

# Утилізація теплоти на міні – ТЕЦ ТОВ “Черкасихліб ЛТД”

Возіян Ю.К.

Студентка групи ТЕ-14м

Науковий керівник:

к.т.н. доц, Резидент Н. В.

**Актуальність роботи.** Розробка ефективних теплових схем комбінованих систем енергопостачання, які забезпечують виробництво теплової енергії на базі існуючих промислових підприємств, для вирішення проблем енергозбереження і поліпшення екологічної обстановки у світі нових тенденцій розвитку енергетики. Використання скидного потенціалу в технологічних лініях газів і пари для екологічно чистого виробництва електроенергії є також одним з пріоритетних напрямків енергозбереження, що відображені в законі України. Використання перепадів тиску в лініях системи газопостачання здійснюється за допомогою детандер–генераторних агрегатів (ДГА). Використання перепадів тиску в технологічних лініях пари здійснюється за допомогою протитискових турбін малої потужності замість редуційно–охолоджувальних установок.

**Зв'язок роботи з програмами, планами.** Робота виконана відповідно до законів України: “Про енергозбереження” (2012); “Про теплопостачання” (2010); “Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного потенціалу” (2010), а також пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки в Україні “ Екологічно чиста енергетика та енергозберігаючі технології”.

**Мета:** Підвищення енергоефективності роботи підприємства ТОВ «Черкасихліб ЛТД» шляхом створення міні – ТЕЦ, використання потенціалу скидної теплоти, та перепаду тиску в технологічних лініях пари і газів.

## **Задачі:**

- здійснити аналіз роботи котельні за існуючою тепловою схемою;
- обґрунтувати необхідність створення міні–ТЕЦ на базі котельні;
- запропонувати реконструкцію щодо парового котла з метою генерації перегрітої пари;
- вибрати протитискові парову турбіну для міні–ТЕЦ;
- визначити загальні закономірності “глибокої” утилізації теплоти відхідних газів;
- методом числових розрахунків визначити параметри найбільш ефективної роботи та розміри контактного утилізатора;
- варіантними розрахунками визначити доцільні режими роботи детандер-генераторного агрегату;
- здійснити розрахунки теплової схеми міні–ТЕЦ з визначенням основних показників ефективності її роботи;
- здійснити порівняння роботи котельні та міні–ТЕЦ;
- розробити технологію монтажу трубчастого водо-водяного теплообмінника;
- розробити функціональну схему автоматизації парогенератора;
- розробити заходи з охорони праці та цивільного захисту.

**Об'єкт дослідження** Робочі процеси в тепловій схемі міні – ТЕЦ з використання потенціалу скидної теплоти.

**Предмет дослідження** Комплекс показників, які впливають на енергоефективність роботи установок для використання потенціалу скидної теплоти в тепловій схемі міні – ТЕЦ ТОВ «Черкасихліб ЛТД».

**Методи дослідження** В роботі використані математичне моделювання, числовий експеримент, порівняльний аналіз результатів числового експерименту.

**Наукова новизна** Набули подальшого розвитку методи оцінки ефективності застосування скидного потенціалу теплоти відхідних газів на теплоенергетичному об'єкті, за рахунок встановлення загальних закономірностей утилізаційних складових теплоти відхідних газів що дозволило оцінювати показники роботи котлів з глибокою утилізацією теплоти.

**Практична цінність** Отримані зручні для інженерної практики формули для визначення втрат теплоти з відхідними газами в котлах, коефіцієнтів, що характеризують інтенсивність утилізації теплоти за рахунок «сухого» і конденсаційного теплообміну. На основі результатів досліджень розроблена методика розрахунків контактного утилізатора теплоти з ефективним режимом роботи. Отримані результати є необхідною передумовою для вибору типу конденсаційних утилізаторів та експрес – оцінки ефективності застосування утилізації відхідних газів із котлів. Здійснено комплексне застосування прогресивних методів енергозбереження на окремому теплоенергетичному об'єкті за рахунок використання скидного потенціалу теплоти газів та перепаду тисків в технологічних лініях пари і газів з комбінованим виробництвом теплової та електричної енергії. Результати роботи є основою для створення енергоефективних міні–ТЕЦ на базі промислових котеленд

**Достовірність теоретичних положень** магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю поставлених завдань, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, чітким виведенням аналітичних співвідношень.

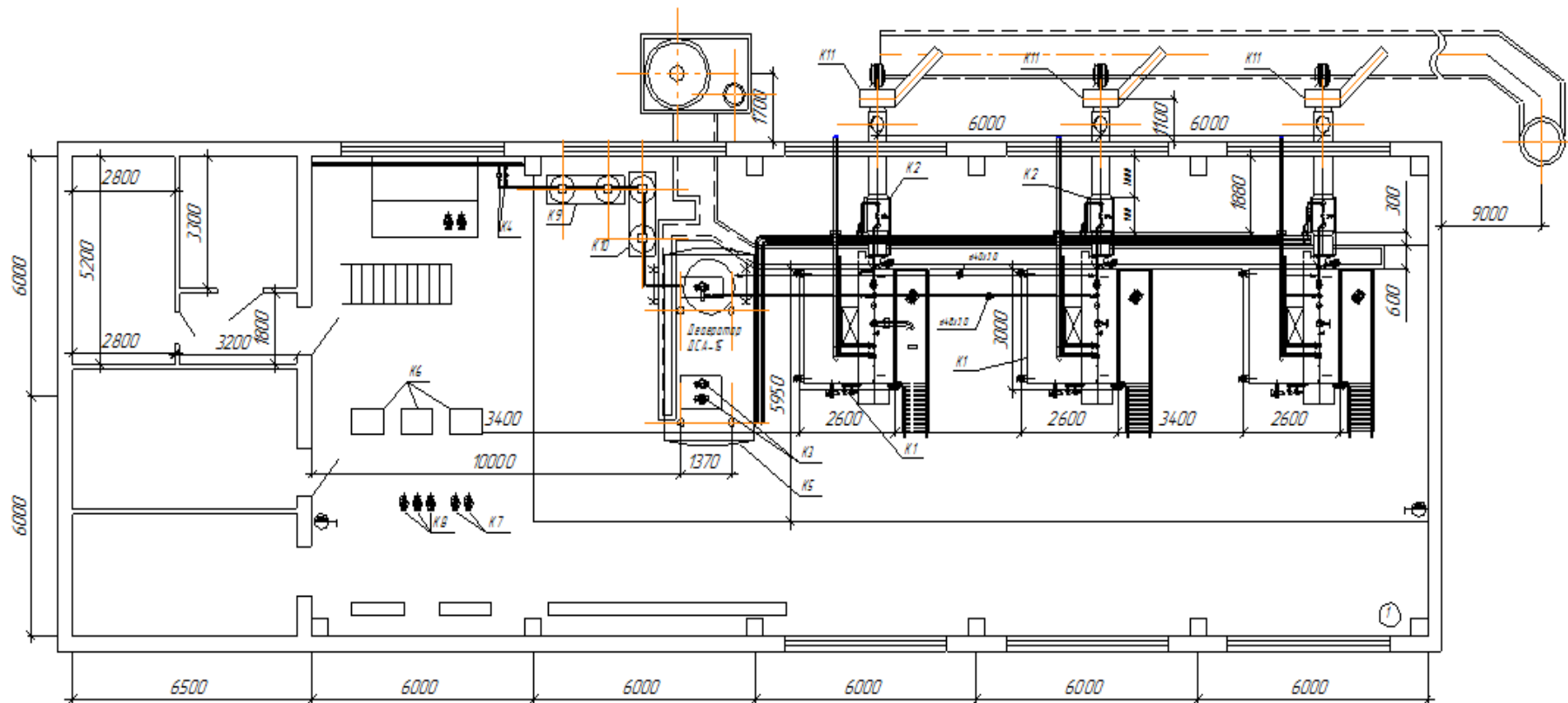
**Особистий внесок здобувача** Усі результати роботи отримано автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві, магістранту належать:  
[103] – виконання числових досліджень; [154] – узагальнення результатів числових експериментів.

**Апробація результатів роботи** Основні результати роботи доповідались і обговорювались на: науково–технічній конференції професорсько – викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно–технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (Вінниця, 2014 – 2015 р.р); Міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві» (Вінниця, 2014 р.), Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт в галузі «Енергетика» (м. Маріуполь, 2014 р.).

**Публікації** За матеріалами роботи опубліковано 2 статті в журналах, що входять до переліку фахових видань України.

**Структура і обсяг роботи** Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 11-ти розділів, висновків (124 сторінок основного тексту), списку використаних джерел (158 позиції) та додатків на 25 сторінках.

