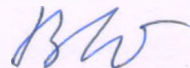


Довідка
про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Кафедра Інтелектуальні системи енергопостачання

ДОВІДКА

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти Дениса Крокосенка на тему: Підвищення ефективності роботи термомасляного котла на твердому паливі шляхом вдосконалення його конструкції в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР  Володимир Габрінець

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра Інтелектуальні системи енергопостачання

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ /Дмитро БОСИЙ/

«_____» _____ 20____р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **14 Електрична інженерія**

Спеціальність **144 Теплоенергетика**

Освітньо-професійна програма **Теплоенергетика**

Тема **Підвищення ефективності роботи термомасляного котла на твердому паливі шляхом вдосконалення його конструкції**

Theme **Improving the efficiency of a solid fuel thermal oil boiler by design improving**

Керівник дипломної роботи проф. _____ Володимир ГАБРИНЕЦЬ

Нормоконтролер доцент _____ Віктор Дьяков

Студент групи ТЕ2021 _____ Денис КРОКОСЕНКО

Student Krokosenko Denys

Дніпро – 2021

Дніпровський національний університет залізничного транспорту

імені академіка В. Лазаряна

Факультет «Управління енергетичними процесами»

Кафедра «Теплотехніка»

Галузь 14 Електрична інженерія

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

Спеціалізація «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри

_____ Босий Д.О.

«25 » січня 2021р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОС магістр

студента групи ТЕ2021 Крокосенка Дениса Сергійовича

1 Тема дипломної роботи: **«Підвищення ефективності роботи
термомасляного котла на твердому паливі шляхом вдосконалення його
конструкції»**

затверджена наказом по університету від «15» січня 2021р. №32ст.

2 Термін подання студентом закінченої роботи «15» грудня 2021р.

3 Вихідні дані до дипломної роботи: Конструктивні особливості
термомасляного котла. Теоретичне обґрунтування процесу теплообміну.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки): Аналіз існуючих
конструкцій. Аналітичні дослідження теплових процесів. Удосконалення
конструкції термомасляного котла. Компоненти системи тепlopостачання і їх
функції.

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу): 1. Схема пристрою з
випарником. 2. Схема термомасляного котла з двома змійовиками. 3.
Економайзер. 4. Система пневматичного очищення. 5. Схема повітрянагрівача.
6. Класифікація конструкцій повітрянагрівачів. 7. Характеристика

термомасляного котла.

8. Змієвиковий теплообмінник.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділу	Термін виконання	Об'єм розділу, %
1.	ВСТУП	10.12	5
2.	1 ПРИНЦИП РОБОТИ ТЕРМОМАСЛЯНОГО КОТЛА НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ	01.10	20
3.	2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В УСТАНОВКАХ З ТЕРМОМАСЛОМ	11.11	35
4.	3 СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕРМОМАСЛЯНОГО КОТЛА	01.12	20
5.	4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	05.12	10
6.	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	15.11	5
7.	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	20.11	5

Дата видачі завдання «25» січня 2021 р.

Керівник дипломної роботи, професор _____ Габрінець В.О.

Завдання прийняв до виконання _____ Крокошенко Д.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка має обсяг: 56 сторінок, складається з 4 розділів та містить 14 ілюстрацій, 1 таблицю, 15 використаних джерел.

Мета роботи – вдосконалення конструкції термомасляного котла на твердому паливі шляхом вдосконалення його конструкції.

Наукове значення роботи полягає у розробці пристроїв які забезпечують підвищення ефективності опалювальних агрегатів, шляхом додавання додаткових пристроїв у конструкцію котла, таких як наприклад Економайзер. Це забезпечить підвищення ККД та зменшення енерговитрат на опалення. Виконано проектний розрахунок повітря підігрівача , для визначення поверхні нагрівання повітря нагрівача, розроблено технічні рішення і рекомендації по установці водопідігрівача в боров печі.

Наукове значення роботи полягає у розробці високоефективних електричних повітряно-опалювальних агрегатів, які б забезпечували зменшення енерговитрат на опалення. Одержані результати можуть бути використані при проектуванні котельні для опалення, сушці деревини та інших цілей.

Ключові слова: КОТЕЛ, ТЕПЛОНОСІЙ, ОПАЛЕННЯ, ТЕПЛООБМІН, ПАЛИВО, ТЕРМОМАСЛО.

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....	6
1 ПРИНЦИП РОБОТИ ТЕРМОМАСЛЯНОГО КОТЛА НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ.....	9
1.1 Переваги термомасляного котла.....	9
1.2 Види масла теплоносія.....	10
1.3 Особливості конструкції.....	12
1.4 Компоненти системи та їх функції.....	13
2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В УСТАНОВКАХ ТЕРМОМАСЛОМ.....	15
2.1 Характеристика конструкції термомасляного котла.....	15
2.2 Види термомасла.....	17
3 СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕРМОМАСЛЯНОГО КОТЛА.....	25
3.1 Загальні положення конструкції класичного термомасляного котла.....	25
3.2 Принцип роботи економайзера.....	26
3.3 Повітрянагрівачі.....	33
3.4 Види повітрянагрівачів.....	37
3.5 Встановлення додаткового змійовика.....	37
3.6 Очищення димогазів.....	39
3.7 поліпшення спалювання твердого палива.....	40
3.8 Переваги обмурування топки котла.....	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	46
4.1 Характеристика робіт, які виконуються.....	46
4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів які виникають під час експлуатації обладнання котельні.....	47
4.3 Заходи безпеки, які вживаються для запобігання шкідливого впливу на	

здоров'я та життя людини.....					50						
4.4 Заходи при виникненні аварійних ситуацій.....					51						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробник	Л. Крокошенко				Підвищення ефективності роботи термомасляного котла на твердому паливі шляхом						
ОП та БНС											
Керівник	В. Габрінець										
Економ.											
Н. контр.	В. Ляков										
					<table><tr><td>Літ.</td><td>Арк.</td><td>Актуалізов.</td></tr><tr><td></td><td>5</td><td>56</td></tr></table>	Літ.	Арк.	Актуалізов.		5	56
Літ.	Арк.	Актуалізов.									
	5	56									
					УДУНТ, ІСЕ, гр. ТЕ2021						

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Актуальність роботи. Всесвітня енергетична криза в країнах земної кулі спонукає до проведення робіт з використанням нетрадиційних джерел енергії, та застосуванням більш ефективних технологій і сучасного обладнання.

В Україні на системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання витрачається близько 40 % від загальної кількості енергетичних ресурсів, що перевищує показники у багатьох країнах світу. Зниження енерговитрат на опалення можна досягти удосконаленням систем опалення шляхом інтенсифікації теплообміну в опалювальних приладах із використанням сучасних матеріалів, також заміною парових котлів на термомасляні котли.

У даній роботі для збільшення ступеня використання теплоти газів, що відходять, пропонується установка водопідігрівача в борові кільцевої нагрівальної печі за рекуператором. Проектування виконується з метою підігрівання води на потреби гарячого водопостачання підприємства.

Аналіз техніко-економічних показників роботи нагрівальної печі свідчить про можливість проведення такої реконструкції.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота відповідає науковим напрямам роботи кафедри «Інтелектуальні системи енергопостачання» Українського державного університету науки і технологій.

Мета і завдання роботи. Способи вдосконалення конструкції термомасляного котла на твердому паливі.

Відповідно до поставленої мети в роботі вирішені наступні завдання:

- Виконано тепловий розрахунок кільцевої методичної печі з метою визначення теплотехнічних показників її роботи;
 - Виконано перевірочний тепловий розрахунок рекуператора для підігрівання води;
 - Визначено техніко-економічні показники роботи водопідігрівача.
- Об'єкт дослідження – Термомасляний котел на твердому паливі, теплообмінник.

Предмет дослідження – вдосконалення конструкції котла, додавання додаткових пристроїв для поліпшення спалювання палива.

Методи дослідження – теоретичні дослідження на основі математичного моделювання теплової роботи термомасляного котла.

Наукова новизна та основні положення, які виносяться на захист:

1. Тепловий розрахунок кільцевої методичної печі дозволяє визначити спосіб утилізації теплоти газів, що відходять з печі.
2. Перевірочний тепловий розрахунок рекуператора для підігрівання води дозволяє визначити температуру нагрівання води, масову витрату гарячої води, теплову потужність водопідігрівача та площу поверхні теплообміну між продуктами згоряння палива в кільцевій методичній печі та водою.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Встановлення водопідігрівача в борові котла з метою підігріву води на потреби гарячого водопостачання дозволяє ефективно використовувати теплоту газів, що відходять з печі. В свою чергу, це дозволяє збільшити ККД котла.
2. Місце розташування рекуператора в борові печі та конструктивні характеристики бору залишаються без змін, що дозволяє зменшити капіталовкладення на установку нового обладнання.
3. Результати, отримані в даній роботі, можна використовувати для

ухвалення технічних рішень і оцінки економічної ефективності реконструкції систем утилізації теплоти газів, що відходять, нагрівальних печей різного призначення.

Особистий внесок здобувача. Постановку мети та завдань дослідження виконано спільно з науковим керівником. Здобувачем самостійно проведені розрахунки, зіставлення та аналіз отриманих результатів розрахунків, формулювання висновків.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи і результати досліджень доповідалися здобувачем і обговорювалися на 81 Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 22-23 квітня 2021 р.) та 81 Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих учених, магістрантів та студентів «Наука і сталий розвиток транспорту» (28 жовтня 2021 р.)

Публікації.

Zhevzhyk, O.V. Gasdynamics of the sonic jet for the continuous casting cooling process / O.V. Zhevzhyk, V.O. Pertsevyi, D. S. Krokosenko, // “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”: матеріали 81 Міжнародної науково-практичної конференції, 22-23 квітня 2021р.- Дніпро, ДНУЗТ, 2021.- С. 71-72.

Крокосенко Д. С. Підвищення ефективності роботи термомасляного котла на твердому паливі шляхом вдосконалення його конструкції Д. С. Крокосенко // “Наука і сталий розвиток транспорту”: збірник тез доповідей секції 81 Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, магістрантів та студентів, 28 жовтня 2021 р. - Дніпро, Українського державного університету науки і технологій, 2021.- С. 5.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
Змі.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

1 ПРИНЦИП РОБОТИ ТЕРМОМАСЛЯНОГО КОТЛА НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

1.1 Переваги термомасляного котла

На сьогодні самим економічно вигідним устаткуванням в порівнянні з паровими котлами вважається термомасляний котел. Щорічно спостерігається активне зростання виробничого процесу, що цілком з'ясовно хорошою динамікою в оброблювальній промисловості. У таких котлах замість звичайного теплоносія прийнято використати термомасло (діатермічне, ВОР)

Основні переваги системи

Зростаючу популярність і постійно зростаючий попит на такі агрегати недивний, оскільки тут можна виділити яскраво виражені позитивні сторони і характеристики :

- використання термального виду масла є найбільш вигідним в економічному плані, чим, наприклад, пара в ролі основного теплоносія;
- при впровадженні сучасного устаткування коефіцієнт корисної дії значно вище і досяг дев'яносто двох відсотків;
- в даному випадку повністю відсутні високі показники тиску відповідно до таких же високих температур, але при цьому відзначається досить-таки оптимальне регулювання температурного режиму;

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тут немає якої-небудь попередньої водопідготовки, оскільки термомасло просто не потребує додаткових витрат на підготовчі роботи;
- термін служби цього палива може досягати близько десяти років;
- також термомасляні котли на відміну від парових не треба обробляти спеціальним захистом від корозії;
- ВОТ згодом переробляється або ж утилізувався, таким чином не завдається шкоди довкіллю;
- ще величезним плюсом виступає той факт, що один такий котел може бути відразу джерелом тепла для декількох споживачів.

Так само, експлуатаційні витрати безпосередньо залежать від виду використовуваного палива. У нашій практиці є приклад, коли перехід з дизельного на тверде паливо (пелету), дозволив повністю окупити термомасляний котел, вартістю більше мільйона гривень, всього за 4 місяці. Тверде паливо, все-таки, залишається самим економічно-вигідним видом палива.

Ще одна важлива деталь: в продовж 3-5 років прямоточний паровий котел, зважаючи на конструктивні особливості теплообмінника, незважаючи на продування і водопідготовку, покривається накипом, прогорає і виходить з ладу, що вимагає ремонту, а в основному - повної заміни парового котла (чи усього теплообмінника, що складає велику частину устаткування). У термомасляних котлах цієї проблеми не існує.

1.2 Види масла теплоносія

Термальне масло теплоносіїв для термомасляних котлів користується особливою популярністю в котельних на підприємствах харчової, хімічної, будівельної і пластмасової промисловості, для деревообробки, паперового виробництва, металопромисловості.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		PAG

Термічне масло для котлів, використовуваних на виробництві, прийнятніше використанню пари, оскільки воно дозволяє отримати досить високу температуру нагріву при мінімальному робочому тиску. Така технологія здешевлює виробництво і витрати на амортизацію устаткування. Таким чином, за останні 10 років виготовлення поліестерних і синтетичних смол, а також термопластику вийшло на абсолютно новий рівень.

