technical feasibility studies: technologies for second generation biofuels / Journal of Engineering, Design and Technology, 2019. Vol. 17 No. 4, P. 670-704.

					601HT -11393361.3П	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2018-0111>.

10.B.S. Choudri, Yassine Charabi, Mahad Baawain, Mushtaque Ahmed. Bioenergy from Biofuel Residues and Wastes / Water Environment Research, Volume 89, Number 10 2017 P. 1441 -1460. doi: 10.2175/106143017X15023776270511.

11.Roland Arthur Lee, Jean-Michel Lavoie. From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity / Animal Frontiers. 2013. Vol. 3. Is. 2. P. 6–11. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0010>.

12.Arash Javanmard, Muhamad Fazly Abdul Patah, Amir Zulhelmi, Wan Mohd Ashri Wan Daud. A comprehensive overview of the continuous torrefaction method: Operational characteristics, applications, and challenges / Journal of the Energy Institute. 2023. Vol. 108. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2023.101199>.

					601HT -11393361.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Міністерство освіти і науки України національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Ілюстративні матеріали
до дипломної роботи Магістра

на тему : “Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів ”

Виконав: студент 6 курсу, групи 601 НТ спеціальності 144 Теплоенергетика
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Салій А.А .

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., проф. Голік Ю.С..

_____ (прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою

к.т.н проф.Голік Ю.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Умовні позначення трубопроводів

	T1	Прямий трубопровід
	T2	Зворотний трубопровід
	B1	Трубопровід господарсько-питного водопроводу
	B2	Трубопровід протипожежного водопроводу
	B6	Трубопровід зм'якшеної води
	T3	Трубопровід системи гарячого водопостачання прямий
	T4	Трубопровід системи гарячого водопостачання рециркуляційний
	T94	Трубопровід підживлюючий
	T95	Зливний трубопровід напірний
	T96	Зливний трубопровід безнапірний
	K3	Трубопровід виробничої каналізації

Умовні позначення, додатково прийняті в проекті

	Мембранний розширювальний бак
	Бак запасу підживлювальної води відкритий
	Поплавковий запірний клапан
	Автоматизована водопідготівча водоумягчельна установка
	Клапан 2-х ходовий регулюючий (муфтовий, фланцевий, приварний)
	Клапан 3-х ходовий регулюючий (муфтовий, фланцевий, приварний)
	Привод електрический

Умовні позначення параметрів регулювання прийняті в даній схемі

T_n - температура зовнішнього повітря
 T_1 - температура теплоносія в прямому трубопроводі контуру опалення/теплопостачання
 T_3 - температура гарячої води
 А - можливість завдання добових інтервалів режиму опалення
 В - можливість завдання тижневих інтервалів режиму опалення
 С - можливість завдання добових інтервалів режиму ГВП
 D - можливість завдання тижневих інтервалів режиму ГВП

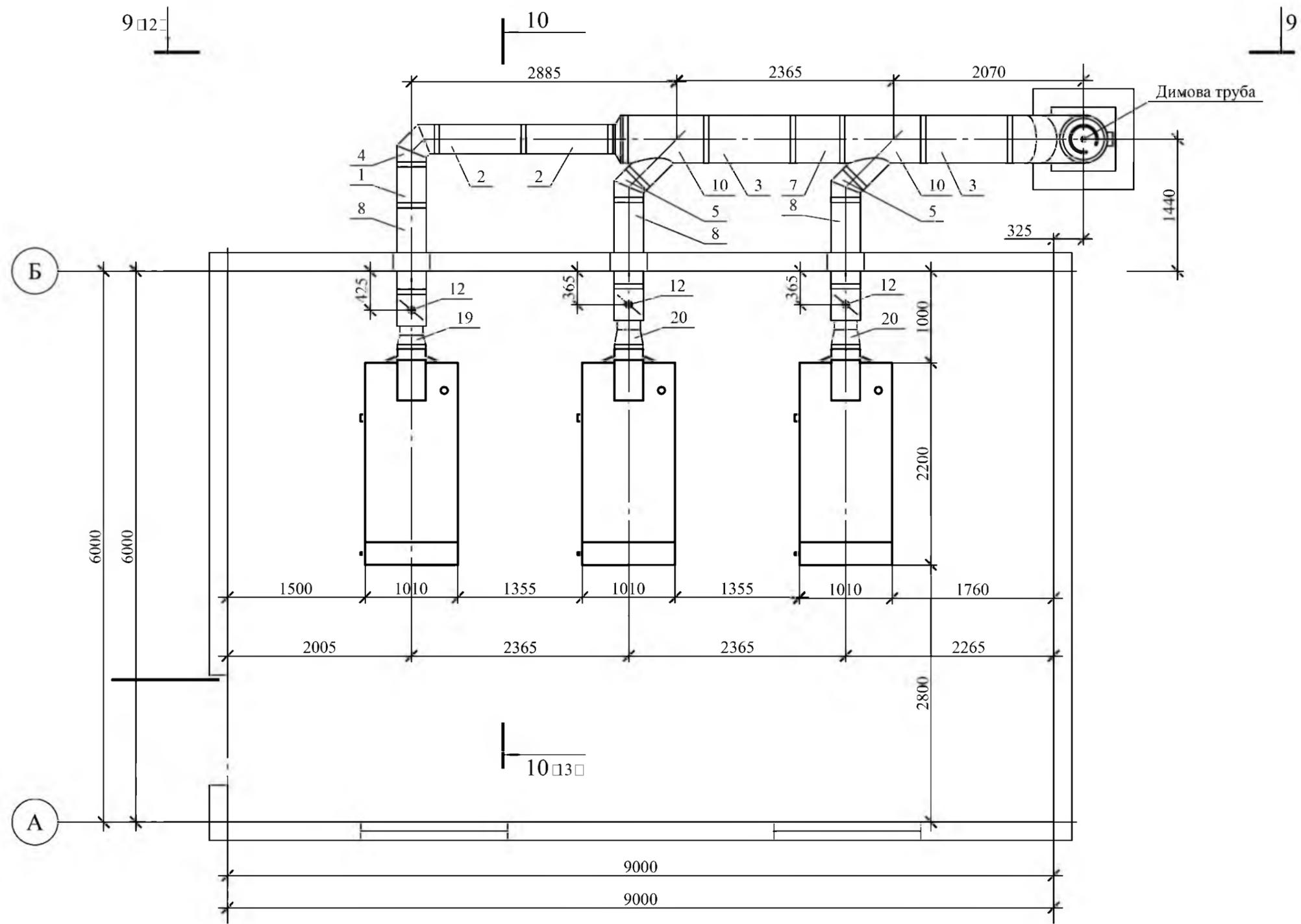
Умовні позначення функціональних пристроїв прийняті в даній схемі

$\square \square \square \square$ со $\square \square \square \square$ Частота обертання вала насоса постійна
 $\square \square \square \square$ аг Частота обертання вала вентилятора регульована
 $T_1=f(t_n, A, B)$ Регулювання температури теплоносія в залежності від \square
 \square - температура зовнішнього повітря
 Параметр А - часовий період протягом доби
 Параметр В - часовий період протягом тижня
 $T_3=f(C, D)$ Регулювання температури гарячої води в залежності від \square
 Параметр С - часовий період протягом доби
 Параметр D - часовий період протягом тижня
 $P_{i \square \square \square}$ Захист роботи обладнання при мінімальному тиску
 $P_{вкл} = \dots$ Тиск включення обладнання
 $P_{выкл} = \dots$ Тиск вимикання обладнання
 $P_{спр} = \dots$ Тиск спрацювання запобіжного клапана
 $P_{нач} = \dots$ Початковий тиск азоту в мембранному розширювальному баке
 $\square \square \square \square$ і \square Захист роботи обладнання при мінімальному рівні води

