

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему «Підвищення енергоефективності обладнання прокатного виробництва»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1442-дн
спеціальності 144 Теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Теплоенергетика

(назва освітньої програми)

Коновалов С.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Єрофєєва А.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент ст. викл. Таратута В.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Спеціальність 144 – Теплоенергетика

(код та назва)

Спеціалізація _____

(код та назва)

Освітня програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц. В.Л. Коваленко

« _____ » _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Коновалов Сергій Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Підвищення енергоефективності обладнання прокатного виробництва»

керівник роботи Єрофєєва А.А., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 639 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 березня 2024 р.







3 Вихідні дані до роботи : споживання пари по вводах за 2021р; характеристики змащень і баків ; бойлер стану 1700-2 : площа $F = 35 \text{ м}^3$, товщина стінки $\delta = 4 \text{ мм}$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 182 \text{ кДж/м}\cdot\text{К}$; товщина ізоляції $\delta = 25 \text{ мм}$, коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 3600 \text{ кДж/м}\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 94 \text{ кДж/м}\cdot\text{К}$, , втрати тепла по довжині паропроводу.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Шляхи підвищення ефективності систем енергопостачання на металургійних підприємствах. 2) Технічний розрахунок споживання пари в ЦХП-1. 3) Заходи щодо підвищення енергоефективності обладнання прокатного виробництва.

5 Перелік графічного матеріалу 1) План цеху холодної прокатки. 2) Аналіз споживання енергоресурсів промислового підприємства. 3) Схема паропроводів цеху холодної прокатки. 4) Схема розташування конденсатовідводчиків на

прокатному обладнанні. 5) Співвідношення споживання пари обладнанням прокатного цеху. 6) Помісячне споживання пари по вводах 7) Річне споживання пари по вводах 8) Карта споживання пари по ЦХП-1 9) Схема подачі конденсату на теплообмінник для підігріву ХВ системи ГВП. 10) Висновки.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Єрофєєва А.А., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Єрофєєва А.А., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Єрофєєва А.А., к.т.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 11.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Шляхи підвищення ефективності систем енергопостачання на металургійних підприємствах	03.10.2023	
2	Технічний розрахунок споживання пари в ЦХП-1	04.12.2023	
3	Заходи щодо підвищення енергоефективності прокатного виробництва	26.02.2024	

Студент 
(підпис)

Коновалов С.В.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи 
(підпис)

Єрофєєва А.А.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
(підпис)

С.В. Башлій
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

С.В.Коновалов. Підвищення енергоефективності обладнання прокатного виробництва.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник А.А.Єрофєєва. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024.

У кваліфікаційній роботі проведений аналіз ефективності енергозберігаючих заходів у системах теплопаропостачання та електроспоживання і розроблені енергозберігаючі заходи для цих систем стосовно до прокатного виробництва.

У результаті аналізу енергозберігаючих заходів щодо теплопаропостачання були визначені найбільш ефективні: застосування конденсатовідвідників для пароспоживаючого устаткування; застосування теплоти конденсату пари, що відробила в технології, для підігріву холодної води системи гарячого водопостачання.

Виконано розрахунок електричного навантаження обладнання стану «1680». Запропоновано до встановлення комплектну конденсаторну установку. Техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження запропонованих заходів.

Ключові слова: енергоефективність, конденсатовідвідник, пароспоживаюче устаткування, теплота, конденсат, пара, теплопаропостачання, прокатне виробництво.

ABSTRACT

S.V. Konovalov. Improving the efficiency of the rolling production equipment.

Qualifying final work for the degree of master's degree in specialty 144 - Heat and Power Engineering, scientific supervisor A.A. Yerofieieva. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Research Institute named after Y.M. Potebnya. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2024.

The qualification work analyzes the effectiveness of energy saving measures in heat and steam supply and electricity consumption systems and develops energy saving measures for these systems in relation to rolling production.

As a result of the analysis of energy-saving measures for heat and steam supply, the most effective ones were identified: the use of condensate traps for steam-consuming equipment; the use of heat from the condensate of steam used in the process to heat cold water for the hot water supply system.

The electrical load of the equipment of the 1680 mill was calculated. A complete condenser unit was proposed for installation. Technical and economic calculations confirmed the feasibility of the proposed measures.

Key words: energy efficiency, condensate trap, steam consuming equipment, heat, condensate, steam, heat and steam supply, rolling production.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	9
1.1 Проблеми енергозбереження в металургійній промисловості України.....	9
1.2 Способи дослідження систем паропостачання	21
1.3 Характеристика виробничих процесів у ЦХП-1.....	37
1.4 Відділення навантаження технологічного процесу від навантаження опалення.....	41
2 ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СПОЖИВАННЯ ПАРИ В ЦХП-1.....	45
2.1 Складання карти енергоспоживання.....	45
2.2 Складання загальної карти енергоспоживання у цеху холодного проката №1.	60
3 ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	66
3.1 Заходи щодо підвищення ефективності теплоспоживання обладнанням.....	66
3.1.1 Вибір і розрахунок конденсатовідводчиків.....	66
3.1.2 Теплоутилізація конденсату.....	69
3.1.3 Ізолювання арматур і фланцевих з'єднань трубопроводів пари.....	70
3.2 Заходи щодо підвищення ефективності електроспоживання обладнанням.....	75
3.2.1 Розрахунок електричного навантаження.....	79
3.2.2 Компенсація реактивної потужності.....	84
ВИСНОВКИ	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	90

ВСТУП

Актуальність роботи. Основними стратегічними напрямками підвищення енергоефективності і реалізації потенціалу енергозбереження є: структурно-технологічна перебудова економіки країни і створення адміністративних, нормативно-правових та економічних механізмів, які сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Структурно-технологічна перебудова економіки країни в цілому та її окремих галузей, підприємств і технологічних процесів передбачає виведення із роботи морально застарілого і фізично зношеного устаткування, припинення випуску неефективної (з точки зору енерговикористання) продукції та впровадження новітніх технологій і обладнання.

Мета роботи - аналіз ефективності енергозберігаючих заходів у системах теплопаропостачання та електроспоживання і розробка енергозберігаючих заходів для цих систем стосовно до прокатного виробництва.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі задачі

- аналіз шляхів підвищення ефективності систем енергопостачання на металургійних підприємствах;
- аналіз проблем енергозбереження в металургійній промисловості України;
- характеристика виробничих процесів у ЦХП-1;
- технічний розрахунок споживання пари в ЦХП-1;
- розробка заходів щодо підвищення енергоефективності у системах теплопаропостачання та електроспоживання прокатного виробництва.

В умовах обмеженості інвестиційних ресурсів в Україні впровадження модернізації і структурнотехнологічної перебудови промисловості необхідно проводити в першу чергу в галузях промисловості, які забезпечують нагальні

потреби суспільства : паливно-енергетичний комплекс, чорна і кольорова металургія, окремі галузі машинобудування, легка та харчова промисловість, а також у галузях, що випускають конкурентоспроможну продукцію задля зовнішнього ринку.

Важлива частка технологічних заходів пов'язана із покращенням використання енергетичних ресурсів шляхом підвищення рівня експлуатації існуючого енергетичного господарства споживачів, модернізації технологічних процесів, перш за все за рахунок маловитратних заходів, які спрямовані на підвищення комплексності використання енергоресурсів, зменшення втрат, оптимізацію режимів роботи.

1. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1 Проблеми енергозбереження в металургійній промисловості України

Енергозбереження, енергоефективність – для України прихід цих понять у повсякденне життя пов'язаний, з одного боку, з переходом економіки на ринкові відносини, з іншого боку – з переживаною енергетичною кризою, залежністю від імпорту енергоносіїв (нафти, газу), адже Україна задовольняє свої потреби в енергоресурсах за рахунок власних запасів менш ніж на 50%.

Сьогодні проблема енергозбереження для України стоїть особливо гостро.

Україна – одна із країн світу, де рівень енерговитрат надзвичайно високий. Її частка у світовому споживанні енергії становить 1,9 %, у той час як населення становить 1 % населення Землі. З погляду енергетики, неефективність виробництва викликана двома основними причинами: незбалансованою структурою енергоспоживання й нераціональним використанням енергії у всіх галузях економіки [1].

Після того як Україна стала незалежною державою, були проведені дослідження, що виявили основні проблеми енергетичного сектору:

- дуже високий рівень енергоємності;
- значна залежність від імпорту газу, нафти і ядерного палива;
- низька ефективність використання енергії.

Виходячи із цього дослідження був проведений аналіз виробничих галузей України. У результаті чого було виявлено, що самою енергоємною галуззю в Україні є промисловість, а саме: чорна металургія – 22,5 %, металообробка – 10 %, кольорова металургія – 3,2 %. І на сьогоднішній день в Україні зберігається тенденція росту енергозатратності.

Постійною проблемою України є те, що попит на енергоресурси перевищує можливості їх поставки за рахунок місцевих ресурсів. Тому важливо виділити пріоритетні напрямки, де можна досягти максимального ефекту при мінімальних витратах і зусиллях. І такою галуззю є металургійна промисловість.