Високотемпературні органічні і неорганічні теплоносії. Високотемпературні теплоносії - це нетоксичні нафтові продукти, з достатньою термічною стабільністю і гранично високою температурою самозаймання. Котли на діатермічній олії в західному виробництві сьогодні стали повноцінною альтернативою паровим котельним. Термомасло для масляних котлів буває двох типів:

1. мінеральне (органіка);
2. синтетичне (неорганіка).

Застосування високотемпературних органічних теплоносіїв дає робочу температуру до 300-320°C. Високотемпературний неорганічний теплоносій у свою чергу забезпечить максимальну температуру в системі - 350-400°C. Масла теплоносії для котлів часто в українському виробництві іменують, як АМТ 300 або ароматизована олія теплоносій 300. Число у кінці вказує на робочу температуру масла. Саме на цей показник слід звертати увагу при виборі теплоносія. Рекомендовані робочі температури повинні відповідати дійсним на виробництві.

Діатермічне масло - переваги і недоліки застосування

Високотемпературна олія теплоносій:

- дозволяє працювати в температурному діапазоні від 50 до 410°C;
- перешкоджає утворенню корозії усередині системи;
- не потребують очищення і попередньої підготовки;

- дозволяє працювати при низькому тиску в системі;
- екологічно, не дає шкідливих викидів в довкілля;
- спірально-витий теплообмінник (змійовик) котла забезпечує рівномірне прогрівання олії виключаючи застійні зони, в яких термомасло може перегріватися і втрачати свої властивості. На рис. 1.1 зображено спірально-витий теплообмінник змійовик.



Рисунок 1.1 - Спірально-витий теплообмінник змійовик термомасляного котла

Діатермічне масло дозволяє розширити можливості виробництва і збільшити його потужність, але не варто забувати про правила його експлуатації. Якщо ви використовуєте АМТ 300 там, де робоча температура може досягати хоч би 320°C - високотемпературні теплоносії 400 градусів для цього підійдуть набагато краще.

Ігнорування температурного режиму і правил експлуатації призводить до скорочення терміну придатності, через що масло в системі опалювання

доведеться міняти набагато частіше. Крім того, недотримання температурного режиму може привести до аварійних ситуацій. На якість теплоносія також впливає рівномірність прогрівання усіх частин системи і відсутність контакту з повітрям в розширювальній камері. В умовах розумної експлуатації і правильної конструкції питання заміни термомасла буде актуальним лише раз в декілька років.

1.3 Особливості конструкції

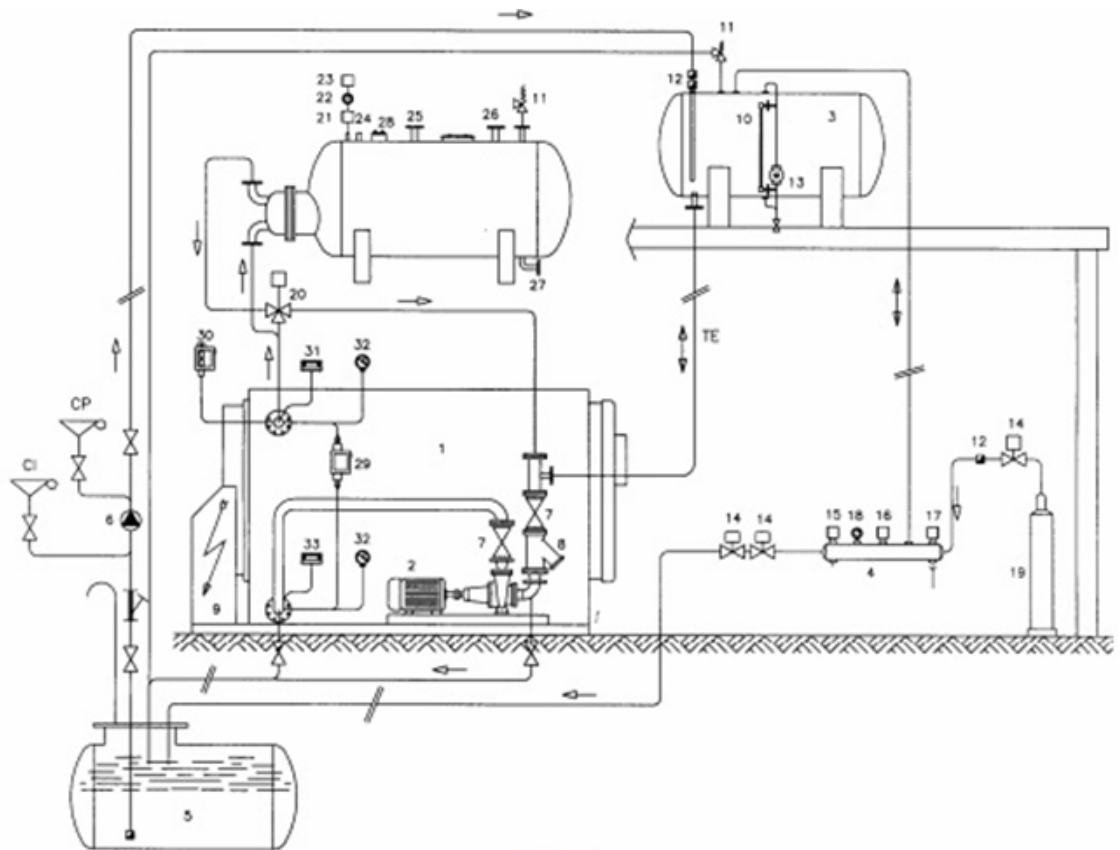
Котли термомасляні В рамках своєї екологічної програми, займається використанням енергії, що виникла внаслідок спалювання біомаси. Основним критерієм для порівняння даного альтернативного джерела енергії з традиційно використовуваної енергетичною системою, заснованої на спалюванні викопного палива, є знижене виділення парникових газів. У той час як спалюванням вугілля, нафти і природного газу до атмосфери виділяється вуглекислий газ, який є одним з основних «парникових» газів, спалюванням рослинного палива викиди вуглекислого газу в атмосферу не зростають, так як практично те ж саме кількість CO_2 , вивільненого згорянням, забирається з атмосфери при фотосинтезуючих процесах рослинної біомаси. Заміщенням спалювання викопного палива спалюванням біомаси ліквідується емісія вуглекислого газу.

Котел являє собою самонесучу суцільнозварну коробчасту конструкцію. Служить для спалювання біомаси на перештовхуючій решітці, над якою належним чином сформований звід створює розподіл продуктів згоряння. Цей процес сприяє скороченню часу висушування палива. Нижня частина котла утворює камеру згоряння з похило-перештовхуючими ґратами. Решітка управляється гідравлічним механізмом і охолоджується первинним повітрям. На котлі встановлений головний масляний теплообмінник. Котел

обладнаний теплоізоляцією, покритою сталеву бляхою з пластиковим покриттям.

1.4 Компоненти системи і їх функції

Термомасляна система тепlopостачання має свої особливості та конструктив (рис. 1.2). В більшості випадків система складається з насоса, який проптовхує рідкий теплоносії через систему ізольованих трубопроводів до нагрівача до технологічного устаткування. У системі є розширювальний бак, що дозволяє розширювати гарячу масло при його нагріванні і звужувати при охолодженні гарячого масла. Щоб видалити тверді частки з системи, деякі системи мають установки фільтрації в потоці або з бічним потоком (переважний метод). Також є аварійний бак зливу термомасла та деаератор.



1 - Котел на діатермічному маслі; 2 - Електронасос; 3 - Закритий розширювальний бак; 4 - Колектор азоту; 5 - Бак зберігання масла; 6 - Напірний насос; 7 - клапан запуску потоку; 8 - фільтр; 9 - електричний шкаф управління; 10 - індикатор рівня; 11 - запобіжний клапан; 12 - зворотній клапан; 13 - регулятор рівня; 14 - електроклапан; 15 - реле зливу тиску азоту; 16 - запобіжне реле тиску; 17 - реле тиску подачі азоту; 18 - манометр; 19 - балон азоту; 20 - трьох ходовий клапан; 21 - граничне реле тиску; 22 - манометр; 23 -

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арх.
Зми.	Арх.	№ докум.	Підпис.	Дата.		PAG

запобіжне реле тиску; 24 – запобіжний зонд; 25 – паровий клапан; 26 – поживна лінія випарника; 27 – дренаж; 28 – зонди регуляції рівня; 29 – диференціальне реле тиску; 30 – запобіжний термостат; 31 – термостат/термометр; 32 – манометр; 33 – термометр; СІ – загрузка установки; СР – загрузка насоса; ТЕ – розширювальна труба.

Рисунок 1.2 - Схема пристрою з випарником

2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В УСТАНОВКАХ З ТЕРМОМАСЛОМ

2.1 Характеристика конструкції термомасляного котла

Поширення на судах морського флоту систем теплопостачання з органічними теплоносіями вимагає розробки науково обґрунтованої методики теплового розрахунку нагріваючих пристроїв, які прийнято називати котлами з термомаслом.

Апробовані в практиці методи теплових розрахунків парових і водогрійних котлів не можуть бути використані для котлів з від внаслідок значних відмінностей в процесах теплообміну, обумовлених відмінністю фізичних характеристик термомасел. Води і водяної пари.

При розгляді котлів з ОТ основним чинником забезпечення високих економічності і надійності є конструктивні характеристики циркуляційного контуру і швидкості циркуляції ВІД, від яких залежать інтенсивність

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплопередачі і гідравлічний опір контуру. Пояснюється це тим, що при порушенні процесу циркуляції відбувається інтенсивне утворення відкладень коксу на внутрішній поверхні труб внаслідок низької термостійкості ОТ.

Оскільки розкладання від відбувається переважно в пограничному шарі при досить високих температурах, то доцільно збільшувати швидкість потоку ВІД. З іншого боку, збільшення швидкості потоку ω_0 обумовлює зростання опору циркуляційного контуру. Тому швидкість ω_0 повинна визначатися при заданій величині гідравлічного опору ΔP_k

$$\Delta P_k = (\varphi \lambda_0 l + \sum \xi_i) \frac{w_0^2}{2g}, \quad (1.1)$$

де φ - поправочний коефіцієнт на кривизну труб;

$\lambda_0 = \frac{\lambda_{тр}}{d}$ - приведений коефіцієнт тертя в трубі;

l - довжина труби;

ξ_i - коефіцієнт опору.

Вибір величини опору визначається головним чином з економічних міркувань (наприклад, величиною економічно доцільній потужності насоса). Проте при визначенні ω_0 із рівняння (1.1) виходить враховувати і чисто теплотехнічні чинники: температурний режим, коефіцієнти тепловіддачі і ін. ефективність процесу теплопередачі в значній мірі залежить від теплофізичних характеристик теплоносія - теплоємності, теплопровідності, в'язкості. Теплоємність органічних теплоносіїв лежить в межах 1,5-2,5 кДж/(кг • °С) і є функцією температури:

$$C = \frac{4,187}{\rho_t^{0.5}} (0,403 + 0,00081t),$$

де t , ρ_t - температура та відносна щільність ОТ.

Відповідно коефіцієнт теплопровідності ОТ у функції від температури може бути визначений по формулі

$$\lambda = \frac{0,117}{\rho_t} (1 - 0,0054t).$$

Як приклад на рис. 2.1 приведені значення C і λ для ОТ типу <Транскал>.