№	Найменування		Примітки
K1	піролізний опалювальний котел на твердому паливі	3	
K2	комплект газоходів та димова труба	1	
K3	Гідравлічний роздільник DN250	2	
K4	пластинчастий теплообмінний апарат системи ГВП	1	
K5	Насос котлового контуру	2	
K6	Насос мережний	2	
K7	насос гріючого контуру системи ГВП	2	
K8	насос рециркуляційний контуру системи ГВП	2	
K9	підживлюючий насос	2	
K10	мембранний розширювальний бак V=400 л. PN6	1	
K11	Водоумягчельна установка	1	
K12	Дозувальна станція з баком запасу розчину реагенту 60 л.	1	
K13	Бак запа підживлювальної води V=500л.	1	
K14	Крыльчатый счетчик (класс В) холодной воды DN15	1	
K15	Крыльчатый счетчик (класс В) холодной воды DN20	1	
1	Запобіжний клапан котла DN32	2	
2	Запобіжний клапан TOA DN15	1	
3	3-х ходовий змішувальний клапан теплової мережі	1	
4	3-х ходовий змішувальний клапан системи ГВП	1	

601HT -11393361

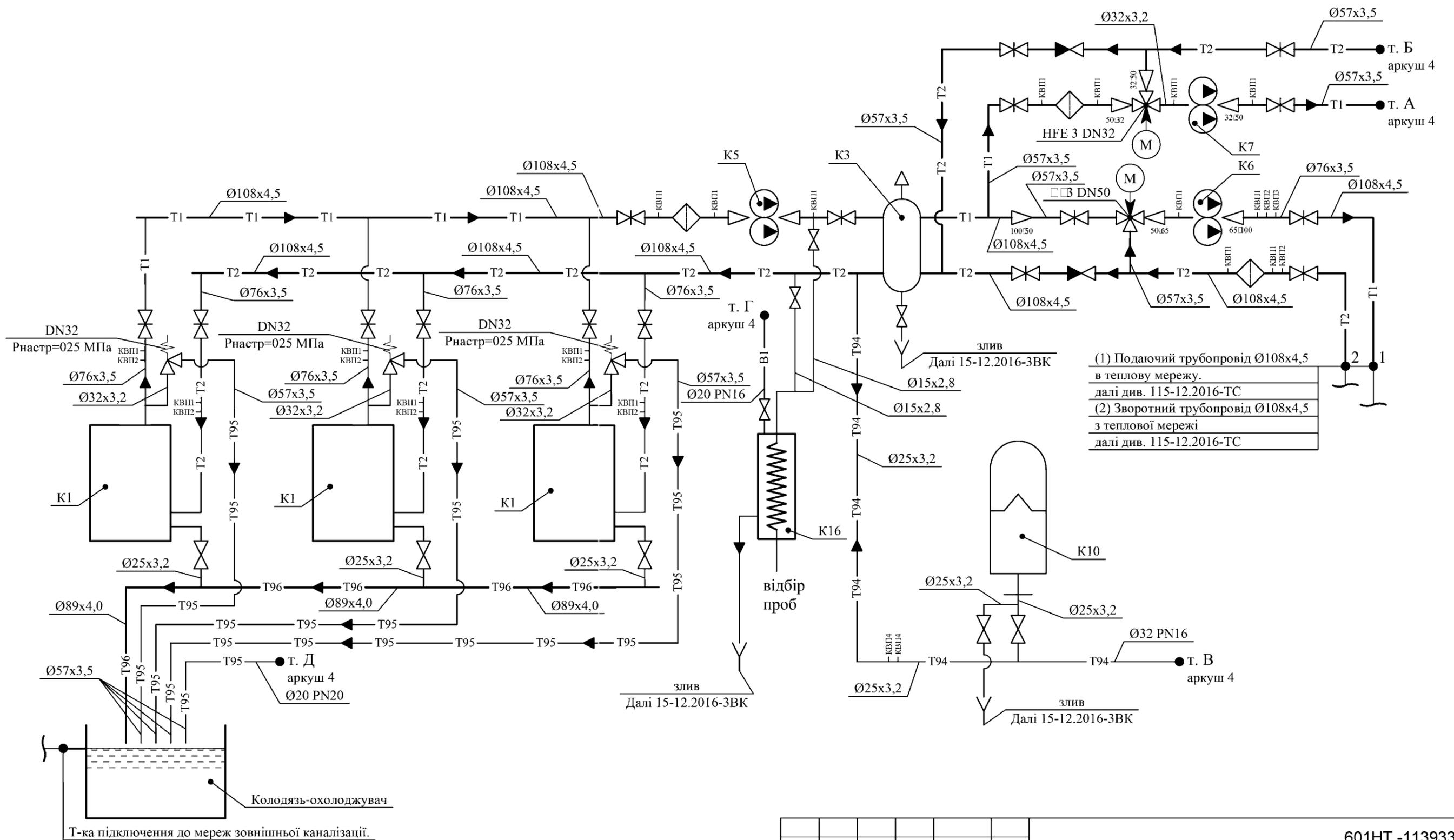
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Салій А.А.				Р	2	
Перевір.		Голік Ю.С.						
Н. контр.		Голік Ю.С.			Загальні дані (закінчення)	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.		Голік Ю.С.						



