

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут** Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад.  
І.С.Гулого

**Кафедра** теплоенергетики та холодильної техніки

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» червень 2025 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валентин ПЕТРЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» червень 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 144 Теплоенергетика \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної

програми \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Теплоенергетика та енергоефективні технології

на тему: Проект системи утилізації теплоти фідхідних газів когенераційної  
установки ПрАТ “Миронівська птахофабрика”

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ТЕ-4-5

Красильник Денис Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник Бойко Володимир Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Я, як здобувач Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

\_\_\_\_\_ Красильник  
(підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2025 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології  
(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф.Валентин ПЕТРЕНКО

2025 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Красильник Денис Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи утилізації теплоти фідхідних газів когенераційної установки ПрАТ "Миронівська птахофабрика" \_\_\_\_\_

керівник роботи к.т.н., доц. Бойко Володимир Олександрович  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "10"04.2025 року № 218-кв \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи 09.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: локація - ПрАТ "Миронівська птахофабрика", електрична потужність КГУ 2,5 МВт, термін роботи - 8000 год/рік, температура відхідних газів 480 °С, продуктивність згенерованої насиченої пари - 5,52 т/год, тиск насиченої пари -0,9 Мпа, геенратор насиченої пари - котел-утилізатор.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Існуюча схема теплопостачання ПрАТ "Миронівська птахофабрика"

2 Технічні рішення по встановленню парового котла-утилізатора

3 Розрахунок пароконденсатної схеми котельні та котла-утилізатора

4 Охорона праці

5 Захист навколишнього середовища

6 Висновки

7 Список використаної літератури

### 5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання 14.04.2025

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	1.05-3.05.2025	Виконано
2	Аналіз літературних джерел	4.05-10.05.2025	Виконано
3	Виконання розділу №1 КР	11.05-18.05.2025	Виконано
4	Виконання розділу №2 КР	19.05-24.05.2025	Виконано
5	Виконання розділу №3 КР	25.05-27.05.2025	Виконано
6	Виконання розділу №4-5 КР	28.05-1.06.2025	Виконано
7	Оформлення ПЗ, креслень	02.06-06.06.2025	Виконано

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Красильник Денис  
(ім'я та прізвище)

Володимир БОЙКО  
(ім'я та прізвище)

## ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ	6
1. Існуюча схема теплопостачання ПрАТ "Миронівська птахофабрика"	11
2. Технічні рішення по встановленню парового котла-утилізатора	16
3. Розрахунок пароконденсатної схеми котельні та котла-утилізатора	23
4. Охорона праці	29
5. Захист навколишнього середовища	35
6. Висновки	40
7. Список використаної літератури	42

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Красильник Д.С.			Проект системи утилізації теплоти фідхідних газів когенераційної установки ПрАТ "Миронівська птахофабрика"	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Бойко В.О.						
Керівник		Бойко В.О.				НУХТ ТЕХТ ТЕ-4-5		
Н. Контр.								
Затвердив		Петренко В.П.						

### *Анотація*

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню та техніко-економічному обґрунтуванню системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки (КГУ) електричною потужністю 2,5 МВт на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" шляхом встановлення парового котла-утилізатора VIESSMANN.

В роботі проведено аналіз існуючої системи тепlopостачання, виконано тепловий розрахунок паропродуктивності котла-утилізатора, який склав 5,52 т/год насиченої пари.

Обґрунтовано економічну доцільність проекту з річною економією природного газу близько 4,75 млн м<sup>3</sup> (71,2 млн грн) та терміном окупності менше 1 року.

Розглянуто питання охорони праці та визначено значний позитивний екологічний ефект за рахунок скорочення викидів CO<sub>2</sub> на понад 8780 тонн/рік.

Робота демонструє високу ефективність утилізації вторинних енергоресурсів для підвищення енергоефективності та екологічної безпеки промислового підприємства.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Красилник Д.С.</i>			Проект системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки ПрАТ "Миронівська птахофабрика"	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Бойко В.О.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Бойко В.О.</i>						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<b>НУХТ ТЕХТ ТЕ-4-5</b>		

### *Анотація*

The qualification work is devoted to the design and feasibility study of a system for utilizing waste gas heat from a cogeneration plant (CGU) with an electric capacity of 2.5 MW at PrJSC "Myronivska Ptakhovabrak" by installing a VIESSMANN steam recovery boiler.

The work analyzes the existing heat supply system, performs a thermal calculation of the steam productivity of the recovery boiler, which amounted to 5.52 t/h of saturated steam.

The economic feasibility of the project with annual natural gas savings of about 4.75 million m<sup>3</sup> (71.2 million UAH) and a payback period of less than 1 year is substantiated.

The issue of labor protection is considered and a significant positive environmental effect is determined by reducing CO<sub>2</sub> emissions by more than 8780 tons/year.

The work demonstrates the high efficiency of utilizing secondary energy resources to increase energy efficiency and environmental safety of an industrial enterprise.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Красилник Д.С.</i>			Проект системи утилізації теплоти фідхідних газів когенераційної установки ПрАТ "Миронівська птахофабрика"	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Бойко В.О.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Бойко В.О.</i>						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<b>НУХТ ТЕХТ ТЕ-4-5</b>		

## ***Вступ***

Енергоефективність та раціональне використання енергоресурсів є одними з ключових пріоритетів для сучасних промислових підприємств. Зростання цін на енергоносії, необхідність зниження операційних витрат та посилення екологічних вимог стимулюють пошук та впровадження інноваційних рішень у сфері теплопостачання. Одним з таких перспективних напрямків є утилізація вторинних енергоресурсів, зокрема теплоти відхідних газів промислових установок.

ПрАТ "Миронівська птахофабрика", як велике промислове підприємство агропромислового комплексу, має значні потреби в тепловій та електричній енергії для забезпечення безперебійного виробничого процесу. Наявність на підприємстві когенераційної установки (КГУ) дозволяє виробляти власну електроенергію, проте значний обсяг теплоти відхідних газів цієї установки наразі втрачається, викидаючись в атмосферу.

**Метою даної кваліфікаційної роботи** є розробка проекту системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" шляхом встановлення парового котла-утилізатора, а також обґрунтування техніко-економічної та екологічної доцільності такого рішення.

### **Основні завдання роботи:**

Проаналізувати існуючу схему теплопостачання та енергоспоживання ПрАТ "Миронівська птахофабрика", визначити джерела та обсяги вторинних енергоресурсів.

Обґрунтувати вибір типу та параметрів парового котла-утилізатора для ефективної утилізації теплоти відхідних газів КГУ.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Красильник Д.С.			Проект системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки ПрАТ "Миронівська птахофабрика"	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойко В.О.						
Реценз.								
Н. Контр.		Бойко В.О.						
Затверд.		Петренко В.П.						
						<b>НУХТ ТЕХТ ТЕ-4-5</b>		

Розробити принципові технічні рішення щодо інтеграції котла-утилізатора в існуючу пароконденсатну схему підприємства.

Виконати тепловий та гідравлічний розрахунки пароконденсатної схеми з урахуванням роботи котла-утилізатора.

