

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»  
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

## Пояснювальна записка

до магістерської роботи

на тему: **РЕКОНСТРУКЦІЯ КОТЕЛЬНІ МІКРОРАЙОНУ З  
ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА В  
ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Виконав: студент 4 курсу,  
групи 601пНТ  
спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Зубрічев М.Н.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гічов Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2021 року

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Аналіз сучасного стану заходів з енергозбереження котелень.....	7
1.2 Обґрунтування ефекту енергозбереження при використанні біомаси.....	9
1.3. Класифікація, характеристики та принцип роботи котлів на біомасі .....	12
1.4 Задачі дослідження .....	21
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ, ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	22
2.1 Мета та завдання дослідження.....	22
2.2 Вихідні дані щодо об'єкту дослідження.....	22
2.3. Характеристика об'єкту тепlopостачання .....	23
2.4 Заходи з енергозбереження в котельні .....	26
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	29
3.1 Технологічні розрахунки котельні .....	29
3.1.1. Споживання теплоти.....	29
3.1.2 Режим регулювання теплового навантаження .....	37
3.1.3 Визначення розрахункових витрат теплоносія .....	44
3.1.4 Опис технологічної схеми .....	46
3.1.5 Розрахунок теплової схеми котельної з водогрійними котлами.....	47
3.1.6 Опис котельної установки.....	58
3.1.7 Хімводоочистка .....	59
3.1.8 Вибір допоміжного обладнання.....	61
3.2 Технічні рішення з реконструкції котельні з використанням альтернативного палива .....	64

					<i>601-НТ-20335-МР</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Керівник</i>	<i>Гичов Ю.О.</i>				<i>Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркшів</i>
<i>Виконав</i>	<i>Зцдрічев М.Н.</i>						<i>2</i>	<i>100</i>
						<i>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики</i>		

3.3 Економічна ефективність реконструкції .....	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	78
4.1 Завдання розділу.....	78
4.2 Характеристика умов праці.....	79
<b>4.3 Заходи з техніки безпеки.....</b>	<b>81</b>
4.4 Заходи протипожежної безпеки.....	82
4.5 Охорона навколишнього середовища .....	83
ВИСНОВКИ.....	84

					<i>601-НТ-20335-МР</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Керівник</i>		<i>Гічов Ю.О.</i>			<i>Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Виконав</i>		<i>Зидричев М.Н.</i>					<i>2</i>	<i>100</i>
					<small>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики</small>			

## ВСТУП

Теплопостачання як частина енергетичного балансу України є дуже важливим і масштабним питанням. Основний сенс енергетичної безпеки полягає в сталому й надійному забезпеченні населення теплом. При виході з ладу систем теплопостачання чи появи збоїв у їх роботі можуть постраждати тисячі споживачів, громадських організацій і підприємств.

Україна є однією з енергозалежних країн, де постійно спостерігається дефіцит енергетичних ресурсів, оскільки власний видобуток викопного палива задовольняє наявні потреби лише на 45%. Відповідно одним із головних завдань держави є енергозбереження шляхом оптимізації теплопостачання міст та зменшення витрат енергоносіїв при виробництві, транспортуванні й споживанні теплової енергії [1].

Підприємства теплопостачання масово потребують заміни застарілого обладнання низької ефективності та впровадження заходів, що мають значний потенціал енергозбереження. Це може бути досягнуто через дотримання нормативних чи проектних вимог до технологічних процесів, а також заходів, спрямованих на підвищення надійності й енергобезпеки, забезпечення безвідмовної роботи системи енергопостачання. Впровадження заходів із нормативним потенціалом енергозбереження покращує енергобезпеку й надійність, що допомагає ліквідації витрат, і є обов'язковим для підприємств теплопостачання.

Головними проблемами у сфері теплопостачання для більшості міст України є наступні:

- потужності встановленого обладнання котелень набагато перевищують потрібні теплові навантаження, що призводить до необхідності їх експлуатації далеко за межами номінального режиму й відповідно зниженого коефіцієнта корисної дії;

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



своїй системі опалення, а також здійснювати запуск системи опалення, коли відчують холод, а не коли за нормами настає опалювальний період.

Ціна послуг централізованого постачання, їх якість та надійність будуть відігравати вирішальну роль для абонентів, щоб користуватися ними. Коли ж теплопостачальні підприємства сильно збільшують ціни для покриття затрат через неефективність систем теплопостачання, перекладаючи на абонентів невиробничі витрати котелень, тенденція масового відключення від мереж буде спостерігатися й надалі.

Отже, впровадження нових технологій та альтернативних видів палива для отримання теплової енергії в котельнях, що дозволить знижувати тарифи на послуги теплопостачання або виділяти кошти для ефективної модернізації наявного обладнання й покращення рівня надання послуг, є не просто актуальним для теплогенеруючих підприємств, а вже стало необхідною умовою їх виживання.

Втрачених абонентів дуже складно та майже неможливо відновити, тому важливо вчасно слідкувати за підтримкою балансу між попитом і пропозицією, зменшуючи при цьому власні затрати. Енергозбереження є сьогодні основним завданням підприємств теплопостачання.

Сталий розвиток теплоенергетики є запорукою економічного розвитку та енергетичної безпеки держави. До того ж впровадження заходів з енергозбереження на теплогенеруючих підприємствах сприяє зменшенню шкідливих викидів в атмосферу і є важливим фактором впливу на екологічну ситуацію в Україні.

Одним із ефективних енергозберігаючих заходів для котелень є перехід на альтернативні види палива, які дозволяють скоротити викиди CO<sub>2</sub>, а також зменшити витрати на експлуатацію та купівлю традиційного палива.

Отже, широке впровадження альтернативних видів палива для отримання теплової енергії в котельнях є стратегічним завданням не лише підприємств теплоенергетики, а й стратегічним завданням держави.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз сучасного стану заходів з енергозбереження котелень

Ширше впровадження альтернативного палива у системах теплозабезпечення є одним із найважливіших завдань на сучасному етапі розвитку теплоенергетики України. Це обумовлює стрімкий розвиток ринку виробництва теплової енергії з альтернативних джерел. Частка котелень на альтернативних видах палива в Україні досі є дуже малою – всього 7,8%, а кількість котлів на альтернативних видах палива – біля 5%. Потужність таких котелень в середньому близько 450 кВт, а одинична потужність котлів – в середньому близько 330 кВт [3]. Це свідчить про наявність величезного потенціалу розвитку цього напрямку.

Комплекс об'єктивних чинників, таких як боротьба за поліпшення екології та зниження викидів вуглекислого газу на фоні зростання цін на викопне паливо сприяли бурхливому розвитку біоенергетики. На відміну від нафти, газу та вугілля, біомаса є поновлюваним видом палива, при її спалюванні в атмосферу викидається стільки ж CO<sub>2</sub>, скільки рослини поглинають під час росту. Деревина та продукти з неї належать до тих безпечних видів палива, використання яких не загрожує парниковим ефектом.

Велика кількість доступної сировини, яку можна використовувати в якості біопалива створює сприятливі умови для поширення біопаливних технологій.

Найбільш перспективними для України є такі види біомаси як відходи і продукти сільгоспкультур, відходи й продукти деревини, рідке паливо з біомаси, тверді побутові відходи тощо. Використання в енергетиці сільськогосподарських, промислових і побутових відходів вирішує також екологічні проблеми, пов'язані з необхідністю їх утилізації.

Технології спалювання біомаси та біопалива дозволяють отримувати чисту поновлювану енергію. При горінні деревини виділяється стільки ж оксиду вуглецю, скільки дерево поглинає в процесі свого росту. Турбуючись про

					601-НТ-20335-МР	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довкілля, відповідальні підприємства використовують біопаливо як засіб пом'якшення впливу своєї діяльності на навколишнє середовище завдяки зменшенню викидів парникових газів. Використання біомаси дозволяє суттєво знижувати об'єми використання природного газу, який постійно дорожчає.

Країни Європи все більше уваги приділяють розвитку біоенергетичної галузі. Частка використання біомаси в енергетиці ряду європейських країн показано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Частка використання біомаси в енергетиці ряду європейських країн

Країна	Використання біомаси серед усіх джерел енергії, %
Литва	33,6
Фінляндія	33,5
Швеція	31,9
Естонія	26
Латвія	22,9

Порівняння частки використання біомаси серед усіх відновлюваних джерел низкою передових країн цієї галузі та Україною показано на рисунку 1.1, побудованому за даними [4].

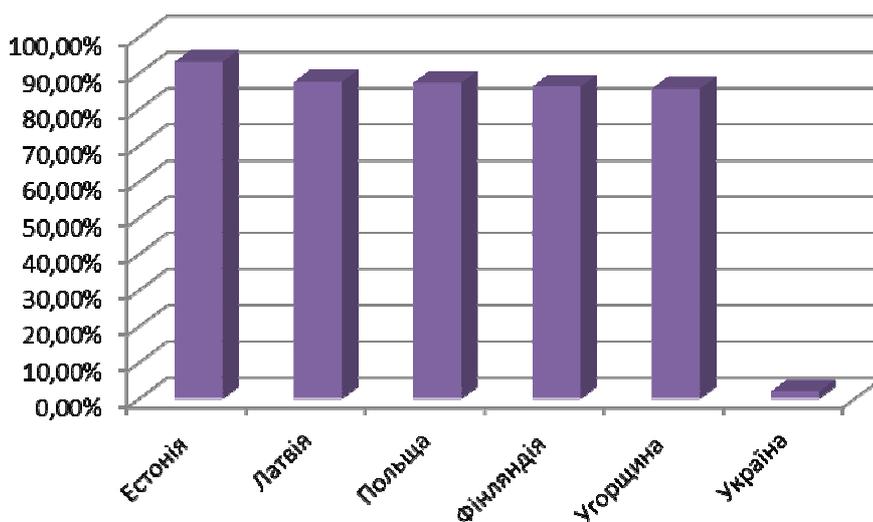


Рисунок 1.1 – Частка використання біомаси серед усіх відновлюваних джерел

З рисунку 1.1 дуже добре видно яким величезним є потенціал використання біомаси в Україні. Зважаючи на те, що у нас є всі необхідні передумови для розвитку біоенергетики, саме біомаса є одним із найперспективніших джерел чистої енергії для нашої держави. При чому, якщо в країнах Заходу енергозбереження є елементом екологічної та економічної доцільності, то для України це питання виживання, так як з нинішніми показниками енергоефективності наша держава не зможе зайти у нормальні економічні та суспільні відносини з європейськими країнами.

Дослідження та впровадження енергозберігаючих технологій надають перспективу реалізувати величезний потенціал заощадження енергоресурсів в Україні та збільшити показники енергоефективності до рівнів європейських країн.

В Україні вже запроваджено механізм «зеленого» тарифу для стимулювання використання альтернативних джерел палива, в тому числі й біомаси. На жаль, погана розвиненість інфраструктури та сировинної бази, що необхідні для забезпечення безперебійних поставок сировини, стримують сьогодні реалізацію наявного потенціалу. Негативний вплив має також низький рівень розвитку галузей, що поставляють устаткування, а також малий обсяг теплогенерації кожного окремого об'єкта. Названі фактори гальмують використання біомаси для виробництва як теплової, так і електричної енергії. Відповідно об'єми використання біомаси відстають від використання інших альтернативних видів палива. Після подолання наявних перешкод є всі передумови для того, щоб біомаса стала суттєвою складовою балансу виробництва теплової енергії [4].

## 1.2 Обґрунтування ефекту енергозбереження при використанні біомаси

Четвертим за значенням паливом світу є саме біомаса. Щороку з неї виробляють 2 мільярда тон умовного палива, що складає 14% від загального споживання первинних енергоносіїв у світі. Потенціал доступної на сьогодні в

					601-НТ-20335-МР	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Україні біомаси оцінюється в межах 10,6 – 17,6 млн. тон умовного палива на рік. Найперспективнішими видами біомаси для нашої держави є сільгоспвідходи та відходи деревообробної промисловості, а також власне сама деревина.

Загальні ресурси відходів деревини, включаючи кору, в лісовому господарстві і деревопереробних галузях промисловості України, оцінюються в 3743 тис.м<sup>3</sup>, що відповідає 984 000 т. у.п. в рік. Об'єм відходів деревини, що не використовуються складає 2 858 000м<sup>3</sup>, тобто 0,75 млн. тон умовного палива. При цьому відсоток власне деревини в енергетичному балансі України складає близько 0,4% [2]. Підраховано, що потенціалу біомаси достатньо, щоб до 2050 року покрити 22 ЕДж кінцевого споживання тепла в промисловості, тобто 15% від загального обсягу і 24 ЕДж у будівельній галузі, тобто 20% загального обсягу споживання тепла [4].

Залежно від складу біомаса поділяється на:

- вуглецевмісну (рослинний матеріал, тріска й тирса деревини, морські водорості, зерно, папір, тара для пакування);
- цукровмісну (цукровий буряк, цукровий очерет, сорго).

Для використання в теплоенергетиці основне практичне значення має стволова деревина, деревина гниль, кора дерев, біомаса відходів після обрізки крони дерев, а також солома та інші відходи сільського господарства, які є практично безкоштовними.

Велика кількість біомаси утворюється при виробництві і переробці продукції рослинництва (солома від зернових, лузга, качани кукурудзи та ін.). До біомаси відносять також рослинний матеріал, який спеціально вирощується в енергетичних цілях, наприклад, плантації тополі, верби, міскантусу, мальви та інших енергетичних рослин.

Одним із найважливіших чинників, що впливає на поширення біомаси, є більш низька ціна, ніж у традиційних видів палива, але важливе значення також мають такі фактори як доступність, екологічність та необхідність утилізації вже наявної біомаси.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергетичну ефективність біомаси зручно оцінювати в порівнянні з газовим паливом за питомими витратами різних видів біосировини (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Кількість біопалива, необхідна для заміщення 1000 м<sup>3</sup> природного газу (за умови однакової ефективності котельного обладнання)

Дрова, у повітряно-сухому стані	кг	2520
	м <sup>3</sup>	5-6,3
Тріска деревна, вологість 40%	кг	3340
	м <sup>3</sup>	11-14
Стружка деревна, вологість 7-15%	кг	2270
	м <sup>3</sup>	16-21,6
Тирса деревна, вологість 33-38%	кг	2960
	м <sup>3</sup>	17,4
Гранули з дерева	кг	1970
	м <sup>3</sup>	3-3,6
Гранули з соломи	кг	2200
	м <sup>3</sup>	4-4,4
Гранули з лущиння соняшника	кг	1890
	м <sup>3</sup>	3-3,4
Солома зернових в тюках	кг	2360
	м <sup>3</sup>	13-26

Вирощування енергетичних рослин, зокрема верби, є окремим напрямком сільськогосподарського виробництва. Біомаса з верболозу є по суті невичерпним і доволі швидко відновлюваним джерелом енергії. Спалювана деревина набагато менше шкодить навколишньому середовищу, ніж спалюване вугілля. За теплотворною здатністю 1 кг брикетів із чагарникової верби відповідає 0,7 кг кам'яного вугілля, при цьому вартість веби приблизно удвічі менша [2].

За дослідженнями МЕА (Міжнародного енергетичного агентства), тепла й електрична енергія з біомаси вже можуть конкурувати з обсягами, які отримують з викопного палива. Однією з головних переваг біомаси є широке її поширення, низька вартість та умовна невичерпність. Такі види біомаси як деревина, деревне вугілля, відходи сільського господарства й тваринництва вже забезпечують теплом близько 3 мільярдів населення світу [4].

Міжнародним агентством IRENA у роботі «Глобальна біоенергетика, пропозиція та попит на 2030 рік» прогнозується, що до 2030 р. використання

										Адк.
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

601-НТ-20335-МР

біомаси в світі подвоїться порівняно з 2015 р. та складатиме біля 60 % загального обсягу використання відновлюваних джерел енергії. Відповідно біомаса може стати одним із основних видів альтернативного палива. Очікується підвищення використання біомаси в енергетичному й транспортному секторах до 29 % від загального обсягу споживання тепла в 2030 році [6].