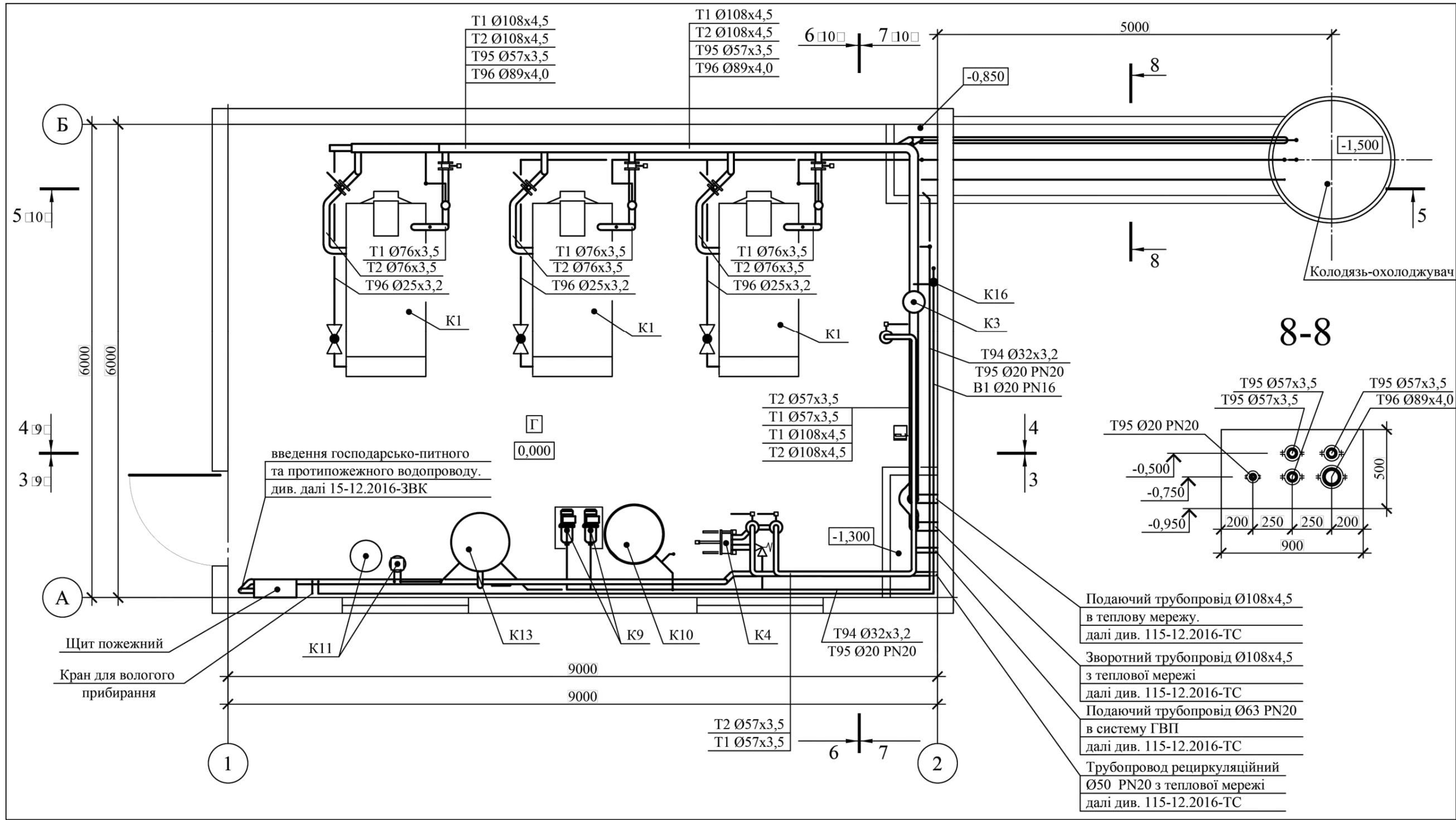
601НТ -11393361

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Салій А.А.				План котельні	Р	3
Перевір.		Голік Ю.С.						
Н. контр.		Голік Ю.С.						
Затверд.		Голік Ю.С.						

НУПП ім Ю.Кондратюка



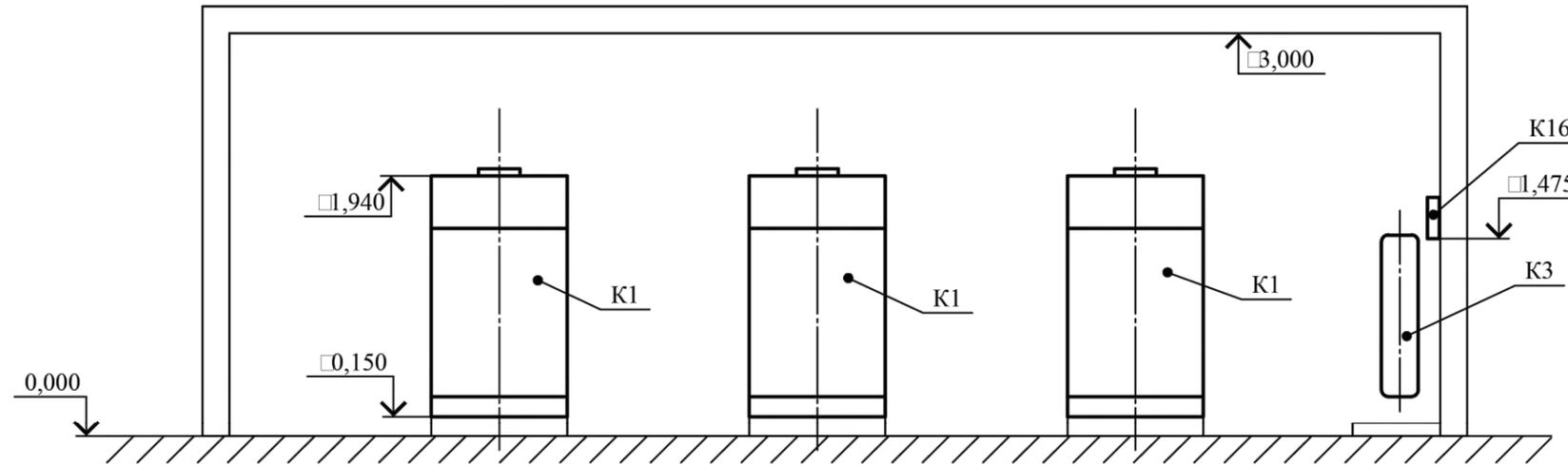
				601HT -11393361					
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Салій А.А.						Р	4	
Перевір.	Голік Ю.С.								
Н. контр.	Голік Ю.С.			Теплова схема			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.								



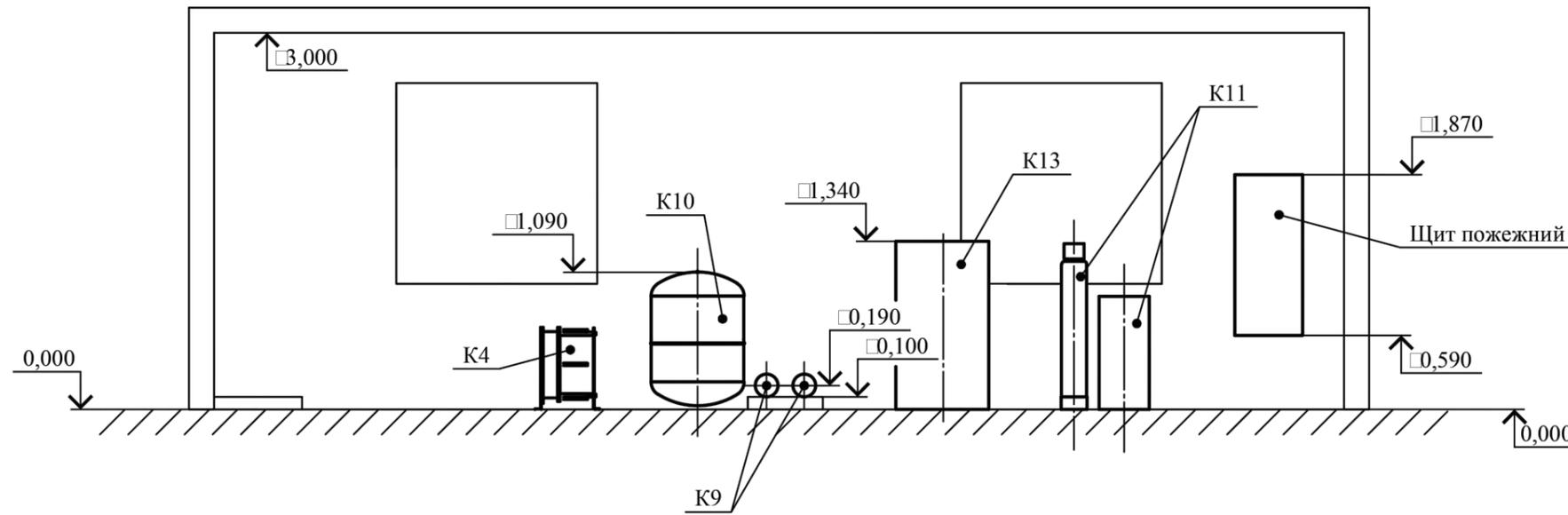
- Подаючий трубопровід Ø108x4,5 в теплову мережу. далі див. 115-12.2016-ТС
- Зворотний трубопровід Ø108x4,5 з теплової мережі далі див. 115-12.2016-ТС
- Подаючий трубопровід Ø63 PN20 в систему ГВП далі див. 115-12.2016-ТС
- Трубопровід рециркуляційний Ø50 PN20 з теплової мережі далі див. 115-12.2016-ТС

					601НТ -11393361		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Салій А.А.				Р	6	
Перевір.	Голік Ю.С.						
Н. контр.	Голік Ю.С.			План розміщення обладнання	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.						