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до термомасла може бути визначений з емпіричного критерійного рівняння

$$Nu_T = 0,021 Re_T^{0.8} \cdot Pr_T^{0.43} (Pr_T/Pr_{ст})^{0.25}.$$

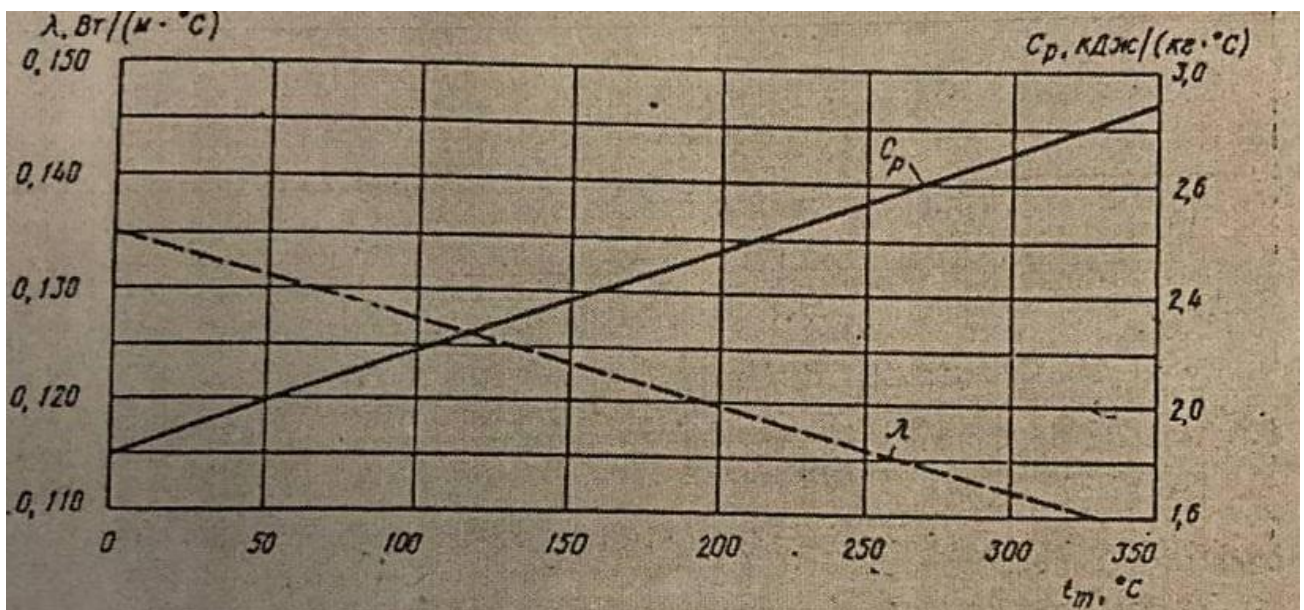


Рисунок 2.1 - Зміна теплоємності і теплопровідності теплоносія залежно від температури

2.2 Види термомасла

Досліди проводили з маслами ИС - 20, ИС - 45 та АМТ-300. Процес теплообміну досліджували в діапазоні чисел Рейнольдса $Re_T = (10+18) 10^{-4}$

при температурі стінки труб $t_{\text{ст}} \leq 150^\circ\text{C}$ Експериментальні данні мали розбіжність з розрахунковими не більше 10%. З підвищенням температури теплоносія спостерігалось перевищення досвідчених значень коефіцієнтів тепловіддачі над розрахунковими в 1, 5 - 3 рази. Причиною цього автори вважають турбулізацію пограничного шару, яка обумовлюється бульбашками газоподібних і низько киплячих продуктів розкладання масла. За даними на дотримання, найбільший вплив турбулізації спостерігається (рис 2.2) у масел з великим змістом парафінових з'єднань (АМТ-300-38% , ІС - 45 – 65% , ІС 20 – 71% . Експериментально доведено, що у розглянутих теплоносіїв при температурі стінки труб $t_{\text{ст}} > 150^\circ\text{C}$ у пограничному шарі починають розкладатися парафінові з'єднання і утворюються газоподібні продукти, турбулізуючий пограничний шар, збільшуючи тим самим інтенсивність теплообміну.

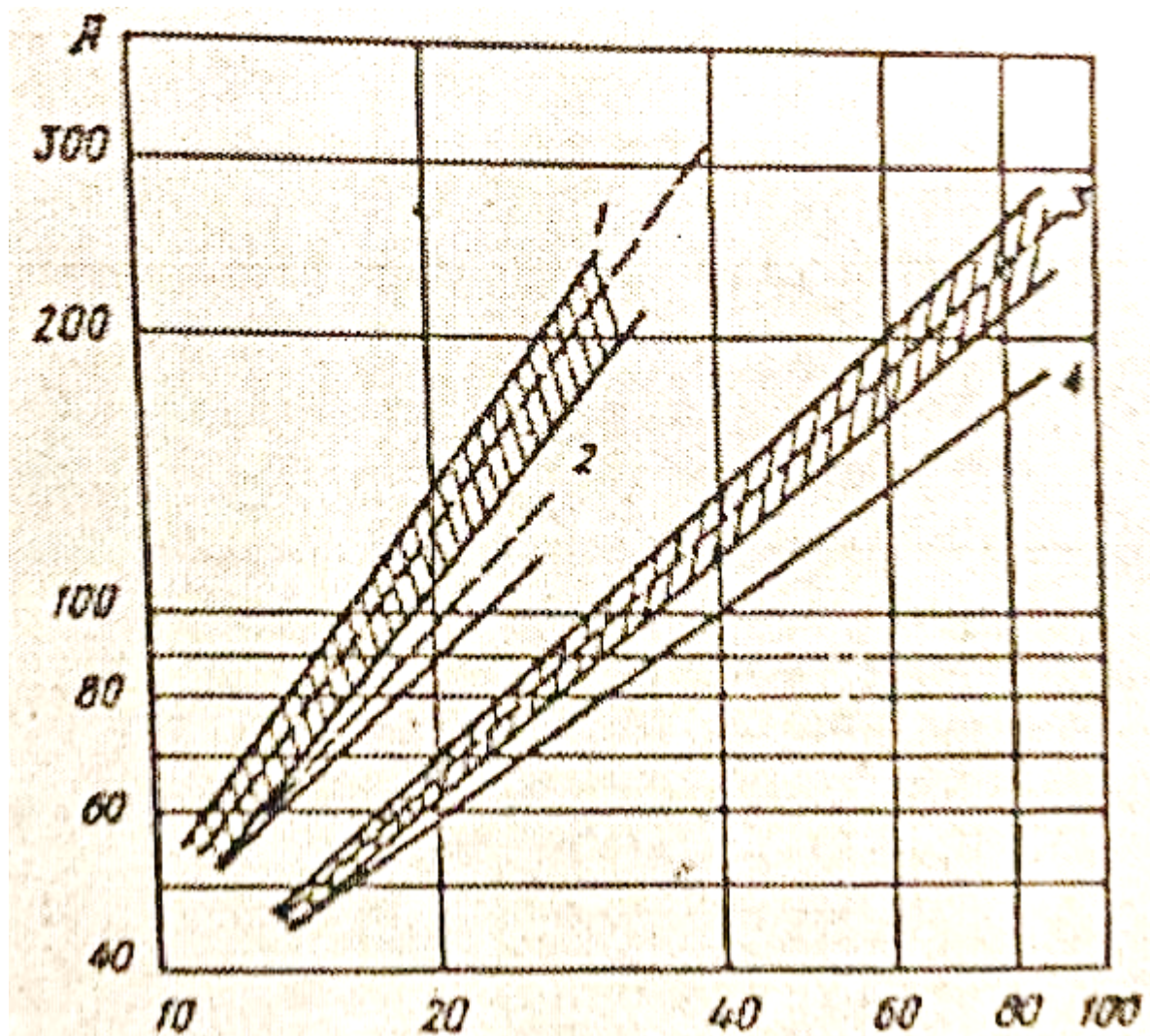
Ці виведення дають основу впевненіше вибирати марку теплоносія для суднових допоміжних і утилізації котлів. Стосовно суднових умов представляють інтерес дослідження теплообміну тих же теплоносіїв, але на змієвикових поверхнях нагріву.

Досвід проводили на лабораторній установці зі змійовиками з внутрішнім діаметром труб 10 і 14 мм. Довжина змійовиків складала відповідно до 3300 і 4200 мм. Температури теплоносіїв змінювалися в межах від 70 до 170 °С а числа Рейнольдса - від 1660 до 30 000. Швидкість циркуляції в змійовиках змінилася в діапазоні 1, 7 - 8, 5 м / с . Експериментальне значення α зіставляли з розрахунковими, отриманими по формулі В. А. Кирпичева

$$Nu = 0,0394 Re_{\text{т}}^{0.8} \cdot Pr_{\text{т}}^{0.4} \left(\frac{d}{R} \right)^{0.21},$$

де d - внутрішній діаметр труб змійовика, мм;
R- радіус змійовика, мм.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		PAG



1 – ИС - 20; 2- ИС - 45; 3 - АМТ - 300; 4 - розрахункові значення

Рисунок 2.2 - Залежність $A = \lambda (Re)$ для теплоносіїв

Аналіз отриманих даних показує, що інтенсивність тепловіддачі по зовнішньої труби, що утворює, на 80% вище, а по внутрішній - на 39 % нижче розрахункової. Ця нерівномірність тепловіддачі має велике значення для суднових котлів з ОТ. оскільки для них характерним є саме змієвикове компонування поверхні нагріву. Дослідження дозволяють також зробити висновок, що існуючі формули для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі

дають різні погрішності для різних теплоносіїв за одних і тих же умов. Крім того, на інтенсивність тепловіддачі великий вплив роблять конструктивні особливості поверхонь нагріву котлів з ОТ.

Відомо, що коефіцієнт теплопередачі зростає зі збільшенням швидкості теплоносія, його теплопровідності і зі зменшенням його в'язкості. Усі масляні теплоносії мають низькі коефіцієнти теплопровідності (біля $0.12 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$). Для забезпечення необхідної інтенсивності теплообміну при нагріванні теплоносія в котлі швидкість руху його в трубах має бути такою, щоб зберігався розвинутий турбулентний режим.

Залежність коефіцієнта тепловіддачі від швидкості потоку, діаметру труб і температури можна простежити по номограмах приведеним на рис 2.3. Ці графічні залежності побудовані для масляного теплоносія типу "Транскал", що має наступні характеристики :

щільність при 15.5°C - 875 кг/м^3 ;

температура спалаху - 210°C ;

температура займання - 243°C ;

в'язкість при 40°C - $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ($4,1^\circ\text{ВУ}$);

в'язкість при 100°C - $5,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ($1,45^\circ\text{ВУ}$);

температура застигання - -12° ;

кислотність - $0,05 \text{ мг КОН/г}$;

робочі температури - от -10 до $+320^\circ\text{C}$.

Порівнюючи значення коефіцієнта тепловіддачі α_t визначені на рис. 2.4 для одних і тих же умов, т. е. незмінної температури теплоносія t_t , діаметра труб d та швидкості потоку ω можна зробити висновок про ефективнішу тепловіддачу при русі теплоносія усередині труб.

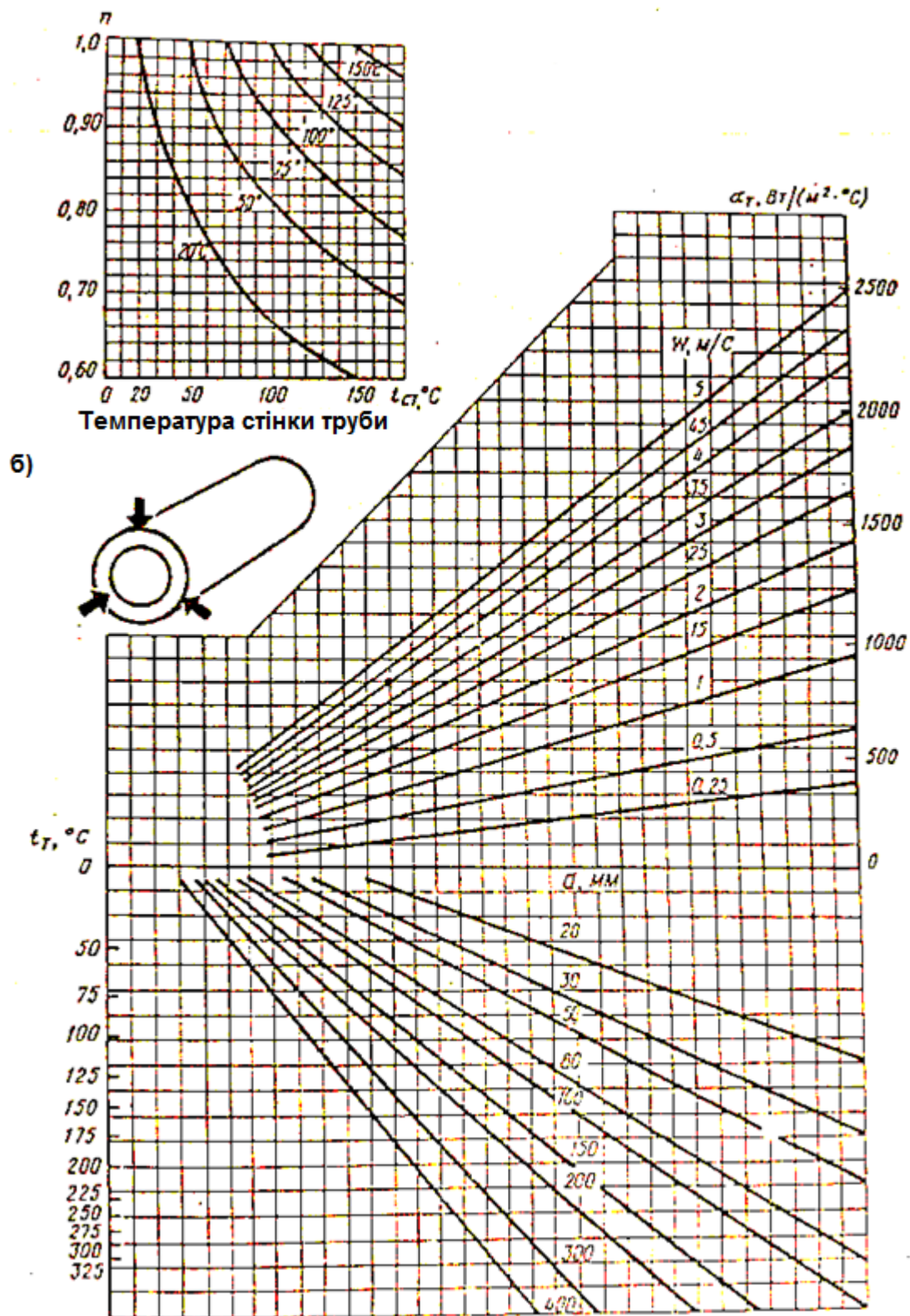


Рисунок 2.3 - Номограма для визначення коефіцієнта тепловіддачі при русі теплоносія усередині труб

Рисунок 2.4 Номограма для визначення коефіцієнта тепловіддачі при зовнішньому обмиванні n - поправочний коефіцієнт

Коефіцієнт теплопровідності твердих продуктів розкладання, труб, що осідають на стінках, значно нижче коефіцієнта теплопровідності самого теплоносія, що різко погіршує умови теплообміну. Так, після 500 ч експлуатації установки з АМТ- 300 товщина відкладень склала близько 0,04 мм. При цьому тепловіддача від стінки труб до теплоносія знизилася в 2 рази.