# План котельні ТОВ “Черкасихліб ЛТД”



# Принципова теплова схема котельні “Черкасихліб ЛТД”<sup>7</sup>

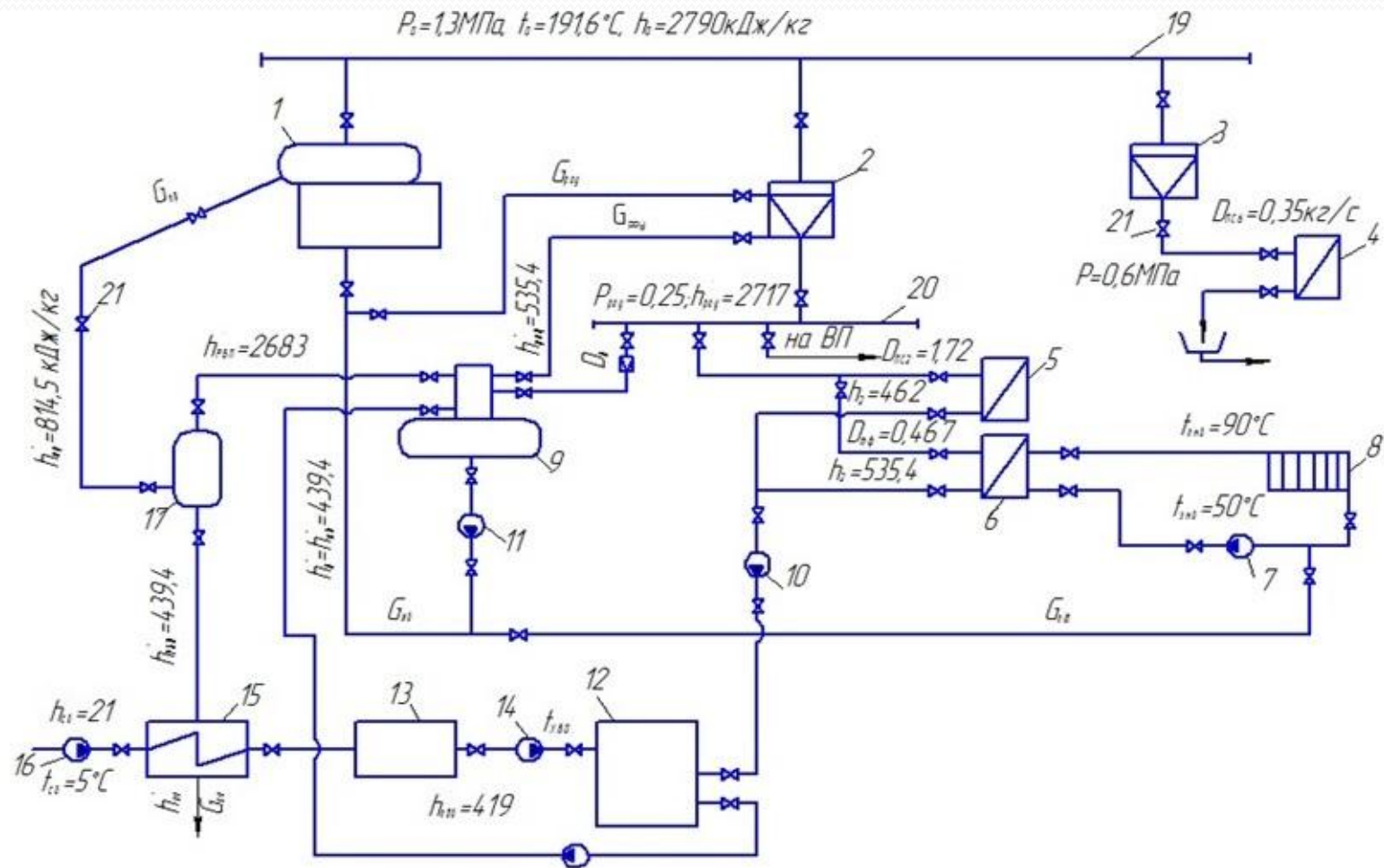


Рисунок 1 Принципова теплова схема котельні “Черкасихліб”

Принципова теплова схема котельні: 1-парогенератор ДКВР-6,5/13; 2-редукційно-охолоджувальна установка (РОУ); 3-редукційна установка; 4-промисловий споживач пари з тиском 0,6МПа; 5-промислові споживачі париз тиском 0,2МПа; 6-мережний підігрівник системи теплофікації; 7-мережний насос; 8-споживачі гарячої води; 9-деаератор; 10-насос зворотнього конденсату; 11-живильний насос; 12-бак для зливання води; 13-ХВО; 14-насос ХВО; 15-підігрівник сирової води; 16-насос сирової води; 17-розширник безперервної продувки; 18-драсельний вентиль; 19-колектор гострої пари; 20-колектор пари з тиском 0,25МПа; 21-запірна арматура.

## Річні показники роботи котельні за існуючою тепловою схемою

Показники	Позначення	Розмірність	Період роботи		
			Опалювальний	Міжопалювальний	Річні
Витрата палива	B	тис·м <sup>3</sup> /год	3528	2122,2	5650,2
Витрата електроенергії на власні потреби	E	МВт·год	371,812	248,507	620,32
Витрата додаткової води	G <sub>дв</sub>	кг/с	691,036	393,364	1084,4
Витрата пари на РОУ	G <sub>роу</sub>	кг/с	2954,97	1742,12	4697,1
Витрата пари в котельні	G <sub>кот</sub>	кг/с	9881,6	5887,72	15769,32
Питома витрата умовного палива	b <sub>y</sub>	кг/ГДж	41,34	42,76	41,9
Відпущена теплота	Q <sub>від</sub>	МВт·год	26999	16080,25	43079,25
Коефіцієнт використання теплоти палива	k <sub>втп</sub>		0,825	0,79	0,8



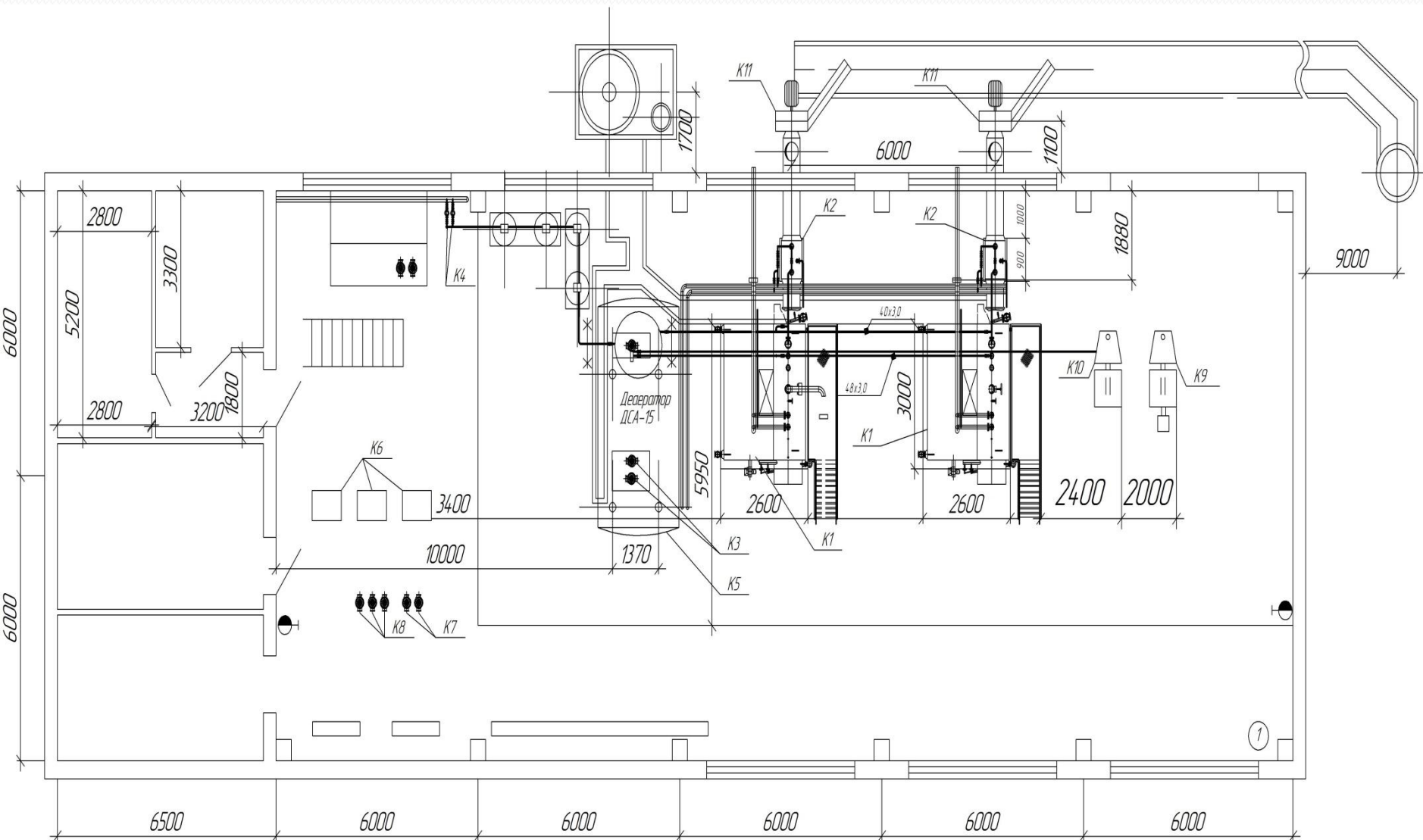
## Багатоваріантний аналіз реконструкції котельні

- Заміна існуючого обладнання котельні на сучасне (заміна котлів, насосів та ін)
- Створення міні-ТЕЦ з двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ);
- Створення міні-ТЕЦ із заміною котлів, установленням контактного утилізатора, парової турбіни, ДГА;
- Створення міні-ТЕЦ на базі ГТУ;
- Створення міні-ТЕЦ з ДВЗ і детандер-генератором (ДГА);
- Переведення котельні на спалювання пелет;
- Переведення котельні на спалювання відходів деревини;
- Переведення котельні на спалювання вугілля, мазуту;
- Переведення котельні на спалювання соломи.

## Порівняння енергетичної ефективності за варіантами реконструкції теплової схеми котельні

Річні показники роботи котельні	Існуюча котельня	ГТУ–ТЕЦ	Котельня на мазуті	Міні–ТЕЦ
Витрата палива, тис.м <sup>3</sup> /рік;	5650	6356,25	4779,06	5155,75
Витрата на паливо, млн.грн./рік	51,89	58,38	43,9	47,35
Віпущена електроенергія МВт·год/рік	-	2645,15	-	2740,45
Прибуток за електроенергію, млн.грн./рік	-	0,001317	-	0,00137
Споживання електроенергії, МВтгод/рік	620,32	-	620,32	-
Витрати на електроенергію, млн.грн./рік	0,000927	-	0,000927	-
Приведені витрати на виробництво теплової енергії, млн.грн	-	41,4	39,287	38,183