1-1



2-2

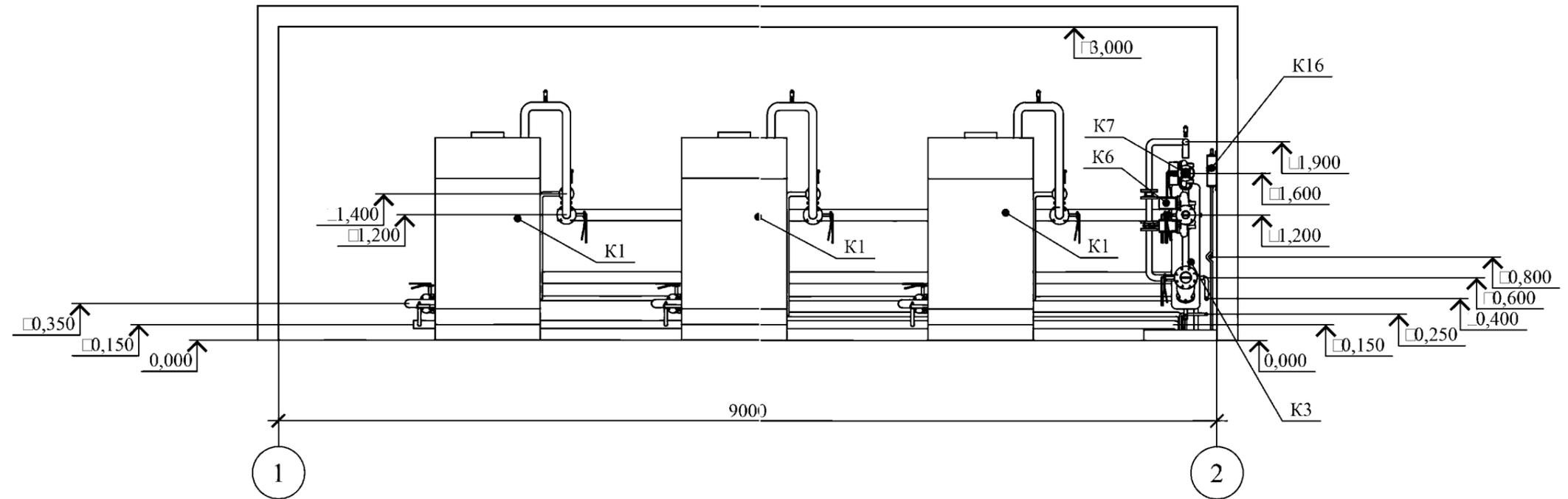


601НТ -11393361

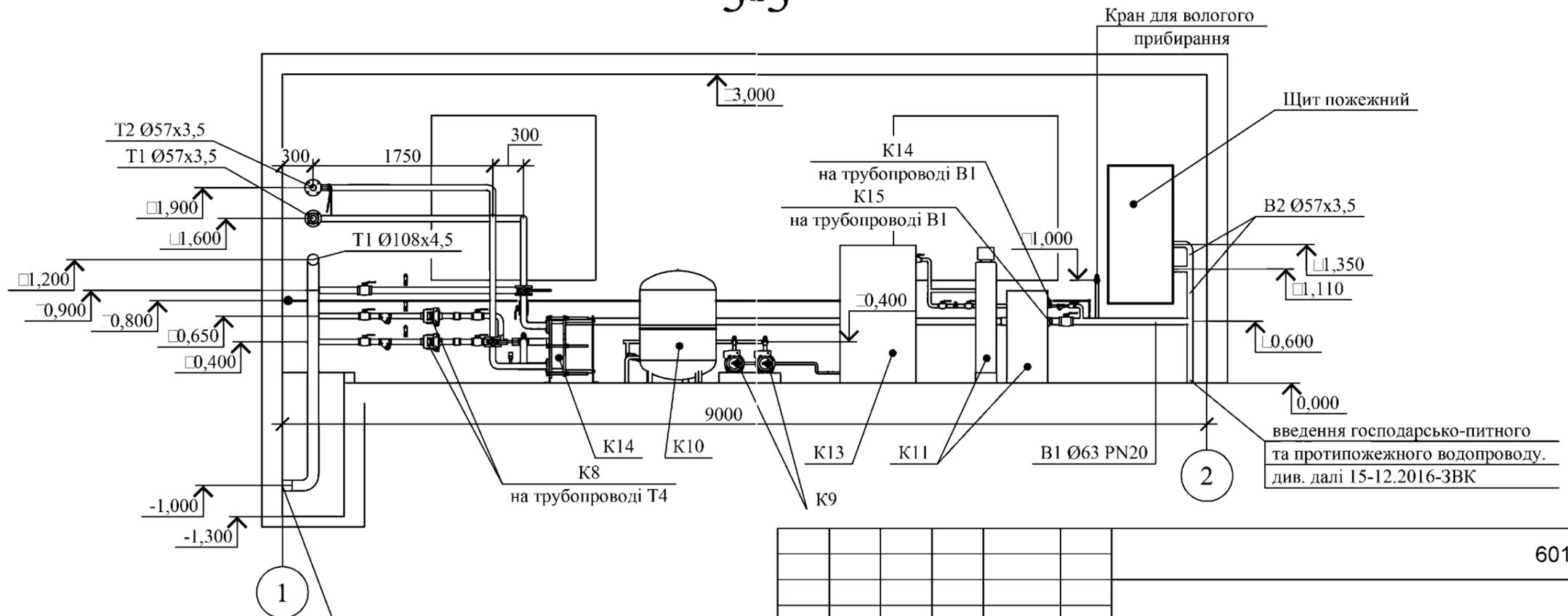
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Салій А.А.				Р	7	
Перевір.		Голік Ю.С.						
Н. контр.		Голік Ю.С.			НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затверд.		Голік Ю.С.						