У звичайних парових котлах, де середовищем, що нагрівається, є вода і паро-водяна суміш, коефіцієнт тепловіддачі від стінки труб до води складає 6000-12 000 Вт / (м² °С) і при розрахунку теплообміну їх часто не враховують із-за малого впливу на коефіцієнт теплопередачі. У разі використання термомасел як теплоносіїв цього зробити не можна, оскільки значення $\alpha_t (\alpha_2)$ багато менше. Дослідження теплової ефективності установок слід робити з урахуванням теплообміну і в теплообмінниках-споживачах тепла. Кількість тепла, переносимого термомаслом залежить як від його температури, так і теплоємності: чим вище теплоємність термомасла, тим більшу кількість тепла несе з собою одиниця маси цього теплоносія. Для більшості мінеральних олій і теплоносіїв на їх основі значення теплоємності лежить в межах від 1,65 до 2,70 кДж/(кг·°С). З підвищенням температури теплоємність збільшується. На теплоємність масляних теплоносіїв робить помітний вплив їх щільність, з підвищенням якої теплоємність зменшується. З достатньою для практичних цілей точністю теплоємність масляних теплоносіїв можна вчислити по емпіричній формулі кДж/(кг·°С),

$$c = 1.854 + 0.00272 t_t.$$

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		PAG

Якщо теплопередача в котлах з термомаслом буде гірша, ніж в звичайних водо-трубних котлах, то ефективність усієї системи в цілому може виявитися вище. У зарубіжних публікаціях наводяться дані про ККД котла і системи теплопостачання в цілому. Зокрема, ККД котла з термомаслом знаходиться на рівні 85 %, а ефективність системи з масляним теплоносієм складає біля 75 %. Ефективність аналогічної парової системи оцінюється в 55-65%.

Теплові втрати в самому котлі складаються з втрат з газами, що йдуть, і втрат в довкілля від стінок котла. Сумарні втрати в довкілля від трубопроводів, допоміжних механізмів (теплообмінники, насоси, арматура) знаходяться в межах від 3 до 4 %. В парових системах ці втрати більші: значна частина тепла в парових системах втрачається в конденсаторах і охолоджувачах конденсату.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕРМОМАСЛЯННОГО КОТЛА

3.1 Загальні положення конструкції класичного термомасляного котла

Класичні термомасляні котли мають будову що складається з двох змійовиків і має три ходи шляху димогазів. У Більшості термомасляних котлів (рис. 3.1) конструкцією закладений два змійовики, внутрішньо простір першого змійовика є топкою в якій горить факел рідкопаливного або газового пальника, по зовнішній частині першого змійовика проходять димогази, так само віддаючи тепло внутрішньої частини зовнішнього змійовика, потім газу розгортаються на 180 градусів і проходять між обичайкою корпусу і зовнішній частиною другий змійовик, потім в димар.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
						PAG
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

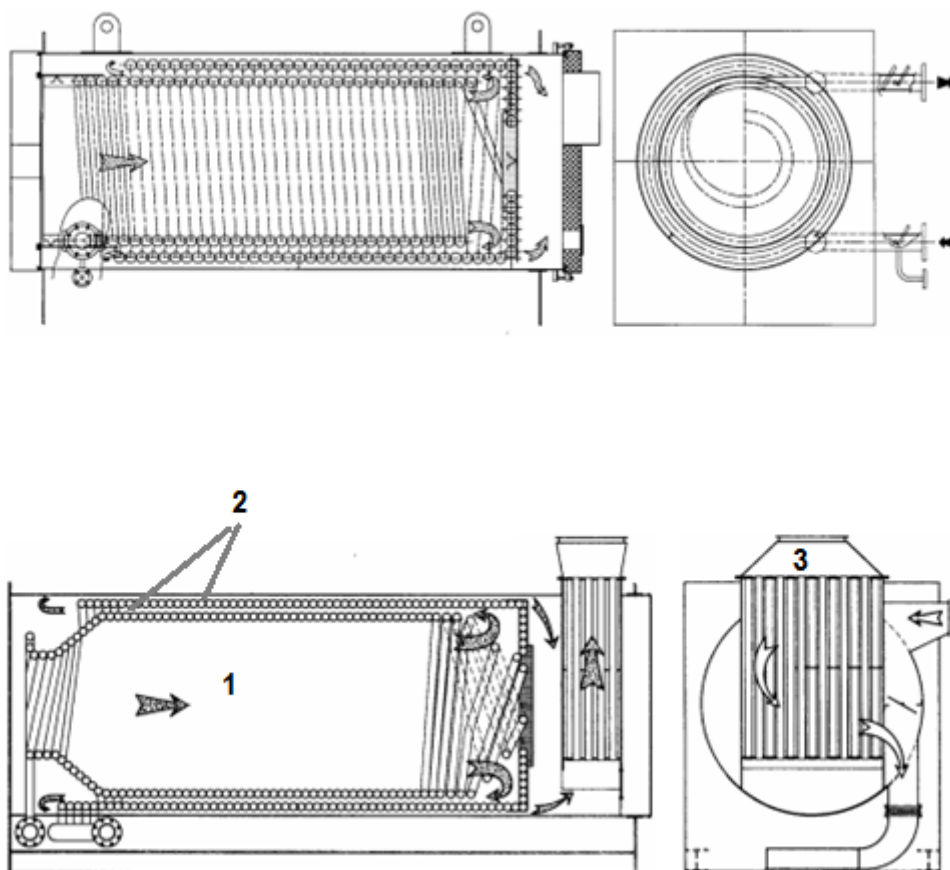


Рисунок 3.1 – Термомасляний котел з двома змійовиками.

Частіше за все такої конструкції вистачає для повноцінної роботи на перелічених вище видах палива (газ і рідке), три ходи по димогазам вистачає щоб при робочій температурі масла 200-250 °С. Знизити темп димогазів до 320-350 °С, але в сучасних економічних реаліях, така температура димогазів вважається неприпустимою. Тому, щоб отримати додаткову теплову енергію з димогазів, що відходять, є декілька варіантів конструкторських рішень. Один з них це установка водяного економайзера, при правильному розрахунку, ми зможемо знизити температуру димогазів, що відходять, до відмітки 140-160 °С. Тепло отримане у такий спосіб ми можемо застосувати для опалювання, нагріву води для різних господарських потреб або технологічних процесів.

3.2 Принцип роботи економайзера

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ

Арк.

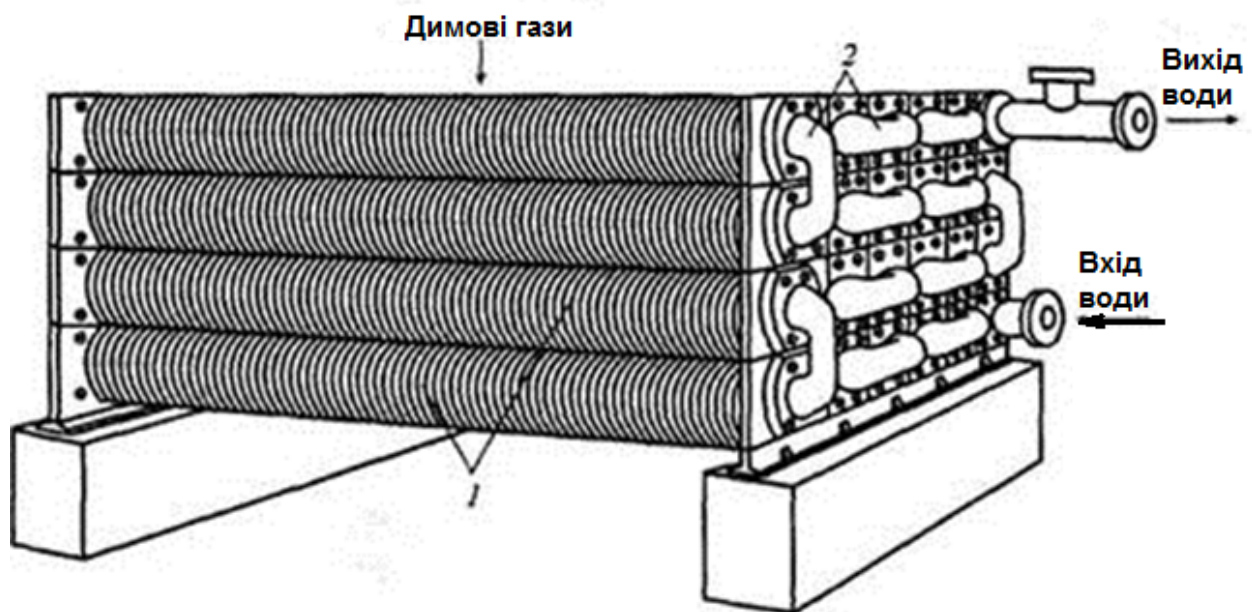
PAG

Економайзер - це пристрій для відбору тепла від відпрацьованих димових газів, що виходять з котлів, печей, сушок і іншого тепло генеруючого устаткування, і передачі його теплоносію, що нагрівається.

Переваги, які дає економайзер :

- підвищення ККД котла;
- зниження витрати палива;
- легкість переобладнання існуючих установок;
- зниження викидів CO₂

На рис. 3.2 представлена схема облаштування водяного сталевого змієвикового економайзера.



1 – теплообмінні ребра

Рисунок 3.2 Економайзер

Тобто, ми бачимо, що димові гази, рухаючись по міжтрубному простору, нагрівають своїм теплом теплоносії, що рухається усередині трубок. Розташування трубопроводів змушує димові гази сповільнюватися і більш повно віддавати своє тепло. Залежно від потужності економайзери

мають різну площу тепло передаючої поверхні, і відповідно, інші розміри. Економізатори для захисту від перегрівання і можливості обслуговування мають байпасну лінію.

По глибині охолодження димових газів економізатори діляться на конденсаційні і неконденсаційні.

Конденсаційні - це економізатори з глибоким охолодженням димових газів (нижче точки роси), в результаті охолодження якого пара, що знаходиться в димових газах, конденсується і утворює конденсат, який після нейтралізації скидається в каналізацію. Під час конденсації пари вивільняється прихована теплота фазового переходу пароутворення/конденсації, що значно підвищує ККД роботи економізатора.

Неконденсаційні - є теплообмінниками з роздільною циркуляцією димових газів і теплоносія. У них теплообмін відбувається через розділяючу поверхню (стінка трубки, пластина). Приріст ККД при роботі таких економізаторів нижче, ніж при роботі конденсаційних економізаторів, але він теж досить значний і складає 4-6 залежностей від температурних режимів роботи.

По конструктивних особливостях економізатори діляться на активні і пасивні залежно від температурних режимів роботи.

Пасивними економізаторами називаються теплообмінні апарати з досить великою, розвиненою теплообмінною поверхнею. На цій поверхні димові гази без додаткового зволоження віддають теплоносію своє приховане тепло пароутворення, яке ще називають латентним теплом.

Економізатори встановлюються на котли будь-якої потужності. Наша організація робить економізатори для котлів потужністю до 20 МВт

Економізатори для нагріву поживної води і повітрянагрівачі для нагріву дутьового повітря знаходяться у кінці конвективного газоходу і омиваються

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

газами з низькою температурою, тому їх часто називають низькотемпературними або хвостовими поверхнями. З усіх поверхонь нагріву котла, що знаходяться під тиском, в економайзері температура металу труб має найменше значення. Установка повітрянагрівача збільшує економічність котла головним чином за рахунок зниження втрат з газами, що йдуть, а також дозволяє значно поліпшити процес горіння палива, особливо при спалюванні низькоякісних і малореакційних палив, понизивши втрати в топці q_3 і q_4 і збільшивши передачу теплоти радіацією в порівнянні з менш ефективною тепловіддачею – конвекцією.