Провести попередній розрахунок економічної ефективності проекту (розрахунок річної економії палива та терміну окупності).

Розглянути заходи із забезпечення охорони праці та промислової безпеки при реалізації та експлуатації проекту.

Оцінити вплив проекту на навколишнє середовище та його екологічну доцільність.

Реалізація даного проекту дозволить ПрАТ "Миронівська птахофабрика" не тільки суттєво знизити витрати на енергоресурси, а й покращити свої екологічні показники, демонструючи прихильність принципам сталого розвитку.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Вихідні дані для проектування**

Для розробки проекту системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" були прийняті та використані наступні вихідні дані:

### **1. Загальна інформація про об'єкт:**

**Назва підприємства:** ПрАТ "Миронівська птахофабрика".

**Галузь:** Птахівництво (харчова промисловість).

**Мета проекту:** Підвищення енергоефективності шляхом утилізації теплоти відхідних газів КГУ для генерації пари.

### **2. Параметри існуючої когенераційної установки (КГУ):**

**Тип КГУ:** Газопоршнева установка (ГПУ).

**Електрична потужність КГУ:**  $P_{ел}=2,5$  МВт.

**Орієнтовна теплова потужність КГУ (від системи охолодження двигуна):**  $Q_{терм}=2,8$  МВт.

**Температура відхідних газів на виході з КГУ (на вході в котел-утилізатор):**  $T_{газів,вх}=480$  °С.

**Орієнтовна масова витрата відхідних газів КГУ:**  $G_{газів}=10,5$  кг/с (37800 кг/год).

**Питома теплоємність відхідних газів (середня):**  $c_{р,газів}=1,15$  кДж/(кг·°С).

**Режим роботи КГУ:** Базовий, безперервний (приблизно 8000 годин/рік).

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**3. Параметри парового котла-утилізатора:**

**Виробник:** VIESSMANN.

**Кількість котлів-утилізаторів:** 1 (один).

**Тип котла:** Паровий котел-утилізатор.

**Очікуваний ККД котла-утилізатора:**  $\eta_{ут}=90\%$ .

**Температура відхідних газів після котла-утилізатора (на виході в димову трубу):**  $T_{газів,вих}=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**4. Параметри пари (що виробляється та споживається):**

**Необхідний робочий тиск насиченої пари:**  $R_{пар}=0,9\text{ МПа}$  (9 бар).

**Відповідна температура насиченої пари:**  $T_{пар}=175,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (за таблицями водяної пари).

**Ентальпія насиченої пари при 0,9 МПа:**  $h''=2772,1\text{ кДж/кг}$  (за таблицями водяної пари).

**Середнє річне споживання пари на підприємстві:**  $D_{заг}=10\text{ т/год}$  (орієнтовно).

**5. Параметри живильної води:**

**Температура живильної води після деаератора:**  $T_{ж.в.}=104\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Ентальпія живильної води при 104 °С:**  $h_{ж.в.}=435,5\text{ кДж/кг}$  (за таблицями водяної пари).

**Орієнтовний відсоток повернення конденсату:** 80-90%.

**6. Економічні показники:**

**Питома витрата природного газу на відпущену теплову енергію (для існуючих котлів):**  $bt_{газ}=165,5\text{ м}^3/\text{МВт}\cdot\text{год}$  (згідно з [6, п. 23]).

					<i>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Орієнтовна вартість природного газу для промислових споживачів: 15000 грн/1000 м<sup>3</sup> (з ПДВ).**

**Орієнтовні капітальні витрати на проект: 45 млн грн (включаючи вартість котла та монтажних робіт).**

**7. Екологічні показники:**

**Питомий викид CO<sub>2</sub> при спалюванні природного газу: 1,85 кг CO<sub>2</sub> на 1 м<sup>3</sup> природного газу.**

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **1. Існуюча схема теплопостачання**

### **ПрАТ "Миронівська птахофабрика"**

Цей розділ присвячений детальному аналізу поточної системи теплопостачання на ПрАТ "Миронівська птахофабрика". Розуміння існуючих джерел теплоти, їхніх параметрів, а також потреб споживачів є ключовим для обґрунтування та ефективної інтеграції нової системи утилізації теплоти.

#### **1.1. Загальна характеристика енергозабезпечення підприємства**

ПрАТ "Миронівська птахофабрика" є одним з найбільших підприємств у галузі птахівництва в Україні, що обумовлює значні потреби в енергоресурсах для забезпечення безперервних технологічних процесів, підтримки мікроклімату в пташниках, опалення виробничих, адміністративних та допоміжних приміщень, а також гарячого водопостачання.

Енергозабезпечення підприємства здійснюється за рахунок комбінованого підходу, що включає власну генерацію електроенергії та теплоти за допомогою когенераційної установки, а також використання традиційних газових котлів для покриття базових та пікових теплових навантажень. Основним видом палива для традиційних котлів та КГУ є природний газ.

#### **1.2. Опис когенераційної установки (КГУ)**

На території ПрАТ "Миронівська птахофабрика" функціонує когенераційна установка (КГУ), яка є важливим елементом енергопостачання, дозволяючи одночасно виробляти електричну та теплову енергію, тим самим підвищуючи загальний коефіцієнт використання палива.

**Тип КГУ:** Газопоршнева установка (ГПУ).

**Електрична потужність КГУ:**  $P_{ел}=2,5$  МВт.

**Орієнтовна теплова потужність КГУ (від системи охолодження двигуна):**  $Q_{терм}=2,8$  МВт.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Параметри відхідних газів КГУ:

**Температура відхідних газів на виході з КГУ:**  $T_{\text{газів,вх}}=480$  °С.

**Орієнтовна масова витрата відхідних газів КГУ:**  $G_{\text{газів}}=10,5$  кг/с  
(або 37800 кг/год).

**Склад відхідних газів:** В основному продукти згоряння природного газу: азот ( $N_2$ ), вуглекислий газ ( $CO_2$ ), водяна пара ( $H_2O$ ), кисень ( $O_2$ ), з незначними домішками оксидів азоту ( $NO_x$ ) та оксиду вуглецю ( $CO$ ).

**Режим роботи КГУ:** Переважно базовий, тобто установка працює в безперервному режимі більшу частину року для забезпечення постійних потреб підприємства в електроенергії та теплоті.

### 1.3. Існуючі споживачі теплоти та параметри теплоносія

Теплова енергія, що виробляється на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" (КГУ та існуюча котельня), розподіляється між різними групами споживачів:

#### Технологічні потреби:

Пара з тиском  $P=0,8-1,0$  МПа та температурою  $T=170-180$  °С для технологічних процесів (наприклад, пастеризація, стерилізація обладнання, сушіння, приготування кормів). Орієнтовна потреба у парі: до 10-12 т/год.

Гаряча вода для миття та інших санітарних потреб.

#### Опалення виробничих та адміністративних будівель:

Опалення переважно водяне, з температурним графіком 95/70 °С або 80/60 °С.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Гаряче водопостачання (ГВП):**

Для побутових потреб, душових та кухонь, з температурою води близько 60-70 °С.