Розріз 1-1 Розріз 2-2

4-4



3-3



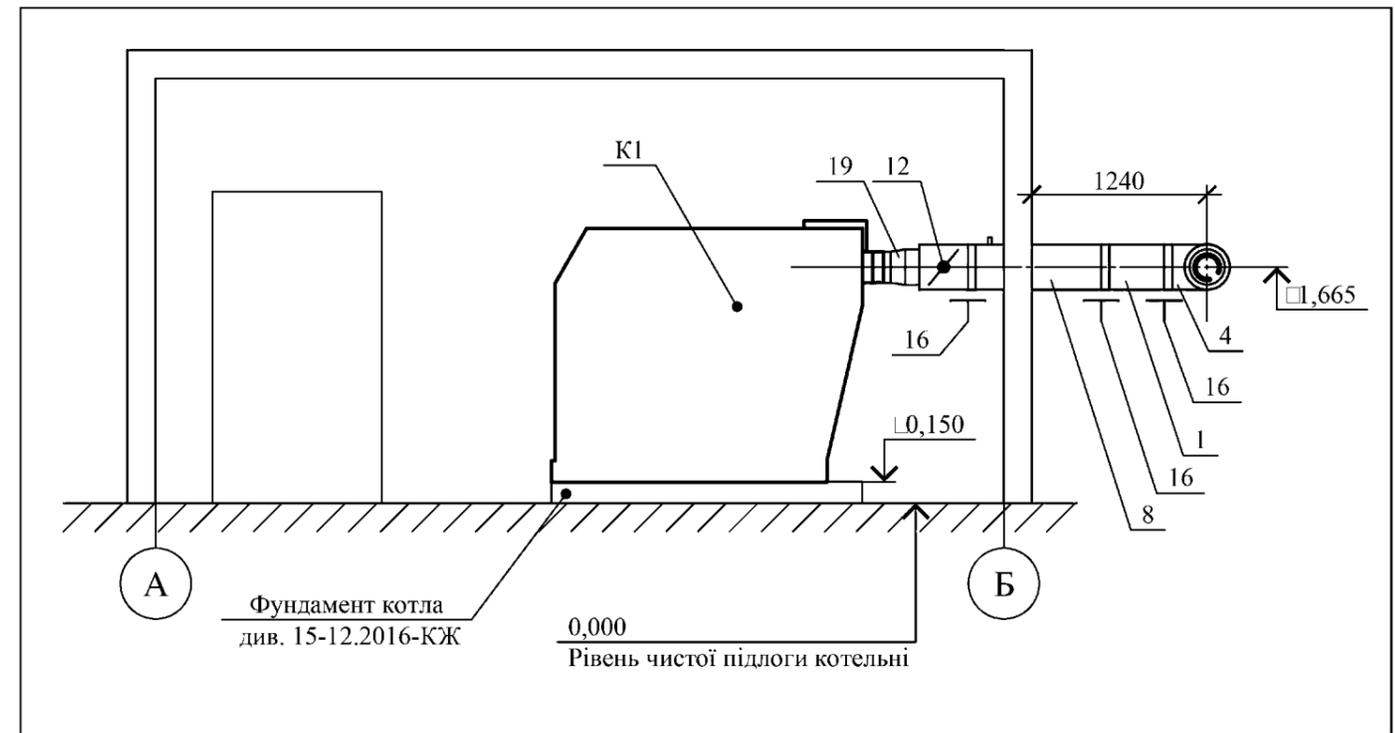
601HT -11393361

Подаючий трубопровід Ø63 PN20 в систему ГВП
 Трубопровід рециркуляційний Ø50 PN20 з теплової мережі
 Подаючий трубопровід Ø108x4,5 в теплову мережу.
 Зворотний трубопровід Ø108x4,5 з теплової мережі

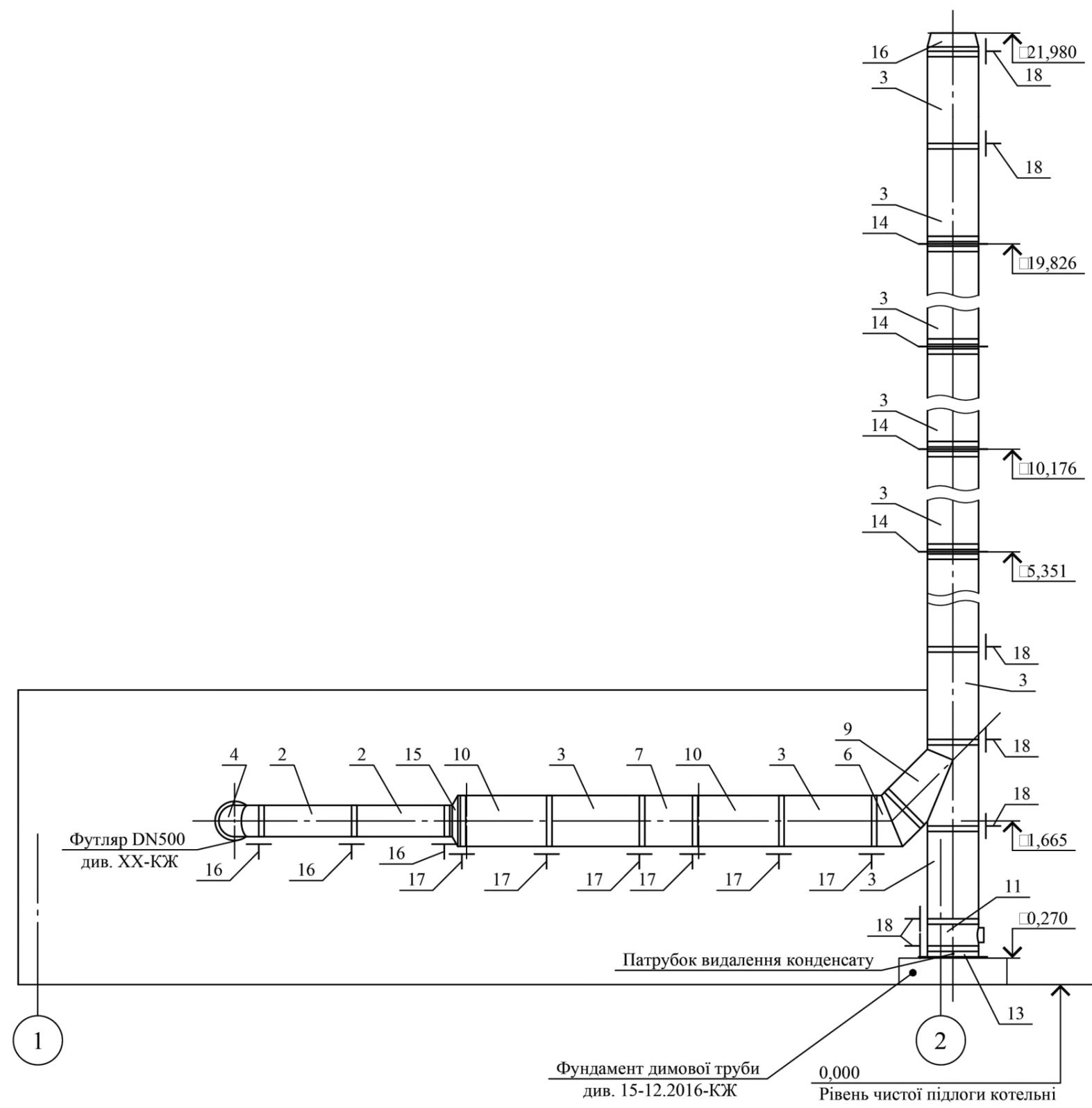
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Салій А.А.				Р	8	
Перевір.		Голік Ю.С.						
Н. контр.		Голік Ю.С.			Розріз 3-3 Розріз 4-4	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.		Голік Ю.С.						

Газоходи і димова труба (поз. К2)

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1		Труба двошарова Dv=250 Dn= шт. 320 □500	1	6,73	
2		Труба двошарова Dv=250 Dn= шт. 320 □1000	2	13,45	
3		Труба двошарова Dv=450 Dn= шт. 520 □1000	23	22,87	
4		Коліно 90° Dv=250 Dn=320 шт.	1	7,42	
5		Коліно 45° Dv=250 Dn=320 шт.	2	3,6	
6		Коліно 45° Dv=450 Dn=520 шт.	1	7,96	
7		Труба-подовжувач шт. двошарова Dv=450 Dn=520 □1000	1	22,87	
8		труба з ніпелем Dv=250 Dn= шт. 320 □1000	3	13,45	
9		Трійник з врізкою 45° Dv= шт. 450 D□520	1	26,54	
10		Трійник з врізкою 45° Dv= шт. 450 D□520 D□250 D□B20	2	26,54	
11		Трійник з ревізією Dv=450 шт. D□520	1	7,26	
12		Регулятор тяги Dv=250 Dn= шт. 320	3	4,48	
13		Підлогова підставка Dv=450 шт. D□520	1	8,21	
14		розвантажувальна платформа шт. D□450 D□520	4	7,79	
15		Перехід Dv=450 Dn=520/Dv= шт. 250 D□B20	1		
16		Конус Dv=450 Dn=520 шт.	1	5,08	
17		Скоба Dn=320 шт.	12	1,5	
18		Скоба Dn=520 шт.	27	2,36	
19	15-12.2016-ТМ.Н2	Переход к котлу шт.	2		
20	15-12.2016-ТМ.Н2	Переход к котлу шт.	1		