Очевидно, що металургійна промисловість – пріоритетна з погляду енергоспоживання галузь. Це обумовлене тим, що:

- вона є найбільшим споживачем;
- споживання обмежене відносно невеликою кількістю користувачів.

На даному етапі металургійна промисловість України переживає складний період. На ряді з наявністю на світовому ринку конкурентів і застарілим технологічним обладнанням, виникають проблеми із придбанням енергетичних ресурсів, необхідних для виробництва продукції. Висока вартість енергоносіїв, а також неефективне або нераціональне їхнє використання веде до більших втрат на підприємстві, а саме : підвищується собівартість продукції, що випускається, – це веде до того, що вона стає не настільки конкурентоспроможною, як продукція закордонних підприємств, у наслідок чого, підприємство змушено компенсувати високу вартість своєї продукції і її неконкурентоспроможність скороченням обсягів виробництва, зменшенням заробітної плати, звільненням робітників з підприємства. Усе це негативно позначається на стані економіки країни в цілому.

Виходячи із цього можна припустити, що вихід із ситуації, що склалася, необхідно шукати на самому підприємстві. Підприємство не може вплинути на політику ціноутворення енергоносіїв, але воно в силах змінити себе й пристосувати своє виробництво до умов сьогоденної економіки.

Цього можна досягти за рахунок заміни застарілого обладнання, розробки нових виробничих технологій, підвищення ефективності систем енергопостачання на підприємстві.

Тому що заміна застарілого обладнання й розробка нових виробничих технологій вимагає більших матеріальних витрат, то для металургійного

підприємства більш економічно вигідно і сприятливо, в умовах, що склалися, буде проведення енергозберігаючих заходів, як безвитратних так і потребуючих капітальних вкладень, але, що мають великий економічний ефект, і маленькі строки окупності.

Основні напрямки енергозберігаючої політики в металургії пов'язані з удосконаленням діючих технологій і устаткування, оптимізацією режимів роботи й коефіцієнта завантаження основного технологічного устаткування, рекуперацією теплоти, що відходить.

Наприклад, у доменному виробництві енергозбереження може бути забезпечене за рахунок використання тепла доменного газу для підігріву повітря, що подається в домну, або для використання в коксових батареях (при їхній достатній близькості). Високий тиск доменного газу можна зменшити за допомогою турбіни й при цьому генерувати електричну енергію [2].

До енергозберігаючих заходів у доменному виробництві відноситься й використання звичайного вугілля замість частини коксу (коксування вугілля відбувається безпосередньо в домні). У результаті вдається зменшити частину загальних витрат на виробництво коксу.

У сталеплавильному виробництві технічний прогрес, включаючи екологічний і енергозберігаючий ефекти, пов'язаний з переходом від мартенівського виробництва сталі на киснево-конверторний. Основні світові виробники сталі такий перехід уже зробили. В Україні приблизно половина сталі виробляється в мартенах. Широкому впровадженню конверторного способу виробництва сталі перешкоджає відсутність інвестицій.

Із трьох способів виробництва сталі найбільш відчутна економія енергоносіїв досягається при виплавці сталі в дугових сталеплавильних печах. Саме цей спосіб, заснований на використанні металобрухту як вихідної сировини, забезпечує найвищі темпи приросту виробництва сталі у світі.

При виплавці сталі в дугових сталеплавильних печах економія енергії досягається за рахунок :

- підвищення маси садки й удосконалювання підготовки шихти;

- зниження електричних і теплових втрат печі;
- скорочення простоїв печі;
- оптимізації електричних і технологічних режимів роботи печі.

Попередня підготовка шихти полягає в її доборі таким чином, щоб у процесі плавки виключалася необхідність додаткової підплавки.

Крім того, важливий якісний склад шихти, використання відходів легованих сталей дозволяє при виплавці певних сортів сталей різко скоротити тривалість окисного періоду, знизити витрати легуючих елементів і знизити питомі витрати електричної енергії.

Важливим є також правильне розміщення шихти в робочому просторі печі (залежно від розмірів шматків лому). Загальна економія електроенергії за рахунок добору розмірів шихти і її якісного складу забезпечує економію електричної енергії в розмірі 15-20 %.

Попередній підігрів шихти, нагрівання й розплавлювання твердої завалки є найбільш енергоємними операціями в електропечах. Період плавлення займає близько половини часу всієї плавки й у цей період затрачається 60-70 % усієї електричної енергії, затрачуваної на плавку. Питома витрата електричної енергії в цей період становить близько 400 кВт*ч/т. Тому попередній підігрів шихти звичайно до 600-700⁰ суттєво знижує питомі витрати електричної енергії, а крім того, поліпшує якісний стан шихти за рахунок видалення вологи й вигорання вуглецю із забруднень шихти.

Величина електричних втрат у дугових сталеплавильних печах залежить від схеми короткої мережі. За рахунок застосування біфілярної прокладки кабелів удається підвищити коефіцієнт потужності, поліпшити розподіл навантаження по фазах і витрати електричної енергії в підсумку скоротити приблизно на 9 кВт*ч/т (в електросталеплавильному виробництві України питома витрата електричної енергії становить 660-670 кВт*ч/т).

Зниження теплових втрат досягається за рахунок збільшення стійкості футерування. Частота змін футерування при ремонтах обернено пропорційна

стійкості футерування. При кожній зміні футерування губиться велика кількість тепла, акумулюючого кладкою.

Стійкість футерування підвищується за рахунок:

- застосування високоякісних футерувальних матеріалів;
- підтримка оптимальної висоти склепіння над рівнем металу в період рафінування;
- зменшення тривалості періоду рафінування;
- застосування швидкісних ремонтів теплоізоляції – застосування крупнооболочного футерування.

Використання цих заходів підвищує стійкість футерування в 1,5-3 рази й зменшує теплові втрати на 10-15 %.

При виплавці сталі в технологічному процесі для охолодження використовують воду. Для скорочення витрати охолодженої води й підтримки її оптимальної температури доцільно встановлювати автоматичні регулятори з установкою певного діапазону температур. У печах малої й середньої ємності такий захід забезпечує економію електричної енергії до 50 тисяч кВт*год у рік.

Велика кількість тепла губиться з газами, що відходять й при випромінюванні через вікна й отвори. Закладення наявних нещільностей у стиках, місцях прилягання, з'єднаннях і таке інше дозволяє знизити втрати на 3-5 % від загальної витрати на плавку.

Важливим фактором у зменшенні споживання електроенергії в мережі є скорочення простоїв печі. Період простою печі в нормальних умовах визначається часом, необхідним на злив металу, очищення печі, дрібний ремонт поду й стін, завантаження шихти.

Простої печі залежать від ступеня механізації зливу металу й завантаження шихти. Електрична енергія в період завалки шихти в піч не подається, однак теплоакумулювання в кладці печі розсіюється кожухом і в наслідок чого, при включенні печі в мережу, частина електричної енергії йде на нагрівання футерування. Величина втрат на нагрівання футерування після

нормальної перерви в роботі печі доходить до 15-20 % усієї електричної енергії, використаної за цикл плавки.

Робота печі при раціональних електричних навантаженнях, тобто при значеннях потужності P , подаваної в піч на різних стадіях плавки, у функції маси завалки. Робота печей при раціональних енергетичних режимах може зменшити питомі витрати електричної енергії на 8-15%.

Використання спеціальних технологічних умов і прийомів:

- плавка в печах з кислого футерування,
- застосування кисню для продувки,
- застосування кускових розкислювачів замість мелених розкислювачів у шлаках.

Для металургійної промисловості актуальним залишається питання підвищення ефективності вже існуючих на підприємстві систем енергопостачання. Для того щоб зрозуміти й визначитися в засобах досягнення поставленої мети, на підприємстві необхідно провести комплексне обстеження, що дозволить з'ясувати, що саме можливо зробити для даного підприємства, щоб підвищити ефективність його системи енергопостачання. І це, головним чином, повинне бути досягнуте із залученням найменших матеріальних витрат, а також принести максимальний економічний ефект.

Далі буде розглядатися система паропостачання підприємства, і використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), тому що металургійні підприємства мають власні ТЕЦ, і на такі моменти, як зниження втрат у системі паропостачання найчастіше увага на підприємстві не звертається. Але насправді, дослідивши систему паропостачання, можна шляхом не настільки високотратних заходів, досягти істотних економій матеріальних ресурсів, а як наслідок, і зниження собівартості продукції, що випускається. [2].

Використання вторинних енергетичних ресурсів. Під поняттям вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) мається на увазі енергетичний потенціал продукції, відходів, побічних і проміжних відходів, що утворюються в технологічних установках (агрегатах), який не використовується в самому агрегаті, але може

бути частково або повністю використаний для енергопостачання інших установок. Поняття "енергетичний потенціал" означає наявність певного запасу енергії (хімічно зв'язаної теплоти, фізичної теплоти, потенційної енергії надлишкового тиску). До ВЕР не ставиться хімічно зв'язана теплота продукції паливопереробних, газогенераторних, вуглезбагачувальних виробництв і ін. і ті енергетичні відходи, які використовуються в самому агрегаті - джерелі ВЕР (регенерація теплоти).