## **Вентиляція:**

Підігрів припливного повітря для систем вентиляції та кондиціонування.

### **1.4. Опис існуючої котельні**

Окрім когенераційної установки, на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" функціонує центральна котельня, яка забезпечує покриття пікових теплових навантажень та є резервним джерелом теплопостачання.

**Тип котлів:** Парові водотрунні котли (наприклад, ДКВР або подібні).

**Припустимо, 2 котли.**

**Сумарна теплова потужність котельні:** [Припустимо, 15-20 МВт].

**Вид палива:** Природний газ.

**Взаємодія з КГУ:** Існуюча котельня покриває ту частину теплового навантаження, яка не забезпечується КГУ, а також працює на повну потужність у періоди пікових навантажень або під час обслуговування/зупинки КГУ.

### **1.5. Схема існуючої системи теплопостачання**

На рисунку 1.1 представлена принципова схема існуючої системи теплопостачання ПрАТ "Миронівська птахофабрика". Схема відображає основні джерела теплоти (КГУ, існуюча котельня) та напрямки розподілу теплоносія (пари, гарячої води) до основних споживачів. Особливу увагу слід звернути на вихлопний тракт КГУ, з якого відхідні гази з високою температурою наразі викидаються в атмосферу.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.6. Виявлення можливостей для утилізації теплоти

Аналіз існуючої схеми чітко вказує на невикористаний потенціал теплової енергії, що міститься у високотемпературних відхідних газах когенераційної установки. Ця теплота, яка наразі викидається в атмосферу, може бути ефективно утилізована для виробництва додаткової пари або гарячої води, що, в свою чергу, призведе до:

Зниження витрат природного газу для основної котельні.

Збільшення загального коефіцієнта використання палива КГУ.

Зменшення теплового забруднення атмосфери.

Зниження експлуатаційних витрат підприємства.

Саме ефективна утилізація цієї вторинної теплоти є основною метою даного проекту.

## 1.7. Аналіз ефективності існуючої системи

Незважаючи на наявність когенераційної установки, що підвищує загальний ККД використання палива, існуюча система теплопостачання має резерви для оптимізації. Теплота відхідних газів КГУ, яка складає значний енергетичний потік (близько 4 МВт), є невикористаним вторинним енергетичним ресурсом. Це призводить до:

Підвищеної питомої витрати палива на відпущену теплоту (частково покривається за рахунок дорогого природного газу в основних котлах).

Енергетичних втрат з димовими газами, які могли б бути перетворені у корисну енергію.

Збільшення експлуатаційних витрат через закупівлю додаткових обсягів природного газу для традиційних котлів.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносно більшого екологічного сліду через додаткові викиди продуктів згоряння від спалювання палива, що могло б бути заощаджено.

### **1.8. Потреба у модернізації та підвищенні енергоефективності**

В умовах зростаючих цін на енергоносії та посилення екологічних стандартів, підвищення енергоефективності є критично важливим для конкурентоспроможності та сталого розвитку ПрАТ "Миронівська птахофабрика". Модернізація системи тепlopостачання шляхом утилізації вторинних енергоресурсів дозволить:

Зменшити залежність від зовнішніх постачальників енергії та коливань цін на газ.

Знизити собівартість продукції за рахунок зменшення енергетичної складової.

Покращити екологічний імідж підприємства.

Забезпечити надійніше та гнучкіше тепlopостачання за рахунок диверсифікації джерел теплоти. Це обґрунтовує нагальну потребу у впровадженні проекту утилізації теплоти відхідних газів КГУ.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **2. Технічні рішення по встановленню парового котла-утилізатора**

### **2.1. Обґрунтування вибору парового котла-утилізатора**

Ефективна утилізація теплоти відхідних газів когенераційної установки є ключовим елементом підвищення загальної енергоефективності підприємства. Відхідні гази КГУ мають високу температуру, що дозволяє використовувати їх для генерації пари, яка може бути використана для технологічних потреб або опалення. Виробництво пари є найбільш універсальним способом передачі теплоти для багатьох промислових процесів, що характерні для птахофабрики.

Вибір парового котла-утилізатора обумовлений наступними перевагами:

**Високий тепловий потенціал:** Відхідні гази КГУ мають температуру, достатню для виробництва насиченої або перегрітої пари відповідних параметрів.

**Гнучкість використання:** Пара є універсальним теплоносієм, який може бути використаний для широкого спектру технологічних процесів на підприємстві (наприклад, стерилізація, сушіння, опалення, гаряче водопостачання через пароводяні підігрівачі).

**Зменшення споживання палива:** Генерація пари за рахунок утилізації теплоти відхідних газів КГУ дозволяє знизити навантаження на існуючі парові котли, що працюють на природному газі або іншому первинному паливі, тим самим скорочуючи його витрати.

**Екологічні переваги:** Зниження температури відхідних газів перед викидом в атмосферу зменшує тепловий вплив на навколишнє середовище та сприяє загальному зменшенню викидів CO<sub>2</sub> за рахунок економії палива.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2. Обґрунтування вибору обладнання VISSMANN

Для реалізації проекту обрано паровий котел-утилізатор провідного світового виробника теплового обладнання – компанії VISSMANN. Вибір даного виробника обґрунтовується такими факторами:

**Висока якість та надійність:** Обладнання VISSMANN відоме своєю довговічністю та надійністю в експлуатації, що критично важливо для безперебійної роботи промислового об'єкта.

**Широкий асортимент продукції:** VISSMANN пропонує широкий вибір котлів, включаючи спеціалізовані моделі для утилізації теплоти відхідних газів, що дозволяє підібрати обладнання, оптимально відповідне параметрам відхідних газів КГУ та потребам ПрАТ "Миронівська птахофабрика".

**Енергоефективність:** Котли VISSMANN відрізняються високим коефіцієнтом корисної дії, що забезпечує максимальне використання утилізованої теплоти.

**Сучасні технології та автоматизація:** Обладнання VISSMANN оснащено сучасними системами управління та автоматизації, що забезпечує безпечну та ефективну роботу, а також можливість інтеграції в існуючі системи АСУ ТП підприємства.

**Сервісна підтримка:** Наявність розвиненої мережі сервісних центрів та доступність запасних частин гарантує оперативне обслуговування та мінімізацію простоїв.

З урахуванням попередніх розрахунків та існуючих потреб у парі на ПрАТ "Миронівська птахофабрика", для проекту пропонується встановити **один паровий котел-утилізатор VISSMANN серії, призначеної для утилізації тепла відхідних газів з відповідною паропродуктивністю** (наприклад, Vitomax 200-HS або подібний, якщо буде знайдено точну модель, що відповідає потребам).