# План міні – ТЕЦ ТОВ “Черкасихліб ЛТД”



# Принципова теплова схема міні – ТЕЦ ТОВ “Черкасихліб ЛТД”<sup>12</sup>

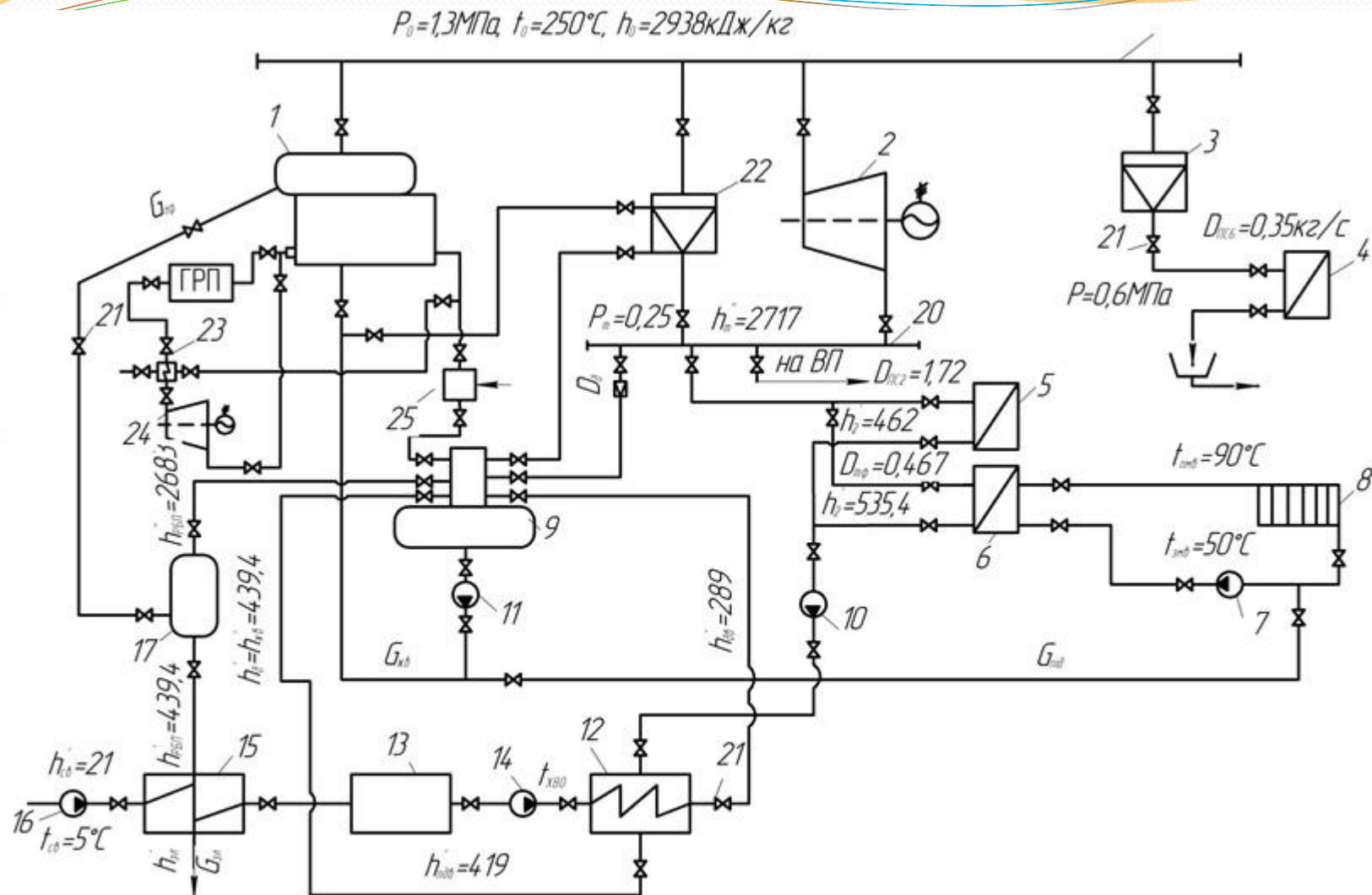


Рисунок 2 - Принципова теплова схема міні-ТЕЦ

1-парогенератор ДКВР-10/13; 2-парова турбіна ПВМ-250 ЭГ; 3-редукційна установка; 4-промисловий споживач пари з тиском 0,4 МПа; 5-промислові споживачі париз тиском 0,2 МПа; 6-мережний підігрівник системи теплофікації; 7-мережний насос; 8-споживачі гарячої води; 9-деаератор; 10-насос зворотнього конденсату; 11-живильний насос; 12-підігрівник додаткової води; 13-ХВО; 14-насос ХВО; 15-підігрівник сирій води; 16-насос сирій води; 17-розширник безперервної продувки; 18-дросельний вентиль; 19-колектор гострої пари; 20-колектор пари з тиском 0,25 МПа; 21-запірна арматура; 22-РОУ; 23-газовий пальник; 24-детандер; 25-контактний утилізатор.

# Розрахунки теплової схеми міні – ТЕЦ в опалювальний та міжопалювальний періоди

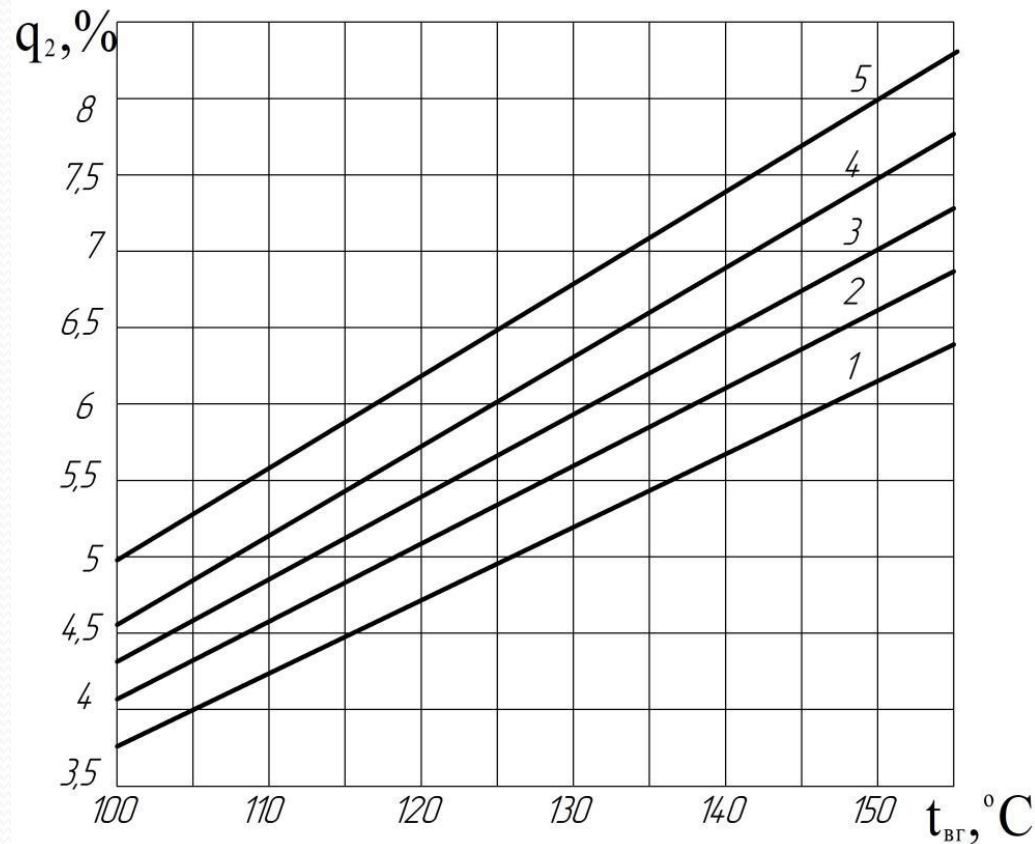
Найменування	Позначення	Показники роботи міні-ТЕЦ «Черкасихліб ЛТД»	
		Опалювальний	міжопалювальний
Потужність промислових споживачів, МВт	$Q_{\text{сп}}$	4,51	4,51
Потужність системи теплофікації , МВт	$Q_{\text{тф}}$	1	0,4
Відпущена тепла потужність , МВт	$Q_{\text{від}}$	5,51	4,91
Витрата робочого палива, м <sup>3</sup> /с	$V_p$	0,183	0,1635
Витрата умовного палива, кг/с	$V_y$	0,206	0,184
Потужність власних потреб, МВт	$N_{\text{вп}}$	0,06981	0,0690
Вироблена електрична потужність міні –ТЕЦ, МВт	$N_e$	0,4249	0,3748
Споживана електроенергія		–	–
Відпущена електрична потужність , МВт	$N_{\text{відп}}$	0,35544	0,305
Відпущена електроенергія	$E_{\text{відп}}$	1739,94	1000,51
Питома витрата умовного палива, кг/ГДж	$\bar{b}_y$	37,386	37,55
Коефіцієнт використання теплоти палива	$k$	0,913	0,908

# Дослідження утилізації теплоти відхідних газів із котлів в утилізаторах контактного типу

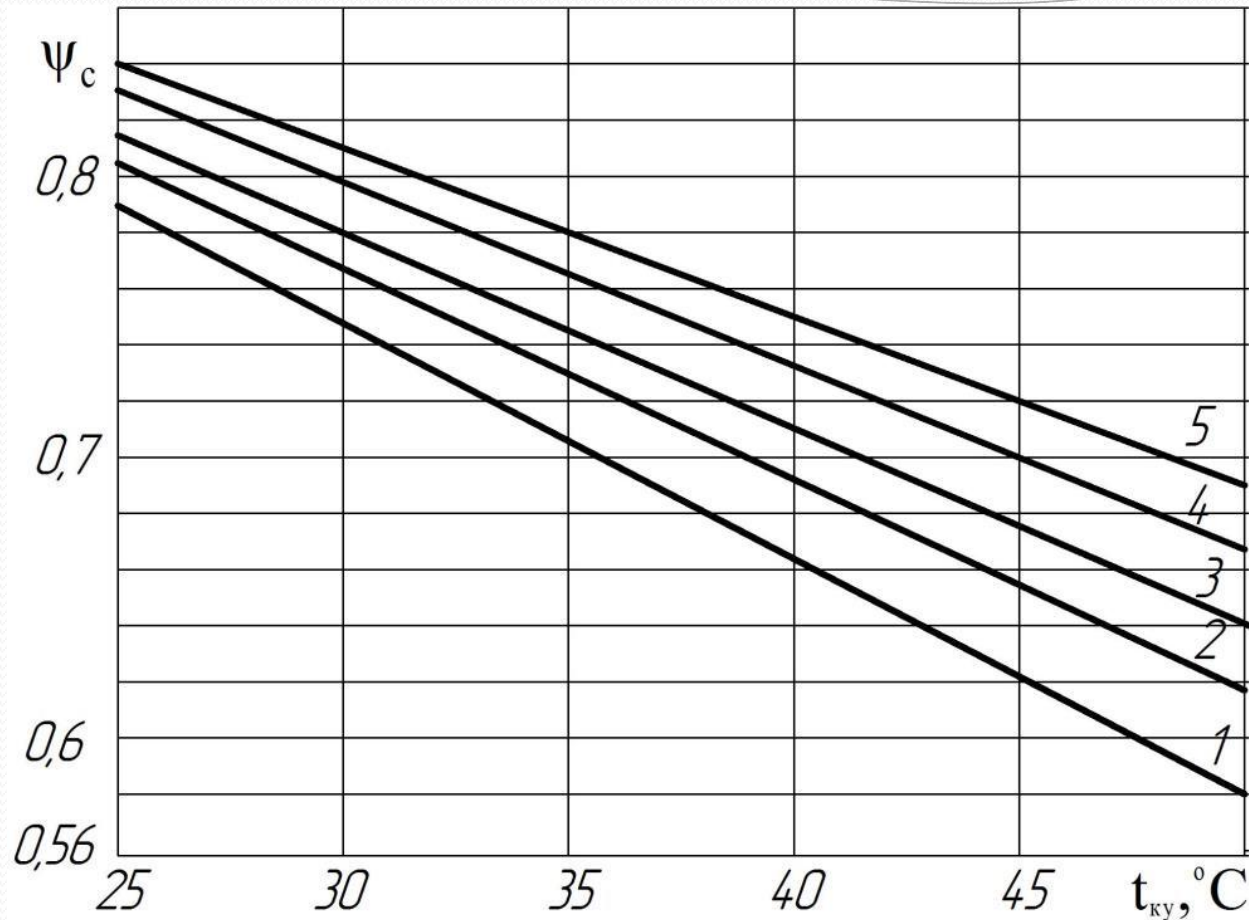
$$q_2 = [(0,0343 \cdot \alpha_{\text{вг}} + 0,00782)t_{\text{вг}} - \exp(0,4324 \cdot \alpha_{\text{вг}} - 0,3746)]\theta^{0,33}, \quad (1)$$