Дані техніко-економічних показників котелень на біопаливі залежно від їх потужності наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – ТЕП котелень на біопаливі залежно від їх потужності

Найменування	Розм.	Сц.1	Сц.2	Сц.3	Сц.4
Потужність котельні	кВт	500	500	500	3000
Вид біопалива	-	дрова	гранули деревні	гранули з соломи	тріска
Калорійність біопалива	МДж/кг	10,5	17,5	16,7	9,0
Вартість біопалива, без ПДВ	грн/т	800	2500	2000	1050
Питомі капітальні витрати "під ключ", без ПДВ	грн/кВт	2000	2000	2500	3000
<b>Виробничі показники (річні)</b>					
Плановий обсяг виробництва	Гкал	1152	1152	1152	6910
Витрата біопалива	т	530	315	331	3782
Економія природного газу	тис. м <sup>3</sup>	158	158	158	948
Зниження викидів парникових газів	т CO <sub>2e</sub>	300	300	300	1801
Економія коштів на закупівлі палива, без ПДВ	<b>тис. грн</b>	<b>519</b>	<b>155</b>	<b>281</b>	<b>1684</b>
<b>Всього виробничих витрат, без ПДВ</b>	тис. грн	771	1136	1010	6324
Амортизаційні нарахування річні	тис. грн	100	100	125	900
<b>Всього витрат</b>	<b>тис. грн</b>	<b>871</b>	<b>1236</b>	<b>1135</b>	<b>7224</b>
Виробнича собівартість	грн/Гкал	670	986	877	915
Повна собівартість	грн/Гкал	757	1073	985	1045

З огляду на все, викладене вище, біоенергетична галузь України має значні перспективи розвитку, що обумовлюються особливостями клімату, великим потенціалом аграрного й лісового сектору, значними запасами дешевої сировини, а також наявністю кваліфікованих робітників.

### 1.3. Класифікація, характеристики та принцип роботи котлів на біомасі

Біопаливні котли та комплекси останні 15 – 20 років дедалі ширше використовуються на підприємствах України. Твердопаливні котельні бувають різних типів та конструкцій.

За тиском виробленої пари котли бувають:

- низького тиску ( $\leq 9$  бар);
- середнього тиску ( $\leq 40$ бар);
- високого тиску ( $\leq 140$ бар);
- критичних параметрів ( $\leq 160$ бар);
- надкритичних параметрів ( $\leq 240$ бар);
- супернадкритичних параметрів ( $\leq 300$ бар і більше).

Залежно від потужності водогрійні котли можуть забезпечувати різну температуру води на виході:

- малої потужності ( $<2$  МВт) –  $95^{\circ}\text{C}$ ;
- середньої потужності (2 – 10 МВт) –  $115^{\circ}\text{C}$ ;
- великої потужності ( $>10$  МВт) –  $150^{\circ}\text{C}$ .

Окрема категорія водогрійних котлів відпускає в мережу воду з температурою до  $220^{\circ}\text{C}$ .

За своєю конструкцією котлоагрегати поділяються на:

- водотрубні та
- газотрубні.

Котли великої потужності переважно є водотрубними, а невеликої – газотрубними.

За енергоносієм твердопаливні котли поділяються на 3 класи:

- водогрійні;
- парові;
- комбіновані.

Водогрійні використовуються для потреб опалення, гарячого водопостачання та вентиляції. Їх будова та принципова схема є більш простими порівняно з паровими котлами.

На рисунку 1.2 показано зовнішній вигляд котла на біопаливі.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		









матеріалу в топці котла. Після чищення потрібно майже стільки ж часу, щоб вивести котел на робочий режим. Для котлів другого типу процес остигання та введення в режим займає від 10-ти хвилин до 2-х годин (в залежності від потужності котла), оскільки сталевий матеріал, з якого зроблений котел, швидко передає тепло воді, яка циркулює в системі.

При виборі твердопаливних котлів для котельні необхідно враховувати можливість зупинки котла для технічного обслуговування (чищення, ремонту), навантажень у різні пори року, а також можливість появи різного роду форс-мажорних обставин (виходу з ладу обладнання або деяких його складових). Одним із вирішень цієї проблеми є встановлення пари котлів меншої потужності, які поодиночі можуть частково перекрити необхідну потужність для обігріву або інших технологічних процесів.

За даними [2] найбільш доцільним шляхом переробки біомаси є термічний метод, тобто спалювання, газифікація та піроліз. При цьому техніко-економічні показники спалювання палива в топках більші порівно з такими ж показниками газифікації і піролізу.

На даний час у Європейському союзі, а також в Україні налагоджено випуск широкої гами біопаливних котлів, що працюють на відходах деревини, та супутнього обладнання до них. Парові і водогрійні котли відомих виробників Vyncke (Бельгія), Hurst (США) і TETA (Туреччина) широко застосовуються в усьому світі. Конструкція парових та водогрійних котлів розробляється під спалювання необхідного виду палива.

Технологічний процес спалювання біомаси обумовлює типові вимоги до котельного обладнання: рухливий колосник, розрахована швидкість проходження газів через котел (тому що температура прилипання золи становить 760 °С), золовидалення, очищення димових газів за допомогою циклонів і парових скрубберів, застосування рекуператорів для підігріву повітря на горіння і економайзерів для підігріву живильної води (на парових котлах). Потужність парових та водогрійних котелень на біомасі може становити від 5 до 100 МВт [8].

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

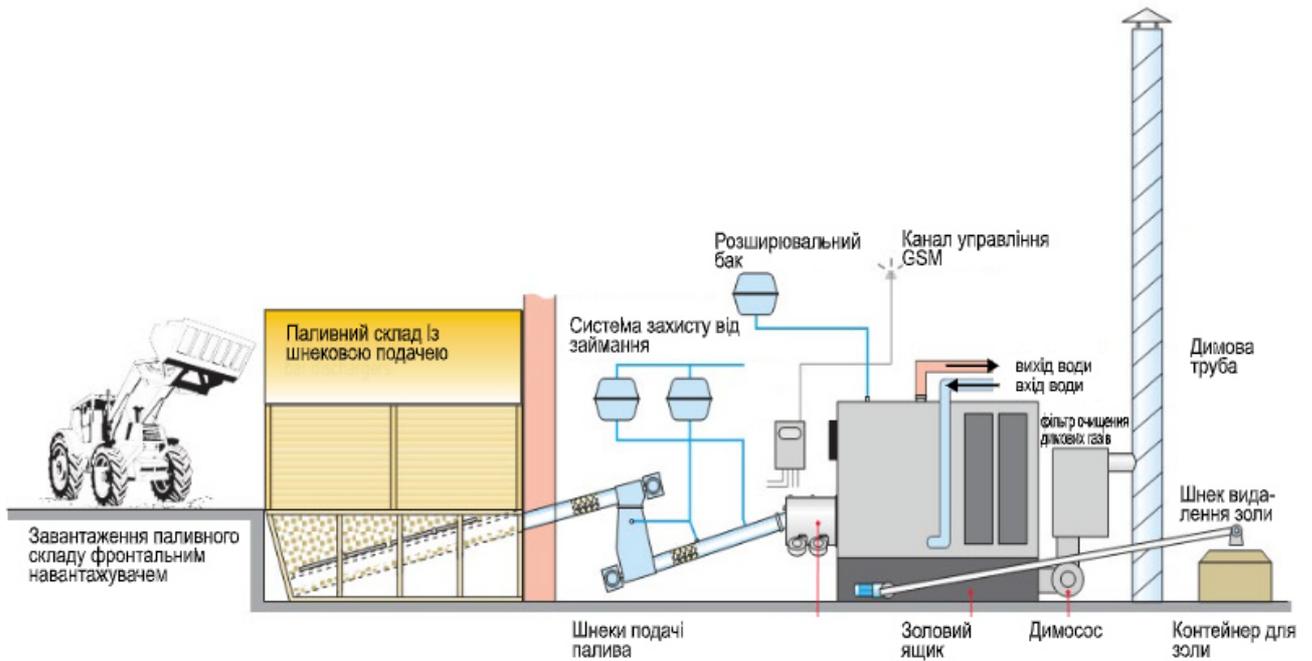


Рисунок 1.7 – Основні елементи котельні на біомасі

На рисунках 1.8 і 1.9 показані принципові схеми роботи котлів Vyncke при різній потужності з горизонтальним та вертикальним розташуванням газоходів відповідно.



Рисунок 1.8 – Робота котельного комплексу Vyncke (6 – 25 МВт)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-НТ-20335-МР

Арк.

18



Рисунок 1.9 – Робота котельного комплексу Vynske (3– 8 МВт)

При спалюванні сировини з низьким вмістом золи застосовують конструкцію топки з нижньою подачею палива. Вона є вдалою як для процесу спалювання, так і для забезпечення високої продуктивності установки. Топки з нижньою подачею мають високу ефективність при роботі на паливі низької калорійності, такому як біомаса.

Обладнання сучасних біопаливних котелень дозволяє спалювати навіть вологі матеріали майже без зниження теплової потужності.

Серед прикладів комплексних ефективних рішень для спалювання біопалива варто відзначити обладнання литовської групи компаній ENERSTENA. Об'ємна модель обладнання котельні з двома котлами на біомасі наведена на рисунку 1.8.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.10 – Об’ємна модель обладнання котельні з двома котлами на біомасі

#### 1.4 Задачі дослідження

- вивчити сучасний стан енергетичної ефективності котелень в Україні;
- проаналізувати перспективи використання альтернативного палива в котельнях;
- дослідити технологічне обладнання для отримання теплової енергії в котельні;
- виконати розрахунок теплової схеми котельні мікрорайону;
- запроєктувати традиційну газову котельню для мікрорайону в м. Житомир;
- виконати реконструкцію котельні мікрорайону та обґрунтувати вибір альтернативного палива для технологічного процесу роботи котельні;
- проаналізувати техніко-економічні параметри роботи котельні до та після реконструкції;
- виконати оцінку доцільності реконструкції.

					601-НТ-20335-МР	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

## 2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ, ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Мета та завдання дослідження

Мета роботи – аналіз ефективності переходу котелень на альтернативне паливо на прикладі проектування котельні мікрорайону з газовими котлами та проведення її реконструкції.

Об'єкт дослідження – котельня мікрорайону.

Предмет дослідження – економічна ефективність використання альтернативних видів палива.

### 2.2 Вихідні дані щодо об'єкту дослідження

Об'єктом дослідження є котельня мікрорайону в Житомирській області, для якої передбачається розрахувати теплове навантаження, виконати розрахунок теплової схеми й підібрати необхідне обладнання.

У рамках проекту реконструкції передбачається здійснити:

- влаштування проектованого котла з топкою потужністю 4,0 МВт, який працює на біопаливі та допоміжного обладнання (система очистки димових газів, вологий економайзер, система нейтралізації конденсату, система видалення золи, димосос, система охолодження топки);
- влаштування склад запасу біопалива з системою подачі палива типу «Рухоме дно» з передбаченими механізмами та машинами для подрібнення та навантаження палива;
- установку дизель-генератора для забезпечення безпеки експлуатації котла на біопаливі при відсутності електропостачання;
- влаштування операторської кімнати з виведеними параметрами роботи обладнання та аварійних і нештатних сигналів.

Початкові кліматичні дані для умов м. Житомир:

- середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92 опалення –  $t_{30} = - 22^{\circ}\text{C}$ ;

										Адк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ-20335-МР					



Таблиця 2.2 – Характеристика забудови мікрорайону

№ з/п	Назва будівлі	Кількість поверхів	Площа забудови, м <sup>2</sup>	Житлова площа, м <sup>2</sup>	Об'єм будівлі, м <sup>3</sup>	Кількість жителів, т
1	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
2	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
3	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
4	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
5	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
6	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
7	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
8	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
9	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
10	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
11	Магазин	2	578	-	3468	0
12	Дитячий садок	2	1050	-	6300	135
13	Дитячий садок	2	1050	-	6300	135
14	Дитячий садок	2	1050	-	6300	135
15	Школа	3	2020	-	18180	920
16	Школа	3	2125	-	19125	960
17	Житловий будинок	5	672	1720	10080	132
18	Житловий будинок	5	672	1720	10080	132
19	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
20	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
21	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
22	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
23	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
24	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
25	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
26	Житловий будинок	5	921	2427	13815	186
27	Житловий будинок	9	1842	4040	49734	311
28	Житловий будинок	9	1842	4040	49734	311
29	Житловий будинок	9	1842	4040	49734	311
30	Дитячий садок	2	1488	-	8928	280
31	Дитячий садок	2	1488	-	8928	280
32	Школа	3	2950	-	26550	1496

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-НТ-20335-МР

Адк.





Вимоги до характеристик складових 1-ї групи визначаються тією сферою де вони використовуються, режимами їх роботи і відповідних технологій та техніки. До цих матеріалів можуть бути вимоги ефективного теплоізоляції або теплообміну, електроізоляції, або електропровідності, корозієстійкості і жаростійкості.

Сучасні варіанти теплоізоляції мають вирівнювати температурні перепади в елементах обладнання, мінімізувати збільшення термостомлених напружень в стінках, збільшувати термін роботи енергоблоків та їх маневрові характеристики.

Для локального комбінованого виробництва електричної та теплової енергії доцільним є влаштування когенераційної установки, яка забезпечуватиме власні потреби котельні в електричній енергії й дозволить суттєво скоротити затрати на обслуговування котельні.

За діючими в Україні нормами, влітку температура у приміщенні не має бути більшою ніж 20 – 25 °С при відносній вологості 60-30% і швидкості руху повітря 0,3 м/с; взимку і в перехідний період, температура в приміщенні повинна бути  $\geq 18$  °С (нормовані значення 20 – 22 °С) при вологості 45-30% і швидкості руху повітря 0,2 м/с.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- З метою енергозбереження у котельні мають бути реалізовані наступні заходи :
- заміна одного з газових котлів на біопаливний відповідної потужності;
  - зменшення споживання газу;
  - широкий діапазон регулювання потужності котла (що дає змогу оперативно реагувати на зміну навантаження, а отже економити енергоносії);
  - обладнання котельні необхідною автоматикою горіння, безпеки та сигналізацією відповідно до вимог СНиП II-35, ДНАОП 0.00-1.26;
  - обладнання котельні забезпечується необхідними згідно вимог ДНАОП 0.00-1.26 приладами і засобами контролю та автоматизації для управління і контролю за процесом отримання і розподілу теплової енергії;
  - передбачено облік витрати електричної енергії;
  - для компенсації температурних розширень об'єму води в теплофікаційному контурі використовується розширювальний бак;
  - трубопроводи і обладнання з температурою більше 45°C теплоізольовуються виробами із мінеральної вати. Товщина ізоляції приймається не менше, ніж вимагається для забезпечення нормованої густини теплового потоку згідно норм СНиП 2.04.14, дренажні трубопроводи ізолюються виходячи з умови забезпечення на поверхні ізоляції температури в межах 45°C;
  - двигуни системи подачі палива, вентилятори та димосос обладнуються електроприводами з регуляторами частоти, які забезпечують постійне регулювання повітряних потоків та швидкості подачі палива в економному режимі.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		























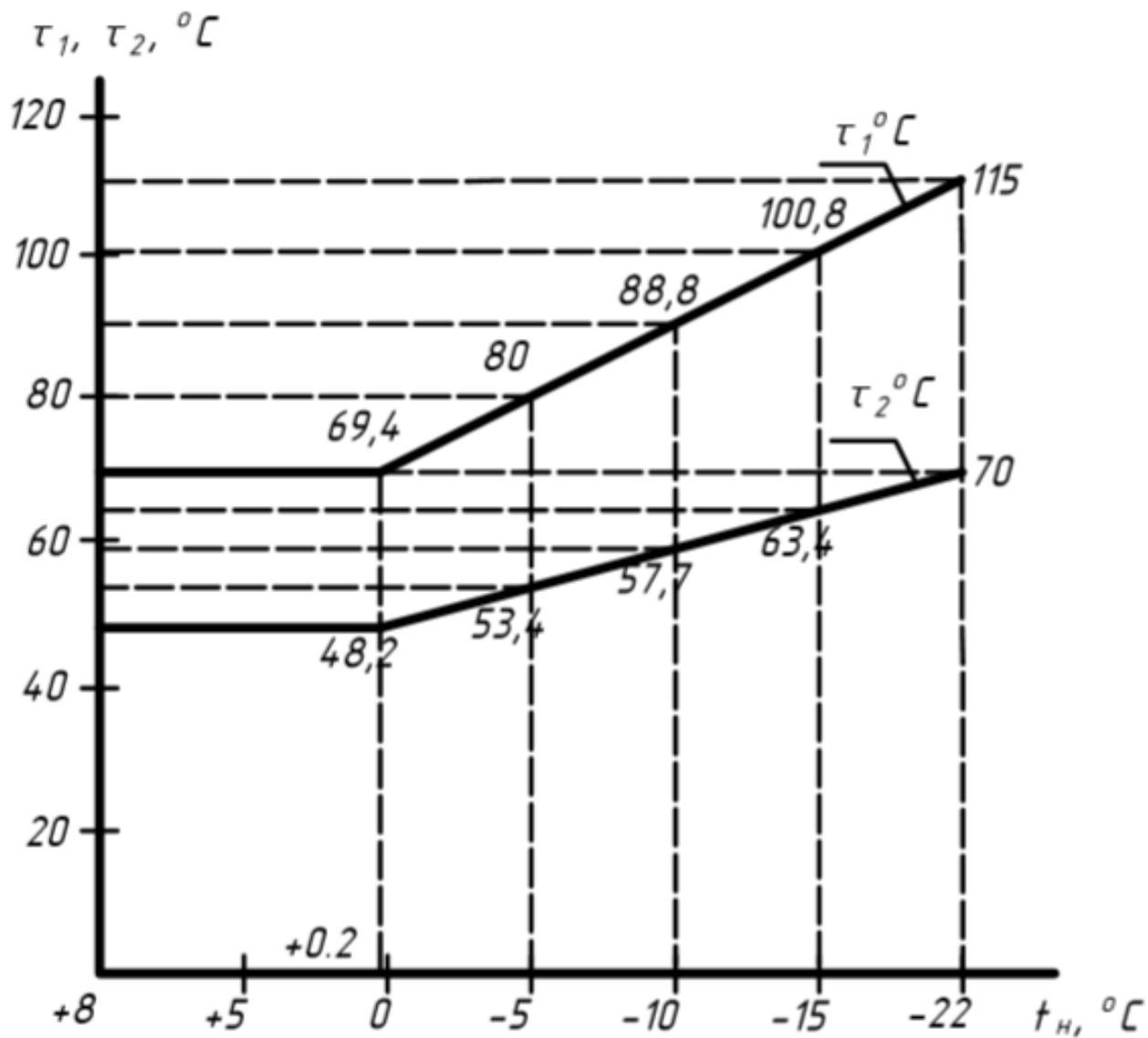


Рисунок 3.2 – Графік температур теплоносія

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-НТ-20335-МР

Арк.