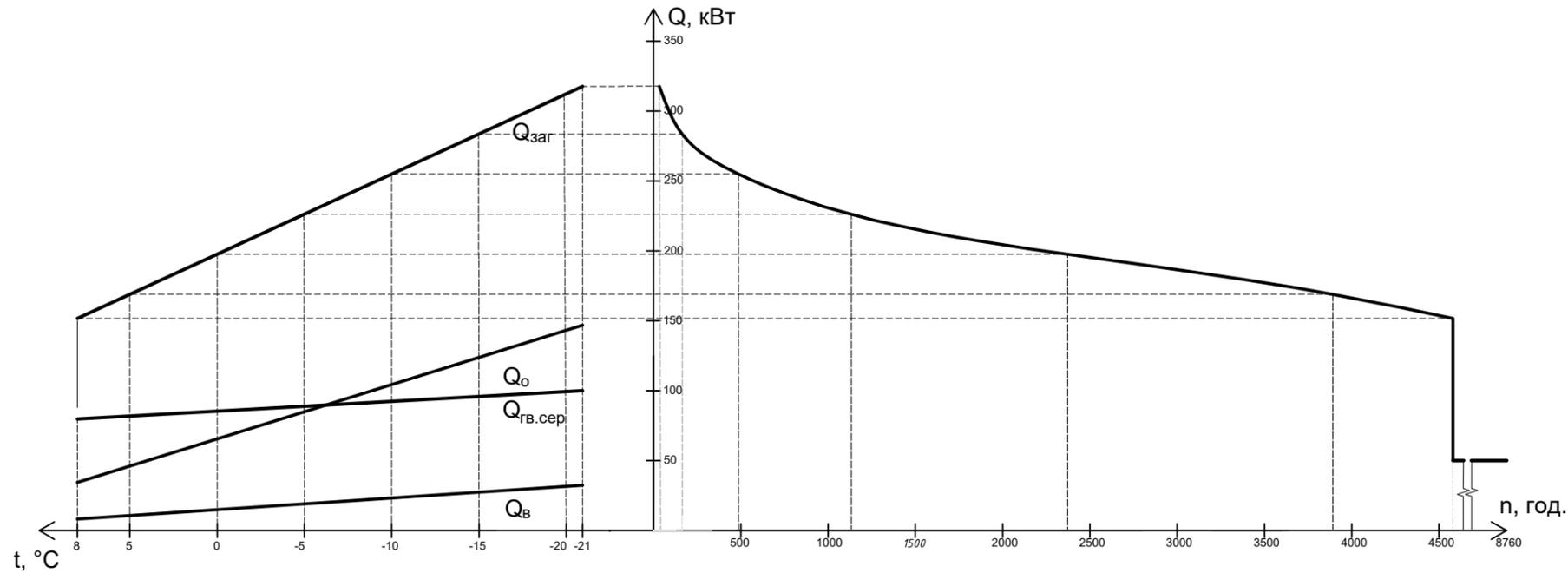
						601HT -11393361				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Салій А.А.							Р	10	
Перевір.	Голік Ю.С.									
Н. контр.	Голік Ю.С.				Експлікація газоходу			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.									



601HT -11393361

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав		Салій А.А.				Газохід	Р	11	
Перевір.		Голік Ю.С.			НУПП ім Ю.Кондратюка				
Н. контр.		Голік Ю.С.							
Затверд.		Голік Ю.С.							

Графік відпуску теплової енергії



Розрахункові витрати теплоносія

№ п.п.	Найменування	Позначення	Розмірність	Числове значення				
				Розрахунковий режим при $t_{\text{н}}$				
				-21	0,3	8	26	
1 Витрати теплоносія								
1.1	Сумарна витрата теплоносія на опалення і вентиляцію	$G_{\text{ОВ}}$	м ³ /год	7,99	3,82	2,32	0,00	
1.2	Сумарна витрата теплоносія на гаряче водопостачання	$G_{\text{ГВП}}$	м ³ /год	4,34	4,34	3,91	3,48	
1.3	Сумарна витрата теплоносія на технологічні потреби	$G_{\text{ТЕХН}}$	м ³ /год	0,00	0,00	0,00	0,00	
ВСЬОГО:			G^{TM}	м ³ /год	13,56	8,76	6,59	3,52

Розрахункові витрати теплової енергії

№ п.п.	Найменування	Позначення	Розмірність	Числове значення				
				Розрахунковий режим при $t_{\text{н}}$				
				-21	0,3	8	26	
1 Відпущена тепла енергія присланим споживачам								
1.1	Сумарна витрата тепла на опалення	$Q_{\text{о}}$	МВт	0,14864	0,0712	0,0432	0,000	
1.2	Сумарна витрата тепла на гаряче водопостачання	$Q_{\text{ГВП}}$	МВт	0,101	0,101	0,091	0,08	
1.3	Сумарна витрата тепла на вентиляцію	$Q_{\text{в}}$	МВт	0,03716	0,0178	0,0108	0,000	
1.4	Втрати тепла в тепловій мережі	$Q_{\text{Г}}$	кВт	28,7	13,8	8,4	0,9	
ВСЬОГО:			Q^{TM}	МВт	0,316	0,204	0,154	0,082
2 Теплова енергія на власні потреби котельні								
2.1	Сумарна витрата тепла на опалення і вентиляцію котельні	$Q_{\text{ОВ}}^{\text{СН}}$	кВт	1,0	0,5	0,3	0,0	
2.2	Сумарна витрата тепла на гаряче водопостачання котельні	$Q_{\text{ГВП}}^{\text{СН}}$	кВт	0,0	0,0	0,0	0,0	
2.3	Втрати тепла в обладнанні та трубопроводах котельні	$Q_{\text{Г1}}$	кВт	0,5	0,4	0,2	0,7	
2.4	Втрати тепла на підживлення систем котельні	$Q_{\text{під}}$	кВт	0,14	0,14	0,14	0,14	
ВСЬОГО:			$Q^{\text{СН}}$	кВт	1,7	1,0	0,7	0,8
3 Вироблена тепла енергія			$Q_{\text{заг}}$	МВт	0,317	0,205	0,154	0,083