де  $\alpha_{\text{вг}}$  – коефіцієнт надлишку повітря у відхідних газах;  $\theta = [293/(t_{\text{хп}} + 375)]$ ;  
 $t_{\text{хп}}$  – температура холодного повітря.

Залежності  $q_2 = f(\alpha_{\text{вг}}, t_{\text{вг}})$  для  $\theta = 1$



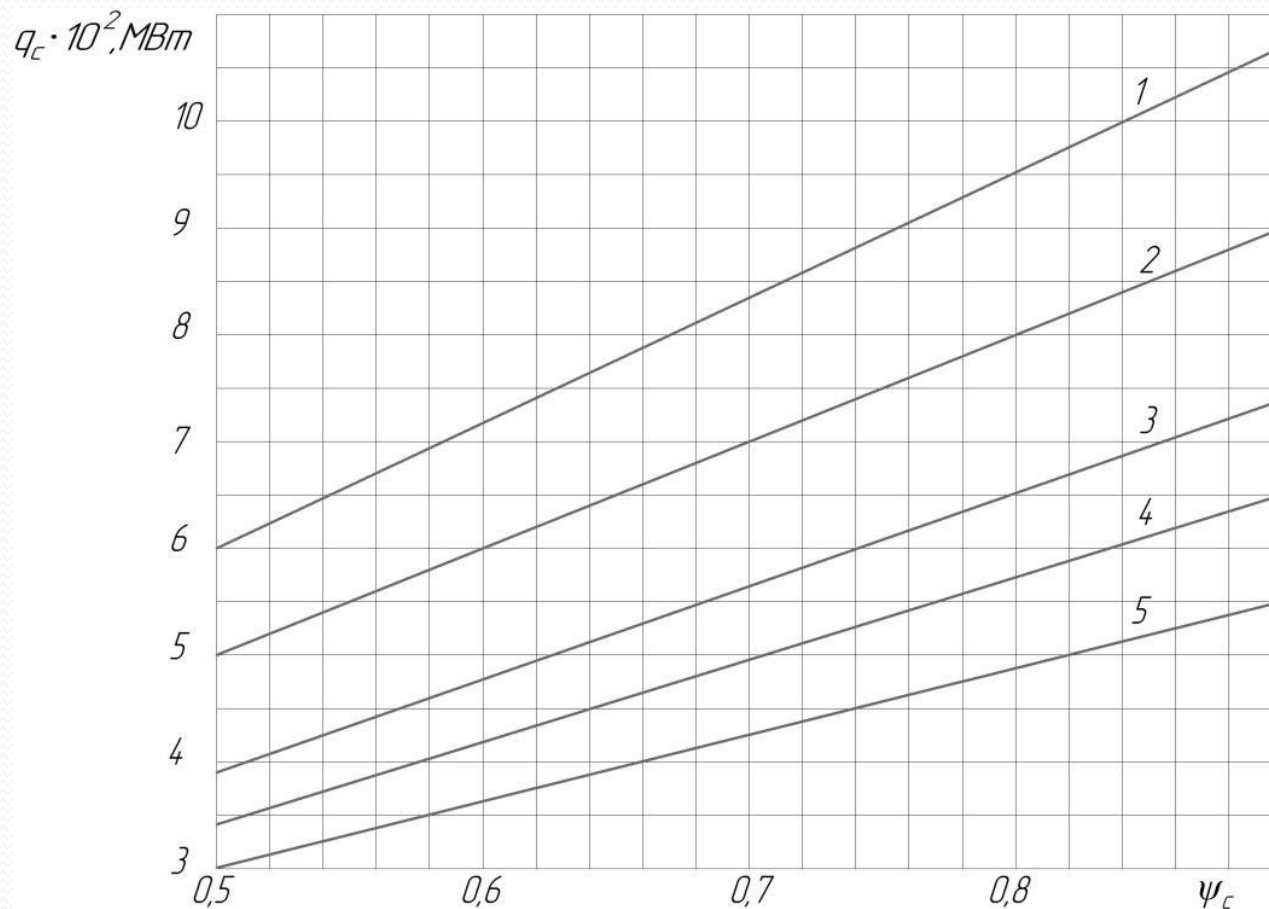
Значення  $q_2$ : 1-  $\alpha_{\text{вг}}=1,2$ ; 2-1,3; 3-1,4; 4-1,5; 5-1,6



Значення коефіцієнта утилізації теплоти за рахунок "сухого" теплообміну: 1- $t_{вГ}=120^\circ C$ ; 2-130; 3-140; 4-150; 5-160.

$$\Psi_c = 1 - (0,0152 - 5,75 \cdot 10^{-5} \cdot t_{вГ}) \cdot t_{кy} \quad (2)$$

Розрахункові значення питомої утилізаційної потужності  $q_c$  за рахунок "сухого" теплообміну в контактному утилізаторі



Залежності  $q_c = \varphi(\psi_c, \eta_k)$  для "сухого" теплообміну: 1-  $\eta_k=0,88$ ; 2-0,9; 3-0,92; 4-0,94; 5-0,96



Теплова потужність, яка утилізується в контактному утилізаторі за рахунок конденсації водяної пари із продуктів згорання палива складає:

$$Q_{\text{кн}} = B_p(Q_{\text{в}}^{\text{с}} - Q_{\text{н}}^{\text{с}}) \psi_{\text{кн}} = B_p \cdot Q_{\text{н}}^{\text{с}} (Q_{\text{в}}^{\text{с}} / Q_{\text{н}}^{\text{с}} - 1) \psi_{\text{кн}} = Q_{\text{пал}}(Q^* - 1) \psi_{\text{кн}}, \quad (3)$$

де  $Q_{\text{в}}^{\text{с}}$  – вища теплота згорання робочого палива, яка перевищує нижчу теплоту згорання на теплоту конденсації водяної пари;  $\psi_{\text{кн}} = (t_{\text{R}} - t_{\text{кв}}) / t_{\text{R}}$  – конденсаційний коефіцієнт утилізації теплоти;  $Q^* = Q_{\text{в}}^{\text{с}} / Q_{\text{н}}^{\text{с}}$ .

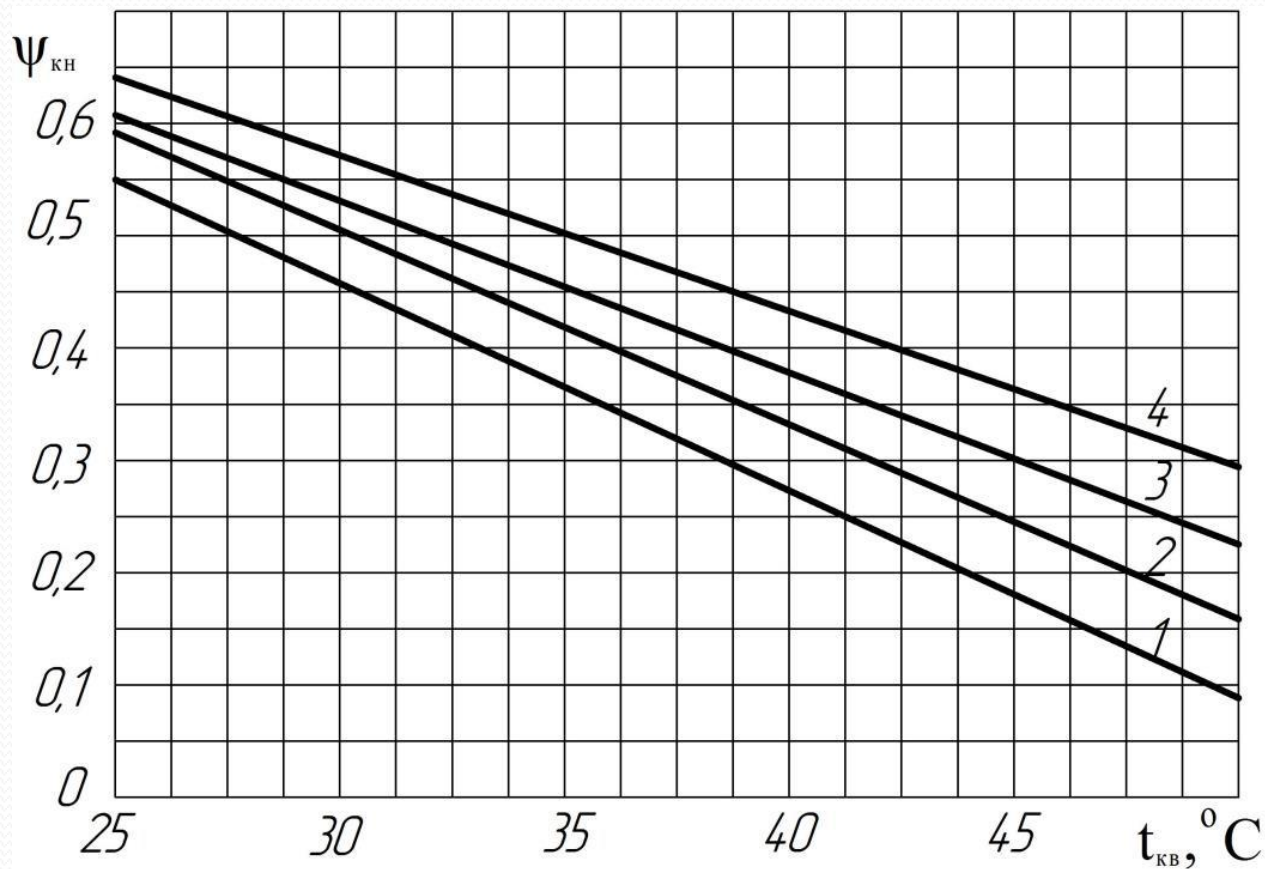
Температура точки роси  $t_{\text{к}}$  може бути визначена за:

$$t_{\text{R}} = 117,5 \cdot \alpha_{\text{ог}}^{-0,155} - 57,09, \quad (4)$$

Відношення  $Q^*$  для газоподібних палив за даними складає 1,111-1,1124.