де  $t'_n$  – температура теплоносія у зворотному трубопроводі визначається по формулі:  $t'_n = \tau'_2 - 5^{\circ}C$ ; де  $\tau'_2$  - підвищена температура теплоносія у зворотному трубопроводі притемпературі у подавальному трубопроводі  $70^{\circ}C$ ;

$t_x$  – температура холодної води,  $t_x = +5^{\circ}C$ ;

$t_r$  – розрахункова температура гарячої води  $t_r = 60^{\circ}C$ .

Перепад температур в II ступені:

$$\delta'_{II} = \delta - \delta'_I, \quad (3.15)$$

$$\delta'_{II} = 6,3 - 4,37 = 1,93^{\circ}C$$

Де  $\delta$  - сумарний перепад температур мережного теплоносія,  $^{\circ}C$ ;

Температура у зворотньому і подавальному трубопроводах:

$$\tau'_{1n} = \tau'_1 + \delta'_{II}, \quad (3.16)$$

$$\tau'_{2n} = \tau'_2 - \delta'_I, \quad (3.17)$$

де  $\tau'_1$  - підвищена температура теплоносія у подавальному трубопроводі  $70^{\circ}C$ ;

$\tau'_2$  - підвищена температура теплоносія у зворотному трубопроводі ;

$$\delta'_I = 0,2 \cdot \frac{43,2 - 5}{60 - 5} (115 - 70) = 6,3^{\circ}C$$

$$\delta'_{II} = 6,3 - 4,37 = 1,93^{\circ}C$$

$$\tau'_{1n} = 70 + 1,93 = 71,93^{\circ}C$$

$$\tau'_{2n} = 48,2 - 4,37 = 43,83^{\circ}C$$

Таблиця 3.6 - Розрахунок для підвищеного графіку температур теплоносія

$t_3, ^{\circ}C$	$\tau_1, ^{\circ}C$	$\tau_2, ^{\circ}C$	$\delta'_I, ^{\circ}C$	$\delta'_{II}, ^{\circ}C$	$\tau'_{1n}, ^{\circ}C$	$\tau'_{2n}, ^{\circ}C$
+0,2	69,4	48,2	4,37	1,93	71,93	43,83
0	69,4	48,2	4,37	1,93	71,93	43,83
-5	80	53,4	4,89	1,41	81,41	48,51
-10	88,8	57,7	5,33	0,97	89,77	52,37
-15	100,8	63,4	5,9	0,4	101,2	57,5
-22	115	70	6,57	0,27	115	63,43

					<i>601-HT-20335-MP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3.1.3 Визначення розрахункових витрат теплоносія

Втрати води для поодиноких ділянок тепломережі згідно [6] за допомогою формули розраховується:

$$G_p = G_o + G_v + k_3 G_{г.в.}^{сер.}, \quad (3.18)$$

де  $G_o, G_v, G_{г.в.}^{сер.}$  – відповідно розрахункові втрати води для опалення, ГВП, вентиляції;

$k_3$  – коеф, який залежить від теплового навантаження на ділянку.

Розрахункову втрату води на опалення  $G_o$  споруд узнають по формулі, кг/с:

$$G_o = \frac{Q_{p.o.}}{-(\tau_{10} - \tau_{20})}, \quad (3.19)$$

де  $Q_{p.o.}$  - розрахункові втрати тепла на опалення споруд, кВт;

$\tau_{10}, \tau_{20}$  - розрахункові  $t^{\circ}\text{C}$  води у зворотному і подаючому трубопроводах,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$c$  - теплоємність теплоносія, що дорівнює  $4,187 \text{ кДж/кг}^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункову втрату води по вентиляції  $G_v$  споруд розраховую по формулі, кг/с:

$$G_v = \frac{Q_{p.v.}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})}, \quad (3.20)$$

де  $Q_{p.v.}$  - розрахункові втрати води на вентиляцію споруд, кВт.

Ось розрахунок розрахункових витрат для школи:

$$G_o = \frac{335,6}{4,200(95 - 70)} = 3,2 \text{ кг/с};$$

$$G_v = \frac{43,6}{4,200(95 - 70)} = 0,41 \text{ кг/с};$$

Сумарна втрата:  $G = 1,95 + 1,25 = 3,2 \text{ кг/с}$ .

Результати визначені з розрахунку витрат води у окремих споживачів зводжу в таблицю 3.7.

					601-НТ-20335-МР	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3.1.4 Опис технологічної схеми

Насос холодної води подає воду в водяний підігрівач сирої води, де вона нагрівається до 20-30 °С далі прямує до хімводоочистки. Хімічно очищена вода прямує до охолоджувача деаерованої води і підігрівається до певної температури, після чого протікає до витратного баку. Після чого, підігрів мережної води відбувається водою в мережному підігрівачі.

Деаерована вода з температурою близько 104 °С живильним насосом подається в водогрійні котли. Підживлююча вода для системи забирається з того ж деаератора, охолоджуючись в охолоджувачі деаерованої води до 70 °С перед входом до підживлюючого насоса. Використання загального деаератора для приготування живильної та підживлюючої води можливо тільки для замкнутих систем тепlopостачання зважаючи на малу витрату підживлюючої води в них.

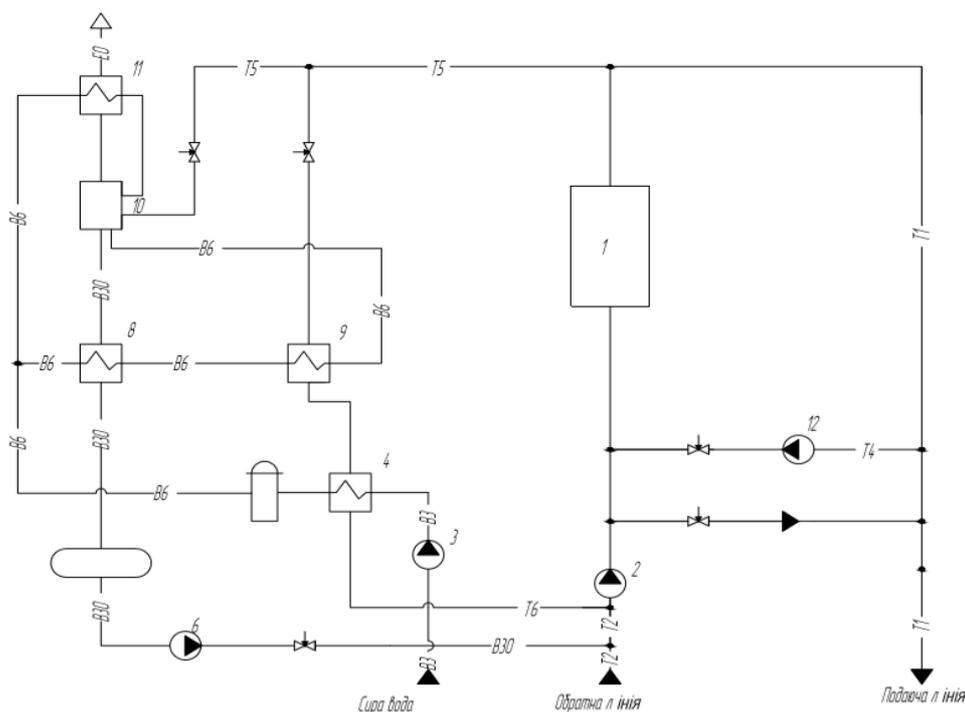


Рисунок 3.4 – Теплова схема котельні з водогрійними котлами:

1 – водогрійний котел; 2 – підживлюючий насос; 3 – насос сирої води; 4 – підігрівач сирої води; 5 – хімводоочистка; 6 – живильний насос; 7 – атмосферний деаератор; 8 – підігрівач хімічно очищеної води; 9 – мережевий підігрівач; 10 – витратний бак; 11 – охолоджувач; 12 – мережевий насос.

					601-НТ-20335-МР	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.1.5 Розрахунок теплової схеми котельної з водогрійними котлами

Теплова схема забезпечує споживачів необхідною кількістю тепла в вигляді гарячої води. Витрати теплоти і теплоносія, на які розраховані всі елементи системи, називаються розрахунковими. Це максимальні годинні витрати тепла.

Таблиця 3.8 – Вихідні данні для розрахунку.

Найменування	Позначення	Значення величини при характерних режимах роботи котельної.		
		Максимально зимовий	Найбільш холодного місяця	Літній
Місце розташування котельні		Місто Житомир		
Максимальна витрата тепла, МВт				
на опалення житлових і громадських приміщень	$Q_0$ ,	10,3	-	-
на вентиляцію громадських приміщень	$Q_v$ ,	0,2	-	-
на гаряче водопостачання	$Q_{гвп}$	1,2	1,2	1
Розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення	$T_{p.o}$	-22	-5,1	-
Розрахункова температура зовнішнього повітря для вентиляції	$T_v$	-9	-	-
Температура повітря в середині приміщення	$T_{в.н}$	20		
Температура сирі води	$T_{с.в}$	5	5	15
Температура підігрітої сирі води перед хімводоочисткою	$T_{х.в.о}$	19		
Температура піддивлюючої води після охолоджувача деаерованої води	$T_{под}$	70		
Коефіцієнт власних потреб хімводоочистки	$K_{хво}$	1,25		
Температура води на виході із водогрійних котлів	$T_{1вк}$	115	115	115

Продовження таблиці 3.8

Температура води на вході в водогрійний котел	$T_2 \text{ вк}$	70		
Розрахункова температура гарячої води після місцевих теплообмінників ГВП	$T_{\text{обр}}$	60		
Попередньо прийнята витрата хімічно очищеної води	$G_{\text{хво}}$	1,5	1,5	1,5
Попередньо прийнята витрата води на підігрів хімічно очищеної води	$G_{\text{гр}}$	5	5	2
Температура гріючої води після підігрівника хімічно очищеної води	$T_{\text{гр}}$	90		
ККД підігрівників	$\eta$	0,98		

1. Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення й вентиляцію для режиму найбільш холодного місяця згідно [7]:

$$K_{o.g} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} = \frac{20 - (-5,1)}{20 - (-22)} = 0,597;$$

$t_{\text{вн}}$  – прийнята температура повітря всередині отоплюваних приміщень, °С;  
 $t_{\text{р.о}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;  $t_{\text{н}}$  – температура зовнішнього повітря для режиму найбільш холодного місяця, °С.

2. Температура води в подаючій лінії на потреби опалення и вентиляції для режиму найбільш холодного місяця:

$$t_1 = 18 + 64,5K_{o.g}^{0,8} + 67,5K_{o.g} = 18 + 64,5 * 0,597^{0,8} + 67,5 * 0,597 = 100,9;^{\circ}C$$

3. Температура зворотної мережної води після системи опалення і вентиляції для режиму найбільш холодного місяця:

$$t_2 = t_1 - 80K_{o.g} = 100,9 - 80 * 0,597 = 53,1;^{\circ}C$$

4. Відпустка теплоти на опалення й вентиляцію для:  
 максимально - зимового режиму:

$$Q_{o.g} = Q_o + Q_v = 10,3 + 0,2 = 10,5; \text{ МВт}$$

для режиму найбільш холодного місяця:

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





для літнього режиму:

$$t'_{зв}{}^{підж} = t_1 - \frac{860 Q_{зв}^л}{G_{вн} \eta} = 70 - \frac{860 * 1}{19,1 * 0,98} = 39; ^\circ C$$

$\eta$  - ККД підігрівача, приймається 0,98.

14. Витрата підживлюючої води для заповнення витоків у тепломережі зовнішніх споживачів:

для максимально-зимового режиму:

$$G_{ум} = 0,01 K_{т.с} G_{вн} = 0,01 * 1,5 * 200,6 = 3; T / год$$

для режиму найбільш холодного місяця:

$$G_{ум} = 0,01 K_{т.с} G_{вн} = 0,01 * 1,5 * 200,4 = 3; T / год$$

для літнього режиму:

$$G_{ум} = 0,01 K_{т.с} G_{вн} = 0,01 * 1,5 * 19,1 = 0,3; T / год$$

$K_{т.с}$  – втрати води в закритій системі тепlopостачання і в системах споживачів.

15. Витрата сирі води, що надходить на хімоводоочистку для максимально-зимового режиму:

$$G_{с.в} = 1,25 G_{вн} = 1,25 * 3 = 3,75; T / год$$

для режиму найбільш холодного місяця:

$$G_{с.в} = 1,25 G_{вн} = 1,25 * 3 = 3,75; T / год$$

для літнього режиму:

$$G_{с.в} = 1,25 G_{вн} = 1,25 * 0,3 = 0,37; T / год$$

16. Температура хімічно очищеної води після охолоджувача деаерованої води:

для максимально-зимового режиму:

$$t''_{хво} = \frac{G_{вн}}{G'_{хво}} (t'_{підж} - t''_{підж}) \eta + t'_{хво} = \frac{3}{2,5} (104 - 70) * 0,98 + 19 = 58,9; ^\circ C$$

для режиму найбільш холодного місяця:

					601-НТ-20335-МР	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		













Відповідно до розрахунку теплової схеми приймаємо до встановлення п'ять котлів КСВа-3,15,ОР. Згідно з даними заводу-виробника потужність одного з котлів дорівнює 3,15 Мвт при витраті води через нього не менше 57 т/год. Розрахункова втрата теплоносія через один із котлів при максимально-зимовому режимі  $224,36/4=58 > 57$  т/год. У зв'язку із цим, зберігаючи температуру теплоносія на виході з котлів  $T_{1вк} = 115$  °С, треба при експлуатації котлів збільшити витрату теплоносія, що надходить до циркуляційного насоса, на 44,8 т/год через кожен із котлів. Це приведе до підвищення температури теплоносія на вході в котел, що мінімізує корозію конвективних поверхонь нагріву котла і збільшить втрату електроенергії на привод циркуляційного насосу.

При теплом режимі теплопостачання абонентів буде забезпечено двома котлами, які будуть завантажені приблизно на 68 % .

При режимі найбільш холодного місяця в роботі будуть знаходитися чотири котли. У випадку виходу з ладу котла незалежно від категорії котельні кількість теплоносія, що відпускається споживачам другої та третьої категорії, не нормується.