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3. Технічні характеристики обраного котла-утилізатора (орієнтовні)

На основі розрахункового теплового навантаження та вибору виробника, основними характеристиками котла-утилізатора будуть:

**Паропроductивність:**  $D_{\text{кот-ут}} = 5,52$  т/год (згідно з розрахунками в розділі 3).

**Робочий тиск пари:**  $P_{\text{пар}} = 0,9$  МПа (9 бар).

**Температура насиченої пари:**  $T_{\text{пар}} = 175,4$  °С.

**Температура відхідних газів на вході в котел-утилізатор:**  $T_{\text{газів,вх}} = 480$  °С.

**Температура відхідних газів на виході з котла-утилізатора:**  $T_{\text{газів,вих}} = 150$  °С.

**Габаритні розміри (приблизно):** [Ширина x Довжина x Висота, м].

**Вага (приблизно):** [Тонн].

### 2.4. Схема встановлення котла-утилізатора та його інтеграція в існуючу систему

Встановлення парового котла-утилізатора вимагає ретельного планування та інтеграції в існуючу інфраструктуру ПрАТ "Миронівська птахофабрика".

#### 2.4.1. Місце розташування

Котел-утилізатор пропонується розмістити **безпосередньо біля виходу відхідних газів з когенераційної установки**. Це дозволить мінімізувати довжину газоходів, зменшити теплові втрати та спростити монтажні роботи. Необхідно врахувати:

Наявність достатнього вільного простору для монтажу та обслуговування обладнання.

Можливість підключення до існуючих комунікацій (газоходи, паропроводи, трубопроводи живильної води, електропостачання, дренажні системи).

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дотримання будівельних норм та правил протипожежної безпеки.

#### 2.4.2. Схема відведення відхідних газів

Відхідні гази з вихлопного тракту когенераційної установки будуть направлятися до вхідного патрубка котла-утилізатора. Для забезпечення гнучкості експлуатації та можливості роботи КГУ без котла-утилізатора (наприклад, під час технічного обслуговування котла) передбачається встановлення **обвідного газоходу (байпасу)** з заслінками.

**Основний газохід:** З'єднує вихід КГУ з входом котла-утилізатора.

**Обвідний газохід (байпас):** Забезпечує пряме відведення відхідних газів КГУ в існуючу димову трубу (або окрему, якщо потрібно) без проходження через котел-утилізатор.

**Регулюючі/запірні заслінки (шибери):** Встановлюються на основному та обвідному газоходах для перенаправлення потоку відхідних газів. Вони повинні бути термостійкими та мати систему дистанційного керування.

**Компенсатори:** Для компенсації температурних розширень газоходів.

**Теплоізоляція:** Всі газоходи, що працюють з високотемпературними газами, повинні бути надійно ізольовані для зменшення теплових втрат та забезпечення безпеки персоналу.

#### 2.4.3. Схема підключення до пароконденсатної системи

Генерована котлом-утилізатором пара буде інтегрована в існуючу пароконденсатну схему підприємства.

**Паропровід:** Від котла-утилізатора буде прокладено паропровід до колектора існуючої котельні або безпосередньо до основних споживачів пари. Паропровід повинен бути оснащений запірною та регулюючою арматурою, манометрами, термометрами та запобіжними клапанами.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Конденсатопровід:** Конденсат від споживачів пари буде повертатися до збірного бака конденсату, а потім, після деаерації, подаватися живильним насосом до котла-утилізатора.

**Живильний трубопровід:** Забезпечує подачу підготовленої живильної води до котла-утилізатора.

**Дренажні лінії:** Для відведення дренажу з арматури та обладнання.

**Системи автоматизації та контролю:** Для безпечної та ефективної роботи котла-утилізатора передбачається встановлення системи контролю параметрів (температури відхідних газів, тиску та рівня води в барабані котла, продуктивності) та автоматичного регулювання, а також аварійної сигналізації та захисту.

## 2.5. Можливі режими роботи системи

Після впровадження котла-утилізатора, система тепlopостачання підприємства матиме такі основні режими роботи:

- 1. Основний режим:** Когенераційна установка працює, і її відхідні гази повністю проходять через котел-утилізатор, виробляючи пару. Ця пара використовується для покриття потреб підприємства, зменшуючи навантаження на основні парові котли.
- 2. Режим з байпасом:** У разі необхідності зупинки котла-утилізатора для обслуговування або ремонту, відхідні гази КГУ направляються по обвідному газоходу безпосередньо в димову трубу. При цьому, теплові потреби підприємства повністю покриваються існуючою котельнею.
- 3. Часткове навантаження:** Якщо потреба в парі менша за максимальну продуктивність котла-утилізатора, система автоматично регулює подачу живильної води та/або тиск пари.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. **Спільна робота з існуючими котлами:** Котел-утилізатор працює в парі з існуючими котлами, покриваючи базову частину теплового навантаження, тоді як основні котли забезпечують пікові навантаження або резерв.

Така гнучкість системи дозволить забезпечити надійне та ефективне тепlopостачання підприємства в будь-яких експлуатаційних умовах.

## 2.6. Технологічні вимоги до системи

Для забезпечення надійної та ефективної роботи котла-утилізатора та його інтеграції у існуючу систему, необхідно врахувати наступні технологічні вимоги:

**Якість живильної води:** Жорсткі вимоги до хімічного складу живильної води для запобігання накипоутворенню та корозії поверхонь нагріву. Необхідність забезпечення безперервної роботи системи водопідготовки (деаерація, пом'якшення).

**Режим продувок:** Регулярні продувки котла для видалення шламу та підтримання якості котлової води.

**Тиск та температура пари:** Підтримка стабільних параметрів пари на виході з котла-утилізатора для забезпечення потреб споживачів.

## 2.7. Автоматизація та контроль роботи системи

Для забезпечення оптимального, безпечного та економічного режиму роботи нової системи передбачається високий рівень автоматизації.

**Система управління:** Встановлення контролерів та виконавчих механізмів для автоматичного регулювання подачі живильної води, тиску пари, температури газів та відкриття/закриття шиберів.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Моніторинг:** Безперервний моніторинг ключових параметрів роботи котла-утилізатора та газоходів (температура, тиск, витрати, рівень води) з виведенням даних на центральний пульт управління.

**Аварійна сигналізація та захист:** Розробка системи захистів, що виключають можливість роботи котла при аварійних режимах (наприклад, падіння рівня води, перевищення тиску, критична температура газів), з автоматичним відключенням та блокуванням.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **3. Розрахунок пароконденсатної схеми котельні та котла-утилізатора**

Цей розділ присвячений інженерним розрахункам, необхідним для визначення параметрів парового котла-утилізатора та оптимізації пароконденсатної схеми ПрАТ "Миронівська птахофабрика". Метою розрахунків є визначення потенційної паропродуктивності котла-утилізатора та її впливу на загальний тепловий баланс підприємства.

#### **3.1. Вихідні дані для розрахунку**

Для проведення розрахунків приймаємо наступні орієнтовні дані, враховуючи уточнені параметри когенераційної установки та типові потреби промислових підприємств:

##### **Параметри когенераційної установки (КГУ):**

Електрична потужність КГУ:  $P_{ел}=2,5$  МВт.

Теплова потужність КГУ (від системи охолодження):  $Q_{терм}=2,8$  МВт.

Температура відхідних газів на виході з КГУ:  $T_{газів,вх}=480$  °С.

Масова витрата відхідних газів КГУ:  $G_{газів}=10,5$  кг/с (або 37800 кг/год).

Питома теплоємність відхідних газів (при середній температурі):  $c_{р,газів}=1,15$  кДж/(кг·°С).