По виду енергії ВЕР розділяються на три групи:

а) паливні (горючі). Під горючими ВЕР маються на увазі безпосередньо самі горючі відходи, не придатні для подальшої технологічної переробки: доменний газ, що відходить газ сажевих печей, абсорбційний газ при виробництві мономерів для синтетичних каучуків і так далі;

б) теплово - фізична теплота газів, що відходять, технологічних установок, фізична теплота продукції й відходів основного виробництва, відпрацьованої в технологічному процесі води, пари, теплота конденсату. До теплових ВЕР відносяться також: низкопотенційне тепло вентвипадків, скидних рідин і газів від теплотехнологічних установок;

в) надлишковий тиск - потенційна енергія газів і рідин, що залишають технологічні агрегати з надлишковим тиском, який необхідно знижувати перед наступним ступенем використання цих рідин або газів при викиді в атмосферу.

Використання ВЕР є найважливішим напрямком економії енергії на металургійному підприємстві. Дані по використанню ВЕР на підприємстві можуть вноситися як по підприємству в цілому, цеху, так і по окремих установках основними джерелами, що є, ВЕР.

Підхід до розробки заходів і рекомендацій, пов'язаних з використанням ВЕР, надалі вимагає значних попередніх витрат для з'ясування кількісного виходу ВЕР по окремих технологічних процесах, установках. Втрати теплової енергії з ВЕР впливає насамперед з'ясувати з технічної документації, наявної на підприємстві: технічних паспортів на устаткування, режимних технологічних карт, звітів по складанню балансів підприємства, цехів і так далі,

виконаними спеціалізованими пуско-налагоджувальними організаціями, проєктними й науковими галузевими інститутами. При цьому слід звернути увагу на дату останнього запису (вона повинна бути не пізніше трьох років).

На основі аналізу можливості використання ВЕР в енергобалансі підприємства складаються технічні розв'язки й рекомендації з оцінкою можливої економії енергоресурсів. Після їхнього обговорення з відповідальним за проведення обстеження результати доповідаються головному енергетикові підприємства з метою їх практичної реалізації [3].

Водяна пара. Широке застосування водяної пари в металургійній промисловості приводить у ряді випадків до енергетичних втрат, пов'язаних з необхідністю дроселювання пари. Зменшення втрат енергії в цьому випадку дозволяє заощадити значну кількість теплової енергії без додаткових капіталовкладень. Одним з найбільш простих пристроїв, що використовують енергію дроселювання, є струминний апарат (рисунок 1.1). Уведення його в діючі технологічні схеми дозволяє з мінімальними витратами знизити енергетичні втрати й більш повно використовувати енергію водяної пари в технологічних процесах.

Принципова схема включення струминного апарату для зниження енерговитрат на процес одержання продуктів металургійної промисловості розглядається на конкретному прикладі. У цеху карбаміду була пара вторинного скипання з тиском 0,43 МПа, яка частково використовувалася на технологічні потреби й частково викидалася в атмосферу.

Струминний апарат активним потоком - перегрітою парою з тиском 1,3 МПа компримує до 0,7 МПа пара вторинного скипання із цеху карбаміду. Для сприятливої роботи фільтрів пара вторинного скипання проходить відбійник конденсату й надходить у якості пасивного потоку в прийомну камеру струминного апарата [4].

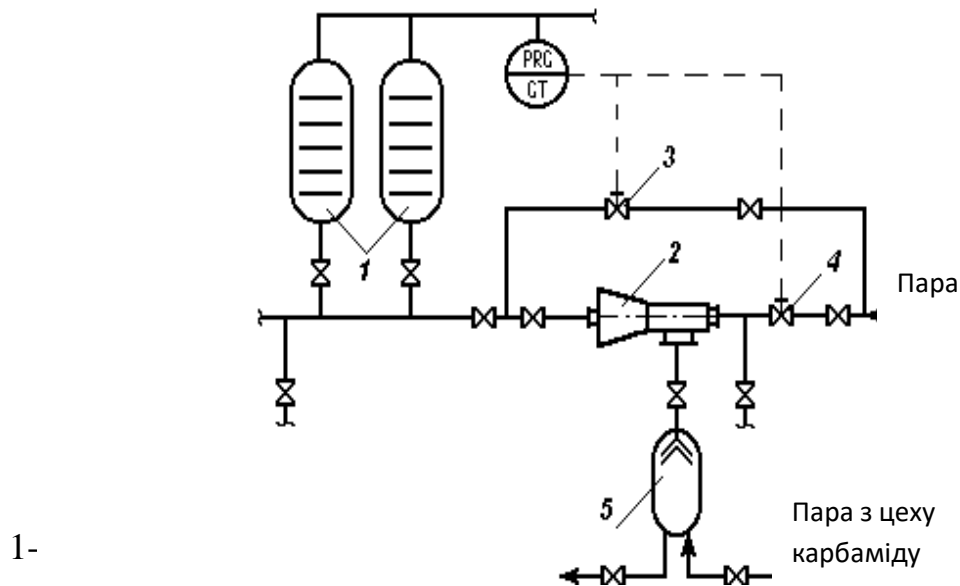


Рисунок 1.1 - Використання вторинних енергоресурсів водяної пари із застосуванням струминних апаратів

Утилізація ВЕР промпідприємства в умовах обмеженого споживання теплоти на господарсько-побутові потреби. Пропонуються схеми утилізації теплоти скидних потоків забрудненого конденсату температурою 50-70 °С з використанням теплонасосних установок у комбінації з теплообмінниками, що дозволяє стабілізувати кінцеву температуру води, що нагрівається, як для опалення виробничих приміщень, так і для потреб гарячого водопостачання. Схема показано на рисунках 1.2 – 1.4. Ефективність застосування кожної із запропонованих схем обумовлюється конкретними умовами підприємства.

У наведеній на рисунку 1.2 схемі, можливо спільне функціонування теплообмінника й теплонасосної установки (ТНУ). У цьому випадку теплообмінник дозволяє зменшити споживання енергії ТНУ, а остання забезпечує глибоке охолодження збірного конденсату. При зниженій температурі гарячого конденсату його охолодження буде здійснюватися не в теплообміннику 1, а у випарнику 2 теплового насоса, причому холодна вода для нагрівання надходить у конденсатор 3 теплового насоса, який забезпечує стабільну температуру гарячої води 60-65 °С.

Як показують варіантні розрахунки, оптимальна глибина охолодження конденсату за допомогою теплового насоса могла б скласти 25-30 °С, тому що

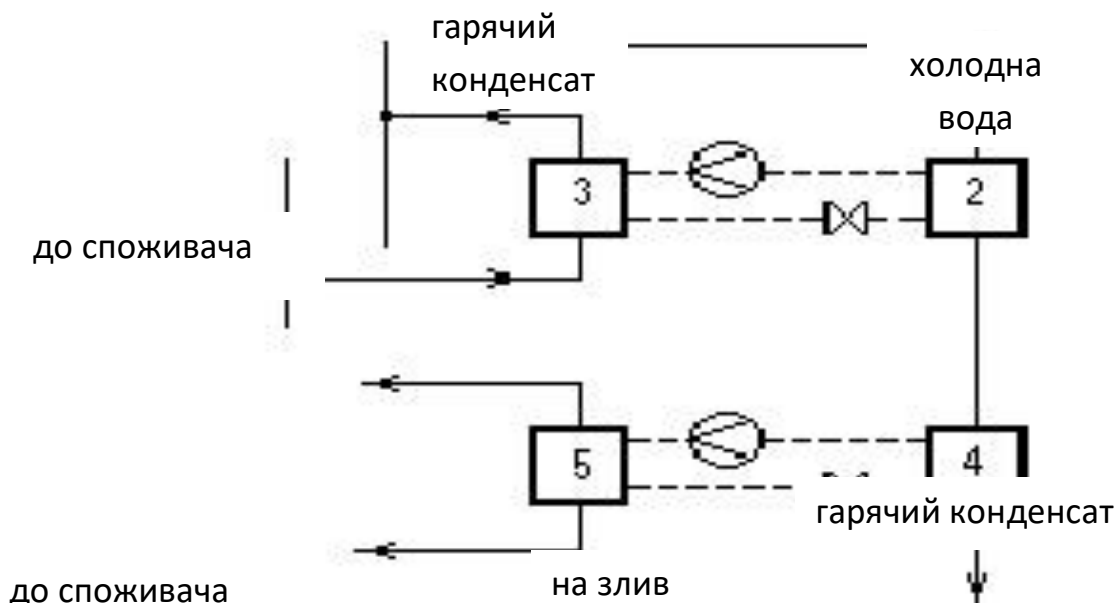
при більш низькій температурі знижується коефіцієнт перетворення теплового насоса, і витрата енергії на ТНУ не виправдовується утилізованою теплоенергією.