### 3.1.6 Опис котельної установки.

Водогрійний жаротрубний котел серії КСВа відноситься до типу триходових жаротрубних котлів для нагріву води до максимальної температури 115 градусів з максимально допустимим тиском 0,6 МПа.

Стальний автоматизований жаротрубний водогрійний котел КСВа, призначений для опалення і гарячого водопостачання житлових, виробничих і адміністративних будівель у закритих системах теплопостачання,

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



теплопередачі, зменшення строку роботи та поломки устаткування, підвищенню тепловтрат.

При хімводопідготовці використовуються такі системи та фільтри :

- освітлювально-сорбційні установи та фільтри;
- промислові системи для зм'якшування фільтри;
- фільтри та установи для видалення солі.

За допомогою проведення хімводоочищення можна забезпечити безпечну і безаварійну роботу усієї системи водопостачання та опалювальної системи . Завдяки цьому немає необхідності в проведенні частих ремонтів обладнання. Крім того , хімводоочистка це прекрасний варіант зекономити матеріальні ресурси :

не треба авати гроші на проведення позачергового чи поточного ремонту системи водопостачання , опалювальних котлів і другого обладнання.

В разі не наявності корозійних процесів та накипу час експлуатації що підживлює водою опалювальні системи та устаткування більшає в декілька разів.

Можна сильно зекономити ресурси , так як за не наявності накипу чи корозії система водопостачання працює із сталим ККД.

Від того , наскільки якісною буде хімводоочистка , залежить не тільки час експлуатації котла , а ще і час роботи усього обладнання в цілому. Таким чином, у підсумку від вихідного стану води , що надходить у опалювальне обладнання , визначає і параметри водоочистки. Без сумніву , правильно підібране обладнання , вчасно проведене виконання всіх необхідних умов та обслуговування - являється гарантією довгого часу роботи котлів та іншого устаткування. Отже , хімводоочистка являється обов'язковим елементом у загальній системі водопідготовки

					601-НТ-20335-МР	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		















- біопаливний бункер і пристрій подачі палива;
- вентилятор первинного повітря;
- вентилятор вторинного і третинного повітря;
- вентилятор рециркуляції димових газів;
- система видалення золи;
- теплоізоляція та облицювання;
- станція гідравлічного масла;
- автоматична система змащування.

*Конденсаційний економайзер котла з біопаливною топкою*

Для попереднього підігріву теплоносія за рахунок тепла від газоподібних продуктів горіння передбачається конденсаційний економайзер. Основні технічні характеристики представлені в таблиці 3.10.

Економайзер постачається в комплекті з усім необхідним допоміжним обладнанням в т.ч. оснащений конденсаційним колектором, теплоізоляцією і листовим облицюванням, усім необхідним обладнанням автоматизації.

Таблиця 3.10 - Технічні характеристики конденсаційного економайзера

№ п/п	Найменування	Параметри
1	Номінальна теплова потужність, МВт	0,8
2	Концентрація кисню в димових газах O <sub>2</sub> , %	6
3	Температура димових газів до економайзера, °С	180
4	Температура димових газів після економайзера, °С	45
5	Робочий тиск, МПа	1,0
6	Тиск спрацювання скидного клапана, МПа	1,1
7	Випробувальний тиск, МПа	1,58
8	Витрата димових газів, м <sup>3</sup> /год	16900
9	Температура води на вході, °С	<50

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		









### 3.3 Економічна ефективність реконструкції

З попередніх розрахунків маємо розрахунки витрат теплоти.

Керуючись даними таблиць та тепловим графіком Росандера (рис. 3.2) визначаємо річну потребу тепла для мікрорайону в м. Житомир. Знаходимо площу фігури, обмежену кривою у правій частині графіку, віссю абсцис та вертикальними лініями, опущеними від крайніх точок кривої. Ця площа відповідатиме річному тепловому навантаженню котельні.

Отримаємо річну потребу тепла  $Q = 30239,6 \text{ МВт*год}$  або  $26001,38 \text{ Гкал}$ .

Розрахуємо потребу в паливі, якщо котел на біомасі покриватиме 20% загального теплового навантаження, тобто вироблятиме  $5200,28 \text{ Гкал}$  на рік.

За останніми даними на 2021 р. вартість тріски складає близько 1200 грн за тонну.

Теплотворна здатність тріски відповідно до таблиці складає  $9 \text{ МДж/кг}$ , що відповідає  $2149,6 \text{ ккал/кг}$ . Таким чином для вироблення  $1 \text{ Гкал}$  теплової енергії необхідно витратити  $1/2149,6 * 1000000/1000 = 0,4652 \text{ т/Гкал}$ .

Розділивши наведену в таблиці витрату палива на плановий обсяг виробництва матимемо:

$$3782/6910 = 0,5473 \text{ т/Гкал}$$

Опираючись на фактичні дані витрати палива на діючій котельні з котлом на біомасі Termonerg потужністю  $4 \text{ МВт}$  бачимо, що середня витрата тріски на  $1 \text{ Гкал}$  може коливатися в межах від  $0,4611$  до  $0,8489 \text{ т}$ . Середнє значення за 2 роки експлуатації складає  $0,6789 \text{ т}$ .

Проаналізувавши можливі фактори впливу, можна зробити висновок, що на підприємстві використовувалися відходи різних порід деревини при різній вологості, що й викликало таку велику розбіжність.

Тріска всіх порід дерев має подібний хімічний склад і містить близько 50% вуглецю. Тому теплота згоряння тріски різних порід в абсолютно сухому стані в

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунку на 1 кг однакова: близько 18800 кДж (4500 ккал) з відхиленнями не більше 3-5%.

Основним чинником, що впливає на нижчу теплотворну здатність деревини, в тому числі паливної тріски, є її вологість, що може варіюватись в досить широких межах (відносна вологість від 15 до 60%).

Зольність також впливає на теплотворну здатність, але ступінь цього впливу, навіть з урахуванням можливих коливань, не такий великий. Орієнтовно нижчу теплотворну здатність тріски та відходів деревини, незалежно від породи можна визначити за формулою:

$$Q_n^p = 18900 - 214W_p - 189A_p$$

де  $Q_n^p$  – нижча теплотворна здатність, кДж/кг;

$W_p$  – робоча (відносна) вологість, %;

$A_p$  – робоча зольність, %.

Таблиця 3.3 – Природна зольність деяких порід деревини

Порода	Зола, % маси	Порода	Зола, % маси
Бук	0,57	Осика	0,32
Ясень	0,57	Береза	0,29
Сосна	0,39	Ялиця	0,28
Дуб	0,37	Модрина	0,27
Ялина	0,37		

Фізичні характеристики окремих деревинних видів палива:

Деревинний матеріал	Вологість, %	Вища теплота згорання, кВт·год/кгСР	Нижча теплота згорання, кВт·год/кгСР	Об'ємна густина, кг/м <sup>3</sup>	Питома енергія, кВт·год/м <sup>3</sup>
Гранульована деревина	10,0	5,5	4,6	600	2756
Деревинна щепка (тверда деревина, після попередньої осушки)	30,0	5,5	3,4	320	1094
Деревинна щепка (тверда деревина)	50,0	5,5	2,2	450	1009
Деревинна щепка (м'яка)	30,0	5,5	3,4	250	855





### Техніко-економічні показники котельні

№ п/п	Показники	Од. виміру	Кількість
1	Місце розташування об'єкту будівництва		м. Житомир,
2	Вид будівництва	-	реконструкція
3	Загальна кошторисна вартість будівництва	тис. грн.	12500
4	Тривалість будівництва	місяців	8
5	Розрахункова теплова потужність котельні	МВт	11,88
6	Встановлена теплова потужність котла	МВт	4,0
7	Розрахункова електрична потужність	кВт	180
8	Річний виробіток тепла	Гкал/рік	9252
9	Річна витрата палива	тис т/рік	3740,5
10	Річна витрати електроенергії	тис кВт-год	597,6

### ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТУ

- Загальний економічний ефект після впровадження проекту складе **1 250 тис. грн.** в перший рік повноцінної роботи.
- Заміщення на тріску природного газу в об'ємі **689,2 тис. м<sup>3</sup>** в рік.
- За умови використання місцевої безкоштовної сировини у вигляді подрібнених гілок після санітарної обрізки дерев у місті економічний ефект становитиме **5 486 тис. грн.** за рік.
- Вартість реконструкції **12,5 млн. грн.**
- Термін окупності: **3,1 роки** на власній сировині або **10 років** на покупній.

Додатковою перевагою біомаси є екологічний чинник, так як біопаливо дає стільки ж викидів CO<sub>2</sub>, скільки споживає в процесі свого росту.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		





встановлені в таблиці 4.1 для окремих категорій робіт. Перепад температури повітря по висоті робочої зони для всіх категорій робіт допускається до 3 °С.

За санітарними нормами приміщення котельні та теплосилового допоміжного обладнання постачається природним світлом, також вночі – постачається штучним освітленням. Гарно освітлені прилади для вимірювання, прилади керування живленням котлів та автоматики, та паливоподачі, фронт котлів, пульти керування, вентиляційне відділення та димосос, хімічна водоочистка, всі площадки обслуговування та сходи, простір за котлами, проходи і коридори. Освітлення, що виконує вимоги санітарних норм, є позитивним психологічним впливом для людей, зменшує стомлення, забезпечує комфортні умови для очей, і це підвищує безпеку праці і зменшує шанс отримати травму.

В вечірній та нічний час передбачене штучне освітлення згідно [47]. Як основне освітлення встановлюються люмінесцентні світильники закритого типу та лампи накаливання.

До того ж в наявності є аварійне освітлення, лампи якого виділяються спеціальними знаками. Аварійне освітлення підживлюється незалежно від джерела енергії (акумулятор, окремий трансформатор). Для огляду обладнання оперативний і черговий персонал має ліхтарі з акумуляторами.

Отже, дипломним проектом передбачені допустимі умови праці для робітників даної котельні.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.3 Заходи з техніки безпеки

Організація безпечної експлуатації котлів типу КСВа-3,15,ОР та VNB 4000.

Для того щоб забезпечити безперебойну роботу підібраних котлів передбачені запобіжні та зворотні клапани і контрольно вимірювальні прилади. Перевірено на герметичність трубопроводи і засувки.

Передбачено аварійна сигналізація і два виходи із котельні.

Керівництво об'єкту забезпечує утримання котлів і справному стані та безпечні умови експлуатації котлів організацією належного обслуговування.

У котельні встановлений телефон для зв'язку з місцями споживання теплоенергії та годинник, а також з власником і технічними службами.

У котельню не можуть допускаються люди, що не мають відношення до експлуатації обладнання та котлів. В разі потреби посторонні люди можуть бути допущені у котельню, але тільки із дозволу власника і під контролем його представника.

Людина, яка відповідає за безпечну експлуатацію та справність котлів, має спеціальну теплотехнічну освіту.

Конструкція котла КСВа-3,15,ОР і його основних частин забезпечує надійність, монтажу та ремонтпридатність, безпеку експлуатації та довговічність з розрахунковими параметрами протягом ресурсу безпечної роботи котла.

Котел обладнано: запобіжним клапаном, 3 термометра і 2 манометрами.

Будова газоходів не дає можливості створення вибухонебезпечного скупчення газів і також надає потрібні умови для очищення газоходів від відкладень продуктів згоряння.

Отже, в дипломному проекті передбачені заходи з техніки безпеки для надійності роботи устаткування котельні та безпечної роботи її обслуговуючого персоналу.

					601-НТ-20335-МР	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







8. Проектом передбачається встановлення водогрійного котла TERMANERG VNB 4000 максимальною потужністю 4,0 МВт з біопаливною топкою Calidum Ember потужністю 4,7 МВт та системою автоматизованої очистки котла за допомогою системи стисненого повітря. Система видалення золи також передбачена повністю автоматизованою.

9. Для попереднього підігріву теплоносія за рахунок тепла від газоподібних продуктів горіння передбачається конденсаційний економайзер потужністю 0,8 МВт.

10. Досліджена робота теплової схеми котельні на біомасі та виконано її розрахунок.

11. На основі теплових розрахунків була визначена річна витрата теплоти при роботі котельні на біопаливі  $Q = 30239,6 \text{ МВт*год}$  або 26001,38 Гкал.

12. Визначення економії вартості паливної складової показало наступне співвідношення паливної складової після та до реконструкції  $0,64 < 1,04$ , що свідчить про економічну ефективність реконструкції газової котельні й переходу на інший вид палива – тріску деревини.

13. Зібрана, досліджена та проаналізована технічна документація по котельням на біомасі. Визначена середня витрата тріски для вироблення 1 Гкал теплової енергії, що становить 0,6789 т/Гкал.

14. Розраховано потребу в паливі, якщо котел на біомасі покриватиме 20% загального теплового навантаження, тобто вироблятиме 5200,28 Гкал на рік, що складає 3530 т тріски або 689,2 тис. м<sup>3</sup> газу на рік. З урахуванням вартості палива річна економія за рахунок переходу з газу на тріску становитиме 1250032 грн. за рік роботи. За умови використання місцевої безкоштовної сировини у вигляді подрібнених гілок після санітарної обрізки дерев у місті економічний ефект становитиме 5 486 тис. грн. за рік. Тоді при вартості реконструкції 12,5 млн. грн.. термін окупності складе  $T = 3,1$  року. При використанні покупної сировини  $T = 10$  років.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Адк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



12. Котли на трісці деревини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://chenko-bud.com/ua/equipment/kotly-tvyordotoplivnye/na-drevesnoj-shhepe>
13. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. «Будівельна кліматологія. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі
14. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. – Київ, 2014.
15. «Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні». Практичний посібник / За ред. Г. Гелетука. – К.: «Поліграф плюс», 2015. – 72 с. [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sae.gov.ua/sites/default/files/secbiomass-booklet-heat-production%20%281%29.pdf>
16. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні». Практичний посібник/За ред. Г. Гелетука. – К.: «Поліграф плюс», 2016. – 104 с.
17. Сравнительная таблица теплотворности некоторых видов топлива [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://a-invest.com.ua/aktualno/tablitsa-teplotvornosti>
19. Сидельковский Л. Н. Парогенераторы промышленных предприятий / Л.Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
20. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни „Методи енергетичного аналізу в теплотехнологіях” для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» Укл. Проф. Павленко А.М. – Івано-Франківськ, 2020. – 21 с.
21. Котельні установки : навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, Л. А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 185 с.
22. Соколов Б. А. Котельные установки и их эксплуатация / Б. А. Соколов. – 2-е изд. испр. – М. : Академия, 2007. – 432 с.
23. Степанов Д. В. Котельные установки промислових підприємств: навчальний посібник / Д. В. Степанов, Є. С. Корженко, Л. А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 120 с.