##### **Параметри живильної води:**

Температура живильної води після деаератора:  $T_{ж.в.}=104$  °С.

Ентальпія живильної води при 104 °С:  $h_{ж.в.}=435,5$  кДж/кг (за таблицями водяної пари).

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Необхідні параметри пари:

Робочий тиск насиченої пари:  $R_{\text{пар}}=0,9$  МПа (9 бар або 9 кгс/см<sup>2</sup>).

Температура насиченої пари при 0,9 МПа:  $T_{\text{пар}}=175,4$  °С (за таблицями водяної пари).

Ентальпія насиченої пари при 0,9 МПа:  $h''=2772,1$  кДж/кг (за таблицями водяної пари).

**Орієнтовний ККД котла-утилізатора:**  $\eta_{\text{ут}}=90\%$  (враховує теплові втрати).

**Температура відхідних газів після котла-утилізатора:**  $T_{\text{газів,вих}}=150$  °С.

### 3.2. Тепловий баланс котла-утилізатора та розрахунок паропродуктивності

Кількість теплоти, яка може бути утилізована від відхідних газів КГУ, визначається за формулою:

$$Q_{\text{ут}}=G_{\text{газів}} \cdot c_{\text{р,газів}} \cdot (T_{\text{газів,вх}} - T_{\text{газів,вих}})$$

Підставляємо значення:

$$Q_{\text{ут}}=10,5 \text{ кг/с} \cdot 1,15 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°С)} \cdot (480 \text{ °С} - 150 \text{ °С})$$

$$Q_{\text{ут}}=10,5 \cdot 1,15 \cdot 330=3983,25 \text{ кДж/с}=3983,25 \text{ кВт}$$

Отже, потенційно можна утилізувати 3,98 МВт теплової енергії.

Паропродуктивність котла-утилізатора ( $D_{\text{ут}}$ , кг/год) розраховується за формулою:

$$D_{\text{ут}}=h'' - h_{\text{ж.в.}} \cdot Q_{\text{ут}} \cdot \eta_{\text{ут}} \cdot 3600$$

Підставляємо значення:

$$D_{\text{ут}}=(2772,1 \text{ кДж/кг} - 435,5 \text{ кДж/кг}) \cdot 3983,25 \text{ кВт} \cdot 0,90 \cdot 3600 \text{ с/год}$$

$$D_{\text{ут}}=2336,63584,925 \cdot 3600=2336,612905730 \approx 5523,3 \text{ кг/год}$$

Таким чином, один котел-утилізатор VIESSMANN зможе виробляти близько **5,52 т/год насиченої пари** з тиском 0,9 МПа. Це значна кількість пари, яка може суттєво зменшити навантаження на основні парові котли підприємства.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3. Розрахунок пароконденсатної схеми

Пароконденсатна схема підприємства включає систему виробництва пари, її розподілу до споживачів, збору конденсату та його повернення для повторного використання.

#### 3.3.1. Існуюча пароконденсатна схема (до впровадження котла-утилізатора)

Наявні парові котли [вказіть кількість та потужність, наприклад, 2 котли по 10 т/год] виробляють пару для технологічних потреб та опалення.

Споживачі пари: [вказіть основних споживачів, наприклад, пастеризатори, стерилізатори, сушильні камери, системи опалення].

Середнє споживання пари на підприємстві: [Припустимо, 8-12 т/год, в залежності від сезону та інтенсивності роботи].

Відсоток повернення конденсату: [Припустимо, 80-90%].

Втрати пари/конденсату (наприклад, з продувками, витоками, використанням пари без повернення конденсату): [Припустимо, 10-20%].

Живильний бак та деаератор: Конденсат, що повертається, разом з хімічно очищеною підживлювальною водою надходить у деаератор (термічний або вакуумний) для видалення кисню та вуглекислоти.

Живильні насоси: Подають деаеровану воду до котлів.

#### 3.3.2. Модернізована пароконденсатна схема з котлом-утилізатором

Після встановлення котла-утилізатора схема набуде наступного вигляду:

Пара, що виробляється котлом-утилізатором (5,52 т/год), подається в загальний паровий колектор підприємства.

Навантаження на існуючі парові котли зменшується на величину паропродуктивності котла-утилізатора.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живильна вода для котла-утилізатора подається з існуючого деаератора підприємства. Це забезпечує оптимальну якість живильної води, що важливо для довговічності котлового обладнання.

Передбачається встановлення додаткових живильних насосів (якщо існуючі не розраховані на збільшення загальної паропродуктивності або подачу до нового котла) для подачі води до котла-утилізатора.

### 3.3.3. Баланс теплоносіїв

Припустимо, що середнє річне споживання пари на підприємстві становить  $D_{\text{заг}} = 10$  т/год. Паропродуктивність котла-утилізатора  $D_{\text{ут}} = 5,52$  т/год.

Тоді, необхідна паропродуктивність від існуючих газових котлів становитиме:  
 $D_{\text{існ.котли}} = D_{\text{заг}} - D_{\text{ут}} = 10$  т/год  $- 5,52$  т/год  $= 4,48$  т/год

Це означає, що існуючі котли будуть працювати з меншим навантаженням, що може продовжити їхній ресурс та дозволить використовувати їх як резерв.

#### Розрахунок витрати палива та економії:

Використаємо дані з "33.216.pdf" для питомої витрати природного газу на відпущену теплову енергію. Питома витрата природного газу для існуючих котлів  $b_{\text{т.газ}} = 165,5$  м<sup>3</sup>/МВт·год.

Кількість теплоти, що виробляється утилізованою парою:

$$Q_{\text{ут.пар}} = D_{\text{ут}} \cdot (h'' - h_{\text{ж.в.}}) / 3600 =$$
$$= 5523,3 \text{ кг/год} \cdot (2772,1 - 435,5) \text{ кДж/кг} / 3600 \text{ с/год} \approx 3584,9 \text{ кВт} \approx 3,585 \text{ МВт.}$$

Річна економія теплової енергії за рахунок утилізації (при 8000 годин роботи на рік):

$$EQ = Q_{\text{ут.пар}} \cdot 8000 \text{ год/рік} = 3,585 \text{ МВт} \cdot 8000 \text{ год/рік} = 28680 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

Річна економія природного газу:

$V_{\text{газ.ек}} = EQ \cdot b_{\text{т.газ}} = 28680 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік} \cdot 165,5 \text{ м}^3/\text{МВт} \cdot \text{год} = 4746540 \text{ м}^3/\text{рік}$  Тобто, річна економія природного газу становить близько **4,75 млн. м<sup>3</sup>/рік.**

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4. Попередній розрахунок економічної ефективності

**Вартість природного газу:** [Припустимо, 15000 грн/1000 м<sup>3</sup> з ПДВ для промислових споживачів].

**Річна економія коштів на паливі:**  $Економія = V_{газ} \cdot ек$

$\cdot (Вартість\ 1000\ м^3 / 1000)$

$Економія = 4746540\ м^3 / рік \cdot 15000\ грн / 1000\ м^3 / 1000 = 71198100\ грн / рік$   
Річна економія коштів становить близько **71,2 млн. грн.**

#### **Орієнтовні капітальні витрати:**

Вартість котла-утилізатора VIESSMANN (для 5-6 т/год):

[Припустимо, 600 000 - 900 000 EUR, або 24-36 млн грн за курсом 40 грн/EUR]. Візьмемо 30 млн грн.