Попередній нагрів повітря, що подається в топку для горіння, дозволяє підвищити теоретичну температуру згорання палива. Звичайне збільшення температури нагріву повітря на 100°C підвищує температуру горіння приблизно на $35\text{--}40^{\circ}\text{C}$.

Зниження температури газів, що йдуть, на кожні 10°C за рахунок установки хвостових поверхонь нагріву підвищує ККД. парогенератора приблизно на 0,5. Загальний низький рівень температур металу стінок труб хвостових поверхонь нагріву робить вірогідними їх корозійні ушкодження внаслідок конденсації вологи з димових газів і з'єднання з SO. Крім того, економайзер і повітрянагрівач більші, ніж інші поверхні котла, страждають від зносу золи і відкладень леткої золи на трубах. Характерним для хвостових поверхонь нагріву є також низький температурний натиск, особливо на вході в економайзер і на виході з холодної частини повітрянагрівача.

Тому основним завданням при розробці конструкцій хвостових поверхонь нагріву є - інтенсифікація теплообміну і створення компактних малогабаритних елементів з помірною витратою металу, які б піддавалися мінімальному зносу золи, забрудненню і корозії.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		PAG

Водяний економайзер розташовується за паровим котлом по ходу паливних газів і призначається для нагріву поживної води перед вступом її в котел; при цьому додатково використовується газів, що тепло відходять, що підвищує економічність котлоагрегату. У сучасних котельних установках застосовують в основному два типи економайзерів : чавунні ребристі і сталеві змієвикові.

Чавунні ребристі економайзери системи ВТИ встановлюються на котлах з робочим тиском до 22 атм. Вони складаються з окремих чавунних ребристих труб, внутрішній діаметр яких дорівнює 60 мм і довжина приблизно 2 м. Ребра на трубах служать для збільшення поверхні нагріву і кращої передачі тепла від гарячих газів до води. На кінці кожної ребристої труби є кріпильний фланець.

Чавунні економайзери, виготовлені із спеціального високоякісного чавуну, застосовуються на тиск до 60 атм.

Гідність чавунних економайзерів полягає в тому, що вони стійкіші в порівнянні із сталевими відносно внутрішньої і зовнішньої корозії.

Крім того, при ремонті калачі можуть зніматися і труби порівняно легко очищаються від шламу. Недоліками чавунних водяних економайзерів є великі габарити і відносно невеликий коефіцієнт теплопередачі, викликаний значними діаметрами труб і малими швидкостями газів, а також недостатня стійкість чавуну у разі появи гідравлічних ударів. Температура поживної води в чавунних економайзерах має бути завжди на 40-50°З нижче температури котельної води у барабані.

Абсолютно не допускається скипання води в економайзері, при якому можуть з'явитися гідравлічні удари. Тому при розтопленні котла, коли витрати води в економайзері немає, щоб уникнути її скипання необхідно відводити воду з економайзера через так звану лінію зганяння в поживний або

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

дренажний бак. З цієї ж причини котлоагрегати з чавунними економайзерами обладналися обхідними газоходами, через які пропускаються гази при розтопленні котлів. Сталеві змієвикові економайзери застосовуються для котлів середнього і високого тиску. Вони бувають двох типів: економайзери киплячого типу, в яких відбувається частковий випар води (до 15-25 і економайзери некиплячого типу.

Киплячі економайзери складають як би частину поверхні нагріву котла. Вони не відключаються ні по водяній, ні по газовій стороні. Тому між ними і котлом не ставиться ніякої арматури. Замочний вентиль і зворотний клапан на поживній лінії кріпиться на вході у водяний економайзер. Температура поживної води в економайзерах некиплячого типу так само, як і в чавунних, має бути на 40-50 °С нижче температури котельної води у барабані.

Конструкція його аналогічна конструкції пароперегрівача. Він складається з водяних камер (колекторів) 7 і 2 і змієвиків 3 із сталевих труб із зовнішнім діаметром 38-51 мм і завтовшки стінок 3-5 мм, залежно від тиску. Кінці змієвиків ввальцовуються в отвори колекторів або приварюються до штуцерів, ввареним в камери. Труби великого діаметру, по яких вода підводиться до економайзера і відводиться з нього, приєднуються до колекторів посередством зварювання. Змієвики економайзера зазвичай розташовуються в шаховому порядку.

Залежно від розміру економайзера по висоті він ділиться на окремі пакети (групи), які встановлюють на деякій відстані один від одного. Простір між пакетами використовується для ремонту економайзера і для очищення його від золи. Крім того, таке розділення сприяє кращому перемішуванню газів і рівномірному розподілу їх по перерізу газоходу.

Змієвики економайзера в газоході розташовуються горизонтально. Вони кріпляться за допомогою опорних стоек, що спираються на порожнисті

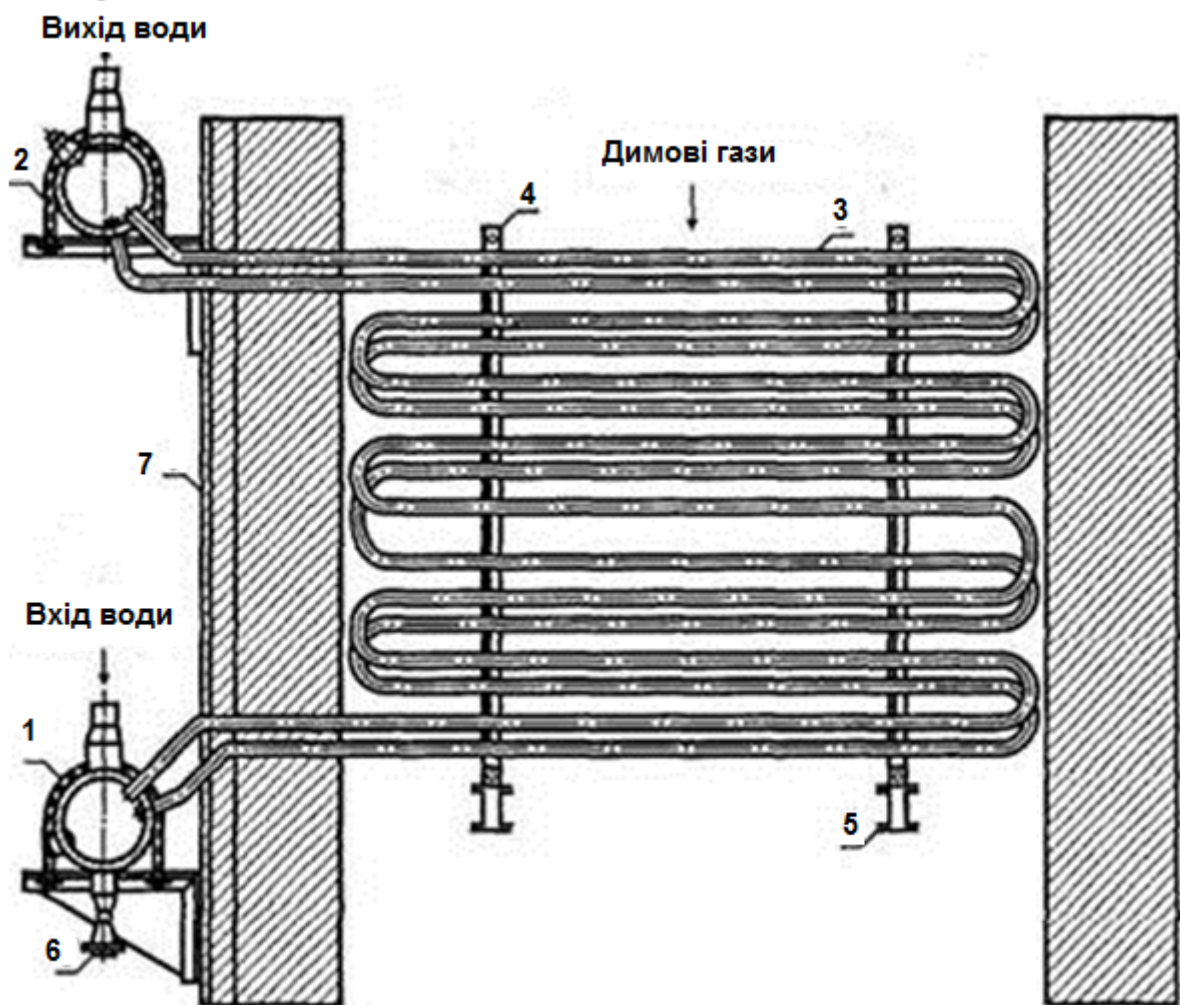
					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

блоки, що охолоджуються повітрям. Для оберігання блоку від високих температур вони покриваються зовні тепловою ізоляцією (торкретом).

Нерівномірний розподіл води в окремих змійовиках економайзера може привести до неполадок і аварій. У некиплячих економайзерах в цьому випадку може статися закипання води, іноді запарювання змійовиків (т. е. освіта в них пара) і навіть перепал їх (при високій температурі димових газів). Тому швидкість води в некиплячих економайзерах має бути не менше 0,3-0,4 м/с. На вихідній частині киплячих економайзерів ця швидкість має бути не менше 1 м/с щоб уникнути перегрівання змійовиків у разі розшарування пароводяної суміші. На рис. 3.3 представлена схема облаштування водяного сталевого змієвикового економайзера.

Для збільшення швидкості води в економайзері при дуже широких газоходах застосовують схему з двократним рухом води, т. е. розділяють економайзер на дві послідовно включені секції. Швидкість газів в економайзері зазвичай буває 10-12 м/с, а для многозольных палив - не більше 9-10 м/с.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Змш	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



- 1 - нижній вхідний колектор; 2 - верхній вхідний колектор; 3 - змійовики;
 4 - опорні стойки змійовиків; 5 - опорна балка з повітряним охолодженням;
 6 - спуск води; 7-обмуровка.

Рисунок 3.3 - Водяний економайзер змієвиковий

Найчастіше в економайзері підігрівається поживна вода, яка потім спрямовується у барабан котла. В цьому випадку економайзер називається поживним. В окремих випадках в економайзері нагрівається вода, використовувана потім на потреби теплопостачання, і він називається в цьому випадку теплофікацією. Зазвичай в сучасних котельнях застосовують індивідуальні економайзери, кожен котел обладнаний власним поживним економайзером.

У старих котельних з низьким ККД внаслідок високої температури газів, що йдуть, встановлюють іноді групові економайзери теплофікацій. Їх установка, окрім позитивного чинника - підвищення ККД котельні, має цілий ряд недоліків. Ця, передусім, постійна зміна рівня нагріву води при зупинці нагріву котлів або при різкому коливанні навантажень, знижується температура стінок металу поверхонь нагріву, що викликає посилене забруднення і низькотемпературну корозію.

3.3 Повітрянагрівачі

За принципом роботи повітрянагрівачі діляться на рекуперативні і регенеративні. У рекуперативних передача теплоти від потоку продуктів згорання до повітря, що нагрівається, відбувається безперервно через розділяючи ці потоки металеві стінки поверхонь нагріву (труб або пластин). У регенеративних повітрянагрівачів наявне металеве набивання (пластини, кулі і т. п.) поперемінно то нагріваються в потоці димових газів, то охолоджуються в повітряному потоці, віддаючи йому отриману акумульовану теплоту.

Рекуперативні підігрівачі підрозділяють по виду вживаного матеріалу на чавунні, сталеві і неметалічні, а по конструктивному оформленню - на пластинчаті і трубчасті. У чавунних повітрянагрівачів товщина теплопередавальної поверхні зазвичай дорівнює 6 мм, а у сталевих - 0,5-2,0 мм. Поверхня нагріву чавунного повітрянагрівача складається найчастіше з горизонтальних овальних чавунних труб. Продукти згорання проходять між ними, а повітря - усередині них.

Труби забезпечені зовнішніми і внутрішніми ребрами, що збільшують їх поверхню нагріву. Останніми роками чавунні повітрянагрівачі в котлобудуванні практично не застосовуються, оскільки вони громіздкі, мають

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Зми	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

велику масу, мають погану технологічність (неможливість зварювання), крихкість. До переваг відносяться стійкість проти корозії і жаростійкість, що дозволяють забезпечити нагрів повітря до 450°C.