					<i>601-НТ-20335-МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

### Таблица А.1 – Характеристики котла КСВа-3,15

Наименование показателя, допустимое отклонение $\pm 7\%$	КСВа-0,63	КСВа-3,15
Номинальная теплопродуктивность, МВт	0,63	3,15
Тип котлов	БК-34	БК-32
Схема, размеры, фото	схема	схема
Тип горелки	ПГС-БМ-0,85	ПГС-БМ-3,5
Вид топлива	природный газ ГОСТ 5542-87	природный газ ГОСТ 5542-87
Коэффициент полезного действия, % не менее	92	92
Максимальная температура воды на выходе, °С	115	115
Минимальная температура воды на выходе, °С	60	60
Расход воды, не менее, м <sup>3</sup> /ч	12,7	57,0
Рабочее давление воды, МПа, на выходе не более / на входе не менее	0,6 / 0,35	0,6 / 0,35
Номинальное гидравлическое сопротивление, МПа	0,03	0,05
Минимальная температура уходящих газов при номинальной теплопродуктивности, °С	160	160
Диапазон регулирования теплопродуктивности по отношению к номинальной, %, не менее	40-100	40-100
Давление газов в топке при номинальной теплопродуктивности, Па не более	600	600
Коэффициент избытка воздуха, не более	1,1	1,1
Присоединительное давление газа, кПа, не более	4 / 40	40
Напряжение питания электродвигателя и систем автоматизации, В	380/220	380/220
Частота тока, Гц	50	50
Содержимое окиси углерода в продуктах горения, не более, мг/м <sup>3</sup>	130	130
Содержимое окиси азота в перерасчёте на NO <sub>2</sub> в продуктах горения, не более, мг/м <sup>3</sup>	250	250
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	14,98	93,3
Водяной объём котла, м <sup>3</sup>	1	2,3
Средний срок эксплуатации, лет, не менее	10	10
Масса, кг, не более	1700	6000
Габаритные размеры, мм		
длина	2700	3750
ширина	900	1450
высота	1900	2600

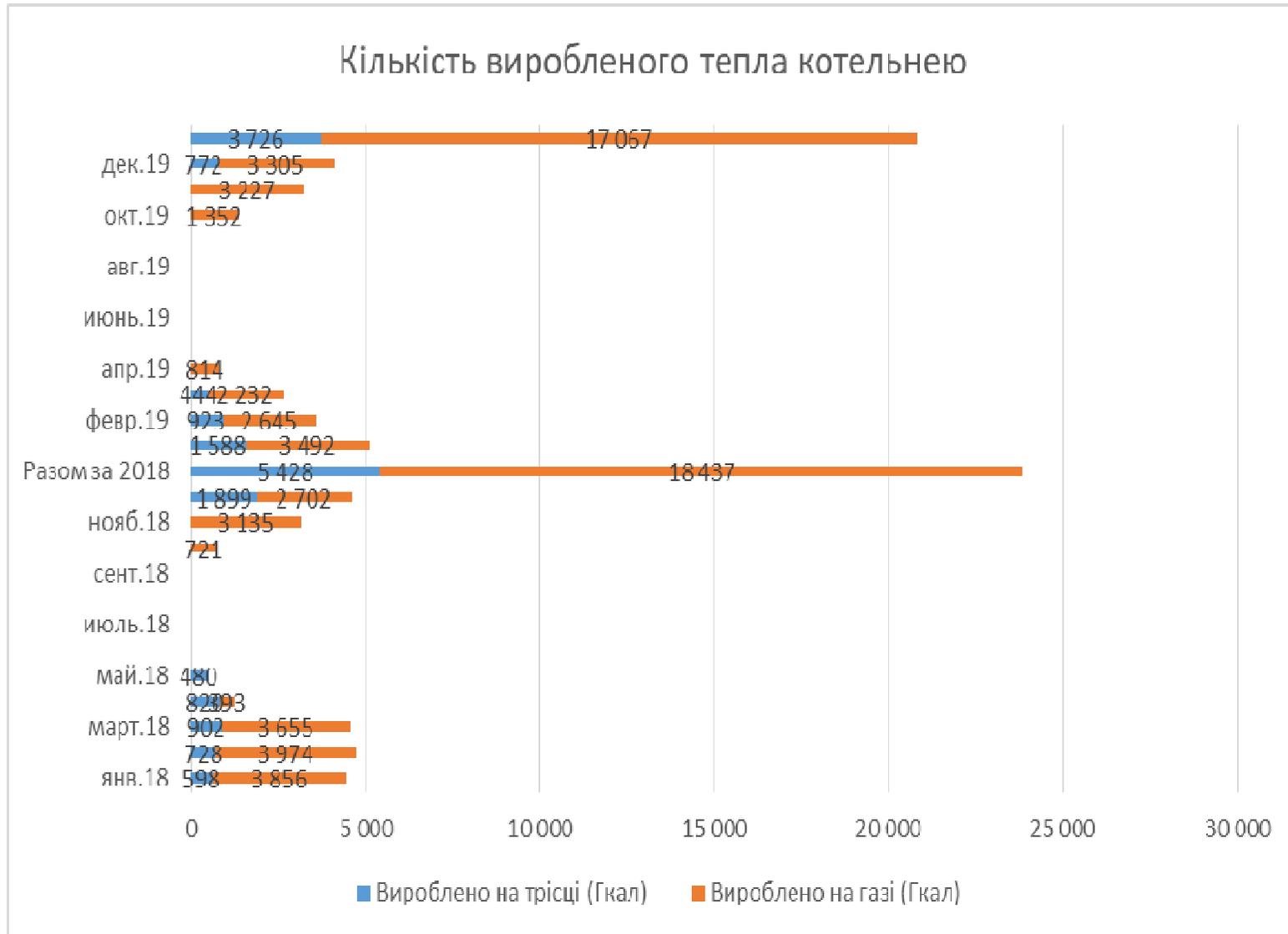
## ДОДАТОК Б

### Таблиця Б.1 – Виробничі дані котельні на біопаливі

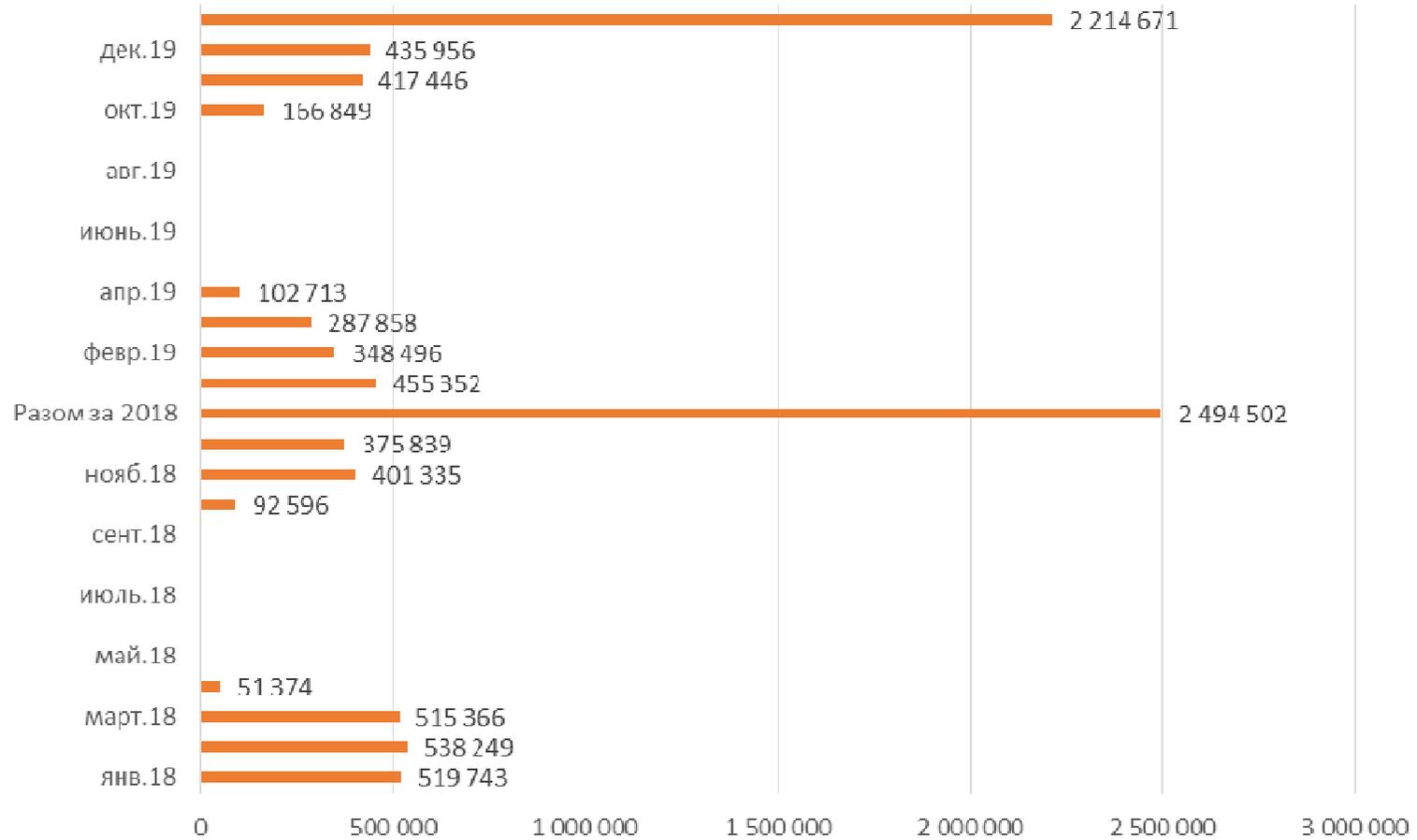
Період	Вироблено на трісці (Гкал)	Вироблено на газі (Гкал)	Вироблено когенерація і (Гкал)	∑ Виробництв	Використано тріски (тонна)	Використано газу (мкуб)	Використано по когенерації (мкуб)	витрата тріски (т.) на 1 Гкал	витрата газу (мкуб) на 1 Гкал	реалізація від деревини	реалізація від котельні газ	реалізація від когенерації	∑ реалізація	% Втрат
янів.18	598	3 856	587,90	5 041,75	319	519 743	95 866	0,5330	134,8011	517,94	3 257,36	512,98	4 288,28	13,26
февр.18	728	3 974	425,37	5 128,04	584	538 249	71 409	0,8013	135,4341	615,66	3 297,71	367,60	4 280,97	14,80
март.18	902	3 655	540,14	5 097,67	766	515 366	89 711	0,8489	140,9914	780,21	3 056,57	477,60	4 314,38	13,67
апр.18	820	393	539,45	1 752,58	565	51 374	85 505	0,6893	130,6528	498,54	204,77	335,39	1 038,70	39,82
май.18	480		322,96	803,01	279		57 237	0,5815		52,73		36,29	89,02	88,77
июнь.18														
июль.18														
авг.18														
сент.18														
окт.18		721	334,15	1 055,46		92 596	53 713		128,3720		523,17	247,82	770,99	25,84
нояб.18		3 135	560,81	3 696,16		401 335	89 972		128,0033		2 418,36	454,63	2 872,99	20,79
дек.18	1 899	2 702	688,16	5 289,30	1 359	375 839	113 606	0,7156	139,0925	1 572,83	2 156,37	582,77	4 311,97	16,89
<b>Разом за 2018</b>	<b>5 428</b>	<b>18 437</b>	<b>3 998,94</b>	<b>27 863,97</b>	<b>3 872</b>	<b>2 494 502</b>	<b>657 019</b>	<b>0,7133</b>	<b>135,2977</b>	<b>4 037,91</b>	<b>14 914,31</b>	<b>3 015,08</b>	<b>21 967,30</b>	<b>19,65</b>
янів.19	1 588	3 492	591,59	5 671,06	1 080	455 352	99 933	0,6799	130,4083	1 367,22	2 945,85	520,88	4 833,95	13,05
февр.19	923	2 645	627,19	4 194,96	564	348 496	102 631	0,6117	131,7525	764,05	2 156,29	531,04	3 451,38	16,16
март.19	444	2 232	672,61	3 348,34	205	287 858	105 899	0,4611	128,9704	351,14	1 740,19	544,20	2 635,53	19,88
апр.19		814	309,79	1 123,82		102 713	45 867		126,1784		719,86	300,82	1 020,68	7,71
май.19														
июнь.19														
июль.19														
авг.19														
сент.19														
окт.19		1 352		1 352,22		166 849			123,3892		848,48		848,48	35,84
нояб.19		3 227		3 226,89		417 446			129,3649		2 595,42		2 595,42	17,76
дек.19	772	3 305	28,96	4 105,89	553	435 956	4 481	0,7156	131,9152	639,92	2 749,05	24,54	3 413,51	15,01
<b>Разом за 2019</b>	<b>3 726</b>	<b>17 067</b>	<b>2 230,14</b>	<b>23 023,18</b>	<b>2 401</b>	<b>2 214 671</b>	<b>358 810,95</b>	<b>0,6444</b>	<b>129,7652</b>	<b>3 122,33</b>	<b>13 755,14</b>	<b>1 921,48</b>	<b>18 798,95</b>	<b>16,68</b>
янів.20	1 158	2 550	753,22	4 460,81	767	349 726	114 546	0,6619	137,1739	1 054,96	2 308,49	701,58	4 065,03	7,17
середня								0,6788	132,5315					

## ДОДАТОК В

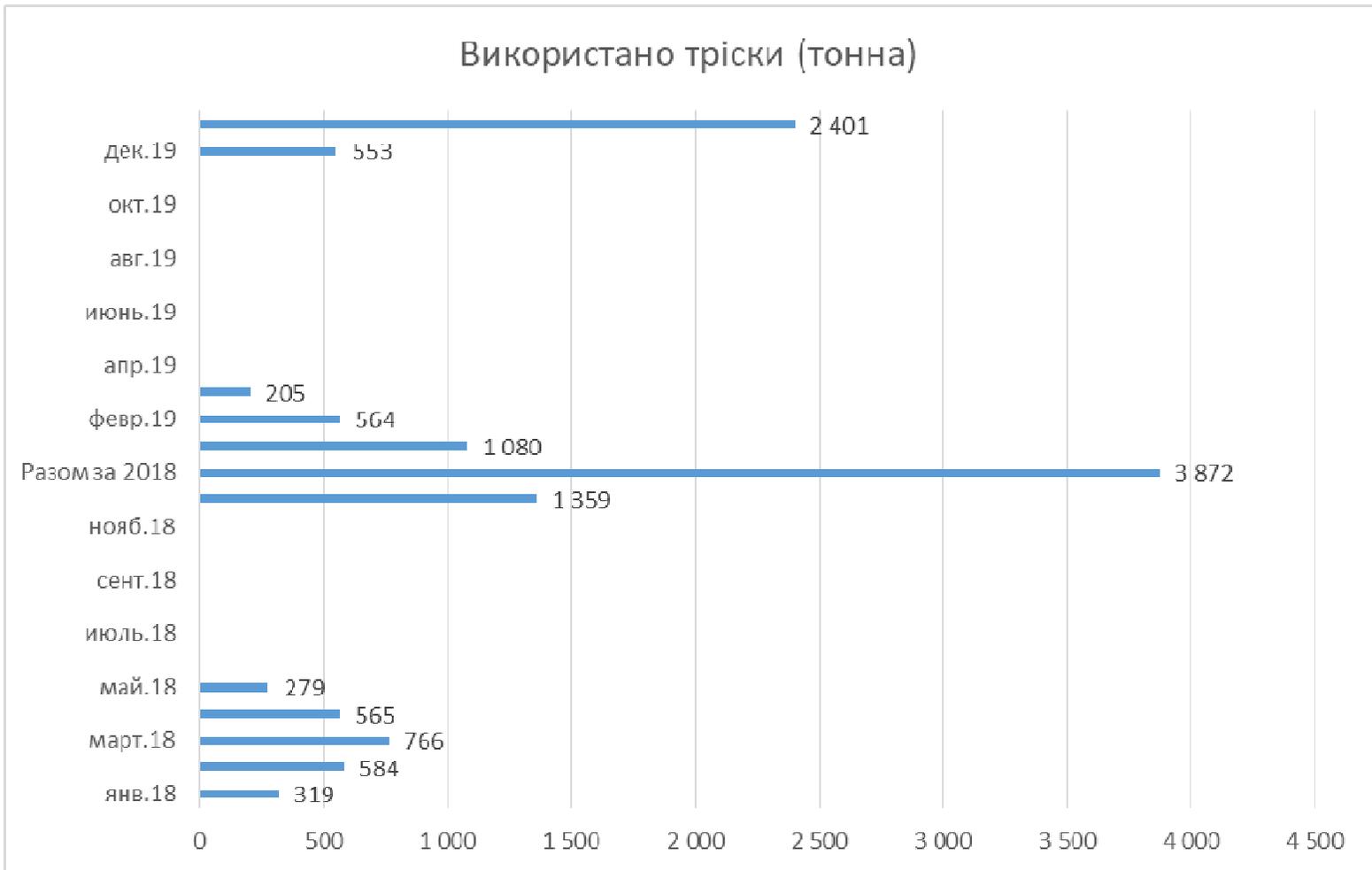
Графічний аналіз виробничих даних щодо виробленого тепла та використаного палива за 2018-2019 р.р. котельнею на біопаливі з біопаливним котлом 4 МВт