На рисунку 1.3 представлений варіант схеми утилізаційної установки, розрахованої на автономне забезпечення підприємства теплотою як для гарячого водопостачання (ГВП), так і для опалення. Гарячий конденсат пропускають спочатку через випарник 2 теплового насоса верхнього каскаду, у конденсаторі 3 якого вода тепломережі нагрівається до 95 – 100°C. Трансформованого за допомогою верхнього каскаду ТНУ кількості теплоти може бути досить для опалення промислового об'єкта, а залишкова теплота конденсату, відведена у випарнику 4 нижнього каскаду ТНУ, покриває потреби господарсько-побутових потреб підприємства. У конденсаторі 5 нижнього каскаду ТНУ вода перед споживачем нагрівається до 60 °С.

Незважаючи на очевидну економічну перевагу схеми на рисунку 1.3, у випадку збігу теплопродуктивності ТНУ й теплоспоживання в рамках підприємства (відпадає необхідність спорудження опалювальної котельні) слід рекомендувати більш надійну схему теплопостачання, показаної на рисунку 1.4, у якій основну частину навантаження опалення покриває котельня, а утилізаційна установка повністю забезпечує потреби ГВП. Сутність останнього варіанта схеми (рисунок 1.4) утилізації полягає в тому, що охолоджений до 35-55°C конденсат після водопідігрівача 1 може піддатися подальшій утилізації в тепловому насосі (у випарнику 2 і конденсаторі 3), причому через конденсатор 3 буде пропускатися мережна вода зворотного трубопроводу між опалювальним об'єктом і котельні.

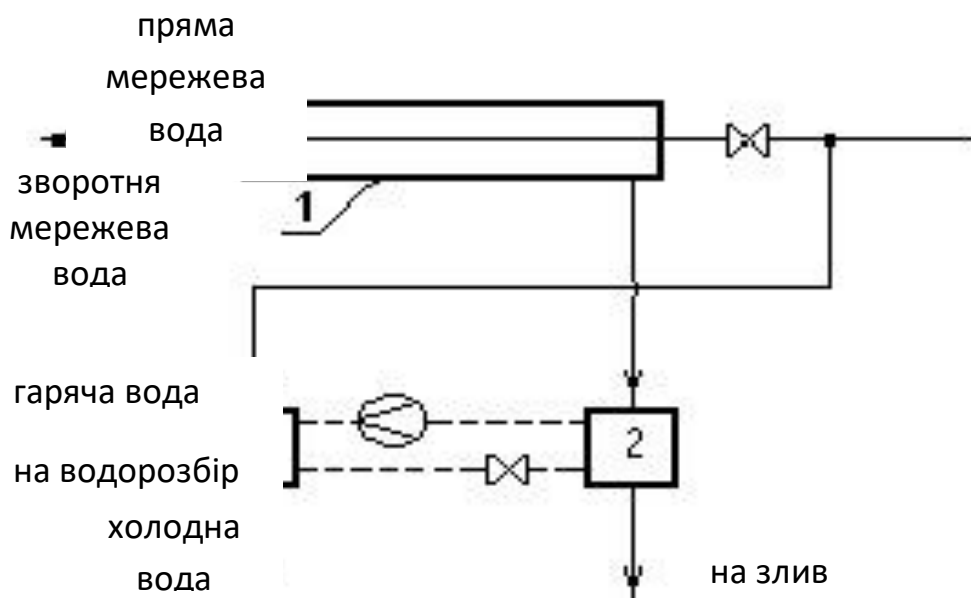
Кожна із запропонованих схем дозволяє оптимально використовувати теплоту конденсату в конкретних розрахункових умовах підприємства. При проробленні останнього варіанта для конкретного промислового підприємства (завод залізобетонних виробів продуктивністю 200 тис.куб.м виробів у рік) була отримана економія умовного палива за рахунок роботи першого ступеня утилізаційної установки (при охолодженні конденсату з 70 до 50 °С приблизно

40 кг/год, за рахунок роботи другого ступеня ТНУ - 15,7 кг/год з урахуванням витрати палива на споживану електроенергію (350 г/кВт.ч).



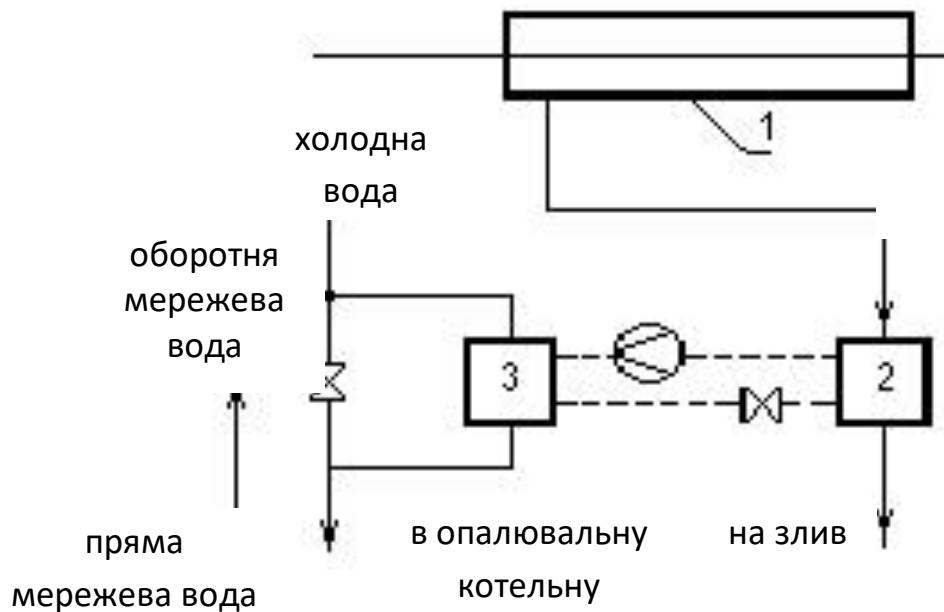
1 - теплообмінник; 2 – випарник ТН; 3 – конденсатор ТН.

Рисунок 1.2 – Схема утилізації ВЕР пром підприємства в умовах обмеженого споживання теплоти на господарсько-побутові потреби



1 - теплообмінник; 2 – випарник ТН; 3 – конденсатор ТН; 4 – випарник нижнього каскаду; 5 – конденсатор нижнього каскаду.

Рисунок 1.3 – Схема утилізації ВЕР пром підприємства в умовах обмеженого споживання теплоти на господарсько-побутові потреби



1 - теплообмінник; 2 – випарник ТН; 3 – конденсатор ТН.

Рисунок 1.4 – Схема утилізації ВЕР промпідприємства в умовах обмеженого споживання теплоти на господарсько-побутові потреби

Розроблена спеціальна система пристроїв призначена для використання теплоти газів, що відходять, з метою підігріву води для господарсько-побутових потреб, а також для підігріву первинного повітря пальників котла. Впровадження цієї системи пристроїв дозволило підвищити ККД котлів за рахунок використання вторинних теплових ресурсів, забезпечити економію палива, поліпшити процес згоряння палива.

Система складається з однотрубних підігрівачів води, які встановлюються в димоходах котлів і в сталевих штампованих радіаторах, установлених із фронту котлів під пальниками. Усі з'єднання виконані зварюванням. Холодна вода з водопроводу надходить у підігрівачі води, нагрівається, після чого надходить у радіатори, де створюється потік повітря (на 20-30 °С вище, чим температура приміщень котельні). Тепле повітря при роботі пальників за рахунок інжекції забирається усередину котла. Після цього нагріта вода надходить у трубопроводи, прокладені в побутових приміщеннях. Для забезпечення постійної циркуляції води встановлений регулятор малої

витрати води (0,2 л/хв), що регулює подачу води в бак-акумулятор гарячої води, установлений усередині приміщення, з якого вода надходить для підживлення теплою водою водогрійного пристрою, використовується для заправлення гарячою водою автомобілів і для їхньої мийки. Бак-акумулятор пов'язаний з атмосферою. Температура підігріву води 70-75 °С [5].

1.2 Способи дослідження систем паропостачання

Використання пари як теплоносія обумовлене тим, що по своїй природі вона має деякі переваги перед рідкими сумішами. Основні з них наступні:

- пара утворюється безпосередньо з води в процесі передачі їй теплоти (нагрівання);
- тиск і температуру пари можна легко регулювати в широких межах відповідно до запитів споживачів;
- низькотемпературні потреби легко задовольняються за рахунок використання парової системи високого тиску;
- пара подається до місця використання за рахунок її ж власного тиску;
- втрати пари швидко й легко виявляються;
- вона не приводить до забруднень навколишнього середовища;
- пара - теплоносієм може використовуватися на підприємстві не тільки для опалення, але одночасно для інших різноманітних потреб.

По термодинамічному стану розрізняють насичену й перегріту пару. Насиченою називається пара, яка перебуває в динамічній рівновазі з рідиною, з якої вона утворюється. Кожному тиску насиченої пари відповідає строго певна температура, яка називається температурою насичення. Розрізняють два стани насиченої пари (сухий і вологий). Сухою насиченою парою називають пару, яка перебуваючи, при температурі насичення, не містить вологи.