Вартість монтажних робіт, газоходів, трубопроводів, насосів, автоматики, ПНР: [Припустимо, 50% від вартості обладнання, тобто 15 млн грн].

Загальні капітальні витрати (CAPEX): [Припустимо, 30 млн грн + 15 млн грн = 45 млн грн].

#### **Орієнтовний термін окупності (без урахування амортизації, податків та експлуатаційних витрат):**

$Термін\ окупності = Річна\ економія / Капітальні\ витрати$

$Термін\ окупності = 71\ 198\ 100\ грн / рік / 45\ 000\ 000\ грн \approx 0,63\ року$

Такий короткий термін окупності (менше року) свідчить про високу інвестиційну привабливість проекту. Реальний термін окупності може бути дещо довшим через додаткові операційні витрати (ТО, ремонт, зарплата персоналу) та податки, але все одно залишатиметься дуже привабливим для підприємства.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5. Оцінка ризиків та чутливості проекту

Для повноти економічного аналізу необхідно оцінити чутливість проекту до зміни ключових параметрів.

**Чутливість до ціни газу:** Зміна вартості природного газу є основним фактором, що впливає на термін окупності. Зростання цін на газ ще більше підвищить привабливість проекту, тоді як їх зниження (що мало ймовірно в довгостроковій перспективі) може збільшити термін окупності.

**Чутливість до капітальних витрат:** Збільшення капітальних витрат (наприклад, через непередбачені обставини під час монтажу або подорожчання обладнання) прямо пропорційно збільшить термін окупності.

**Чутливість до режиму роботи КГУ:** Зменшення річного часу роботи КГУ (наприклад, через технічні несправності або зниження потреб в електроенергії) зменшить обсяги утилізованої теплоти та, відповідно, економію.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. Охорона праці

Розробка та впровадження проекту системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" повинна відповідати всім чинним нормативно-правовим актам з охорони праці та промислової безпеки в Україні. Метою цього розділу є ідентифікація потенційних небезпек та розробка заходів щодо їх запобігання та мінімізації ризиків для життя та здоров'я працівників.

### 4.1. Нормативно-правова база

При проектуванні, монтажі та експлуатації системи утилізації теплоти необхідно керуватися наступними основними нормативно-правовими актами:

Закон України "Про охорону праці".

Кодекс цивільного захисту України.

Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском (НПАОП 0.00-1.81-18).

Правила безпечної експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій і теплових мереж (НПАОП 0.00-1.69-13).

Державні будівельні норми (ДБН) та стандарти України (ДСТУ), що стосуються проектування промислових будівель, котелень та вентиляційних систем.

Правила пожежної безпеки в Україні.

Інші галузеві нормативно-правові акти з охорони праці для підприємств харчової промисловості та енергетики.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2. Аналіз потенційних небезпек

При експлуатації нової системи утилізації теплоти можуть виникнути наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

**Високі температури:** Гарячі поверхні котла-утилізатора, газоходів, паропроводів та іншого обладнання. Можливість термічних опіків.

**Високий тиск:** Робота з паром під тиском вище атмосферного в котлі, паропроводах, арматурі. Ризик вибуху або розгерметизації з викидом гарячої пари.

**Викид шкідливих речовин:** Відхідні гази КГУ містять продукти згорання (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO), які у разі негерметичності газоходів або димової труби можуть потрапити в робочу зону.

**Рухомі частини:** Вентилятори, насоси, запірні та регулююча арматура з приводами. Ризик травмування.

**Електричний струм:** Електрообладнання, кабельні лінії, системи автоматизації. Ризик ураження електричним струмом.

**Шум та вібрація:** Робота газопоршневої установки, газоходів, вентиляторів та насосів може створювати підвищений рівень шуму та вібрації.

**Висота:** Роботи на висоті при монтажі та обслуговуванні обладнання (наприклад, димової труби, висотних газоходів).

**Пожежна небезпека:** Наявність паливопроводу (газ) та високотемпературних поверхонь створює ризик загорання.

**Корозія:** Можливість внутрішньої корозії газоходів та поверхонь нагріву котла при падінні температури відхідних газів нижче точки роси.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3. Заходи із забезпечення охорони праці

Для запобігання виникненню небезпечних ситуацій та мінімізації ризиків передбачаються наступні заходи:

#### Організаційні заходи:

Розробка та затвердження інструкцій з охорони праці для всіх видів робіт, пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням системи утилізації.

Навчання та інструктаж персоналу з питань охорони праці, правил пожежної безпеки, надання першої медичної допомоги.

Регулярні медичні огляди працівників.

Призначення відповідальних осіб за безпечну експлуатацію обладнання.

Впровадження системи наряд-допусків для виконання робіт підвищеної небезпеки.

#### Технічні заходи:

**Розміщення обладнання:** Дотримання безпечних відстаней між обладнанням, забезпечення достатніх проходів та робочих зон. Забезпечення необхідного освітлення.

**Ізоляція:** Надійна теплоізоляція всіх гарячих поверхонь (котла, газоходів, паропроводів) для запобігання термічним опікам та зменшення теплових втрат.

#### Автоматизація та системи безпеки:

Встановлення автоматичних систем контролю та регулювання параметрів (температури газів, тиску пари, рівня води в котлі, концентрації CO в газоходах).

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи аварійної сигналізації та автоматичного відключення обладнання при відхиленні параметрів від норми (наприклад, критичне підвищення тиску, зниження рівня води).

Запобіжні клапани на паропроводах.

Блокування, що виключають помилкові дії персоналу.

**Вентиляція:** Забезпечення ефективної припливно-витяжної вентиляції в приміщеннях, де розміщено обладнання, для підтримання нормального мікроклімату та запобігання накопиченню шкідливих газів.

**Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):** Забезпечення працівників необхідними ЗІЗ (спецодяг, спецвзуття, рукавички, захисні окуляри, засоби захисту органів дихання при необхідності).

**Протипожежні заходи:**

Використання негорючих матеріалів для конструкцій та ізоляції.

Наявність первинних засобів пожежогасіння (вогнegasники) у доступних місцях.

Встановлення пожежної сигналізації та автоматичних систем пожежогасіння (за потреби).

Регулярні перевірки та обслуговування пожежного обладнання.

**Заземлення та блискавкозахист:** Забезпечення надійного заземлення всього електрообладнання та системи блискавкозахисту.

**Захист від шуму та вібрації:** Застосування шумоізолюючих матеріалів, встановлення обладнання на віброізолюючі основи.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.4. Відповідальність

Відповідальність за дотримання вимог охорони праці покладається на керівництво ПрАТ "Миронівська птахофабрика", інженерно-технічних працівників, які здійснюють нагляд за експлуатацією, та безпосередньо на персонал, який обслуговує систему. Регулярний виробничий контроль та аудит системи охорони праці є обов'язковими.