В контактних утилізаторах температура точки роси збільшується за рахунок збільшення об'ємної частки водяної пари у відхідних газах. Крім того, підвищення вологовмісту дозволяє отримати додатковий ефект у вигляді зменшення викидів оксидів азоту в атмосферу.

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТІВ КОНДЕНСАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ У ВІДХІДНИХ ГАЗАХ

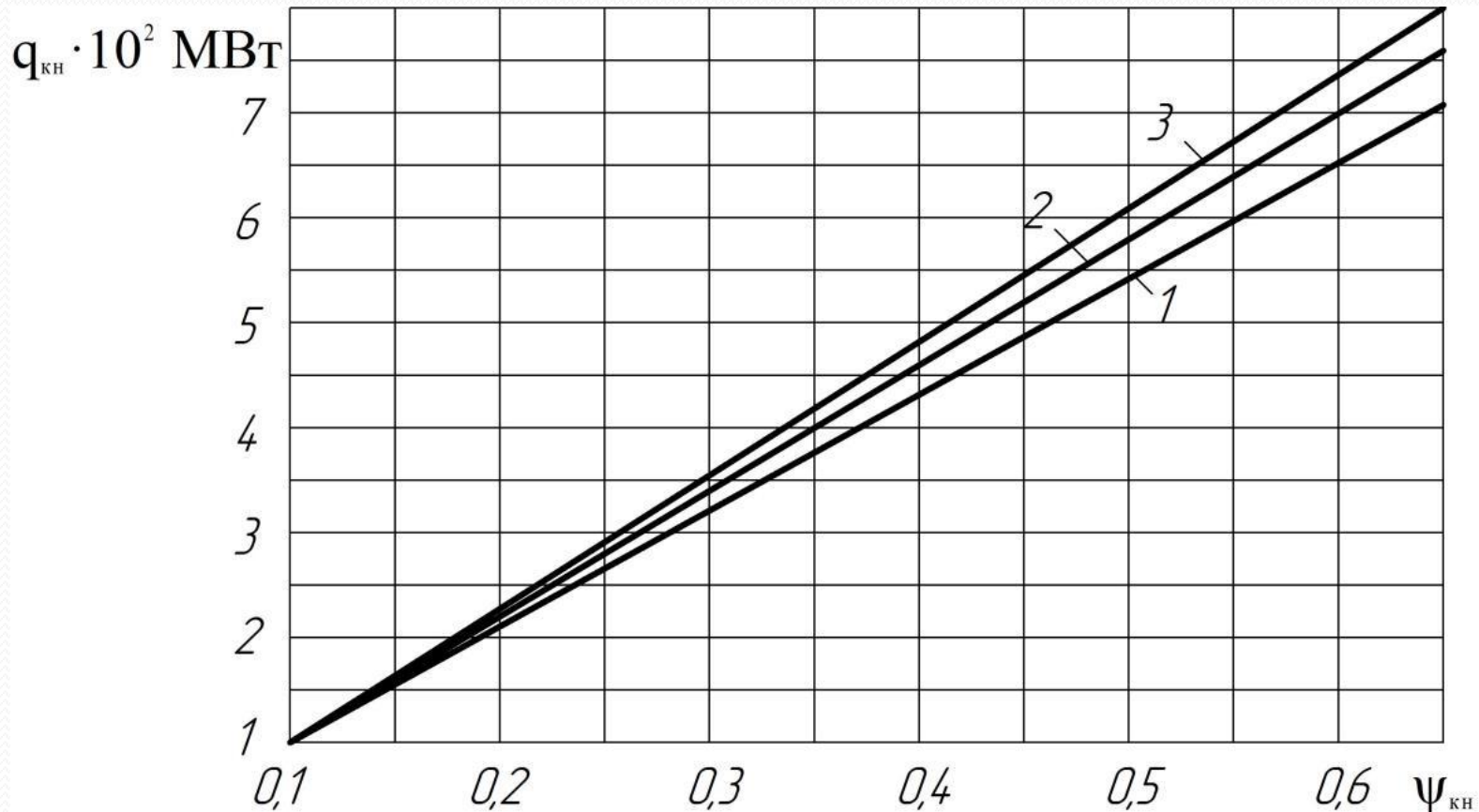


1-  $t_K=55^\circ C$ ; 2-60; 3-65; 4-70.

$$\Psi_{KH} = 1 - (0,02656 - 1,554 \cdot 10^{-4} \cdot t_K) t_{KY}$$

(5)

# Розрахункові значення питомої потужності конденсаційної складової теплообміну у відхідних газах $q_{\text{кн}}$ .



Залежності зміни питомої потужності за рахунок конденсаційного теплообміну у відхідних газах: 1-  $Q^*=1,111$ ; 2- $1,118$ ; 3- $1,124$ .

Показники	Тип котла		Тип котла	
	ДКВР-10-13-250	БГ-35	КОЛВІ 10000	ПТВМ-30
Теплова потужність котла, МВт	7,56	26,25	10	34,86
Температура відхідних газів, °С	160	130	145	155
Втрати теплоти з відхідними газами, %	5,88	5,92	6,71	7,27
Втрати теплоти в навколишнє середовище, %	1,3	1,1	1,55	0,95
Втрати теплоти від хімічного недопалу, %	0,03	0,022	0,025	0,02
Коефіцієнт корисної дії	0,9187	0,9295	0,9171	0,9176
Витрата робочого палива, м³/с	0,2463	0,8455	0,3264	1,1374
Теплова потужність спаленого палива, МВт	8,226	28,2397	10,9017	37,9891
Коефіцієнт утилізації для "сухого" теплообміну	0,723	0,692	0,724	0,7419
Питома потужність "сухого" теплообміну, МВт	0,0612	0,04878	0,0600	0,06113
Коефіцієнт утилізації конденсаційного теплообміну	0,3103	0,3103	0,3103	0,3103
Питома потужність конденсаційного теплообміну, МВт	0,0372	0,0372	0,0372	0,0372
Потужність утилізована в контактному утилізаторі, МВт	1,51	2,428	1,0596	3,735
Економія робочого палива:				
м³/с	0,05108	0,0782	0,0339	0,1194
%	10,1	9,25	10,386	13,01
Річна економія робочого палива, тис·м³	1432,59	2195,85	951,91	3352,75
Зменшення потужностей приводу тягодутьових установок, кВт	5,89	9,72	4,48	12,25
Річна економія електроенергії, МВт·год	46,84	75,816	34,944	95,55
Річне зменшення шкідливих викидів в атмосферу, тонн:				
оксид вуглецю	8,935	14,720	6,291	21,727
оксидів азоту	264,14	414,53	185,99	664,54
парникового газу (СО₂)	1805,74	2923,34	1273,23	4432,89

# Застосування контактної утилізатора в схемі міні – ТЕЦ

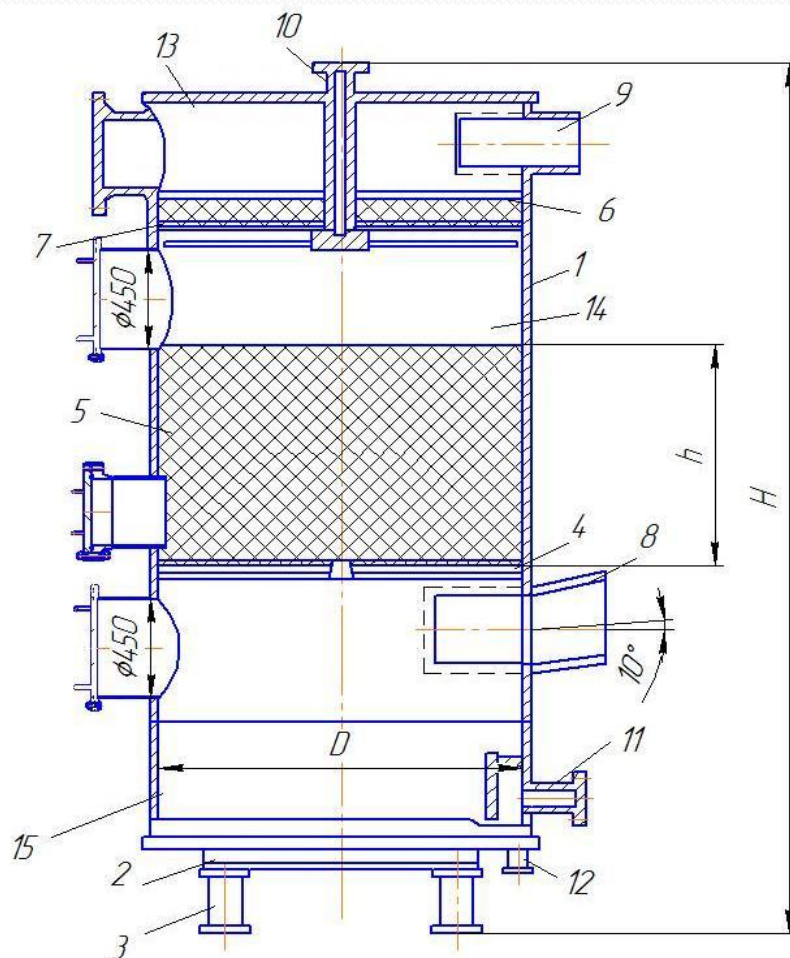


Рисунок 8 – Схема блочного контактної насадкового скрубера ЭК – БМ:

1 – корпус; 2 – опорна рама; 3 – опори; 4, 6 – опорні решітки; 5 – робочий шар насадки; 7 – краплевловлюючий насадочний шар; 8 – патрубок для входу димових газів; 9 – патрубок для виходу димових газів; 10 – водорозподільник; 11 – штуцер для відведення нагрітої води; 12 – штуцер для продування дренажу водяного об'єму; 13, 14, 15 – верхня, середня та нижня секції економайзера відповідно

# Результати розрахунків контактного утилізатора (КУ) зведені в таблиці

## Результати розрахунків контактного економайзера

Найменування	Позначення	Значення
Температура відхідних газів, °С	$t'_{вг}$	150
Температура газів на виході з утилізатора, °С	$t_{ку}$	50
Температура підігрітої води, °С	$t''_в$	55
Загальна потужність утилізації, МВт	$Q_{ут}$	0,517
Величина питомого зрошення насадки, $м^3/м^2$	$H_w$	3,46
Гідравлічний еквівалентний діаметр, мм	$d_e$	22
Переріз контактної камери, $м^2$	$F$	2,847
Необхідний об'єм насадки, $м^3$	$V_{нс}$	1,18
Поверхня теплообміну в одиниці об'єму, $м^2/м^3$	$S\phi$	114,8
Середній об'єм димових газів у контактній камері, $м^3/с$	$V_{ср}$	3,896
Необхідна висота насадки, м	$h_n$	0,414
Додаткова потужність насосів для підведення і відведення охолодної води, кВт	$\Delta N_n$	2,22

# Застосування ДГА в міні – ТЕЦ

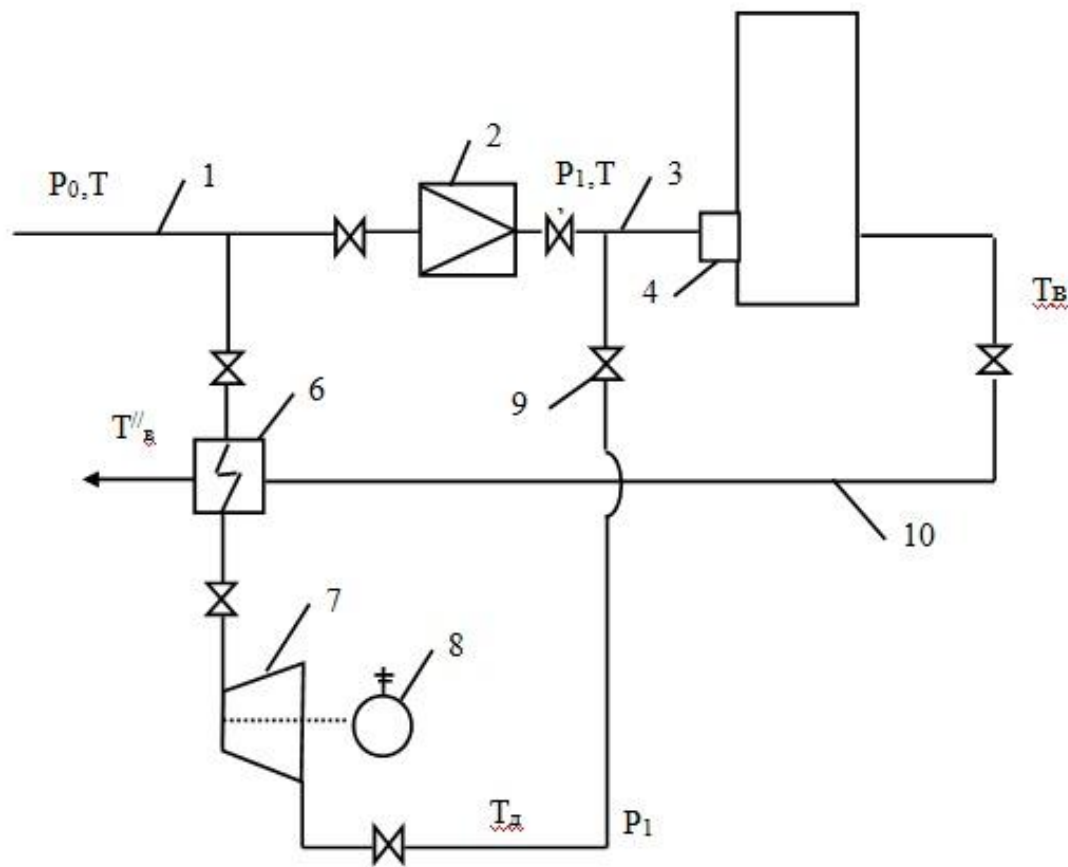


Рисунок 2 – Принципова схема установки ДГА в котельні:

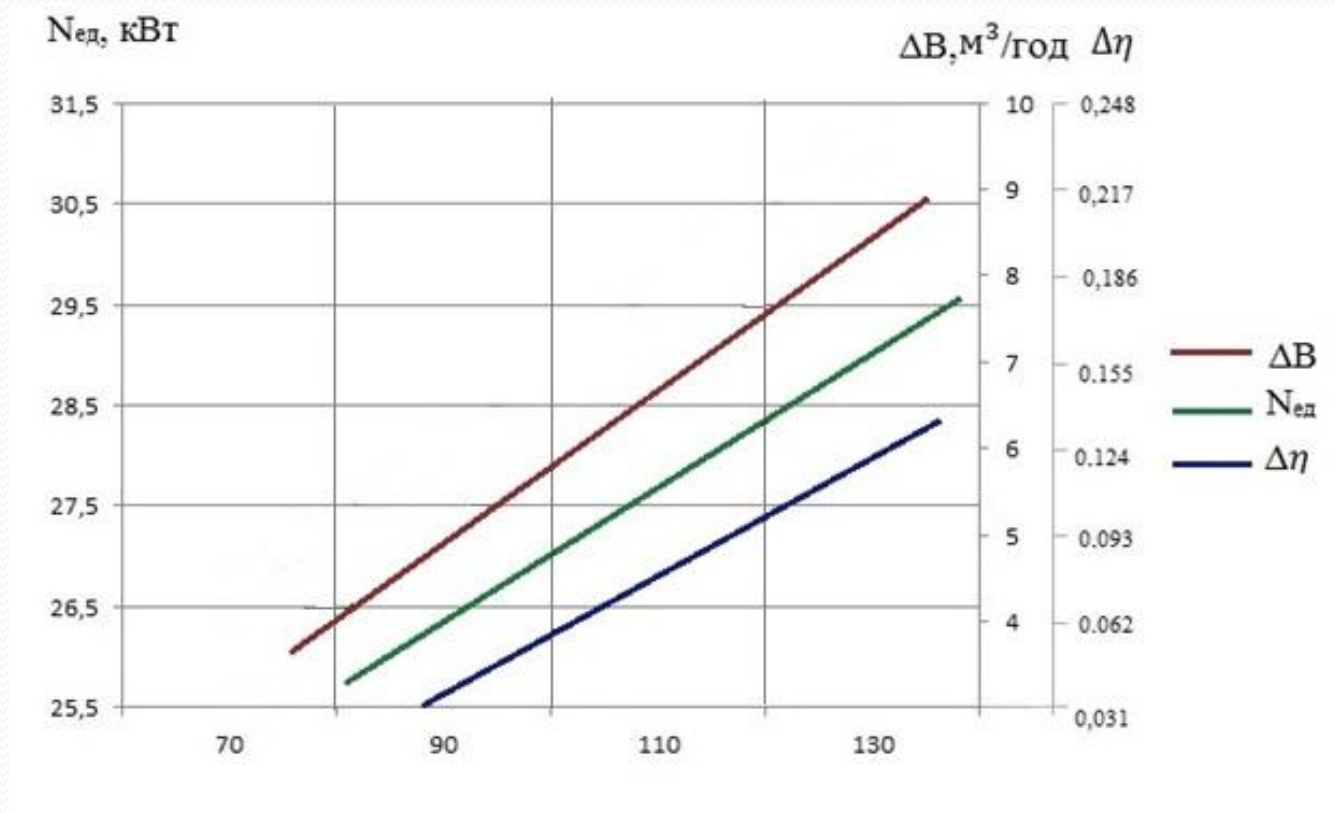
1-газова магістраль до ГРП; 2-дросельний пристрій; 3-газова магістраль від ГРП;  
 4-пальник; 5-котел; 6-газовий підігрівник; 7-детандер; 8-електрогенератор;  
 9-запірна арматура; 10-відхідні гази з котла.

## Вплив температури газу перед детандером на показники роботи міні – ТЕЦ з ДГА

j	$t_{п}, ^\circ\text{C}$	$N_{ед}, \text{МВт}$	$Dh_{п}$	$h'_{к}$	$Dh_{вг}$	$DB, \text{м}^3/\text{год}$
0	135	0,0303	0,2231	0,9110	0,8761	9,6528
1	115	0,0288	0,1477	0,9089	0,7463	7,8688
2	95	0,0273	0,0724	0,9069	0,6165	6,0777
3	75	0,0258	-0,0027	0,9048	0,4867	4,2794
4	65	0,0251	-0,0402	0,9038	0,4218	3,3776
5	55	0,0243	-0,0778	0,9028	0,3569	2,4740