Вологою насиченою парою називається суміш сухої пари із крапельками, що мають температуру насичення вологи, рівномірно розподіленої у всьому її обсязі. Очевидно, що для рідини температура насичення відповідає температурі її кипіння. При заданому тиску температура сухої й вологої насиченої пари й температура кипіння води, з якої вона утворена, однакові. Якщо до вологої насиченої пари підвести додаткову теплоту, волога в ній випарується й вона перетвориться в суху. Кількість сухої пари у вологій характеризується так названим ступенем сухості пари, яка виражається у відсотках або частках одиниці. Якщо, наприклад, ступінь сухості рівний 0,4, то це значить, що в парі втримується 60 % вологи. При хорошій експлуатації котлів ступінь сухості може досягати значень 0,93 і більше.

Пара, температура якої стає вище температури насичення при заданому тиску, називається перегрітою. Очевидно, що вона утворюється якщо до вже сухої пари продовжувати підводити теплоту. Різниця між температурою перегрітої пари й температурою насичення при розглядаючому тиску називається ступенем перегріву. Необхідність перегріву пари виникає виходячи з технологічних особливостей її споживання, які й обумовлюють необхідні параметри пари (температуру, тиск, ступені перегріву й сухості). Так, наприклад, для чанів фарбування потрібна пара з температурою близько 150 °С, для вироблення гуми – 180 °С. Різноманітні теплові режими використання пари в харчовій промисловості. Ступінь сухості більш важливий, наприклад, у процесах пресування, стерилізації, сушіння та інше.

Система паропостачання призначена для забезпечення технологічних і господарсько-побутових споживачів парою необхідних параметрів і містить у собі джерело паропостачання, систему паропроводів, постачену запірною й регулюючою арматурами, пристроями відводу конденсату.

Джерелами паропостачання на промислових підприємствах є власні парові котельні й ТЕЦ.

При обстеженні стану системи паропостачання підприємства необхідно:

- дати характеристику джерела паропостачання й системи паропостачання, намалювати принципову схему підводки паропроводів до пароспоживаючого устаткування по цехах підприємства, а також схему зовнішнього розведення паропроводів від джерела паропостачання до цехів підприємства. Якщо на підприємстві є такі схеми, то їх уточнити: на схемах повинні бути зазначені діаметри паропроводів із вказівкою (орієнтовно) витрат пари, приблизні розміри товщини ізоляції (якщо вона відсутня, вказати в якому місці), наявність запірної й регулюючої арматур;

- скласти графік використання пароспоживаючим технологічним устаткуванням по цехах, з'ясувати витрати пари "гострої" і "глухої" (з паспортів на устаткування, наявної документації, звітів налагоджувальних організацій) по основних видах продукції, оцінити питомі витрати пари на одиницю продукції. Визначити частку споживання тепла у вигляді пари на технологію й інші потреби: опалення, вентиляцію й гаряче водопостачання;

- установити, який спосіб контролю обліку за споживанням пари застосовується (прилади контролю й обліку), кількісно оцінити втрати тепла неізольованими поверхнями пароспоживаючого устаткування й трубопроводами, оцінити ефективність існуючої ізоляції трубопроводів і устаткування;

- по наявних навантаженнях оцінити правильність вибору діаметру паропроводів до основного пароспоживаючого устаткування.

Після одержання результатів обстеження необхідно визначити напрями й намітити заходи, які дозволять знизити втрати в системі пароспоживання.

Фактори, що впливають на ефективність пароспоживання. Завданням систем паропостачання є забезпечення споживачів максимально чистою сухою насиченою або перегрітою парою необхідної температури й тиску. На жаль крім уже розглянутих втрат, властивим тепломережам, системи паропостачання мають і свої чисто специфічні. Так, оскільки насичена пара утворюється в котлі при умовах рівноваги, то присутня в ньому кількість тепла не може перевищити суми ентальпій (тепломісткості) води й схованої теплоти випару. У результаті

навіть невеликі втрати теплоти в парових трубах або використаних нагрівальних пристроях приводять до створення в них конденсату й, як наслідок, водних плівок, що позначається на процесі теплопередачі й ефективності пристроїв і систем паропостачання в цілому.

Крім того проблемою парових мереж є те, що при кожному припиненні подачі пари остання швидко конденсується, створюючи розрідження усередині системи. У результаті повітря заповнює паровий відсік (котлів, труб, теплообмінників та ін.), збільшуючи термічний опір мережі. Її теплові характеристики погіршуються, створюється нерівномірність нагрівання поверхонь і, природно, знижується енергоефективність. Крім зазначеного механізму, повітря й двоокис вуглецю надходять у парові системи з поживною водою котла, необхідної для компенсації втраченої в ньому вологи.

Навіть після термічної деаерації деяка кількість кисню й азоту в поживній воді все-таки залишається. При цьому спеціально використані хімічні добавки зв'язують тільки кисень (але не азот). Двоокис вуглецю також утворюється при розкладанні карбонатів, що використовуються в зазначеній воді. Згадані гази не розчиняються у воді при температурі, наявній в котлі. Вони виходять із нього разом з паром і тому що потім не конденсуються разом з останньою, накопичуються в "мертвих" просторах і вище розташованих обсягах системи.

І, нарешті, про витік пари в атмосферу. Тому що парове устаткування й уся система розподілу пари працює під тиском, то навіть незначне порушення її герметичності приводить до істотних втрат енергії й зниженню енергоефективності. Відбуваються витіки й через клапани, які в нормальному положенні повинні бути закриті, і через спеціальні пристрої - конденсаційні горшки, які будуть розглянуті нижче. Ці витіки (внутрішні) звичайно ж менш помітні, ніж зовнішні, викликані якими-небудь ушкодженнями устаткування, і можуть бути виявлені тільки при наявності добре продуманої системи технічного обслуговування.

Втрати пари виглядають наочніше, якщо виразити їх через втрати енергоресурсів (табл. 1.1). Часто зазначені втрати можна також оцінити й по

непрямих ознаках, зокрема, по довжині вихідного в атмосферу парового факелу («пір'я»), який при заданому тиску пропорційний діаметру отвору.

Таблиця 1.1 – Втрати, викликані витоком пари

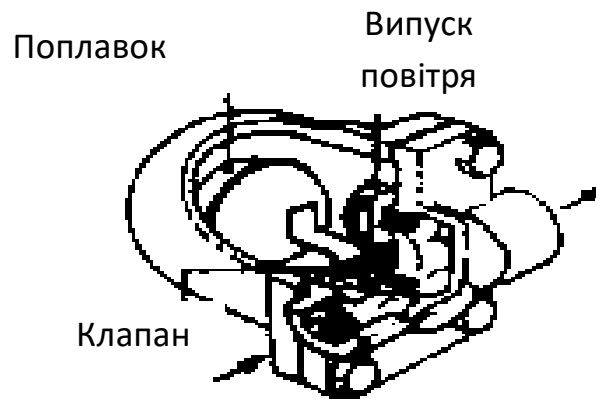
Діаметр отвору, мм	Втрати пари, кг/год	Довжина факелу, м
2	10	0,7
4	40	1,5
6	90	1,8
8	160	2,2

Виходячи з вищевикладеного стає очевидним, що крім відомих заходів щодо зниження енерговтрат, властивих звичайним тепломережам, системи паропостачання потребують додаткових технічних розв'язків зазначеної проблеми. Для таких систем характерне використання спеціальних пристроїв: конденсатотвідвідників (конденсаційних горшків), фільтрів і повітряних клапанів. Перші з них служать для видалення, що утворюється в мережі конденсату, а другі - іржі й окалини, що з'являється внаслідок внутрішньої корозії труб. Призначення повітряних клапанів зрозуміло з їхньої назви. У цей час розроблені й використовуються різні типи конденсаційних горшків, які за принципом дії класифікуються на термостатичні, механічні й термодинамічні.

Термостатичний конденсатотвідвідник працює на основі різниці температур конденсату й пари, забезпечуючи відкривання клапана, коли він перебуває в контакті з конденсатом (або пароповітряною сумішшю), і закривання його, коли він контактує з паром. Механічні горшки містять якийсь плаваючий пристрій (кулька, посудина та інше), який піднімається, при накопиченні конденсатом і відкриває випускний клапан. Як приклад такий конденсатотвідвідник з паровим клапаном показано на рисунку 1.5. Робота термодинамічних горшків заснована на різних динамічних тисках конденсату й пари. Очевидно, що остання має більшу швидкість і, при відповідному налаштуванні механічної системи, може, на відміну від конденсату, забезпечити переміщення клапана в закритий стан.

При виборі конденсатовідвідників, так як більшість використовуваних конденсатовідвідників є по суті механічними пристроями, що працюють у складних умовах, то й не дивно, що вони часто ламаються й стають джерелами втрат пари. Тому істотним завданням забезпечення енергоефективності парових мереж є організація перевірок стану конденсатовідвідників, їхнього обслуговування й ремонту.