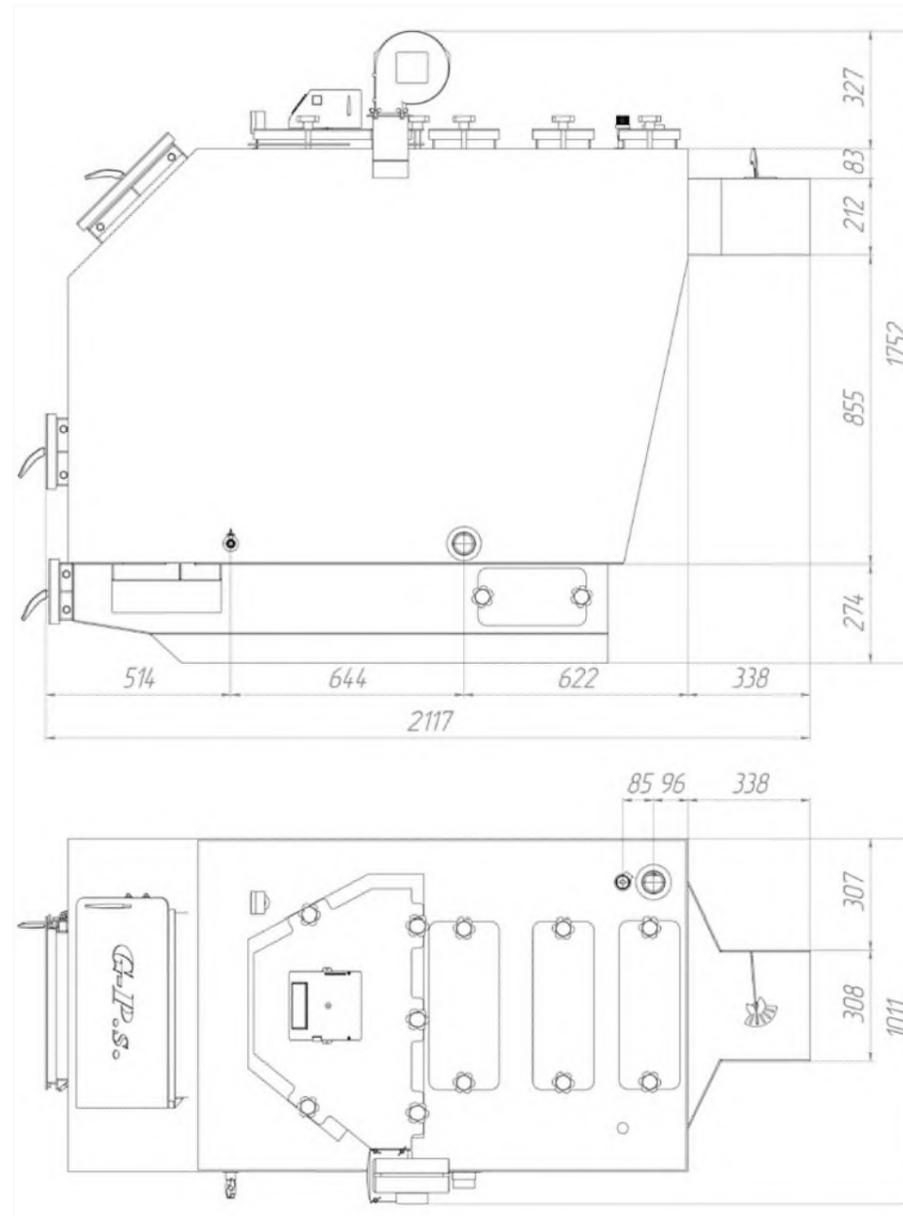
Повтрюваність температур, °C зовнішнього повітря, годин

Повтрюваність температур, °C зовнішнього повітря, годин									Всього годин
від -34,9 до -30	від -29,9 до -25	від -24,9 до -20	від -19,9 до -15	від -14,9 до -10	від -9,9 до -5	від -4,9 до 0	від +0,1 до +5	від +5,1 до +8	
1	10	39	127	324	648	1238	1510	687	4584

601НТ -11393361

Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Салій А.А.				Р	12	
Перевір.	Голік Ю.С.						
Н. контр.	Голік Ю.С.			Графік відпуску теплової енергії	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.						

Загальний вид котла GEFEST-PROFI S 120



Номинальна теплотворність, кВт ±10%	120	
Товщина сталі, мм	5	
Площа конвективної частини, м²	12	
Об'єм води в котлі, л	330	
Об'єм камери завантаження, літр	600	
Розміри камери завантаження, мм	Довжина	698
	Ширина	705
	Висота	975
Робочий тиск води, МПа:		
-Номинальний	0,1	
-Робочий	0,2	
Максимальна ел. Споживана потужність, Вт	105	
Необхідна сила тяги, ПА	45	
Висота димоходу, м, не менше	12	
Приєднувальні розміри, мм		
-До системи опалення D вн.	65	
-До димоходу	308x212	
Діаметр труб димоходу, мм	250	
Габаритні розміри, мм ±5мм		
-Довжина (глибина)	2100	
-Ширина	1000	
-Висота	1500	
Маса, кг, не більше	1088	

Підбір котлів

Номер котла	Тип котла	Номинальна продуктивність, кВт	Паспортний ККД котла, %
К1	GEFEST-PROFI S 120	120,0	92
К1	GEFEST-PROFI S 120	120,0	92
К1	GEFEST-PROFI S 120	120,0	92

601НТ -11393361									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів	Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав	Салій А.А.					Р	13		
Перевір.	Голік Ю.С.								
Н. контр.	Голік Ю.С.				Загальний вид котла GEFEST-PROFI S 120	НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затверд.	Голік Ю.С.								

Характеристики теплообмінного апарату Danfoss
HH-07-10/11-TL

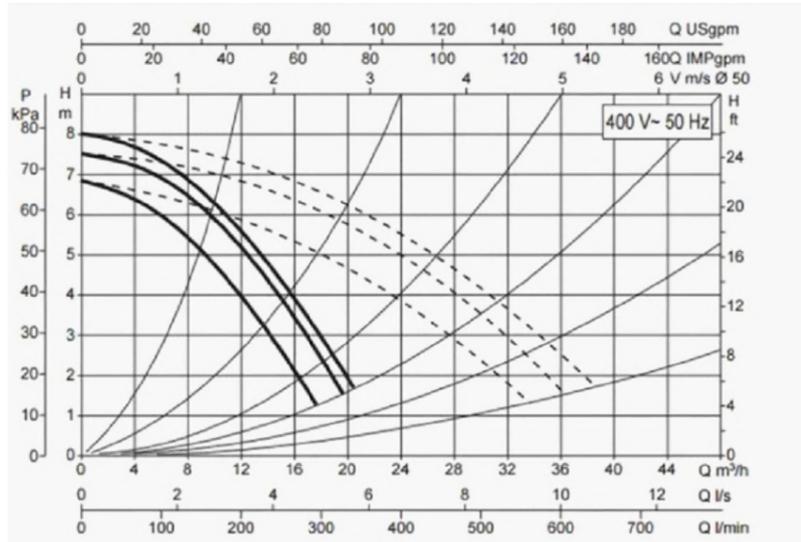
№	Найменування параметра	Од. Вимірювання	Значення
1	масовий витрата (гаряча сторона)	т/ч	4,73
2	масовий витрата (холодна сторона)	т/ч	3,3
3	температура на вході (гаряча сторона)	°C	80
4	температура на виході (гаряча сторона)	°C	60
5	температура на вході (холодна сторона)	°C	26
6	температура на виході (холодна сторона)	°C	55
7	втрати тиску (гаряча сторона)	кПа	20,50
8	втрати тиску (холодна сторона)	кПа	11,1
9	швидкість (канали/порти) (гаряча сторона)	м/с	0,55/0,46
10	швидкість (канали/порти) (холодна сторона)	м/с	0,37/0,31
11	коефіцієнт теплопередачі	ккал/чхм ² хК	0,79
12	Запас посерхности	%	14,8
13	поверхня теплообміну	м ²	0,66
14	Кількість пластин/Компонування	-	11-TL
15	Компонування каналів (гаряча сторона)	-	1x5+0x0
16	Компонування каналів (холодна сторона)	-	1x5+0x0
17	товщина, матеріал пластин	-	0,4 мм AISI 316
18	Прокладки	-	EPDM
19	Тип приєднання	-	фланец DN50
20	Максимальна робоча температура	°C	130
21	робочий/пробний тиск	МПа	0,6/1,5
22	Об'єм води (гаряча сторона)	л	1
23	Об'єм води (холодна сторона)	л	1,2
24	Маса нетто	кг	78