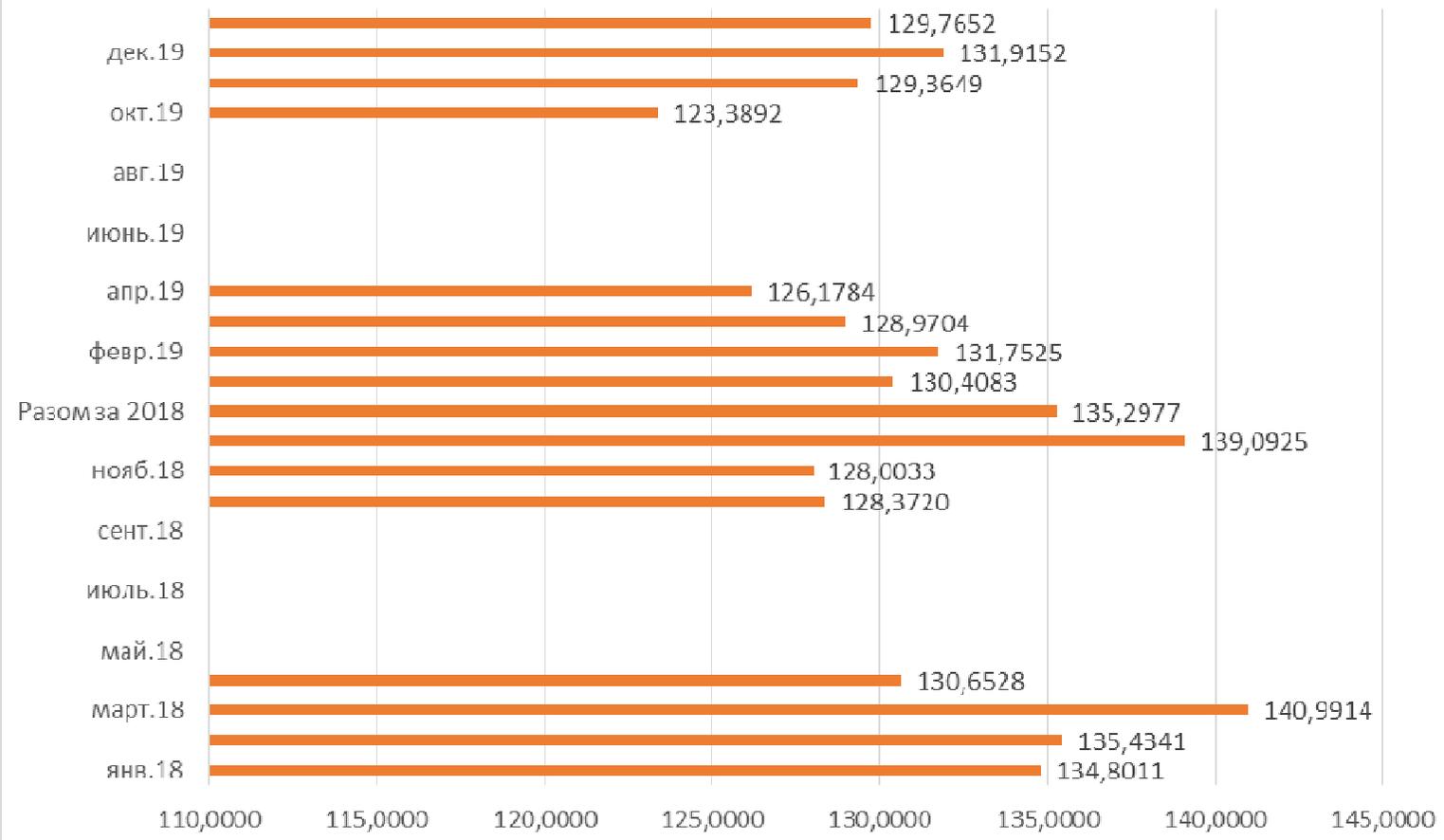
### Використано газу (мкуб)



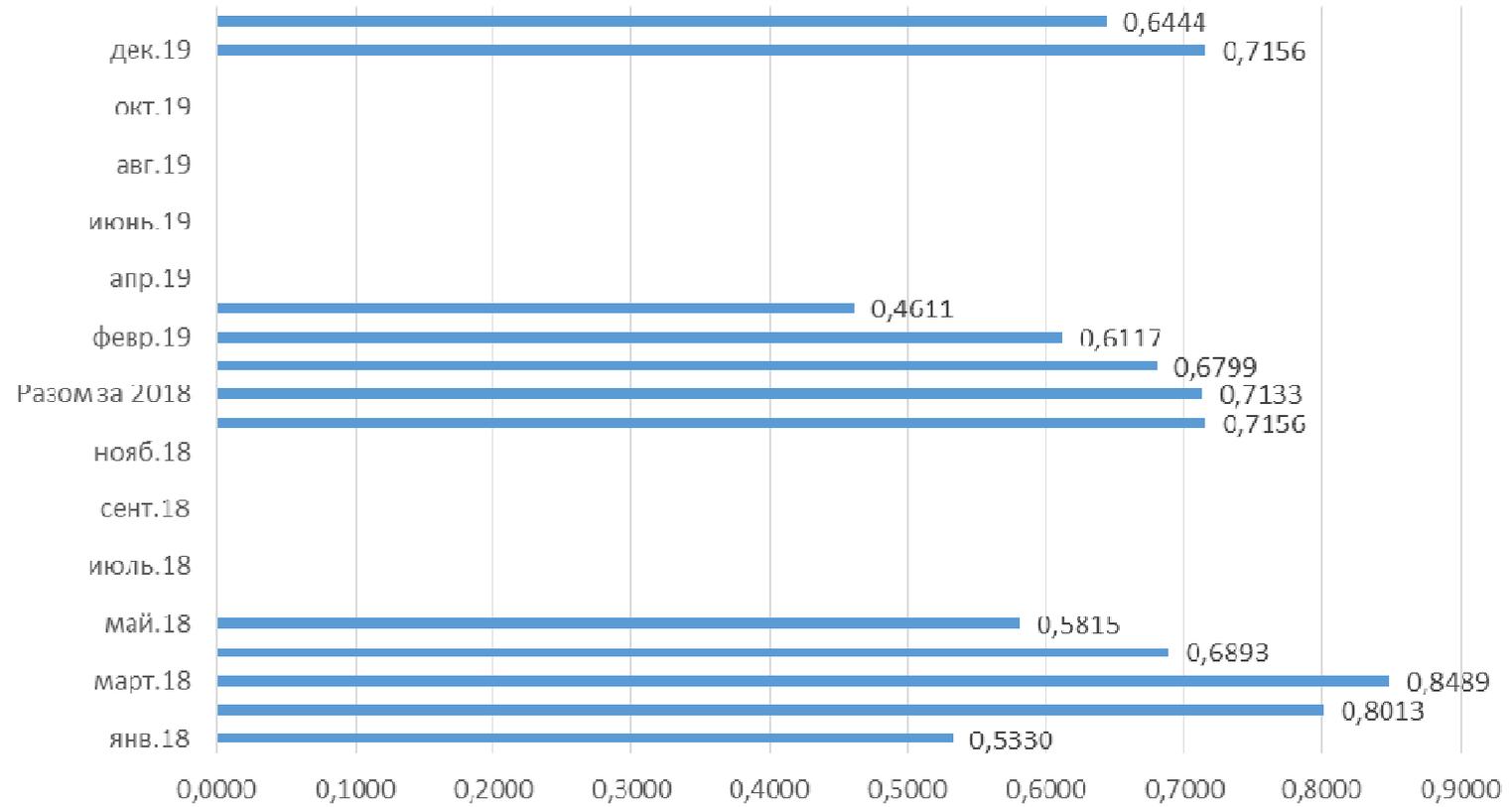
### Використано тріски (тонна)



### витрата газу (мкуб) на 1 Гкал



### витрата тріски (т.) на 1 Гкал



# РЕКОНСТРУКЦІЯ КОТЕЛЬНОЇ МІКРОРАЙОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ

1

МЕТА РОБОТИ – аналіз ефективності переходу котелень на альтернативне паливо на прикладі проектування котельні мікрорайону з газовими котлами та проведення її реконструкції.

## ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- вивчити сучасний стан енергетичної ефективності котелень в Україні;
- проаналізувати перспективи використання альтернативного палива в котельнях;
- дослідити технологічне обладнання для отримання теплової енергії в котельні;
- виконати розрахунок теплової схеми котельні мікрорайону;
- запроєктувати традиційну газову котельню для мікрорайону в м. Житомир;
- обґрунтувати вибір альтернативного палива для технологічного процесу роботи котельні;
- виконати реконструкцію котельні мікрорайону з метою використання альтернативного палива;
- проаналізувати техніко-економічні параметри роботи котельні до та після реконструкції;
- виконати оцінку доцільності реконструкції.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – котельня мікрорайону.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ – економічна ефективність використання альтернативних видів палива.

## НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ:

- систематизовано інформацію щодо сучасного стану енергоефективності котелень в Україні;
- запроєктовано котельню мікрорайону та проведена її реконструкція для часткової заміни природного газу альтернативним паливом;
- проведена оцінка техніко-економічних параметрів роботи котельні до та після реконструкції.

## ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ:

- виконана оцінка економічної ефективності переходу на альтернативне паливо на прикладі конкретної котельні;
- рекомендується до впровадження на теплоенергетичних підприємствах України;
- пропонується запровадити результати досліджень у навчальний процес на кафедрі.

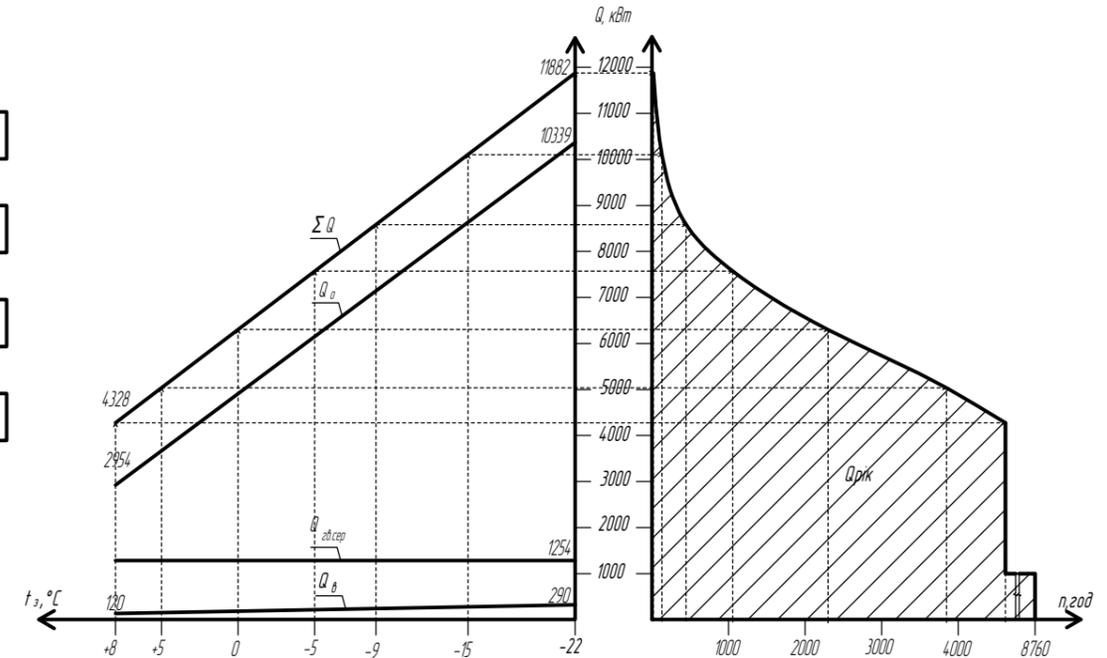
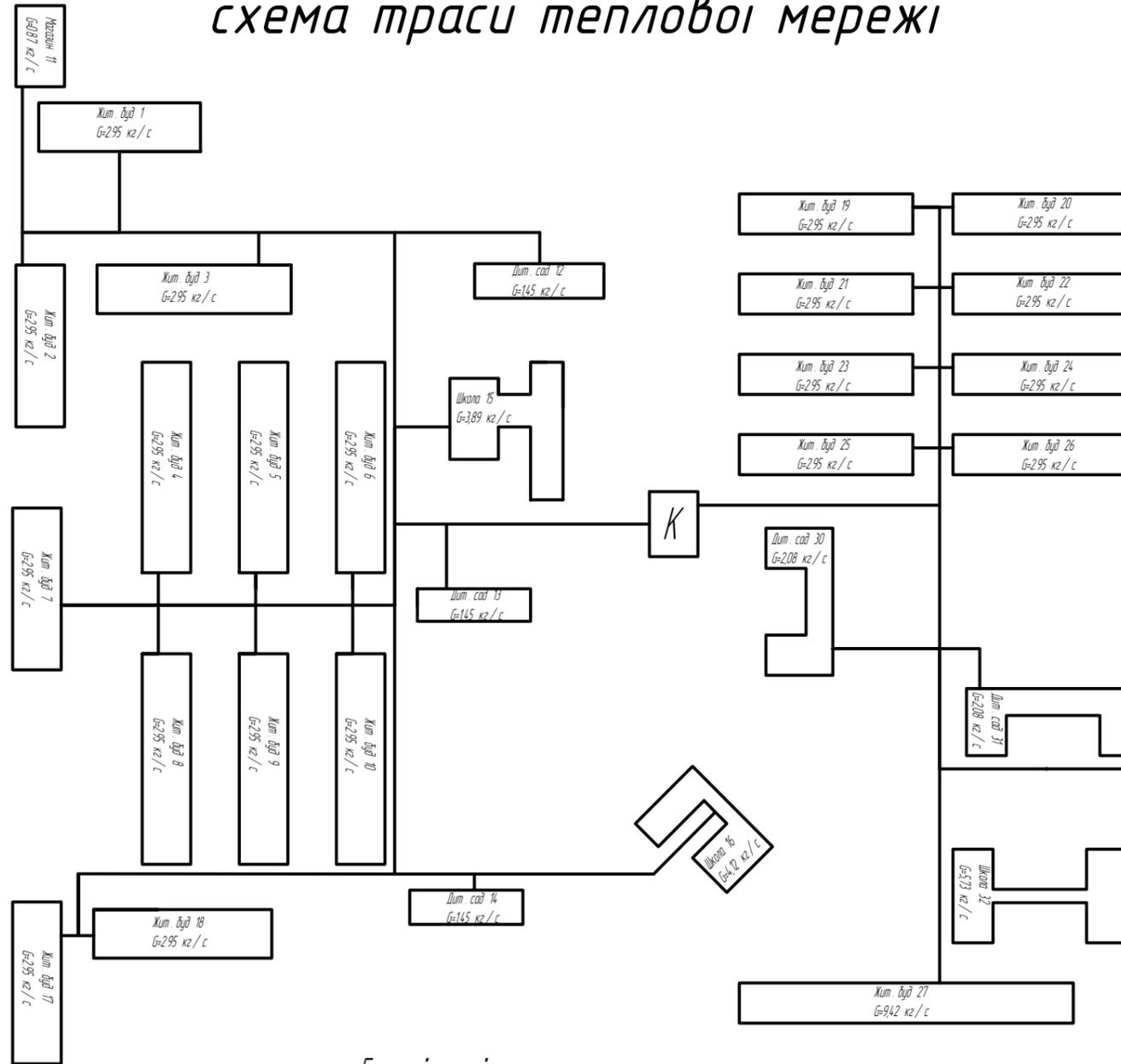
					2021	601-НТ-20335-МР		
						Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Зубричев М.Н.		Р	1	8
Перевірив				Гичов Ю.О.				
Н. контроль				Галк Ю.С.		Мета і задачі дослідження		
Заб. кафедри				Галк Ю.С.				

Погоджено:			
Зам.інв.Ні			
Підпис і дата			
інв.Ні ар.			