#### 4.5. Аварійні ситуації та дії персоналу

Для мінімізації наслідків можливих аварійних ситуацій необхідно розробити чіткий план дій для персоналу.

- **Перелік можливих аварій:** Визначити потенційні аварійні ситуації (наприклад, розгерметизація паропроводу, витік газу, пожежа, зупинка живильних насосів, падіння рівня води в котлі).
- **Алгоритм дій:** Розробити детальні інструкції для персоналу щодо послідовності дій у випадку виникнення кожної аварійної ситуації, включаючи порядок оповіщення, відключення обладнання, евакуації та надання першої допомоги.
- **Навчання та тренування:** Проведення регулярних протиаварійних тренувань та навчань для відпрацювання навичок швидкого та правильного реагування на надзвичайні ситуації.

#### 4.6. Заходи електробезпеки

Електричне обладнання є джерелом підвищеної небезпеки, тому необхідно вжити комплексних заходів з електробезпеки.

- **Групи електробезпеки:** Присвоєння відповідних груп електробезпеки персоналу, що обслуговує електрообладнання.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Захисні відключення:** Встановлення автоматичних вимикачів, пристроїв захисного відключення (ПЗВ) та релейного захисту для запобігання ураження електричним струмом та коротких замикань.
- **Ізоляція та заземлення:** Забезпечення надійної ізоляції електропроводки та обладнання, а також контуру захисного заземлення для всього металевого обладнання.
- **Плакати безпеки:** Розміщення попереджувальних знаків та плакатів безпеки на електрообладнанні та в місцях проведення робіт.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Захист навколишнього середовища

Впровадження системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" має значний позитивний вплив на навколишнє середовище. Даний розділ аналізує екологічні аспекти проекту та обґрунтовує його внесок у зниження негативного впливу на довкілля.

### 5.1. Нормативно-правова база

Екологічна безпека проекту забезпечується дотриманням вимог чинного законодавства України у сфері охорони навколишнього природного середовища:

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища".

Закон України "Про охорону атмосферного повітря".

Водний кодекс України.

Податковий кодекс України (в частині екологічного податку).

Державні санітарні норми та правила (ДСанПіН).

Інші галузеві та міжгалузеві нормативні документи, що регулюють питання екологічної безпеки промислових підприємств.

### 5.2. Аналіз екологічних аспектів існуючої системи

Існуюча система теплопостачання ПрАТ "Миронівська птахофабрика", як і будь-яке промислове виробництво, здійснює певний вплив на навколишнє середовище, основними компонентами якого є:

#### Викиди забруднюючих речовин в атмосферу:

Відхідні гази когенераційної установки та існуючих газових котлів містять продукти згоряння природного газу: оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), оксид вуглецю (CO), а також вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), який є основним парниковим газом. Висока температура відхідних газів також створює тепловий викид.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пилові забруднення (відносяться до загальних викидів підприємства, не від спалювання газу).

#### **Скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти:**

Утворення стічних вод від продувок котлів, дренажів, систем водопідготовки, що потребують очищення.

#### **Утворення відходів:**

Відходи від експлуатації та обслуговування енергетичного обладнання.

### **5.3. Позитивний екологічний ефект від впровадження проекту**

Впровадження котла-утилізатора VIESSMANN для утилізації теплоти відхідних газів КГУ призведе до значного позитивного екологічного ефекту:

#### **5.3.1. Зниження викидів парникових газів (CO<sub>2</sub>)**

Найбільш вагомим екологічним ефектом є скорочення викидів вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), який є основним фактором зміни клімату. Це досягається за рахунок:

##### **Зменшення споживання природного газу існуючими котлами:**

Виробництво пари котлом-утилізатором зменшує необхідність спалювання природного газу в основних котлах. Оскільки для виробництва тієї ж кількості пари більше не потрібно спалювати паливо, відповідна кількість CO<sub>2</sub> не буде викидатися в атмосферу.

**Розрахунок скорочення викидів CO<sub>2</sub>:** Згідно з розділом 3, річна економія природного газу становить  $V_{\text{газ.ек}}=4746540$  м<sup>3</sup>/рік.

Питомий викид CO<sub>2</sub> при спалюванні природного газу: 1,85 кг CO<sub>2</sub> на 1 м<sup>3</sup> природного газу.

Скорочення викидів CO<sub>2</sub>= $V_{\text{газ.ек}} \cdot \text{Питомий викид CO}_2$

CO<sub>2</sub>= $4746540 \text{ м}^3/\text{рік} \cdot 1,85 \text{ кг CO}_2/\text{м}^3=8780199 \text{ кг CO}_2/\text{рік}$

**Скорочення викидів CO<sub>2</sub> становить приблизно 8780 тонн/рік.**

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Зниження теплового забруднення:** Зниження температури відхідних газів зі 480 °С до 150 °С перед їх викидом у атмосферу зменшує тепловий вплив на приземний шар атмосфери.

### 5.3.2. Зниження викидів інших забруднюючих речовин

Хоча природний газ є відносно "чистим" паливом, його спалювання все одно супроводжується утворенням NO<sub>x</sub> та CO. Зменшення загального обсягу спалюваного газу на підприємстві призведе до пропорційного зниження викидів цих шкідливих речовин.

Скорочення викидів NO<sub>x</sub>: [Орієнтовно на 4,75 млн м<sup>3</sup> газу].

Скорочення викидів CO: [Орієнтовно на 4,75 млн м<sup>3</sup> газу].

### 5.3.3. Раціональне використання природних ресурсів

Проект сприяє раціональному використанню природного газу, який є невідновлюваним ресурсом, шляхом підвищення ефективності його використання та утилізації вторинної теплоти.

### 5.4. Заходи з охорони навколишнього середовища при експлуатації системи

Окрім позитивного ефекту від утилізації, під час експлуатації нової системи необхідно дотримуватися ряду заходів для мінімізації будь-якого потенційного негативного впливу:

**Контроль викидів:** Регулярний моніторинг параметрів відхідних газів після котла-утилізатора та на виході з димової труби для контролю температури, а також концентрації CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> та CO.

**Водопідготовка та скиди:** Забезпечення належної водопідготовки для живильної води котла-утилізатора. Очищення та контроль складу стічних вод (продувок, дренажів) перед їх скидом або утилізацією.

**Управління відходами:** Організація збору, сортування та належної утилізації або захоронення всіх утворених відходів згідно з чинним законодавством.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Технічне обслуговування:** Своєчасне та якісне обслуговування всього обладнання для забезпечення його ефективної та екологічно безпечної роботи.

**Автоматизація та моніторинг:** Впровадження систем автоматичного контролю та управління, що дозволяють оптимізувати режими роботи, знижувати споживання ресурсів та мінімізувати аварійні ситуації, які можуть призвести до надмірних викидів.

Впровадження даного проекту є важливим кроком для ПрАТ "Миронівська птахофабрика" у напрямку сталого розвитку, демонструючи відповідальне ставлення до використання енергоресурсів та охорони навколишнього середовища.