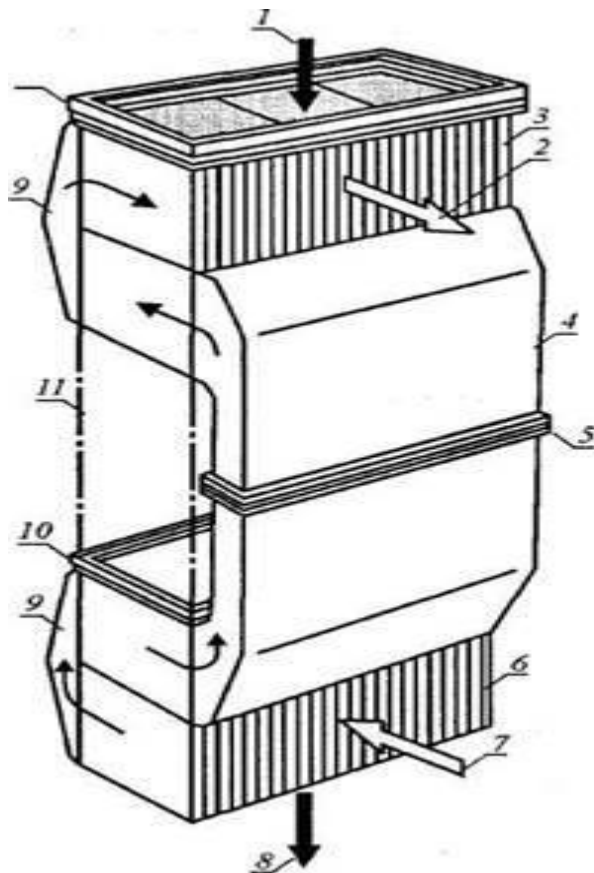
По рівню нагріву повітря усі повітрянагрівачі діляться на низькотемпературні (150-200°C), середньо температурні (200-350°C), високотемпературні (350-450°C) і радіаційні (450-700°C). Одній з перших конструкцій сталевих повітрянагрівачів були пластичні, такі, що є системою вертикальних і горизонтальних каналів, що чергуються, із сталевих листів завтовшки 2-3 мм. По вертикальних каналах притікають гази, а по горизонтальних - повітря вниз або вгору залежно від розташування повітрянагрівача.

Із-за значної нерівномірності температурного поля по усій поверхні окремих листів відбуваються їх викривлення, розрив зварних швів, зменшення отворів, що призводить до їх розбивання легкою золою. Усі ці недоліки привели до того, що нині пластичні повітрянагрівачі практично не застосовуються. Трубчасті повітрянагрівачі є найбільш поширеними для котлів малої і середньої потужності. Для їх виготовлення зазвичай застосовують сталеві труби із Ст 20 діаметром 51x1,5; 40x1,5 або 25x1,5 мм.

При меншому діаметрі труб повітрянагрівач має менші зовнішні розміри. Тонкостінні труби не можна вальцювати і їх приварюють до трубних дошок. Трубчастий повітрянагрівач складається з пучка паралельних труб, розташованих в шаховому порядку і приєднаних до трубних дошок. Труби разом з верхньою і нижньою трубними дошками складають секцію або "куб". Поверхня нагріву залежить від числа труб в кубі і їх довжини. Повітрянагрівач може складатися з одного або декількох кубів.

Зовні він має щільні стінки і повітроперепускні короби (рис. 3.4). У вертикальному повітрянагрівачі газ рухається усередині труб, а повітря - в міжтрубному просторі; у горизонтальному повітрянагрівачі - навпаки. Для

створення поперечного обтікання труб повітрям у вертикальному повітрянагрівачі встановлюють проміжні труби-дошки.



1 - вхід газів; 2 - вихід газів; 3 - вхід повітря; 4 - вихід повітря; 5 - нижня секція (куби) повітрянагрівача; 6 - верхні секції повітрянагрівача; 7 і 8 - перепускні короби для повітря; 9 - зовнішній компенсатор; 10 - місце установки економайзера; 11 - компенсатор на перепускному короби

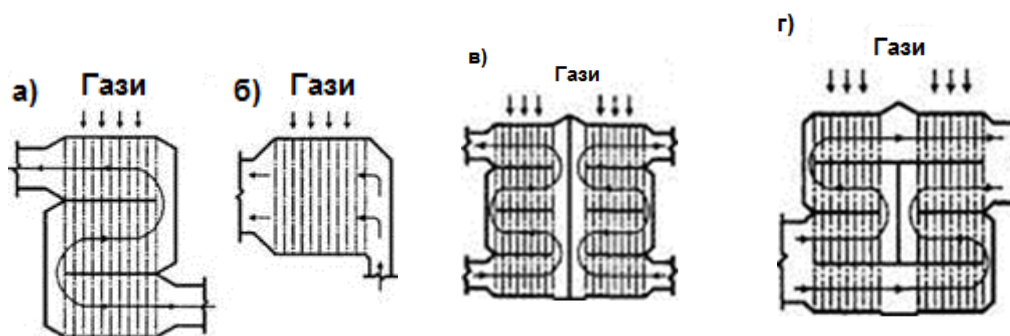
Рисунок 3.4 - Схема трубчастого двох'ярусного повітрянагрівача

Залежно від швидкості повітря і величини поверхні нагріву, повітрянагрівачі виконують одно- і багатоходовими (рис. 3.5 та рис 3.6).

Число ходів і швидкість повітря пов'язані між собою: при збільшенні числа ходів збільшується швидкість повітря. Застосування труб малого діаметру привело до створення конструкції так званого малогабаритного воздухоподогревателя. Для збереження колишнього значення швидкості газів

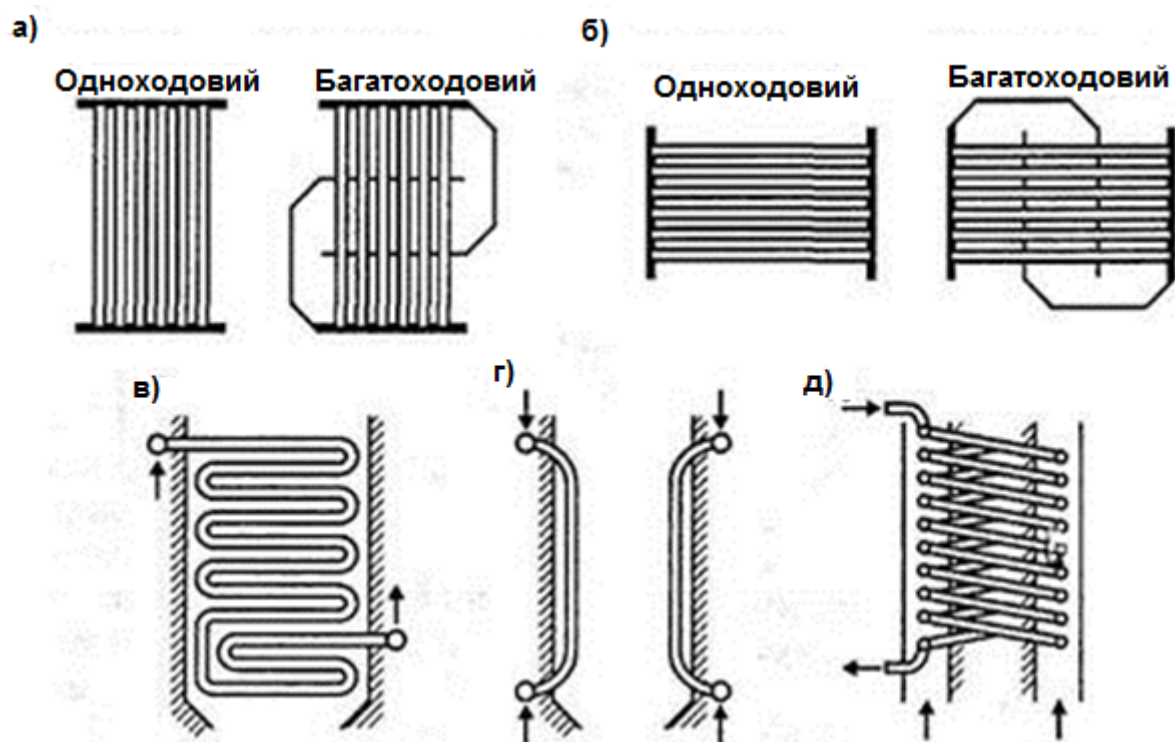
зі зменшенням діаметру труб необхідно збільшити їх число, при зниженні діаметру поверхня нагріву дещо зменшується.

Останніми роками іноді застосовують так звані обернені повітрянагрівачі, в яких на відміну від звичайних продукти згорання проходять в міжтрубному просторі, а повітря, що нагрівається, - усередині труб.



а - багатоходова потокова; б - одноходова однопоточна; в, г - багатоходові двохпоточні

Рисунок 3.5 - Схема компонування повітрянагрівачів



а - звичайні трубчасті; б - обернені трубчасті; в - змієвикові; г - екранний; д – спіральний

Рисунок 3.6 - Класифікація конструкцій повітрянагрівачів
3.4 Види повітрянагрівачів

Перевага обернених трубчастих повітрянагрівачів полягає в тому, що трубчасті дошки винесені із зони обігріву і працюють при нижчих температурах. До їх недоліків можна віднести більш високу, в порівнянні з традиційними, забрудненість золю. У ряді випадків при необхідності нагріву повітря до більш високих температур (400 °C і вище) застосовують різні не традиційні конструкції повітрянагрівачів : змієвикові - з плоских і спіральних змієвиків.

Переваги яких полягають у високій компактності при відносно великій довжині труб і у вдалому рішенні питань компенсації температурних подовжень, і радіаційні панельні, такі, що розташовуються в топці і іншій зоні високої температури.

3.5 Встановлення додаткового змієвика

Ще один варіант підвищення ефективності, це установка додаткового змієвикового теплообмінника в тіло котла. Цей варіант може вирішити відразу декілька питань. По перше ми зможемо легко переходити на тверде паливо, по друге можемо зробити усю установку коротше по довжині, в тих місцях де є обмеження і немає можливості поставити котел вертикально.

Але зміна конструкції тягне за собою зміна деяких розрахункових параметрів термомасленого котла:

А - це збільшення тиску циркуляційного насоса;

Б - збільшення маси котли і кількості ВОТ в котлі.

При переобладнанні (чи використанні) класичного газового термомасляного котла на тверде паливо виникає ряд серйозних проблем.

Головна проблема це недостатня площа поверхні теплообміну, оскільки температура факела газового або рідкопаливного пальника вище на 200 – 500 °С чим на твердому паливі, також об'єм димогазів набагато менше ніж при спалюванні твердого палива.

Наприклад при потужності котла 1500 кВт об'єм димогазів після газового пальника складе орієнтовно 2000 м³, а після твердопаливного пальника при спалюванні наприклад сирі тріски вологістю 40 % - 7000 м³, а при спалюванні пелети 4000 м³, тобто як ми бачимо об'єм димогазів так само залежить від вологості палива.

Теплова напруга топки або першого ходу зазвичай рідко перевищує гранично допустиму норму. Як згадувалося вище факел газового пальника має досить високу температуру велику променисту енергію . Факел виходить з твердопаливного пальника має меншу температуру і меншу променисту енергію . Тому якщо без зміни конструкції ми пустимо його в класичний термомасляний котел то ефективність теплопередачі зменшиться. Розв'язати

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		РАГ

цю проблему ми можемо збільшенням теплової напруги паливневої частини котла, а саме внутрішній частині першого змійовика.

Класичні термомасляні котли на газу або рідкому паливі мають теплову напругу топки від 400 до 650 кВт / м³, зважаючи на меншу теплову енергію твердопаливного факела, ми збільшуємо теплонапруження до величини 700-900 кВт / м³, шляхом зауження внутрішнього радіусу першого змійовика, довжину так само можна зменшити, але тільки до того розміру при якому язика полум'я не дістає до її краю.

Для того що б не перегрівати масло при такій великій тепловій нарузі слід збільшити продуктивність і натиск насоса, натиск насоса потрібно збільшувати у будь-якому випадку оскільки додається 3 змійовик, як ми знаємо з попередніх глав, мінімальна швидкість масла по теплообміннику в радіаційній частині повинно бути не менше 3 м / с

Відповідно теплову напругу поверхонь теплообміну ми можемо збільшити з 70000 ккал / м² • год (81.4 кВт / м² • год) до 100000 ккал / м² • год (120 кВт / м² • год) без ризику пристінного кипіння, пререгріву ВОТ і відкладень на внутрішніх порожнинах труби теплообмінника.

3.6 Очищення димогазів

При спалюванні твердого палива утворюється зола і попіл, частина з них залишається в топці і видаляється системою рухливих колосників і системою золовидалення, а частина підіймається і відлітає в теплообмінник (зола віднесення) де частково осаджується на теплообміннику і основна маса відлітає в димар, якщо встановлюється система очищення димових газів (аеродинамічні циклони) то віднесення падає до 2-5%. Робота установки очищення димових газів здійснюється за допомогою димососа.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

Димосос дозволяє отримати стабільну тягу і розрядку в топці котла незалежно від погоди і висоти димаря.