# План забудови мікрорайону та схема траси теплової мережі

Графік витрат тепла для різних температур  
зовнішнього повітря (зліва) та графік  
тривалості теплового навантаження (справа)

2



## Експлікація

№ прим.	Назва прим і щення	Площа, м
1	Житловий будинок	921
2	Житловий будинок	921
4	Житловий будинок	921
5	Житловий будинок	921
6	Житловий будинок	921
7	Житловий будинок	921
8	Житловий будинок	921
9	Житловий будинок	921
10	Житловий будинок	921
11	Магазин	578
12	Дитячий садок	1050
13	Дитячий садок	1050
14	Дитячий садок	1050
15	Школа	2020
16	Школа	2125

№ прим.	Назва прим і щення	Площа, м
17	Житловий будинок	672
18	Житловий будинок	672
19	Житловий будинок	921
20	Житловий будинок	921
21	Житловий будинок	921
22	Житловий будинок	921
23	Житловий будинок	921
24	Житловий будинок	921
25	Житловий будинок	921
26	Житловий будинок	921
27	Житловий будинок	1842
28	Житловий будинок	1842
29	Житловий будинок	1842
30	Дитячий садок	1488
31	Дитячий садок	1488
32	Школа	2950

				2021	601-НТ-20335-МР			
				Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області				
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив			Зубричев М.Н.			Р	2	8
Перевірив			Гичов Ю.О.					
Н. контроль			Галк Ю.С.			План забудови мікрорайону та схема траси теплової мережі, графіки Росандера		
Заб. кафедри			Галк Ю.С.			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

Погоджено:

Зам. інв. Ні

Підпис і дата

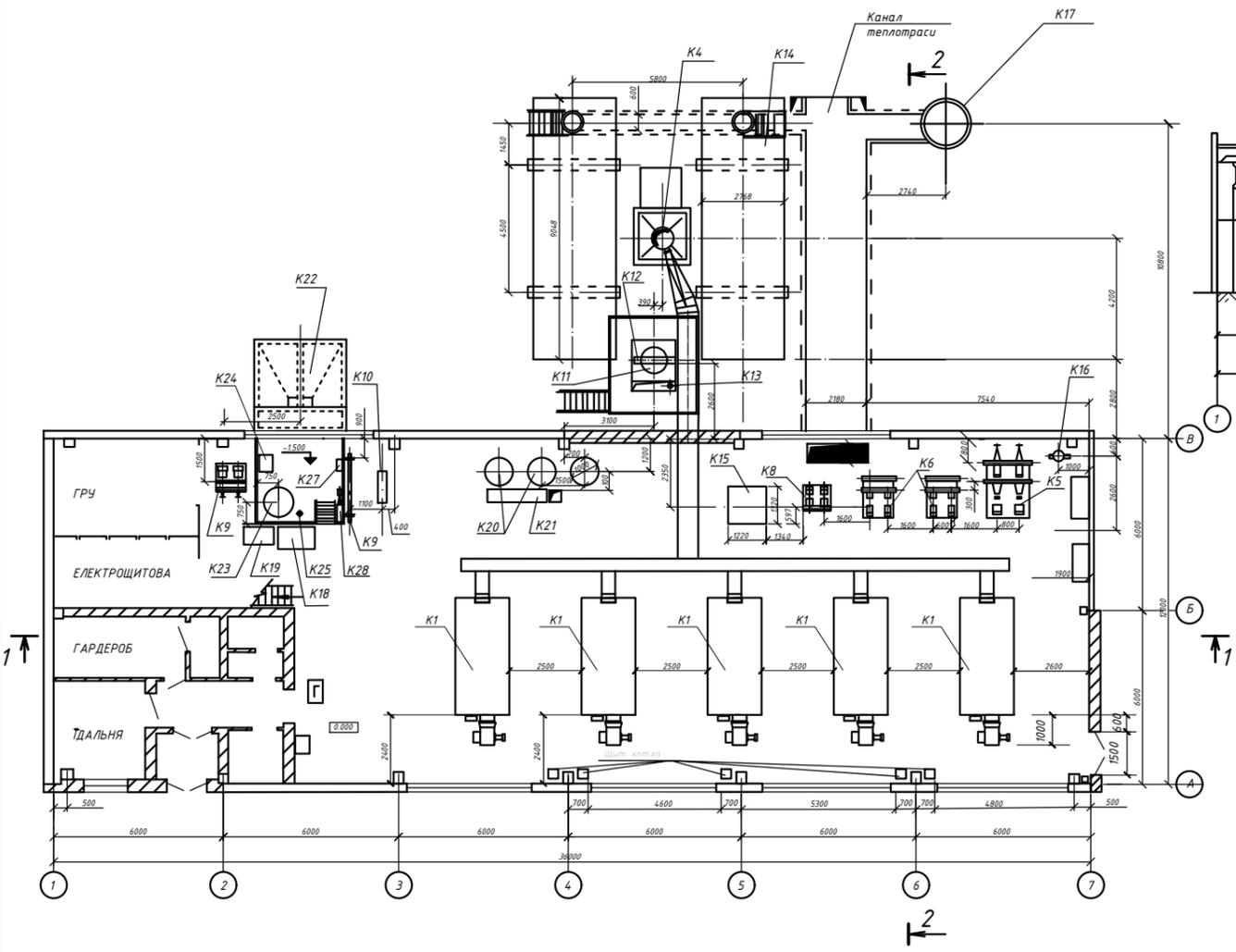
інв. Ні ар.



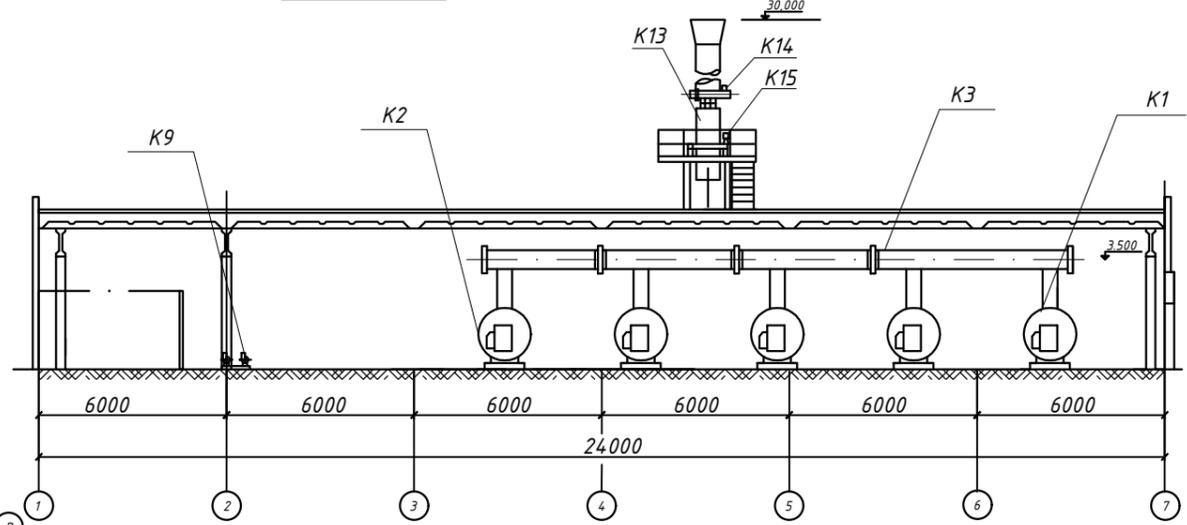
# Розміщення обладнання котельні

4

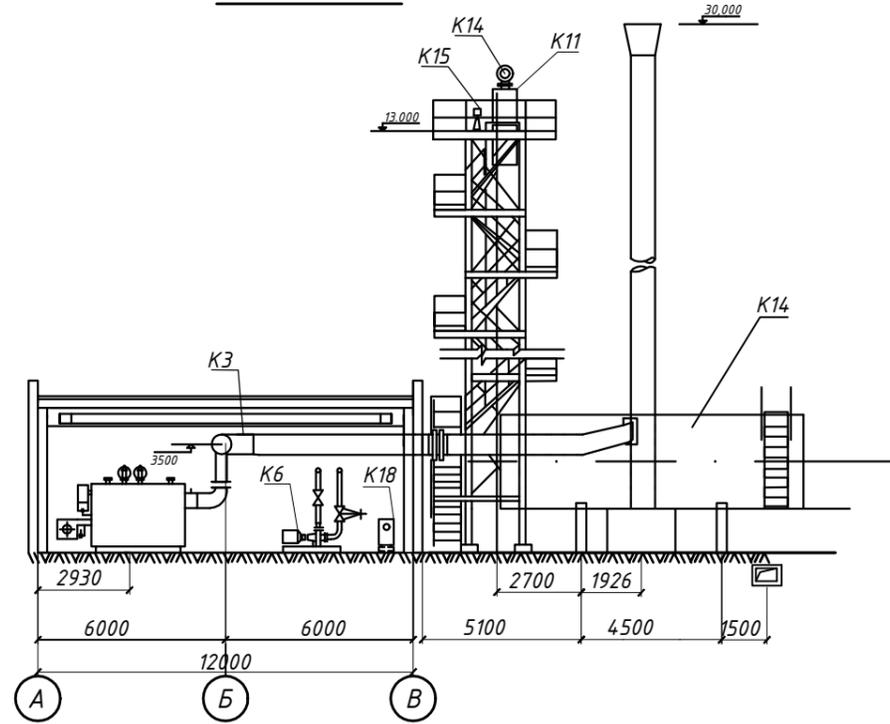
ПЛАН



Розріз 1-1



Розріз 2-2



## Специфікація обладнання

Марка	Найменування	Кільк.	Марка	Найменування	Кільк.
K1	Котлоагрегат "КСВа-3,15" продуктивністю 2,71 Гкал/год		K18	Фізичний лабораторний стіл розміром 1500*800мм, висотою 800мм	
K2	Газовий пальник "ПГС-БМ-3.5"		K19	Шкаф для зберігання реактивів розміром 1160*500мм, висотою 2000мм	
K3	Газоходи		K20	На-катіонтовий фільтр	
K4	Металічна димова труба висотою 30 м		K21	Блок управління на-катіонтовим фільтром	
K5	Блок насосів мережевої води Wilo-DRn 125/335-22/4		K22	Бункер мокрого зберігання солі	
K6	Блок насосів гарячого водопостачання Wilo-IPn 125/250-7.5/4		K23	Витратний бак міцного розчину солі	
K7	Блок насосів сирої води Wilo-DRn 100/224-4/4		K24	Бак постійного рівня солі у бункері	
K8	Блок насосів робочої води 2К-ба		K25	Регулятор постійного розчину солі	
K9	Підігрівач водоводяний сирої води		K26	Ежектор розчину солі	
K10	Пластинчастий теплообмінник THERMAKS PTA(GL)-7		K27	Ручний насос БКФ-2м	
K11	Вакуумдеаераційна колонка				
K12	Охолоджувач випара OBB-2				
K13	Газоводяний ежектор ЗВ-10				
K14	Бак акумулятор				
K15	Бак газовідтворювач				
K16	Грязьовик 16-200 ТЗ201				
K17	Охолоджувачий коловаль				

Погоджено:

Зам. інв. №

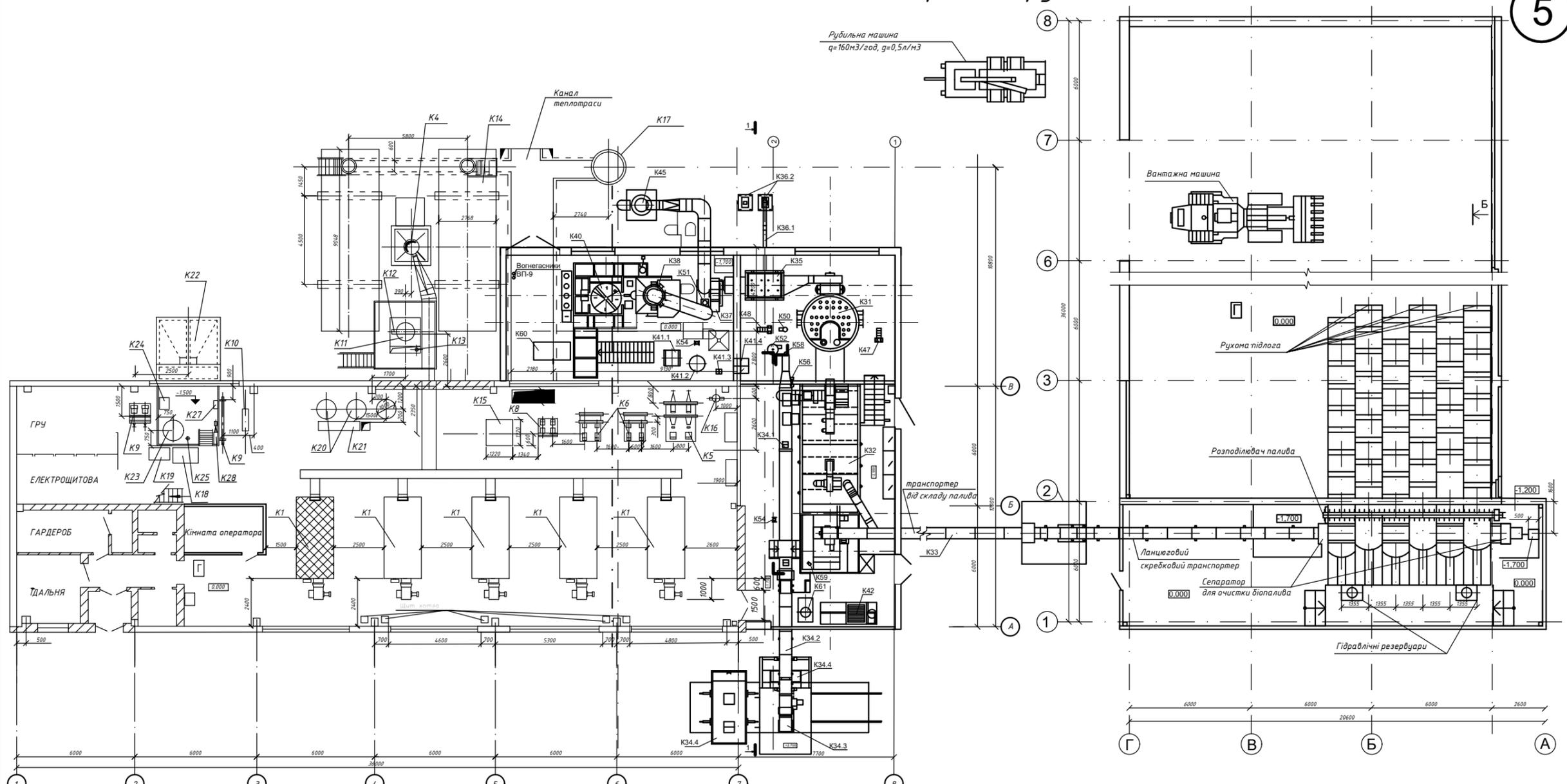
Підпис і дата

інв. № ар.

				2021	601-НТ-20335-МР			
					Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Зубрич М. Н.		Р	4	8
Перевірив				Гичов Ю. О.				
Н. контроль				Галк Ю. С.		Розміщення обладнання котельні		
Заб. кафедри				Галк Ю. С.		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

# Розміщення обладнання котельні після реконструкції

5



Специфікація додаткового обладнання

Марка	Найменування	Кільк.	Марка	Найменування	Кільк.
K31	Котел на біопаливі "Termpolerg" VNB 4000 продуктивність 4 MWt	1	K41.3	Сепаратор / Установка для очищення повітря 1,9м³/хв Kaeser Aquamat CF-3	1
K32	Біопаливна топка "Caldium Ember 5000", Q = 4,7 MWt з похилою рукою решіткою	1	K41.4	Адсорбційний осушувач 1,2м³/хв Kaeser DC12	1
K33	Система подачі палива	1	K42	Система охолодження топки	1
K34	Система видалення золи топки	1	K45	Димова труба	1
K34.1	Гідравлічний конвеєр золи	1	K47	Котловий рециркуляційний насос Grundfos NB80-200, Q=92,1м³/год, H=11,1 м	1
K34.2	Ланцюговий гідравлічний конвеєр	1	K48	Циркуляційний насос аварійної зупинки котла Grundfos NB80-200	1
K34.3	Розподільвач золи	1	K50	Насос дренажний котловий, Q=5л/с, H=13м, Ду40мм	1
K34.4	Резервуар для золи відкритий герметизований, V=7м³	2	K51	Насос дренажний переносний, Q=3,1л/с, H=7,5м, Ду32мм	1
K35	Мультциклон датарейний, продуктивність 15600-18000 м³/год, к-сть датарей 4х6=24	1	K52	Декомпресійна ємність Ps=1бар, Ts=115град, V=0,3м³	1
K36	Система золовидалення мультциклона	1	K53	Система обліку теплової енергії Ду125мм, Qном=114м³/год, Qmin=16м³/год	1
K36.1	Спиральний конвеєр для золи похилий L=5 м, α=15град, Qном = 0,07 м³/год	1	K54	Система обліку теплової енергії економайзера Endress+Hauser Ду125мм, Qном=114м³/год, Qmin=16м³/год у комплекті з лічильником та датчиками T	1
K36.2	Зольний резервуар з мультциклоном 800х700х850(н) відкритий герметизований	2	K56	Регулюючий клапан двоходовий з електроприводом ARI ARMA TUREN Ду125	1
K37	Димосос	1		23470Electric drive AUMASAR076 Qном=114м³/год, Qmin=16м³/год, Kvs=250м³/год	1
K38	Конденсаційний економайзер Q=0,8 MWt	1	K58	Кульовий кран з електроприводом BROEN Ballotax61.102200Ду200, Ру25	1
K40	Система нейтралізації конденсату	1	K59	Кульовий кран з електроприводом BROEN Ballotax61.102125Ду125, Ру25	1
K41	Система повітряної очистки котла	1	K60	Дизельний генератор EAG-56 Alitap N=4кВт, 50Гц, 380В, час роботи до 1,5год	1
K41.1	Повітряний компресор Kaeser SM12/8, продуктивність 1,2 м³/хв, P=8,0 бар	1	K61	Гідрорезервуар біопаливної топки	1
K41.2	Ресивер вертикальний Катіно КР-900-11/0,8, V=900л, Pmax=11 бар	1			