Загальний вид теплообмінного апарату Danfoss
HH-07-10/11-TL

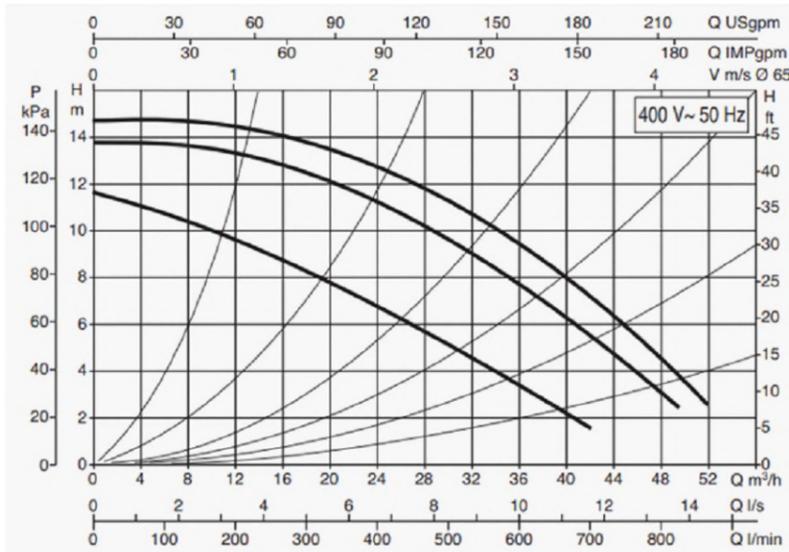


						601HT -11393361			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок			Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Салій А.А.			можливості використання теплової енергії			Р	14	
Перевір.	Голік Ю.С.			відходів					
Н. контр.	Голік Ю.С.			Загальний вид теплообмінного апарату			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.			Danfoss HH-07-10/11-TL					

насос котлового контуру з наступними параметрами: 17 м3/ч, H=37,5 м.водн.ст, P1=0,595 кВт, n=2840 об/хв/

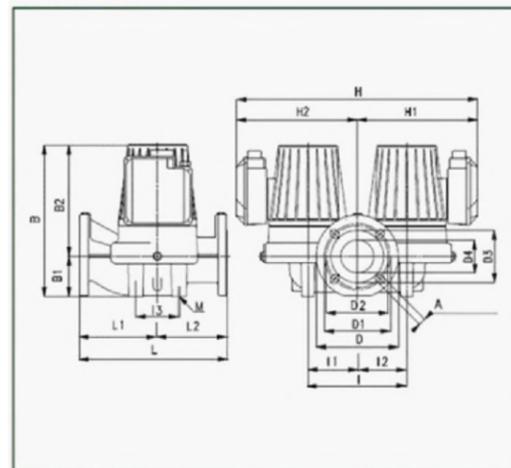


мережний насос з наступними параметрами: H=14,1 м.водн.ст, P1=1,796кВт, n=2800 об/хв.

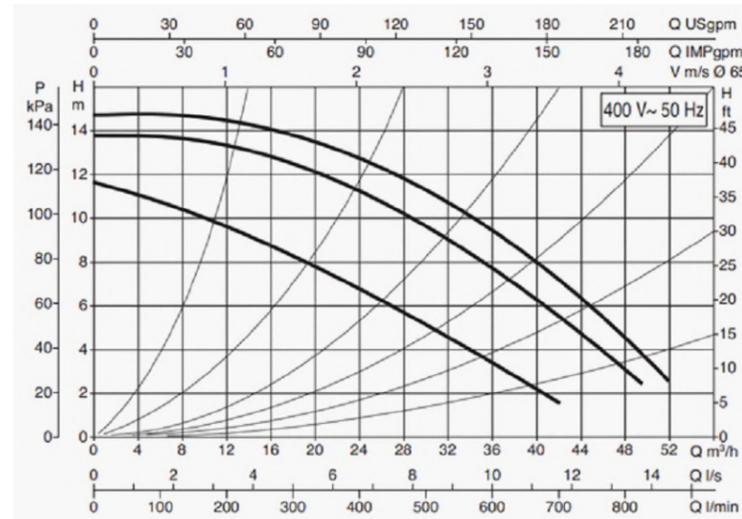


Загальний вид циркуляційного насосу DAB DPH

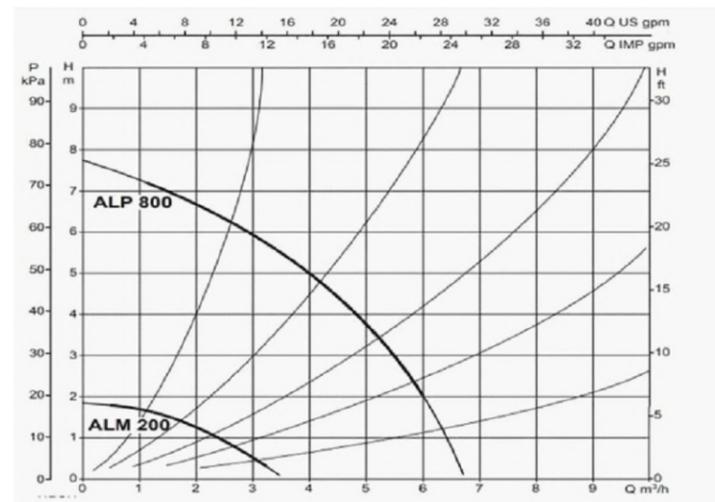
DMH - DPH...T



насос грійочого контуру системи ГВП, наступними параметрами: системи ГВП G=5,5 м3/ч, H=5,5 м.водн.ст, P1=0,316 кВт, n=2830 об/мин, U=3x400V DN40 PN10



ALP 800 насос рециркуляційний контуру системи ГВП G=1,8 м3/ч, H=7,0 м.водн.ст, P1=0,37 кВт, n=2915 об/мин, U=3x400V DN40 PN10



Експлікація обладнання

Поз.	Позначення	Назва	Кі-сть	Масса од., кг	Примтка
K5	DPD 60/280.50 M	Насос котлового контуру 17 м3/ч, H=37,5 м.водн.ст, P1=0,595 кВт, n=2840 об/хв, U=3x400BDN50PN10	1	44,5	
K6	DPD 150/340.65	Насос мережний G=10 H=14,1 м.водн.ст, P1=1,796 кВт, n=2800 об/хв, U=3x400B DN65 PN10	1	59	
K7	DPD 60/250.40	насос грійочого контуру системи ГВП G=5,5 м3/ч, H=5,5 м.водн.ст, P1=0,316 кВт, n=2830 об/мин, U=3x400B DN40 PN10	1	32	
K8	ALP 800	насос рециркуляційний контуру системи ГВП G=1,8 м3/ч, H=7,0 м.водн.ст, P1=0,37 кВт, n=2915 об/мин, U=3x400B DN40 PN10	2	7,5	
K9	JET 62	підживлюючий насос м3/ч, H=24 м.водн.ст, N=0,67 кВт, n=2850 об/мин, U=3x400B DN25 PN8	2	10,5	

						601HT -11393361		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реконструкція котельні за рахунок можливості використання теплової енергії відходів		Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Салій А.А.					Р	15	
Перевір.	Голік Ю.С.							
Н. контр.	Голік Ю.С.			Насосне обладнання		НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.							