Відповідно димососом ми можемо регулювати швидкість руху димогазів по теплообміннику, тим самим покращуючи сам теплообмін

Чим вище швидкість руху газів по теплообміннику тим краще теплопередача, оптимальною вважається швидкість руху до 15 м / с .

Рух димогазів з такою швидкістю мають ще один позитивний ефект, це самоочищення теплообмінника, тобто при розрахунку каналів проходу димогазів, потрібно враховувати цю швидкість, але і сильно заужать їх теж не можна оскільки завжди повинна бути можливість очищення цих каналів механічно, інструментами при їх забрудненні.

Так само для відвертання забруднення теплообмінника золою віднесення, потрібно встановлювати систему пневматичного очищення яка зображена на рис. 3.7



1 – ресивер; 2 – клапан швидкого відкриття.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ

Арк.
РАГ

Рисунок 3.7 – Система пневматичного очищення

Пневматична гармата складається з ресивера із стислим повітрям 4-6 атм., системи клапанів, що швидко відкриваються, і конічного сопла, з якого при спрацьовуванні клапана вилітає струмінь повітря із швидкістю 80-150 м в сек, яка збиває з поверхні теплообміну усю налиплу золу. І теплообмінник працює з максимальним ККД.

3.7 Поліпшення спалювання твердого палива

Високий ККД котла залежить не лише від поверхонь теплообміну швидкості димогазів і об'єму перекачуваного масла циркуляційним насосом, але так само дуже сильно залежить від правильного і повного спалювання твердого палива. Різновидів твердого палива є велика кількість і кожен його вид має свої тонкощі по його спалюванню.

Наприклад дуже складно спалити у вугільній водоохолоджуваній топці сиру тріску або тирсу, відповідно навпаки, в ідеалі котел повинен підбиратися і проектуватися під конкретне паливо, тільки тоді уся система працюватиме з максимальним ККД. Перхід із звичайних шарових топок на топки з рухливо пререталкиваючими ґратами (рис. 3.8) і циклонними топками.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – стінка котла футерована шамотною цеглою ША – 5; 2 – шнек подачі палива; 3 – рухомі КОЛОСНИКИ.

Рисунок 3.8 - Футерування топки

Так само футерування котла наявність в топці, в зоні горіння вогнетривких матеріалів (рис. 3.8) (шамотна цеглина, вогнетривкий бетон). Процесу спалювання твердого палива у водогрійних твердопаливних котлах присвячено багато книг і наукових робіт. Досліди тривають віками, і

тривають нині. При усіх наших нових технологіях, залишилося дуже багато питань по спалюванню палива.

3.8 Переваги обмуровування топки котла

У цьому розділі ми розглянемо таку важливу деталь як обмуровування твердопаливного котла, його функції і вплив на горіння палива.

На промислові твердопаливні котли ставлять сучасну автоматику, застосовують нові матеріали, технології, але такі речі як футерування, теплова напруга, довжина факела, дожиг газів, теплопередача залишаються незмінними.

Фізика процесу горіння твердого палива добре описана багатьма теплотехніками минулого століття. Ними виведені формули і аксіоми, в яких неможливо сумніватися або пробувати їх змінити. Але реалії сучасного світу постійно намагаються це зробити, так би мовити обдурити фізику.

Спершу я б хотів навести приклади імпортованих твердопаливних кіт-лов. Якщо дивитися конструкції німецьких водогрійних і парових котлів, англійських, американських, то ви побачите в них футерування, а саме обкладену шамотною цеглиною або вогнетривким бетоном топку, обмурований довгий другий хід газів для дожига палива. Адже це той самий високий ККД, правильний дожиг палива і газів - економія сил і часу. Чи це іноземці дурні такі? Може вони про-сто не розуміють, що можна обходитися в твердопаливних котлах без цеглини? Думаю, що ні. На відміну від нас, іноземці рахують кожен копійку, і не лише зараз, але і на 10 років вперед. Вони розуміють, що купуючи якісний твердопаливний котел, вони економитимуть довгі роки, не забруднюючи довкілля і не палити зайве паливо.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		PAG

Розпочнемо з будови деревини. З таблиць ми бачимо, що в деревині вихід летких речовин складає до 85 відсотків, кількість летких в паливі позначається аналогічно із складом палива у відсотках до ваги робочого палива або горючої маси і ін. (V_p , V_x і т. д.). У складі летких речовин і коксу знаходиться горючі елементи, тому кожна з двох частин палива горить, але умови їх спалювання дуже різні. Характериска палива по виходу летких накладає відбиток на конструкцію топки і методи її експлуатації. При спалюванні в топках котлів деревного кускового палива, процесу виходу летких в їх чистому виді не відбувається, оскільки до палива увесь час подається повітря для горіння. Однак свіжозавантажене паливо в першу чергу починає сильно "газити", рясно виділяючи леткі речовини. Дим з труби стає темного кольору, але потім процеси горіння і газифікації вирівнюються і протікають паралельно. Якщо, наприклад, узяти дрова - паливо з дуже високим виходом летких (більше за 80т вагу палива), то при спалюванні їх на колосникових ґратах конструктор повинен передбачити великий об'єм паливневого простору, в якому згоратимуть горючі леткі речовини. Повітря, необхідне для горіння летких речовин (як і коксу) в паливневому просторі, на колосникових ґратах, підводиться зазвичай через піддувало і колосникові ґрати. Таким чином, значна частина повітря, спрямовуючись в паливневий простір, пройде через колосники і шар палива транзитом. Це повітря охолоджуватиме колосники і шар палива, що лежить на них, тому при спалюванні дров в твердопаливному котлі, колосники сильно не нагріватимуться і можуть бути простої конструкції (не водоохолоджувані).

У сучасних котлах, для дожига летких, частина повітря подається безпосередньо в топку. Це називається вторинне повітря або гостре дуття. Але подання вторинного повітря має бути правильно розраховане і організоване, оскільки надмірне його подання охолоджує топку і порушує процес горіння. Так само вторинне повітря повинне мати натиск, інакше він

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

просто не зможе змішатися з полум'ям і транзитом полетить до димаря, забираючи тепло з топки.

Тому, зважаючи на високий вміст летких речовин в деревному паливі, треба розуміти, що важливим чинником при спалюванні твердого палива в котлах є велика довжина полум'я. Тобто, що б все правильно горіло і допалювалося, полум'я повинне пройти деяку відстань, не торкаючись холодних поверхонь теплообмінника. Вогнетривка цеглина ізолює стінки топки від безпосереднього контакту з полум'ям.

Багато хто помилково вважає, що роль вогнетривкої цеглини - це захист стінок від прогару. Можливо, якоюсь мірою він так і працює. Хоча теплообмінним поверхням водогрійних котлів не загрожує прогорання, поки теплообмінник заповнений теплоносієм. Прогорання теплообмінника - проблема повітряних котлів (теплогенераторів). Основна роль вогнетривких матеріалів у водогрійних котлах - це відсікання зони горіння від безпосереднього контакту з теплообмінником для підвищення температури у вогнищі.

Можна сказати, що шамот виступає в даному випадку утеплювачем. Дожиг летких компонентів відбувається завдяки вогнетривкій цеглині. Важливим чинником дожига летких компонентів твердого палива є температура.

З курсу шкільної фізики усі знають: що б реакція йшла швидше треба підвищувати температуру. Але, окрім швидкості реакції, в спалюванні важлива якісна складова. У летких компонентах існують з'єднання яким потрібна висока температура, інакше реакція окислення не станеться. Наприклад, щоб окислювати З потрібна температура від 600 гр. і вище і так далі.

Науково доведено, що в котлах з водоохолоджуваними стінками навряд чи вийде підняти загальну температуру більше 500 гр., а особливо, якщо

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

язики полум'я дістають до стінок теплообмінника, то ситуація з дожигом стає зовсім сумна. Тому в усіх котлах, працюючих на деревному паливі, рекомендується закривати вогнетривкою цеглиною або бетоном хоч би частина топки.

Без великої температури в зоні спалювання не вийде створити якісне горіння, це виведення описане у багатьох книгах з теплотехніки.

Таким чином вогнетривка цеглина в топці потрібна для спалювання низькокалорійного палива. Тобто для того що б підвищити ефективність термомасляного котла слід зробити наступні кроки:

- переклад з газового або рідкого палива на тверде;
- установка економайзера або установка 3 змійовики;
- збільшення теплової напруги в топці котла;
- збільшення швидкості димогазів;
- вертикальна установка теплообмінника (при роботі на твердому паливі);
- збільшення натиску і продуктивності циркуляційного насоса;
- оптимізація і правильне спалювання палива.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Характеристика робіт, які виконуються

Роботи, які виконуються у котельні, пов'язані з роботою наступного обладнання:

- котельних установок та допоміжного обладнання;
- пристроїв подачі повітря в котел та видалення з нього димових газів;
- забору води, її підготовки та очищення;
- забезпечення безперервної та надійної подачі палива до пальників котельних установок;
- транспортування теплоносія (пари та гарячої води) до споживачів та повернення його до котельні;
- нагріву холодної води у теплообмінниках за рахунок теплоти пари або гарячої води.

У цих роботах задіяне наступне обладнання.

Котельні установки – засоби для отримання теплової енергії за рахунок спалювання палива у топці. Робота котлів пов'язана з високими температурами, тому до їх теплоізоляції пред'являються підвищені вимоги.

Вентилятори, димососи – лопатні машини для подачі повітря у котел (для утворення паливно-повітряної суміші) та для видалення димових газів з газоходу котла відповідно. Приводяться у дію за допомогою електричного приводу.

Насоси – лопатні машини, які використовуються для переміщення рідкого середовища (у нас – води). Служать для подачі води до станції хімічного очищення, живлення котла водою, підживлення котла (з розрахунку кількості води, яка втрачається), подачі води до споживача (системи опалення та гарячого водопостачання. Приводяться у дію електричним приводом.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплообмінні апарати – для нагріву холодної водопровідної води за рахунок теплоти гарячої води для систем гарячого водопостачання, та нагріву охолодженої зворотної води для систем опалення. Також використовуються на станції хімічного водоочищення для підігріву води перед подачею у деаератор. Працюють за рахунок тиску, створеного насосами.

Паливна магістраль – забезпечує надійну, безпечну та безперервну подачу палива до пальників котла.

Системи автоматичного контролю, сигналізації та керування – забезпечують надійність, безперервність, та стабільність режимів роботи котельних установок. Забезпечують спрацьовування системи сигналізації та оповіщення при розладі режиму роботи котла, або при виникненні аварійної ситуації. Являють собою прилади вимірювання, контролю, реєстрації, сигналізації та оповіщення і живляться електричним струмом.

Системи трубопроводів, запірної та регулювальної арматури – слугує для транспортування теплоти у вигляді пари або гарячої води до споживачів, регулювання кількості теплоносія, що подається. Забезпечує доставку теплоносія до споживачів та повернення його до котельні. Працює за рахунок тиску, створеного насосами.

4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які виникають під час експлуатації обладнання котельні

За категорією вибухової та пожежної небезпечності будівля котельні відноситься до вибухопожежонебезпечної категорії А – найнебезпечнішої категорії. Таке становище пов'язане з тим, що у котельні водночас розташовуються паливні магістралі, водяні та парові магістралі, електрична мережа, а також робота основного обладнання супроводжується високим рівнем температури та тиску теплоносія у магістралях.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		PAG

Робота котельного агрегату пов'язана з підвищенням температури в приміщенні котельні, яке зумовлене спалюванням палива в топці з дуже високою температурою. Мірою запобігання втрат теплоти з топки котла назовні є мурування котла, але навіть воно не спроможне повністю виключити підігрів приміщення котельні за рахунок теплопередачі через стінку мурування. Це порушує комфортні умови перебування людини у приміщенні [9], та є постійним шкідливим фактором.

Окрім нагріву, робота котла супроводжується підвищеним рівнем шуму, який утворюється під час горіння у топці паливно-повітряної суміші, а також рухом теплоносія, який проходить у барабані та по трубах котла. Шум, окрім погіршення комфорту, сприяє більш швидкій втомлюваності людини [10].

За рахунок різності тисків у котлі та назовні, а також постійного перепаду тиску охолодженого та перегрітого теплоносія, котельна установка є дуже високо напруженою конструкцією. Це зумовлює постійний рівень вібрації, який супроводжує роботу котла. Вібрація шкідливо сприяє на стан та здоров'я людини та також порушує комфортні умови перебування у котельні.

Робота котла також супроводжується знаходженням всередині нього води та пари з тиском, значно вищим за атмосферний. Тому при роботі є ризик порушення щільності котла та виникнення аварійної ситуації. Аварія котла може супроводжуватись зруйнуванням мурування та вибухом у котельні.

Поблизу від котла повітря дещо забруднене за рахунок підвищеної температури повітря, високої температури стінок мурування (що дещо знижує концентрацію кисню у повітрі), роботи технологічного обладнання, яка супроводжується виділенням різних газів та хімічних речовин (за рахунок тертя механізмів та пригоряння мастила).