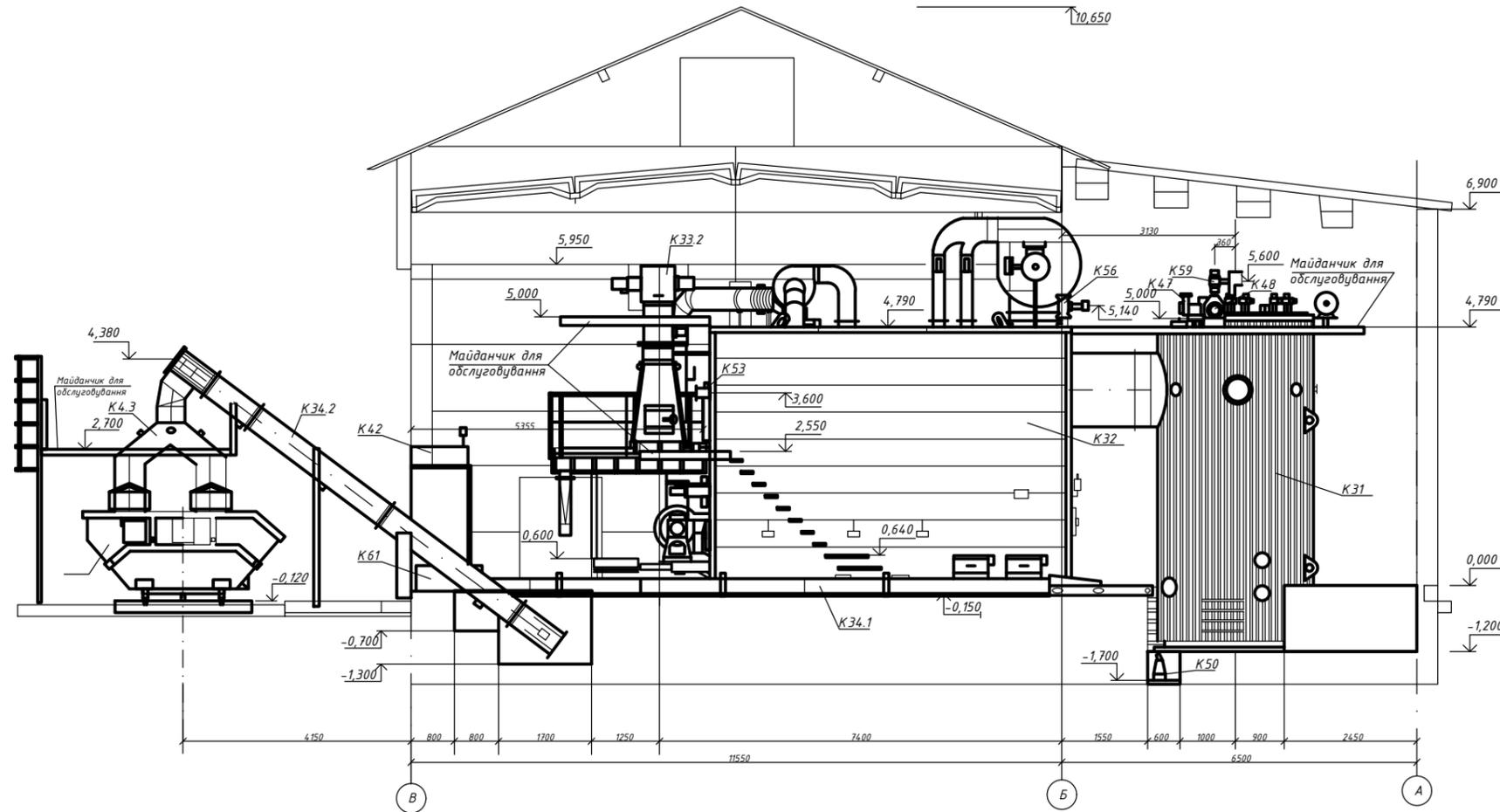
				2021	601-НТ-20335-МР			
					Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Зубричев М.Н.		Р	5	8
Перевірив				Гичов Ю.О.				
					Розміщення обладнання котельні після реконструкції			
					Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"			
Н. контроль		Галк Ю.С.						
Заб. кафедри		Галк Ю.С.						

Погоджено:

Зам. інв. Ні  
Підпис і дата  
Інв. Ні ар.

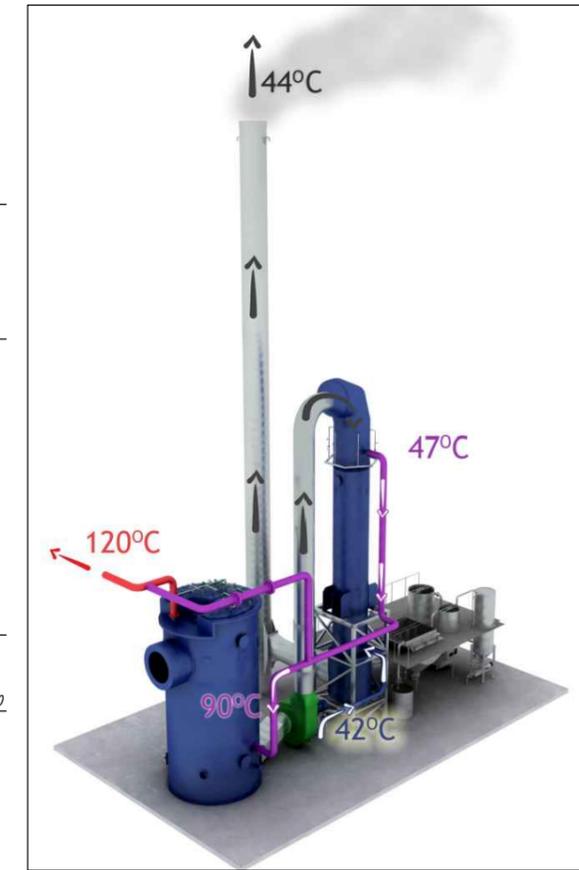
# Розміщення обладнання котельні після реконструкції

Розріз 1-1



# Схема роботи конденсаційного економайзера

6



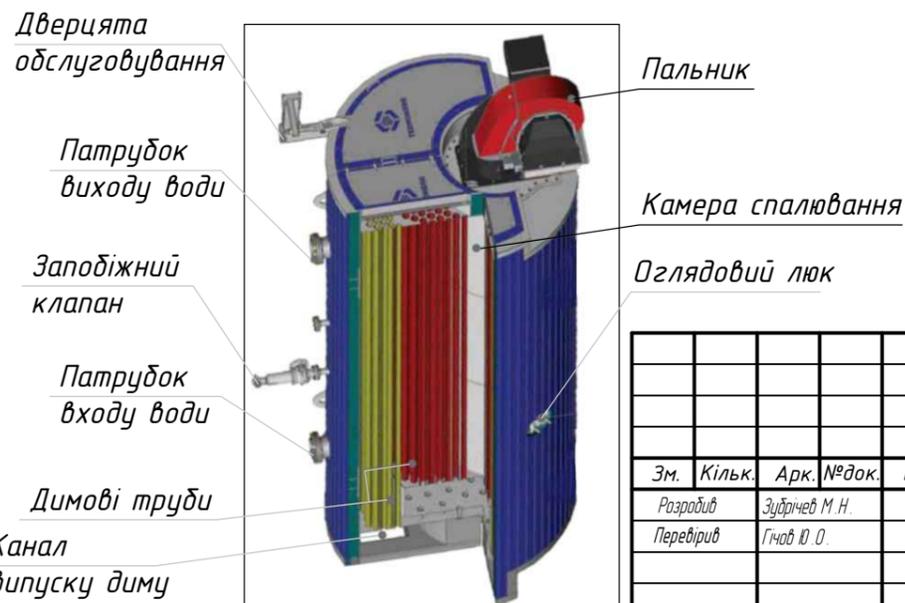
## Можливі види біопалива

- Подріднена деревина
- Лісорубочні відходи
- Деревна кора
- Пелети із дерева та соломи
- Турса
- Торф'яні суміші
- Солома
- Лузга зернових
- Лузга соняшника та гранули з неї

## Біопаливна топка Caldium Ember



## Біопаливний котел Termonerg



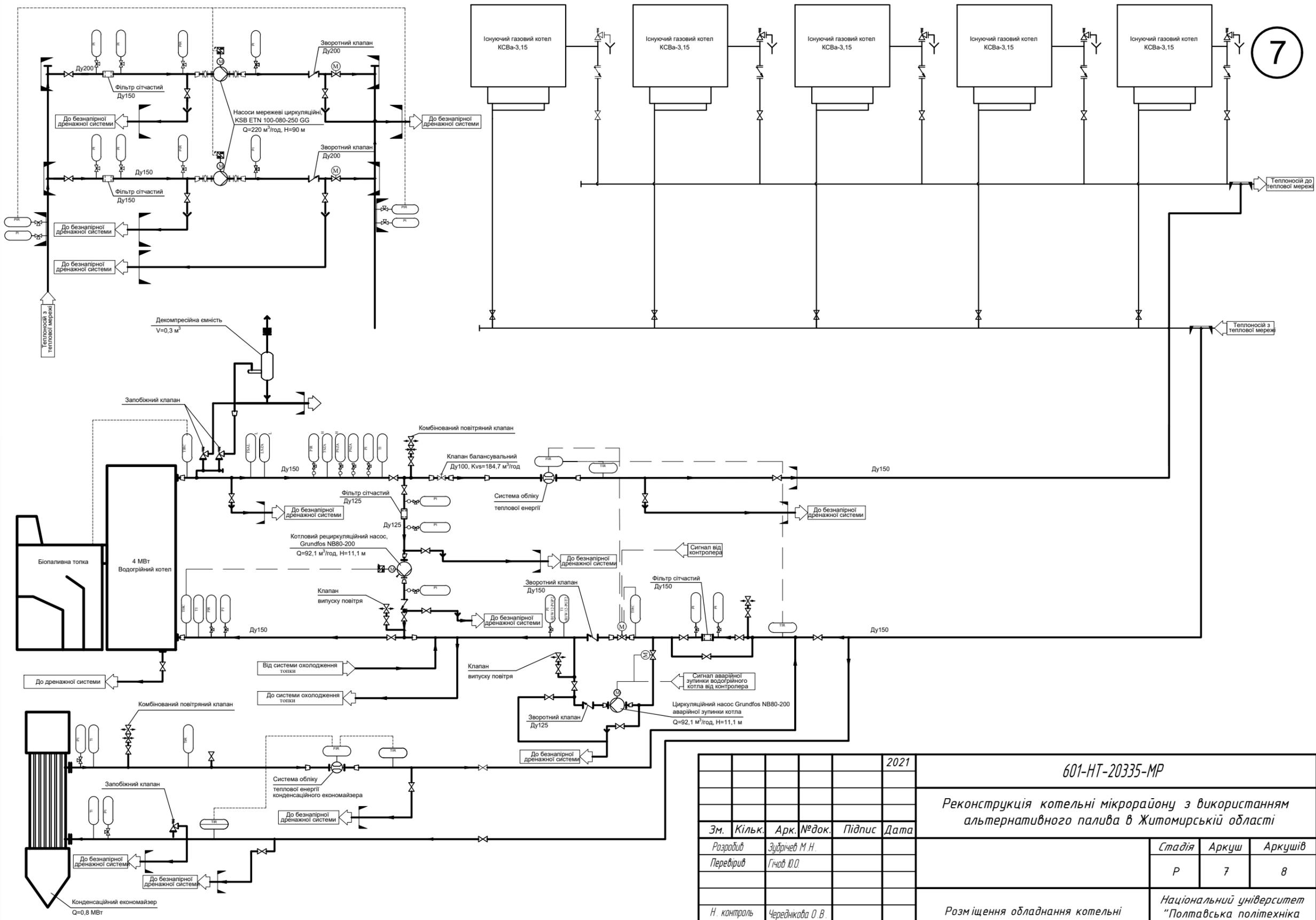
Погоджено:

Зам. інв. №

Підпис і дата

інв. № ар.

					2021	601-НТ-20335-МР		
						Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Зубричев М. Н.		Р	6	8
Перевірив				Гичов Ю. О.				
						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
						Обладнання котельні на біомасі		
						О. Галж Ю. С.		
						Галж Ю. С.		



Погоджено:  
Зам. інв. Ні  
Підпис і дата  
Інв. Ні ар.

				2021
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата
Розробив		Зудрич М. Н.		
Перевірив		Гичай Ю. О.		
Н. контроль		Чередишкова О. В.		
Зад. кафедри		Голік Ю. С.		

601-НТ-20335-МР		
Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області		
Стадія	Аркуш	Аркушів
Р	7	8
Розміщення обладнання котельні		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

# ВИСНОВКИ

8

1. На основі аналізу літературних джерел щодо сучасного стану енергетичної ефективності котелень в Україні та перспектив використання альтернативного палива, вивчення класифікації та принципу роботи котлів на біомасі, було сформульовано основні задачі дослідження, які полягають в проектуванні газової котельні мікрорайону, проведенні її реконструкції та оцінюванні техніко-економічних параметрів ефективності.
2. Виконано розрахунки витрат тепла на опалення - 10338 кВт, на вентиляцію - 289 кВт та гаряче водопостачання - 1253 кВт і побудовано графік витрат теплоти.
3. Орієнтуючись на теплове навантаження системи опалення побудовано графік регулювання температур теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря та скоригувано його з врахуванням навантаження на ГВП.
4. Розрахована теплова схема котельні з газовими водогрійними котлами, що розташована в м. Житомир.
5. За визначеними даними у котельні встановлено 5 газових котлів КСВа-3,15,ОР, підібране допоміжне обладнання. Виконано детальні креслення котельні.
6. Виконана реконструкція котельні з влаштуванням котла на біопаливі. Розроблено креслення добудови котельного залу з котлом на біопаливі TERMANERG VNB 4000 максимальною потужністю 4,0 МВт з біопаливною топкою Calidum Ember потужністю 4,7 МВт, показано все необхідне обладнання, підібрано його маркування. Для забезпечення безперебійної подачі палива побудовано спеціальний склад і запроектована система автоматичної подачі палива. Система автоматизованої очистки котла за допомогою системи стисненого повітря та система видалення золи також передбачені повністю автоматизованими. Для попереднього підігріву теплоносія за рахунок тепла від газоподібних продуктів горіння передбачається конденсаційний економайзер потужністю 0,8 МВт.
7. Досліджена робота теплової схеми котельні на біомасі та виконано її розрахунок. визначена річна витрата теплоти при роботі котельні на біопаливі  $Q = 30239,6 \text{ МВт*год}$  або 26001,38 Гкал.
8. Розраховано потребу в паливі, якщо котел на біомасі покриватиме 20% загального теплового навантаження, тобто вироблятиме 5200,28 Гкал на рік, що складає 3530 т тріски або 689,2 тис. м<sup>3</sup> газу на рік. З урахуванням вартості палива річна економія за рахунок переходу з газу на тріску становитиме 1250032 грн. за рік роботи.

За умови використання місцевої безкоштовної сировини у вигляді подрібнених гілок після санітарної обрізки дерев у місті економічний ефект становитиме до 5 486 тис. грн. за рік. Тоді при вартості реконструкції 12,5 млн. грн.. термін окупності складе  $T = 3,1$  року.  
Для покупної сировини  $T = 10$  років.

					2021	601-НТ-20335-МР		
						Реконструкція котельні мікрорайону з використанням альтернативного палива в Житомирській області		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Зубричев М.Н.		Р	8	8
Перевірив				Гичко Ю.О.				
Н. контроль				Галж Ю.С.		Висновки		
Заб. кафедри				Галж Ю.С.		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

Погоджено:

Зам. інв. Ні

Підпис і дата

інв. Ні ар.