Існують різні методи тестування стану конденсатовідвідників, наприклад, перевірка температури на їхньому виході. Якщо остання досить висока, то це свідчить, що тут відбувається витік пари. Установлюють для діагностики стану розглянутих пристроїв і ультразвукові детектори.



Риунок 1.5 - Конденсатовідвідник з кульовим поплавковим клапаном

У цей час уже існують конденсатовідвідники із сенсорними пристроями, які можна перевірити через комп'ютерну систему моніторингу. Слід мати на увазі, що частіше всього причиною відмов конденсатовідвідників є все-таки наявність іржі й окалини в теплоносії. Більші частини останніх легко видаляються через спеціальні дренажні відводи в трубопроводі, створювані безпосередньо перед конденсатовідвідником. Невеликі ж частки іржі видаляються за допомогою мілкосітчатого фільтра, установлюваного там же (рисунок 1.6). Деякі конденсатовідвідники (в основному термодинамічні) виконуються конструктивно разом із сітчастим фільтром (рисунок 1.7).

Немаловажним є питання правильного випуску повітря із системи паропостачання, що є необхідною умовою ефективної теплопередачі. Причини попадання повітря (газів) у систему зазначені вище, але слід мати на увазі, що це технічно неминуче, тому що обумовлене насамперед наявністю невеликого вакууму, що створюється в трубах і пароспоживаючому устаткуванні під час його зупинки й утворення конденсату. За умови установки випускних клапанів відповідних розмірів на найвищих точках систем пароспоживання проблем зі швидким видаленням повітря практично не існує. Недостатня ефективність його видалення звичайно легко виявляється по збільшенню часу, необхідного для нагрівання устаткування.

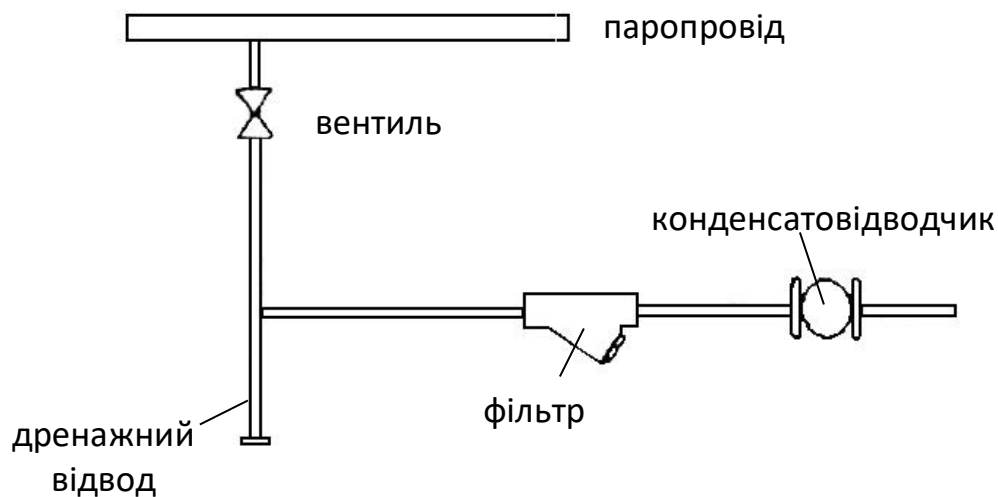


Рисунок 1.6 - Схема установки конденсатовідвідника й фільтра

Слід мати на увазі, що випускні клапани видаляють повітря на повну потужність тільки при запуску системи й відкриваються під час її роботи тільки коли повітря або газу деякою мірою накопичуються в мережі. Автоматичні випускні клапани звичайно ж більш кращі, тому що навіть на високотехнологічних підприємствах про них часто забувають, не використовують взагалі або залишають не повністю закритими. І це обумовлює значні втрати пари.

Необхідно відзначити, що коли конденсат повертається в систему, він усе ще містить велику кількість теплоти, викидати яку економічно недоцільно. Хоча на практиці, і дуже часто, уся вона скидається в зливальну трубу. Теплота ж конденсату може бути використана в іншій частині процесу або повернута в котельню для повторного використання як поживної води. Якщо конденсат не був у безпосередньому контакті із процесом (устаткуванням), то він залишається хімічно чистим і вимагає невеликого або взагалі не вимагає водоочищення перед повторним використанням.

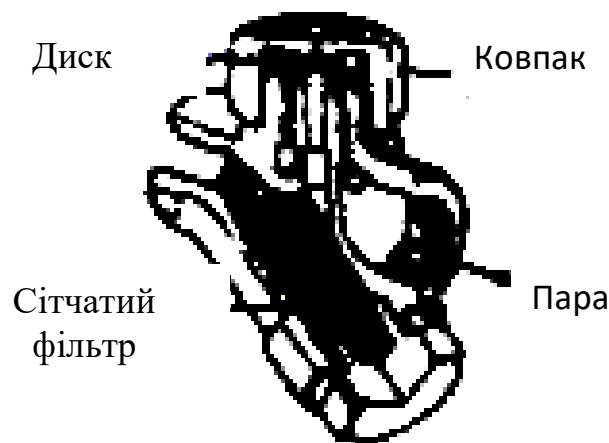


Рисунок 1.7 - Термодинамічний конденсатовідвідник із сітчастим фільтром

За наведеною таблицею 1.2 можна оцінити кількість теплоти, що втримується в конденсаті, у порівнянні з її кількістю в насиченій парі при різних тисках у системі. Як видно, якщо конденсат не використаний удруге, з ним губиться близько 20 % енергії, яка вкладена в генерацію пари, плюс вартість відповідної кількості очищеної води. І це за умови, що інвестиції в утилізацію конденсату в більшості випадків швидко окупаються. За винятком звичайно ж більших підприємств, де споживачі перебувають на значній відстані від котельні. Але навіть у таких випадках більш ощадливо використовувати теплоту конденсату на місці його утворення, наприклад, для опалення або підживлення систем гарячого водопостачання технологічного процесу.

Таблиця 1.2 – Тепломісткість води й сухої пари при різних тисках у системі паропостачання

Тиск (бар)	1	2	3	4	5	6	7
Ентальпія води	504,7	561,4	604,7	640,1	670,4	695,7	721,0
Ентальпія пари	2706,8	2725,3	2738,4	2748,4	2756,4	2762,5	2768,5
% теплоти у воді	18,7	20,6	22,1	23,3	24,3	25,2	26

Не слід упускати можливість використання й т.зв. пари скипання. Відомо, що коли тиск конденсату при його випуску зменшується, значна частина (залежно від початкового й кінцевого тиску) останнього «скипає», миттєво перетворюючись у більш холодний конденсат і пару більш низького тиску. Якщо ж утилізувати й останній, то термічний ККД процесу паропостачання суттєво підвищиться. Одночасно з'явиться можливість створення паропроводу низького тиску й розшириться коло можливих споживачів пари. На рисунку 1.8, як приклад, наведено одна з можливих схем зниження тиску конденсату, утворення й використання зазначеної пари скипання.

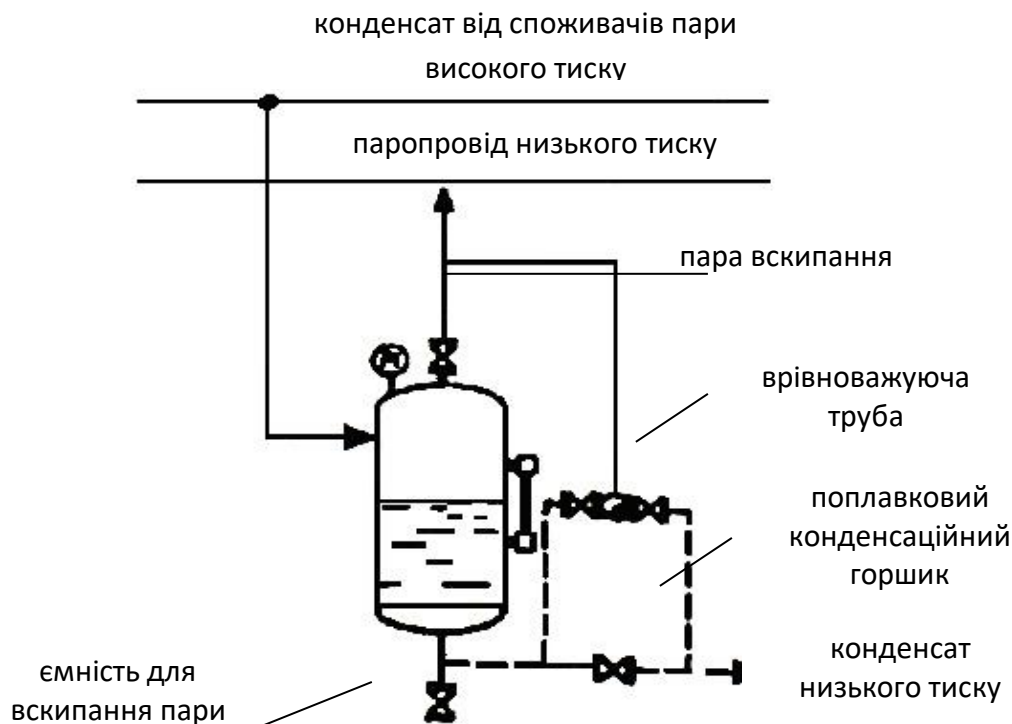


Рисунок 1.8- Схема зниження тиску конденсату з використанням пари скипання

Дуже рідко існує можливість повертати відпрацьований конденсат у котельню самопливом. Звичайно необхідно встановлювати ємності для його збору на найнижчому рівні паропроводу щоб мінімізувати відповідний тиск на конденсатовідвідники, а вже потім перекачувати конденсат у котел з поживною водою. При цьому насоси повинні бути підібрані з врахуванням того, що вони будуть працювати з водою при значеннях температур, близьких до температури кипіння. Збірники обов'язково повинні мати випускні клапани, тому що вони звичайно не в змозі витримати тиск пари, якщо який-небудь конденсатовідвідник зламається [6].