## 5.5. Оцінка впливу на водні ресурси

Реалізація проекту безпосередньо не збільшує споживання води для основних технологічних процесів, однак використання котла-утилізатора вимагає підготовленої живильної води та може генерувати деякі обсяги стічних вод від продувок.

**Мінімізація водоспоживання:** Забезпечення високого відсотка повернення конденсату знижує потребу у свіжій воді та, відповідно, обсяги утворених стічних вод.

**Контроль якості скидів:** Всі скиди від системи (наприклад, дренажі або води від регенерації фільтрів водопідготовки, якщо такі використовуються) повинні проходити належну очистку та відповідати нормативним вимогам до якості скидних вод перед їх відведенням у каналізаційну систему або водні об'єкти.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.6. Управління відходами

Проект не передбачає значного утворення нових видів небезпечних відходів. Однак, важливо забезпечити належне управління тими відходами, що можуть утворюватися в процесі експлуатації та обслуговування.

**Категоризація відходів:** Чітке визначення типу та категорії всіх утворених відходів (наприклад, фільтруючі матеріали, мастила, використані деталі).

**Роздільний збір:** Організація роздільного збору відходів на місці їх утворення.

**Утилізація та знешкодження:** Передача відходів спеціалізованим підприємствам, що мають відповідні ліцензії на їх утилізацію, переробку або безпечне захоронення, згідно з чинним законодавством.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Висновки**

В рамках даної кваліфікаційної роботи було розроблено проект системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" шляхом встановлення парового котла-утилізатора VIESSMANN. Проведені дослідження та розрахунки дозволили зробити наступні висновки:

1. **Актуальність та доцільність проекту:** Аналіз існуючої системи теплопостачання ПрАТ "Миронівська птахофабрика" (КГУ електричною потужністю 2,5 МВт, існуючі газові котли) показав, що значний обсяг теплової енергії (відхідні гази КГУ з температурою близько 480 °С) наразі втрачається. Утилізація цієї теплоти є економічно та екологічно обґрунтованою, дозволяючи підвищити загальну енергоефективність підприємства.
2. **Технічні рішення та вибір обладнання:** Запропоновано встановлення одного парового котла-утилізатора виробництва компанії VIESSMANN. Обґрунтовано вибір обладнання високою якістю, надійністю та відповідністю сучасним енергоефективним стандартам. Розроблено принципову схему інтеграції котла-утилізатора в існуючу пароконденсатну схему підприємства, що передбачає використання обвідного газоходу для гнучкості експлуатації.
3. **Енергетична ефективність та паропродуктивність:**

Проведений тепловий розрахунок показав, що за рахунок утилізації теплоти відхідних газів КГУ, котел-утилізатор зможе виробляти близько **5,52 тонн насиченої пари на годину** з тиском 0,9 МПа.

Це дозволить щорічно заощаджувати близько **4,75 млн м<sup>3</sup> природного газу**, який раніше спалювався в існуючих газових котлах для виробництва цієї ж кількості пари.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Економічна ефективність:

Орієнтовна річна економія коштів на паливі становить приблизно **71,2 млн грн.** (за поточними цінами на природний газ).

При орієнтовних капітальних витратах проекту в 45 млн грн, попередній термін окупності інвестицій складає всього близько **0,63 року.** Це свідчить про виняткову інвестиційну привабливість проекту для ПрАТ "Миронівська птахофабрика".

#### 5. Охорона праці та промислова безпека:

Розроблено комплекс заходів із забезпечення безпечної експлуатації нової установки, що включає організаційні та технічні рішення, спрямовані на мінімізацію ризиків, пов'язаних з високими температурами, тиском, рухомими частинами та електричним струмом.

Особливу увагу приділено автоматизації систем контролю та безпеки, що є ключовим для запобігання аварійним ситуаціям.

#### 6. Захист навколишнього середовища:

Впровадження проекту призведе до значного позитивного екологічного ефекту, головним чином за рахунок скорочення викидів парникових газів (CO<sub>2</sub>). Розрахункове щорічне зменшення викидів CO<sub>2</sub> становить близько **8780 тонн.**

Проект також сприяє зниженню теплового забруднення атмосфери та раціональному використанню природних ресурсів.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Загальний висновок:** Проект системи утилізації теплоти відхідних газів когенераційної установки на ПрАТ "Миронівська птахофабрика" є технічно обґрунтованим, економічно високоефективним та екологічно доцільним. Його реалізація дозволить підприємству суттєво підвищити свою енергоефективність, знизити операційні витрати, покращити екологічні показники та зміцнити позиції на ринку.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Список використаної літератури

При написанні кваліфікаційної роботи були використані нормативно-правові акти, навчальні посібники, довідники, наукові статті, а також технічна документація та інтернет-ресурси, що стосуються теплоенергетики, промислової безпеки, охорони праці та захисту навколишнього середовища.

1. Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (із змінами).
2. Закон України "Про охорону атмосферного повітря" від 16.10.1992 № 2707-ХІІ (із змінами).
3. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI (із змінами).
4. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. НПАОП 0.00-1.81-18. Затверджено наказом Міністерства соціальної політики України від 05.07.2018 № 917.
5. Правила безпечної експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій і теплових мереж. НПАОП 0.00-1.69-13. Затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 12.12.2013 № 892.
6. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи: для здобувачів освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 144 "Теплоенергетика" освіт. програми "Теплоенергетика та енергоефективні технології" ден. та заоч. форм навч. Ч. 2 : Тепловий розрахунок водогрійної котельні / уклад. : В. М. Філоненко, М. О. Прядко ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2022. — 117 с.
7. Буригін Р.В. Промислові парові котли: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 280 с.
8. Довідник теплоенергетика промислових підприємств. Під ред. А.В. Андрющенка. – К.: Техніка, 2007.

					00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Офіційний сайт компанії VISSMANN. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [вставити посилання на офіційний сайт VISSMANN або конкретну сторінку з описом котлів-утилізаторів, наприклад, <https://www.viessmann.ua/>]
10. Дяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія: підручник / За ред. А.П. Марченка. - Харків : НТУ "ХПТ", 2008. - 488 с.
11. Малярєнко В.А. Шубєнко О.Л, Андрєєв С.Ю, Бабак М.Ю, Сенєцький О.В. Когенєраційні технології в малій енергетиці: монографія / Харків: ХНУМГ ім. О.М.Бєкетова, 2018.- 454 с.
12. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств. Навчальний посібник. - Вінниця : ВНТУ, 2011.- 120 с
13. Філонєнко В.М. Когенєрація.- Навч. посібник.- К.: ЮНІДО.- Модуль 19. с. 58.
14. Когенєрація в енергетиці [Електронний ресурс]: курс лекцій для здобув. осв. наук. степ. «доктор філософії» спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» осв. наук. прогр. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та спец. 144 «Теплоенергетика», осв. наук. програми «Теплоенергетика та енергоефективні технології» ден. та заоч. форм навч. / уклад. В.М. Філонєнко. - К.: НУХТ 2024.-220 с. Режим доступу: <http://Hbrary/nuft.edu.ua/ua/ebook/file>.

					<b>00КРБ 144ОПТЕ00.008.192033.2025.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		