Окрім цього котел – складна тепло технологічна установка, яка потребує постійного нагляду за режимами її роботи. То ж котел потребує постійного перебування поблизу від нього обслуговуючого персоналу, який здійснює

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

контроль та керування. Перебування поблизу від котла людини погано впливає на стан її здоров'я, бо тут присутні такі фактори як підвищена температура, високий рівень шуму, забруднене повітря та інш.

Вентилятори та димососи приводяться у дію електричними двигунами та являють в першу чергу машини з електричною небезпекою. Тут також присутній постійний рівень шуму від лопатей, який зумовлений високою швидкістю обертання, та є рухомі частини (обертання валу вентилятора та електродвигуна), які можуть стати причиною травматизму. Димососи, окрім цього, транспортують нагріті до високої температури димові гази (близько 110...150 °C), то ж можуть бути ще й причиною опіків.

Насоси також з електроприводом, то ж тут також присутня електронебезпека, а постійний шум, який виникає під час роботи електродвигуна та насоса, тільки збільшує шумовий фон у котельні. Насоси транспортують рідину або пару з високим тиском і температурою, та мають рухомі частини, що може бути причиною опіків та травмування відповідно. Під час витікання води з причини порушення щільності в насосі можливе потрапляння її на дрiт електроживлення, що може підвищити небезпеку.

Теплообмінні апарати служать для нагрівання холодної води за рахунок гарячої води, або пари, та окрім підвищеного рівня шуму, який виникає під час проходження води по каналах, можуть стати причиною опіків.

Паливна магістраль та газорозподільний пункт (ГРП) слугують для подачі палива (основне паливо – природний газ) до котельні, розподілення та транспортування його до котлів. Вони є джерелом вибухової та пожежної небезпеки, бо газоподібне паливо саме по собі дуже небезпечне, а тут воно ще й поєднується з підвищеною температурою та присутністю джерел електричної іскри – електричними машинами.

Магістральні трубопроводи слугують для транспортування теплоносія від джерела води до станції водопідготовки, хімічного водоочищення, подачі до

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

котлів, транспортування гарячої води та пари до споживача, а також повернення їх в котельню. Вони є істотним небезпечним джерелом опіків. Паропроводи, окрім того, небезпечні високим тиском пари, яка при витіканні через нещільності в паропроводі, становить підвищену небезпеку для людини.

Розгалужена система парових та водяних магістралей, повітропроводів, паливних магістралей, магістралей електричної енергії – це складна сітка комунікацій, яка розташована по всій котельні, та має багато місць пересічення. Ці місця є джерелом підвищеної небезпеки, бо при контакті певних речовин з дротами, які знаходяться під електричним струмом, або між собою, з'являється певна можливість виникнення пожежі, вибуху, або аварійної ситуації.

Оскільки котельня є виробничою будівлею зі складною архітектурою (що зумовлюється вимогами до розташування обладнання на декількох ярусах та конструкцією котлів), то вона не є цілісним будинком з декількома поверхами. Як правило, капітальна будівля котельні складається з несучих прольотів та стін, а все внутрішнє улаштування збирається з металевого профілю. Так, наприклад, всі колони у котельні збираються з таврів або швелерів, а необхідні драбини для доступу нагору або вниз зварюються з металевих елементів. Підлоги в цеху котельні теж вироблені з металевих листів та слугують для швидкого доступу в підвальне приміщення, або просто можуть бути швидко розібрані при потребі перебудови котельні. Таке улаштування котельні також несе певну небезпеку для обслуговуючого персоналу, бо не є дуже жорстким та надійним. Тож при користуванні такими драбинами та підлогами є певна небезпека травмування.

Випробування котлів, насосів, та подібного технологічного обладнання пов'язане з виходом за межі режиму.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

4.3. Заходи безпеки, які вживаються для запобігання шкідливого впливу на здоров'я та життя людини

Мірою запобігання впливу високої температури на працівників котельні є додаткова теплова ізоляція та герметизація мурування. Це декілька знижує втрату теплоти, підігрів приміщення котельні, рівень шуму, а також негативний вплив на персонал.

Виключення вибуху котла та його руйнування здійснюється обладнанням кожного котла вибуховими клапанами, які спрацьовують під час виникнення аварійної ситуації, та відкривають котел, що спричиняє викид надлишкового тиску через вибухові вікна.

Гарним методом боротьби з вібрацією є розв'язання фундаментів котельні та котельного агрегату. Це виконується за допомогою створення окремого від котельні фундаменту для кожного з котлів. За таких умов вібрації від котла переходять у ґрунт, та менше впливають на будівлю котельні.

Задля виключення викиду продуктів згоряння з котла в приміщення котельні через щілини ті тріщини в муруванні, котли працюють під розрідженням – тобто тиск у топці та газоході менший за атмосферний.

Рухомі частини вентиляторів та димососів закриваються кожухами, це виключає потрапляння людини до рухомих елементів. Задля зниження рівня шуму стики між частинами кожухів, газоходів та повітропроводів прокладаються гумовими ущільнювачами, які не тільки герметизують, а й роблять роботу цих машин значно тихішою.

Боротьба із шумом у насосах також ведеться за допомогою додаткових кожухів, а виключення ураження електричним струмом – за допомогою додаткового гідрозахисту струмоведучих частин електричного двигуна та кабелю електричного живлення.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021–ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система паливоподачі оснащується складною системою аварійної автоматики, яка ставить за мету запобігти витіканню газу при порушенні щільності газопроводу. Також важливу роль відіграє налаштування центрального відсічного клапану, який зупиняє подачу газу при виникненні аварійної ситуації.

Особлива увага надається навчанню персоналу котельні та його інструктуванню при заступанні на зміну.

4.4. Заходи при виникненні аварійних ситуацій

При аварійних ситуаціях персонал котельні зобов'язаний:

Без одержання розпорядження в аварійних випадках негайно зупинити котел і повідомити про це особу, відповідальну за справний стан і безпечну експлуатацію котлів (начальника котельної) або особу, котра замінює його.

Це він повинен зробити:

а) при виявленні несправності запобіжного клапана або інших запобіжних пристроїв, що замінюють їх;

б) якщо тиск в барабані котла піднявся вище дозволеного більше ніж на 10 відсотків і продовжує підвищуватися, незважаючи на припинення подачі палива, зменшення тяги і дуття і посилене живлення котла водою;

в) якщо стався спуск води у котлі (нижче нижньої кромки водовказівного скла). Підживлення котла водою при цьому категорично забороняється;

г) якщо рівень води швидко знижується, незважаючи на підсилене живлення котла водою;

д) якщо рівень води піднявся вище верхньодопустимого рівня і продувкою котла не вдається знизити його;

е) якщо припинена дія всіх живильних приладів;

ж) якщо припинена дія всіх показчиків рівня води;

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		РАГ

з) якщо в основних елементах котла (барабані, колекторі, камері, жаровій трубі, вогневій коробці, кожусі топки, трубних ґратах, зовнішньому сепараторі, паропроводі і т. п.) будуть виявлені тріщини, випини, пропуски в зварних швах, обрив анкерного болта або двох чи більше зв'язувань;

и) якщо виявлена загазованість котельної з котлами, що працюють на газоподібному паливі, припинена подача газу, стався вибух газоповітряної суміші в топці котла або газоходах;

і) якщо припинено подачу електроенергії при штучній тязі, а також пошкоджені елементи котла та його обмурування, що створює загрозу для обслуговуючого персоналу або руйнування котла;

к) при недопустимому підвищенні чи зниженні тиску в тракті прямоточного котла до вмонтованих засувок;

л) при згасанні факелів в топці при камерному спалюванні палива;

м) при зниженні витрачення води через водогрійний котел нижче мінімально допустимого значення;

н) при зниженні тиску води в тракті водогрійного котла;

о) при підвищенні температури води на виході з водогрійного котла до 20 С нижче температури насичення, яка відповідає робочому тиску води у вихідному колекторі котла;

п) при несправності автоматики безпеки чи аварійної сигналізації, включаючи зникнення напруги на цих приладах;

р) якщо виникла пожежа в котельній чи зайнялася сажа або частинки палива в газоходах, що загрожує обслуговуючому персоналу чи котлу, при цьому весь обслуговуючий персонал котельної, який працює на зміні, повинен вжити заходів до погашення пожежі згідно з планом ліквідації можливих аварійних ситуацій і, у разі необхідності, викликати пожежну команду.

Причини аварійного зупинення котла записати в змінному журналі.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При появі течі в заклепочних швах або в місцях вальцювання труб, свищів на трубах поверхні нагріву котла, а також при інших пошкодженнях і неісправностях котла, арматури, що не вимагають негайного його зупинення, терміново повідомити про це адміністрацію і зробити запис у змінному журналі.

При аварійному зупиненні котла оператор повинен:

- а) припинити подачу палива і повітря, різко послабити тягу;
- б) якомога швидше видалити паливо, що горить, з топки; у виняткових випадках, якщо це необхідно, паливо, що горить, залити водою, спостерігаючи за тим, щоб струмінь води не потрапляв на стінки котла та обмурування;
- в) після припинення горіння в топці відкрити на деякий час димову заслінку, а в ручних топках - топкові дверцята;
- г) відключити котел від головного паропроводу;
- д) випускати пару крізь підняті запобіжні клапани або аварійний вихлопний вентиль.

					02.15.ТЕ2021.РД.2021-ПЗ	Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі літературних даних щодо існуючих електричних повітряноопалювальних агрегатів встановлено, що вплив нерівномірного закрученого потоку повітря на теплові та аеродинамічні характеристики трубчастих нагрівальних елементів недостатньо досліджені, що призводить до розбіжностей розрахункових даних із дійсними та нестабільною роботою даних агрегатів.

Побудована наближена фізична модель процесів у потоці повітря, при яких протікає складний теплообмін в електричних повітряно-опалювальних агрегатах. Внаслідок обмежених можливостей аналітичного рішення приведених диференціальних рівнянь для отримання розрахункових залежностей, використовуючи основи теорії подібності, були отримані залежності вигляду $Nu=f(Re)$.

На підставі натурного та обчислювального експериментів були запропоновані залежності, які адекватно описують процеси теплообміну, що відбуваються в нагрівальних блоках електричних повітряно-опалювальних агрегатів при встановленні осьового вентилятора на нагнітання.

Обчислювальний експеримент доводить, що при початково-нерівномірному закрученому потоці повітря можна досягти інтенсифікації процесу теплообміну в електрокалориферах до 10%, у порівнянні з рівномірним омиванням.

Дослідження процесів теплообміну циліндрів та їх пучків в умовах нерівномірного закрученого потоку повітря від осьових вентиляторів дозволяє оптимізувати компоновку розташування нагрівальних елементів в повітряноопалювальних агрегатах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

						Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий Текст. / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский М.: Наука, 2001 -280 с.
2. Архаров А.М., Афанасьев В.Н. Теплотехника. 2-е изд. / МГТУ им. Баумана.- 2004.-712 с.
3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский – М. : Высшая школа, 1982. – 415 с.
4. Бородюк, В. П. Статистические методы в инженерных исследованиях: учеб. пособие Текст. / В. П. Бородюк, А. П. Воцинин, А. З. Иванов; под ред. Г.К. Круга М. : Высш. школа, 1993 - 216 с.
5. Боровский В.Р., Шелиманов В.А. Теплообмен цилиндрических тел малых радиусов и их систем. – Киев: Наук. Думка, 1985. – 208 с.
6. Варшавский А.С., Волков Л.В., Костылев В.А. Бытовые нагревательные электроприборы. -М.: Энергоиздат, 1981.
7. Возняк О.Т., Желих В.М. Основи наукових досліджень у будівництві: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003.- 176 с.
8. Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия.- М.: Информационно-издательское предприятие АВОК-Пресс.- 2005.- 120 с.
9. Дыбан Е.П., Эпик Э.Я. Тепломасообмен и гидродинамика турбулизованных потоков. -К.: Наук. Думка. –1985. –296 с.

10. Жукаускас А., Шланчаускас А. Теплоотдача в турбулентном потоке жидкости.- Вильнюс: Минтис, 1973. - 327 с.

11. Кваско М.З., Кубрак Н.А. Динамічні моделі типових теплообмінних апаратів.: Навч. посібник. –К.: ІЗМН, 1999.-136 с.

Кейс В.М., Лондон А.А. Компактные теплообменники.- М.:Энергия, 1967. –222 с.

13. Компактные теплообменники. Пер. с англ. Сидорова. Изд. 2-е перераб. И доп. М.: Энергия, 1967.

14. Корбут В.П. Природна турбулентна конвекція між вертикальними тепловіддавальними поверхнями / В.П. Корбут. – К. : Наукова думка, 1996. – 215 с.

15. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. – М.:Энергия, 1972. – 560 с.

						Арк.
						PAG
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		