Система збору й повернення конденсату. При обстеженні енергогосподарства промислового підприємства важливе значення з погляду виявлення резервів економії енергоресурсів має оцінка організації збору, повернення й використання тепла конденсату від пароспоживаючого устаткування, стан експлуатації конденсатовідвідних пристроїв і конденсаторопроводів промислового підприємства.

Несправний технічний стан конденсатовідвідників або їх відсутність у пароспоживаючого устаткування приводять до значних втрат теплової енергії з пролітною парою, перевитраті пари й, як наслідок, до збільшення питомої витрати теплової енергії на одиницю продукції. З іншого боку, це приводить до погіршення роботи конденсатних ліній підприємства, нерозрахованих на роботу зі значним змістом "пролітної" пари в конденсаті. При цьому гідравлічний опір у конденсатних лініях зростає, виникає протитиск, що приводить до виникнення гідравлічних ударів.

Положення найчастіше посилюється ще й тим, що збір конденсату на підприємствах відбувається в баки "відкритого" типу. При цьому, відбуваються більші втрати з парою "вторинного" скипання, яка скидається в атмосферу.

Слід підкреслити, що установка конденсатовідвідника після пароспоживаючого устаткування обов'язкова. Відсутність їх повинна бути відмічена у звіті по обстеженню енергогосподарства. Слід звернути увагу на установку конденсатовідвідника, а саме, повинна бути обвідна лінія, а перед

конденсатовідвідником необхідна установка зворотного клапана, що запобігає "передавлюванню" конденсату в теплообмінний апарат з конденсатної лінії. Для відключення конденсатовідвідника (для ремонту, перевірки) необхідна установка не менш двох вентелів (до та після конденсатовідвідника). Перевірка роботи конденсатовідвідника здійснюється за допомогою пробного крана, встановленого після конденсатовідвідника. Для точної оцінки тепла, що губиться з конденсатом, процентний вміст "пролітної" пари в конденсаті можна визначити шляхом його калориметрування (ваговим або мірним способом).

Слід мати на увазі, що на промислових підприємствах в експлуатації знаходиться велика кількість різноманітних по конструкції конденсатовідвідних пристроїв (конденсатовідвідників), які за принципом дії підрозділяються на періодичної й безперервної дії. До них відноситься широкий клас конденсатовідвідників з відкритим і закритим поплавком, термодинамічні, термостатичні, підпірні шайби, гідравлічні затвори й таке інше. Кожний з типів конденсатовідвідних пристроїв має свої певні межі застосовності по тиску, пропускній здатності.

У процесі проведення обстеження конденсатного господарства виникає практичне завдання оцінки не тільки працездатності конденсатовідвідників основного пароспоживаючого устаткування, але й перевірка відповідності встановленого типу конденсатовідвідника фактичній продуктивності й тиску. Зменшення втрат енергії з конденсатом є актуальним питанням підвищення ефективності енерговикористання на промисловому підприємстві.

Конденсат звичайно направляється в деаератор (поживний бак) промислової котельні для підживлення котлів. Зменшення повернення конденсату (або його не повернення) приводить до того, що відбуваються значні матеріальні й енерговитрати для готування підживлювальної води на хімоводоочистці промислової котельні. З іншого боку, температура конденсату, що вертається у промислову котельню або тепломережу міста, повинна бути нижче температури паротворення.

Ефективність роботи конденсатного господарства промислового підприємства визначається наступними основними факторами: кількістю конденсату, що повертається, температурою конденсату, що повертається, вартістю очищення конденсату, вартістю електричної енергії (на перекачування конденсату).

Слід урахувати, що в конденсаті, що направляється в поживні баки котельні або тепломережу міста повинні повністю бути відсутні отруйні речовини, окиснювачі, механічні домішки, масла й органічні речовини, що викликають вспінювання котлової води. Крім того, конденсат може містити не тільки масла, але й різні солі, що діють руйнівно на устаткування й конденсатопроводи, виявляють головним чином кисень і вуглекислоту, які усуваються методами дегазації. У кожному конкретному випадку при видачі рекомендації з дегазації й знемаслюванню конденсату повинні враховуватися вміст розчинених газів на літр конденсату, вміст масла, домішок. Способи дегазації конденсату, які можуть бути рекомендовані на промисловому підприємстві: механічний, термічний, хімічний і адсорбційний.

Використання теплоти конденсату від пароспоживаючого устаткування на промисловому підприємстві вирішуються в кожному конкретному випадку з урахуванням специфіки виробництва на основі техніко-економічних розрахунків розглянутих альтернативних варіантів.

Найбільш типовими розв'язками можуть бути:

1) установка на конденсатній лінії теплообмінних апаратів, призначених для приготування гарячої води для технологічних і господарсько-побутових потреб підприємства;

2) використання тепла "випару" від баків збору конденсату шляхом установки або теплообмінника для готування гарячої води на технологічні й господарсько-побутові потреби, або пароструминного інжектора, призначеного для підвищення потенціалу тиску пари шляхом подачі для підмішування "свіжої" пари;

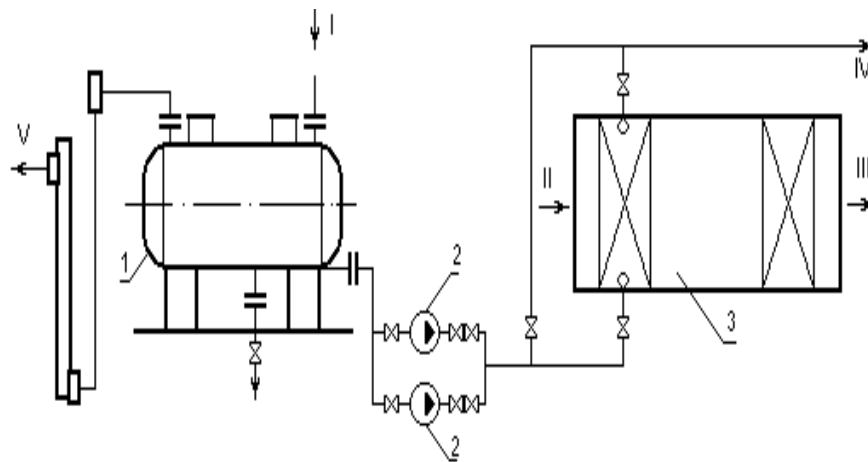
3) використання східчастої схеми збору повернення конденсату з установкою сепараторів;

4) у ході обстеження намалювати й описати принципову схему конденсатопроводів по основних цехах підприємства;

5) більш глибоке використання тепла конденсату в теплотехнологічних процесах і установках;

6) підготувати пропозиції й технічні розв'язки, пов'язані з ефективним використанням теплоти конденсату й оцінити можливу економію енергоресурсів від їхнього впровадження.

Утилізація теплової енергії конденсату для опалення. До впровадження пропозиції конденсат від пароприймачів корпусу через забруднення й велику довжину паропроводів від джерела тепlopостачання використовувався на виробничі потреби без утилізації теплової енергії. Запропоновано використовувати теплову енергію конденсату в кондиціонерах для підігріву повітря. Схему показано на рисунку 1.9.



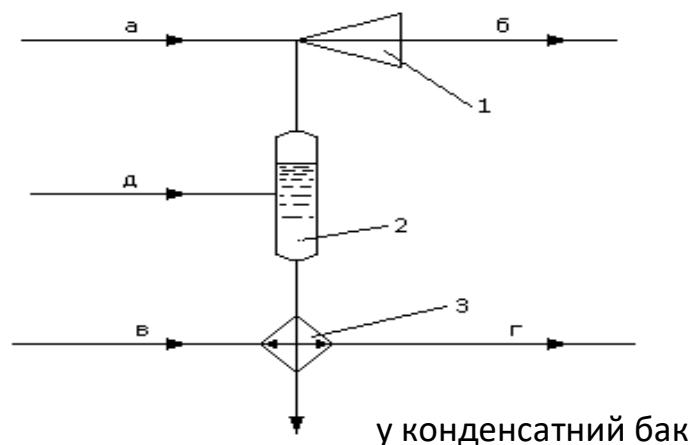
1 - конденсаторна ємність; 2- насоси; 3-калориферна установка; I-лінія конденсату від пароприймачів корпусу; II- напрямок руху холодного повітря в калориферну установку; III-лінія підігрітого повітря для обігріву приміщень корпусу; IV-лінія парового конденсату на технологічні потреби підприємства; V-лінія скидання й переливу конденсату

Рисунок 1.9 - Утилізація теплової енергії конденсату для опалення

Паровий конденсат після сепараторів надходить у конденсаторну ємність 1, звідки насосами 2 направляється в калориферну установку кондиціонера повітря, щоб подавати у виробничий корпус. Конденсат після охолодження в калориферній установці направляється на технологічні потреби.