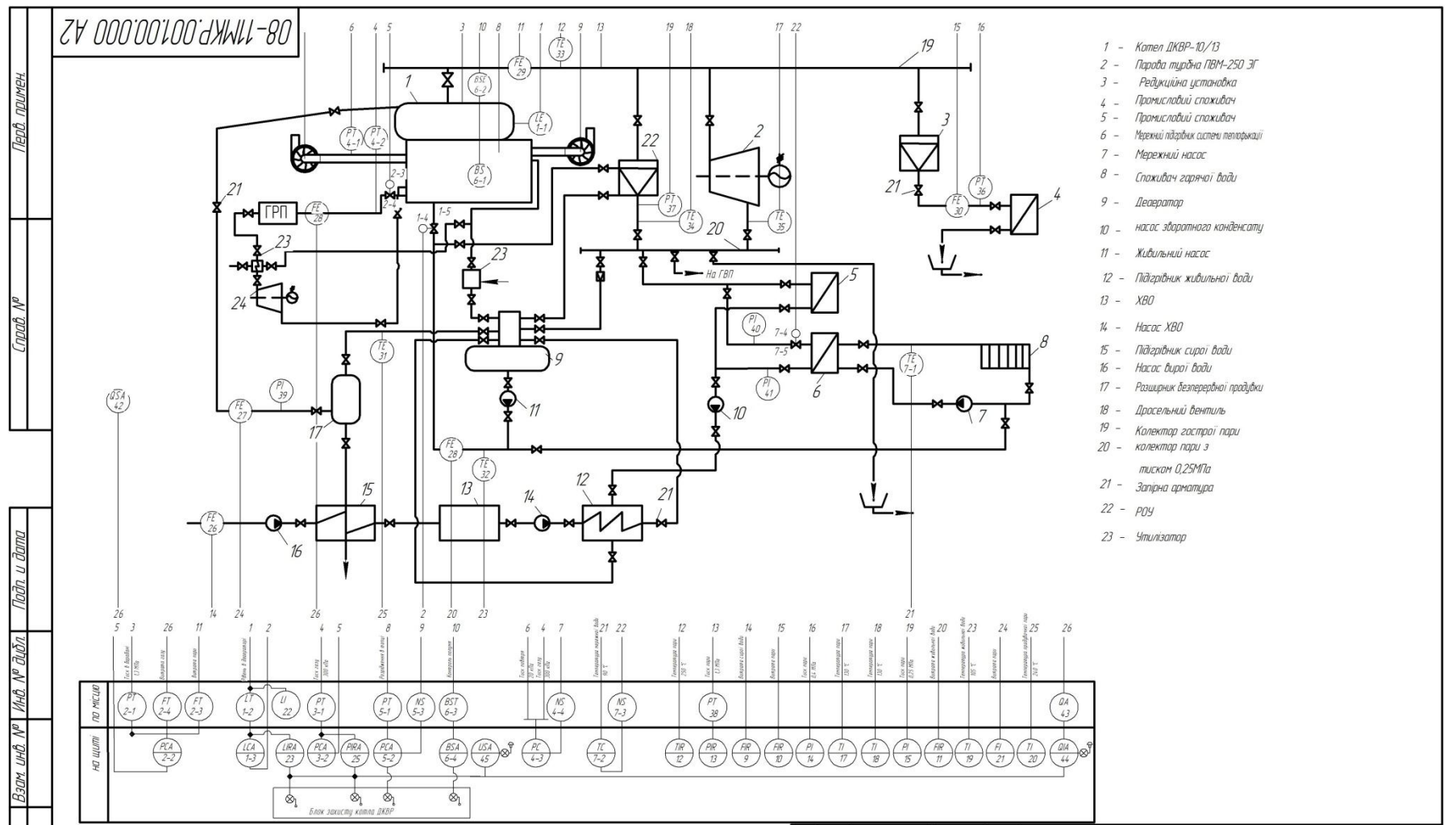
ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОТУЖНОСТІ, ЕКОНОМІЇ УМОВНОГО ПАЛИВА,  
ПІДВИЩЕННЯ ККД КОТЛІВ ЗА РАХУНОК ЗБІЛЬШЕННЯ ТЕПЛОТИ ЯКА ВНОСИТЬСЯ  
В ТОПКУ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРЕД ДЕТАНДЕРОМ







## котла ДКВР 10/13



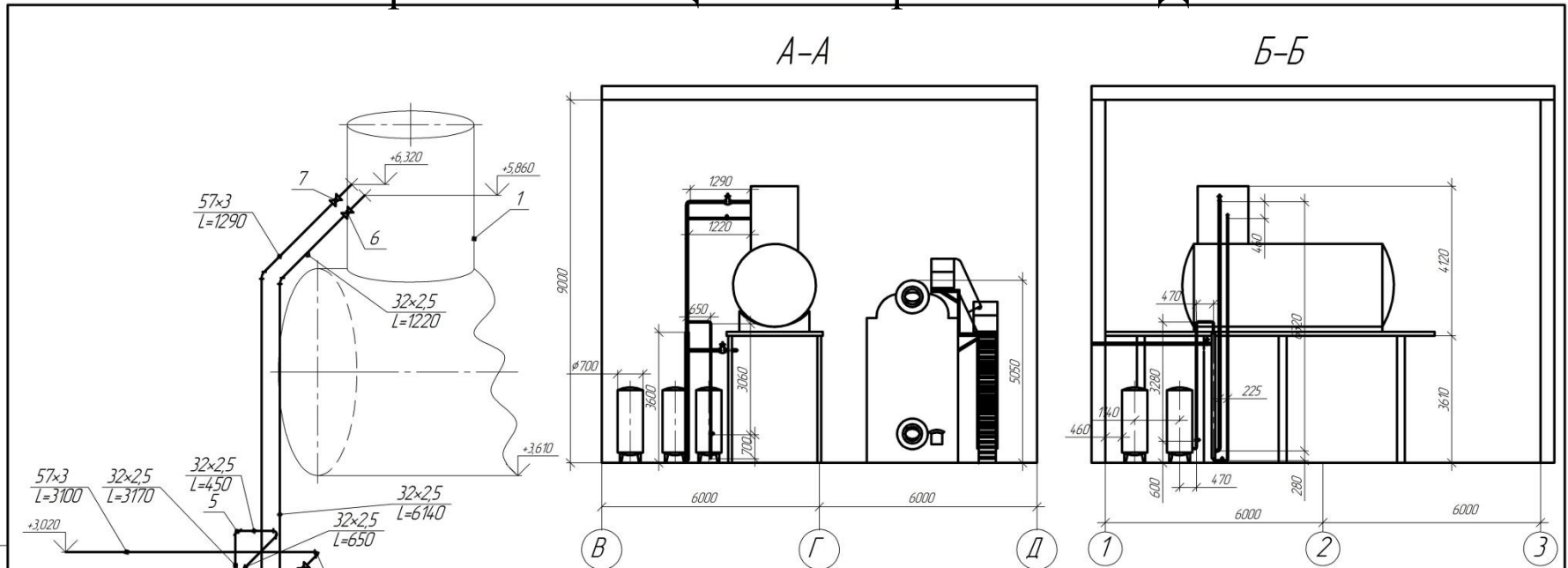
- 1 - Котел ДКВР-10/13
- 2 - Парова турбіна ПТМ-250 ЗГ
- 3 - Редукційна установка
- 4 - Промисловий стокидан
- 5 - Промисловий стокидан
- 6 - Мережні підвід системи теплофікації
- 7 - Мережний насос
- 8 - Стокидан гарячої води
- 9 - Деаератор
- 10 - насос зворотного конденсату
- 11 - Живильний насос
- 12 - Підвідник живильної води
- 13 - ХВО
- 14 - Насос ХВО
- 15 - Підвідник сирої води
- 16 - Насос výroї води
- 17 - Розширник безперервної продукції
- 18 - Дросельний вентиль
- 19 - Колектор гострої пари
- 20 - колектор пари з тиском 0,25МПа
- 21 - Запірна арматура
- 22 - роу
- 23 - Утилизатор

Лист № 1  
Сторінка № 1  
Взам. шиф. №  
Лист № 1 з 1  
Лист № 1 з 1  
Лист № 1 з 1

08-11МКР.001.00.000 А2

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Функциональная схема автоматизации парового котла ДКВР - 10/13	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Возиян Ю. К.						1:1
Проб.	Резидент Н. В.				Лист	Листов	1
Т.контр.	Резидент Н. В.				зр ТЕ-14м		
Реценз.	Джеджила В. В.				Копировал		
Н.контр.				Формат А3			
Утв.	Ткаченко С. И.						

## Розрізи міні – ТЕЦ ТОВ «Черкасихліб ЛТД»



### Експлікація обладнання

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	Деаератор ДСА 15	1	
2	ХВО	1	
3	Теплообмінник	1	
4	Поворот на 90°С Ø57	4	
5	Поворот на 90°С Ø32	9	
6	Кран шаровий Ø32	3	
7	Кран шаровий Ø57	2	

Інв. № проєкту  
 Видат. інв. №  
 Подп. і дата  
 Видат. № проєкту

					<b>08-11.МКР.001.00.000 АР</b>				
					<b>м. Черкаси</b>				
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Утилізація теплоти на міні - ТЕЦ ТОВ "Черкасихліб ЛТД"  АксонOMETрична схема монтажу трубчастого теплообмінника Розрізи міні-ТЕЦ ТОВ "Черкасихліб ЛТД"	Стадія	Лист	Листов
Розроб.	Возіян Ю.К.								
Проб.	Резидент Н.В.								
Т.контр.	Резидент Н.В.								
Реценз.	Джеджила В.В.								
Н.контр.									
Утв.	Ткаченко С.И.								

ВНТУ зр.ТЕ-14М  
Формат А3

# Календарний графік монтажу теплообмінника

08-11.МКР.001.00.000

2015				
Квітень				
6	7	8	9	10
1	2	3	4	5
2x0,0811				
3x0,555				
2x0,0244				
	2x0,7665			
		2x1,279		
			3x0,6	
				3x0,533
				2x0,54
				2x0,075
				2x0,0433
				2x0,0367
				2x0,0103

№ П/П	Найменування робіт	Об'єм, шт	Об'єм, м	Норма часу, год/год	Трудовісткість, год	Склад бригади	К-сть чоловік	Трудовісткість
1	Доставлення деталей до місць монтажу та їх складовання	шт	0,29525	4,4	0,162	Робітник, ваді	2	0,0811
2	Монтаж теплообмінника	шт	1	13,32	1,665	Монтажник 5, 3 розряд	5p-1 4p-1 3p-1	0,555
3	Розмітка місць прокладання трубопроводів	100 м	0,24485	1,6	0,0489	Слюсар 4, 1 розряд	2	0,0244
4	Прокладання трубопроводу 32x2,5 мм	т	0,021	584	1,533	Монтажник 5, 3 розряд	4p-1 3p-1	0,7665
5	Прокладання трубопроводів 57x3 мм	т	0,04992	410,2	2,559	Монтажник 5, 3 розряд	4p-1 3p-1	1,279
6	Встановлення загально-регулювальної арматури 32 мм	10 шт	0,3	48	1,8	Слюсар 3,5 розряд	4p-1 3p-1	0,6
7	Встановлення загально-регулювальної арматури 57 мм	10 шт	0,2	64	1,6	Слюсар 3,5 розряд	4p-1 3p-1	0,533
8	Ізоляція трубопроводів	10 м	2,4485	3,36	1,028	Ізольовальник 2,5 розряд	4p-1 3p-1	0,54
9	Перше робоче випробування окремих частин	100 м	0,24485	5,4	0,15	Слюсар сантехнік 3,5 розряд	4p-1 3p-1	0,075
10	Робоча перебірка системи в цілому	100 м	0,24485	2,9	0,0887	Слюсар сантехнік 3,5 розряд	4p-1 3p-1	0,0433
11	Кінцева перебірка і здача в експлуатацію системи	100 м	0,24485	2,4	0,0734	Слюсар сантехнік 3,5 розряд	4p-1 3p-1	0,0367
12	Повернення допозиченого обладнання на склад	т	0,03975	2,6	0,0206	Робітник, ваді	2	0,0103



## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Одвиміру
1	$Q_{зоз}$	$Q_i$	11,1	люд/дні
2	$T_{зоз}$	-	4,3	дні
3	$R_{max}$	-	3	люд
4	$R_{сєр}$	$Q_{зоз} / T_{зоз}$	2,6	люд
5	$T_{вст}$	-	3,6	дні
6	$\pm_1$	$R_{сєр} / R_{max}$	0,86	-
7	$\pm_2$	$T_{вст} / T_{зоз}$	0,83	-

Mercedes Sprinter	0,0811			0,0103
KIND MIG-300	0,555			0,533
Makita GA 5090		1,133		
REMS Push				0,1486
MAKITA HR 5001C			1,133	

08-11.МКР.001.00.000

Візм. Лист	№ док.ум.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разр.ад.	Возіян Ю.К.					
Проб.	Резидент Н.В.					
Т.контр.	Резидент Н.В.					
Реценз.	Джеджула В.В.					
Н.контр.						
Утв.	Ткаченко С.И.					

Календарний графік монтажу теплообмінника

Лист 1

ВНТУ гр. ТЕ-14м

Лист. проімен.

Стор. №

Підп. і дата

Візм. ум. №

Підп. і дата

Лист. №

# Розрахункові значення річних показників роботи котельні та міні –ТЕЦ

Найменування	Річні показники	
	Котельня	Міні–ТЕЦ
Потужність промислових споживачів $Q_{сп}$ , МВт	4,51	4,51
Потужність системи теплофікації $Q_{тф}$ , МВт	1,4	1,4
Коефіцієнт корисної дії котлів $\eta_k$	0,8946	0,922
Потужність власних потреб $N_{вп}$ , МВт	0,0758	0,06981
Електрична потужність міні –ТЕЦ $N_e$ , МВт	–	0,7997
Споживана електроенергія $E$ , МВт	620,3	–
Вироблена електрична потужність $N_{відп}$ , МВт	–	0,799
Відпущена електроенергія $E_{відп}$ , МВт·год	–	2740,45
Коефіцієнт використання теплоти палива $k$	0,815	0,885
Річна витрата робочого палива, тис $m^3$ /рік	5650	5155,75
Економія робочого палива, тис· $m^3$ /рік		494,22
Зменшення шкідливих викидів в атмосферу:		
Оксиду вуглецю	–	4,79
Діоксиду вуглецю	–	959,8
Оксидів азоту	–	127,7

# Порівняння техніко – економічних показників роботи котельні та міні – ТЕЦ

Показник	Розмірність	Котельня	Міні-ТЕЦ
Витрата умовного палива $V_y$	кг/ГДж	0,371	0,39
Річний відпуск теплоти $Q_{річ}$	ГДж/рік	37220,472	37220,472
Затрати на заробітну плату $C_{зп}$	млн.грн./рік	0,1994	0,1994
Затрати на воду $C_b$	млн.грн./рік	3,729	3,729
Витрати на амортизацію $C_a$	млн.грн./рік	1,86	0,646
Витрати на поточний ремонт $C_{пт}$	млн.грн./рік	0,132	0,1292
Інші експлуатаційні витрати $C_{ін}$	млн.грн./рік	2,95	2,868
Експлуатаційні витрати $C_e$	млн.грн./рік	56,72	50,669
Річний виручка за теплоту $W_T$	тис грн/МДж	-	3550,833
Виручка за відпущену електроенергію $W_e$	млн.грн./рік	-	0,00137
Термін окупності проекту $T$	роки	-	2,6



- Можна констатувати, що в галузі так званої малої енергетики України недостатньо використовуються ефективні засоби енергозбереження: використання скидного потенціалу тиску в технологічних лініях газів і пари за допомогою детандер–генераторних агрегатів і протитискових турбін, відповідно; використання когенераційних установок для сумісного виробництва теплоти та електроенергії на базі промислових і опалювальних котелень; впровадження теплоутилізаційних установок, особливо в котельнях оснащених котлами старої модифікації;
- Виконано розрахунок існуючої теплової схеми котельні ТОВ «Черкасихліб ЛТД» в опалювальний та міжопалювальний період роботи. За результатами розрахунків витрата палива в опалювальний і міжопалювальний періоди складає  $V_p=0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ , та  $V_p=0,18 \text{ м}^3/\text{с}$  відповідно. Середній коефіцієнт використання теплоти палива складає 0,8, що свідчить про малу ефективність роботи котельні;
- Здійснено техніко – економічне обґрунтування, відповідно до якого обрано найбільш доцільний варіант, а саме створення міні – ТЕЦ з встановлення протитискової турбіни ПВМ 250ЭГ, застосування ДГА, та утилізатора відхідних газів. Приведені витрати на виробництво теплової енергії складають 38,183 млн. грн;
- Проведена оцінка ефективності реконструкції котельні, згідно якої економія робочого палива на міні – ТЕЦ складає 18,5%, а збільшення ККД котлів на 3,06 %;
- Застосування контактного утилізатора дозволило зменшити температуру відхідних газів до 50 °С, та підігріти воду до 55 °С;
- Установлено, що в процесі утилізації теплоти відхідних газів від котлів може досягатись економія робочого палива в межах 9-13%, що узгоджується з експериментальними даними, а також зменшення витрат електроенергії на власні потреби, та зменшення шкідливих викидів в атмосферу;
- Для створення міні – ТЕЦ запропоновано збільшити паровидатність і температуру перегрітої пари існуючих парогенераторів. Тому був здійснений конструктивно – перевірений розрахунок котла ДКВР 10/13 зі збільшенням паро видатності на 2,5 т/год і температурою перегрітої пари 250 °С. В результаті витрата робочого палива дорівнює 0,24 кг/с, а відхил балансу складає 0,12%.
- Використання детандер – генератора в схемі міні – ТЕЦ дозволяє економити річну витрату робочого палива на 45,55 тис·м<sup>3</sup>, електрична потужність ДГА рівна 26,9 кВт;

- Спроектовано трубчастий водо – водяний підігрівник додаткової води потужністю  $Q_{\text{пдв}} = 125,8$  кВт, який використовує потенціал скидної теплоти конденсату. Проведено багатоваріантний аналіз теплового розрахунку теплообмінника. На основі проведених числових досліджень виявлено, швидкість грійного середовища складає 1,6 м/с;
- Виконано розрахунок теплової схеми міні – ТЕЦ в опалювальний та між опалювальний періоди роботи, витрата палива складає  $V_p = 0,183$  м<sup>3</sup>/с, та  $V_p = 0,1635$  м<sup>3</sup>/с відповідно, а вироблена електрична потужність складає  $Ne_{\text{оп}} = 0,4249$  МВт,  $Ne_{\text{моп}} = 0,3748$  МВт;
- Удосконалено функціональну схему автоматизації парового котла ДКВР – 10/13, для якого розроблена система автоматичного контролю і регулювання роботи котла ДКВР – 10/13, теплообмінника на гаряче водопостачання, а також описана робота електричних схем імпульсної сигналізації і захисту парового котла. Проведено розрахунок регулюючого клапана. В результаті розрахунків було обрано запірно – регулюючий клапан ГЕРЦ 4219  $D_v = 50$  і  $Kvs = 35$  м<sup>3</sup>/год;
- Здійснено монтаж теплообмінника, визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах. Вибрано допоміжне обладнання для монтажу теплообмінника та визначено витрати на паливні та енергетичні ресурси, що складають 19,84 л і 8,585 кВт·год відповідно. Визначено загальну трудомісткість яка становить 11,1 люд/дні. Тривалість встановлення обладнання дорівнює 3,6 днів, а загальна тривалість робіт 4,3 днів;

Після проведення аналізу умов праці при виконанні монтажних робіт, виявленні основні небезпечні та шкідливі фактори праці та їх вплив на організм працюючих. Розраховано звукоізоляцію приміщення, в якому буде встановлено технологічне обладнання, що дає змогу робітникам працювати без шкідливого впливу шуму. Визначено параметри вибуху газоповітряної суміші в разі виникнення умовної аварії;

- В результаті застосування усіх запропонованих розроблених заходів проведено порівняння розрахункових значень річних показників роботи котельні та міні – ТЕЦ ТОВ «Черкасихліб ЛТД» згідно яких відпущена електроенергія на міні – ТЕЦ дорівнює  $E_{\text{відп}} = 2740,45$  МВт·год, а економія робочого палива складає 494,22 тис·м<sup>3</sup> / рік. Розраховано локальний кошторис, кошторисна вартість якого складає  $K = 9235,20$  тис. грн. Визначено, що термін окупності проекту  $T_{\text{ок}} = 2,6$  роки. <sup>34</sup>

Дякую за увагу!

Сумарна величина потужності, яка утилізується в контактному утилізаторі, дорівнюватиме

$$Q_{\text{ку}} = B_p \cdot Q_{\text{н}}^c (q_c + q_{\text{кн}}) = Q_{\text{пал}} (q_c + q_{\text{кн}}) \quad (8)$$

Потужність утилізації, яка використовується в певному теплообмінному апараті теплової схеми котельні

$$Q_{\text{ут}} = Q_{\text{ку}} \cdot \eta_{\text{то}} \quad (9)$$

де  $\eta_{\text{то}}$  – ККД даного теплообмінника.

В разі використання теплової потужності  $Q_{\text{ут}}$  теплова потужність котла має зменшитись на цю величину і буде дорівнювати

$$Q'_{\text{к}} = Q_{\text{к}} - Q_{\text{ут}} \quad (10)$$

Нехтуючи незначною зміною втрати теплоти в навколишнє середовище в котлі, економія робочого палива складатиме:

$$\Delta B_p = Q_{\text{ут}} / (Q_{\text{н}}^c \cdot \eta_{\text{к}}) \quad (11)$$