Використання теплової енергії конденсату. Схема призначена для економії умовного палива за рахунок використання теплової енергії конденсату. Основні переваги конденсату полягають у використанні фізичної теплоти, зниженні забруднення внутрішніх теплових втрат із продувкою котлів, підвищенні ефективності теплообміну. Теплова енергія конденсату може використовуватися для підігріву поживної, хімічно очищеної води. Схему показано на рисунку 1.10.

Зворотний конденсат надходить спочатку в сепаратор 2 для поділу на два потоки: сепарованої пари й сепарованої води. Сепарована пара разом з насиченою парою з основної магістралі за допомогою пароструминного компресора 1 подається споживачеві пари під необхідним тиском. Сепарована вода, проходячи далі через поверхневий теплообмінник 3, нагріває хімічно очищену воду, яка згодом використовується в деаераторі котельні.



1-пароструминний компресор; 2-сепаратор; 3-поверхневий теплообмінник;
а,б – насичена пара з основної магістралі й споживачам; в, г – хімічно очищена вода в теплообмінник і в деаератор; д – повернення конденсату.

Рисунок 1.10 - Схема використання теплової енергії конденсату

Охолоджена сепарована вода надходить у конденсатний бак. У закритих системах охолодження конденсату проводиться в поверхневих рекуперативних теплообмінних апаратах. Замкнений контур закритої системи виключає контакт конденсату з повітрям. Існують схеми використання теплової енергії конденсату з парострумінними компресорами, сепараторами й теплообмінниками.

Якщо замість конденсатовідвідника використовувати сепаратор, то можна знизити витрати пари на 20-25 %. Наприклад, об'єктом модернізації є тільки пароконденсатна система сушильної камери, де на конденсатній лінії встановлений сепаратор пари (рисунок 1.11) [7].

Економія пари досягається за рахунок того, що первинна пара від котла подається не в усі 5 секцій калориферів, а тільки в 3 з них. Інші 2 калорифера використовують сепаровану пару.

Пара від котла, проходячи діафрагму 1, попадає в калорифери 2, де нагріває повітря для сушіння матеріалу.

Після цього пар направляють у сепаратор, де відбувається поділ парорідинної суміші на сепаровану пару й конденсат. Обидва потоки направляються в калорифери для нагрівання повітря, необхідного в процесі сушіння для видалення вологи з матеріалу.

На виході з калориферів здійснюється відвід конденсату.

Запропонована схема відрізняється від стандартної наявністю сепаратора замість конденсатовідвідника.

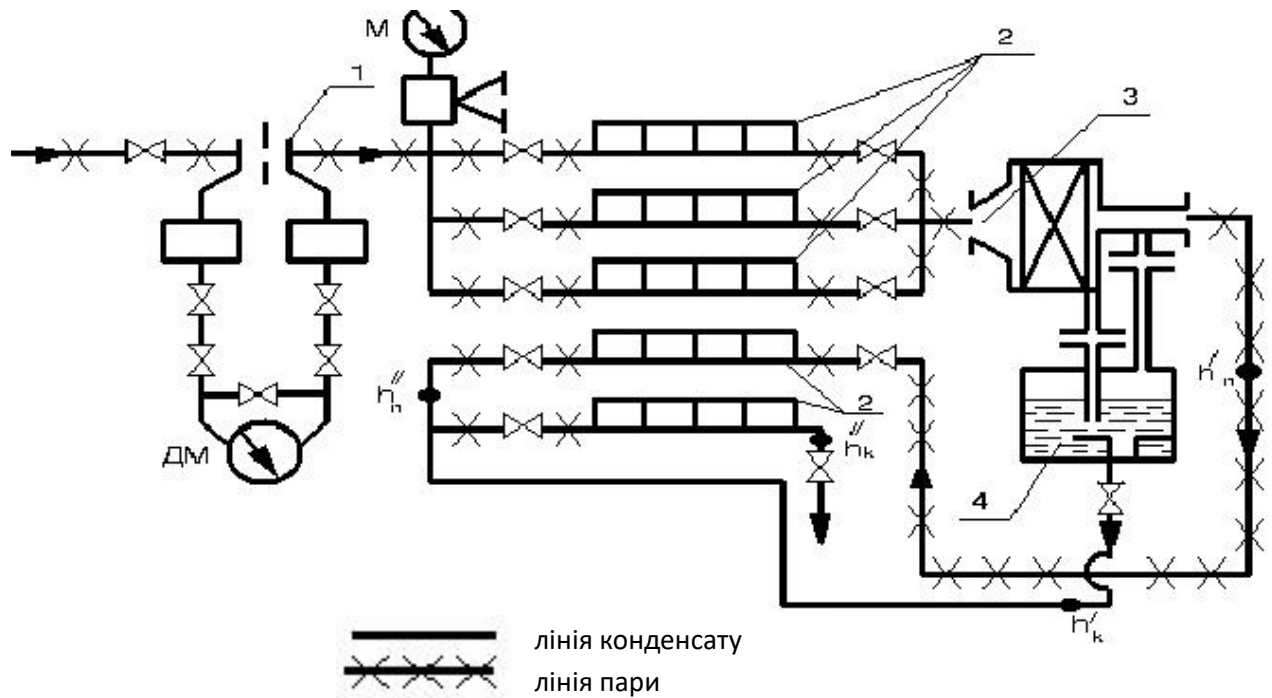
Більш істотний внесок у підвищення ефективності сушильної камери досягається перегрівом пари до 250 °С. Це забезпечується за допомогою електричного перегрівника.

На закінчення відзначимо, що додатковий потенціал енергозбереження будь-якого підприємства, яке використовує пару у своєму технологічному циклі, можна оцінити виходячи із уже наявного досвіду.

Так установка і якісне обслуговування конденсатовідвідників дає економію енергоресурсів, що витрачаються на виробництво пари, до 10 %.

Повернення конденсату й використання пари скипання - до 15 %. При цьому усунення витоків заощаджує понад 1 %, а автомагічний моніторинг - 3-5% [6].

Щоб знизити витрати енергоносія на підприємстві необхідно користуватися декількома методами й різними засобами, застосування яких у комплексі, дасть необхідний позитивний результат по зниженню споживання цього енергоносія.



1 – діафрагма ($D_y = 50$ мм); 2 – калорифери; 3 – сепаратор пари; 4 – збірник сепаратора

Рисунок 1.11 - Схема використання сепаратора пари для зниження витрати тепла в сушильному агрегаті

1.3 Характеристика виробничих процесів у ЦХП-1

Публічне акціонерне товариство «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь» — найбільший індустріальний гігант, продукція якого добре відома в багатьох країнах світу. Комбінат є виробником високоякісної металопродукції — чавуну, сталі, листового прокату, гнутих профілів, жерсті, будівельних матеріалів, товарів народного споживання.

Цех холодної прокатки №1 (ЦХП-1) уведено в дію 1 квітня 1939 р.

У цеху на безперервному чотирьохкільтовому стані «1680», двох однокільтових реверсивних станах «1680» і «1200», 20-валковому стані «1700» виробляється холоднокатаний лист, смуги й стрічки з маловуглецевої, низьколегованої й нержавіючої сталі.

Цех оснащений засобами для дресування поперечного й поздовжнього різання, що забезпечують поставку холоднокатаного прокату, товщиною від 0,5 до 2,0 мм, шириною від 10 до 1500 мм і довжиною листа до 4000мм, а також рулони масою до 14т.

Відділення білої жерсті випускає консервну жерсть : білу гарячелужену, електролужену лаковану й чорну лаковану в рулонах із шириною 120-310 мм і товщиною 0,2-0,32 мм.

Цех складається з п'яти відділень (рисунок 2.1):

1.Травильне відділення — хімічна обробка в безперервних травильних агрегатах (НТА-1,2,3).

2. Прокатне відділення — зменшення товщини листа.

3. Термічне відділення — відпал металу в ковпакових газових печах.

4. Дресувальне відділення — дресування, порізка, упакування, відвантаження.

5. Відділення жерсті — виробництво жерсті.

У цеху використовуються наступні енергоносії:

- електроенергія (постійний і змінний струм);

- пара (тиск до 4 атм., температурою 200-250 гради.);
- технічна вода (2-3 атм.);
- питна вода;
- стиснене повітря (5 атм.);
- природний газ (1-2 атм.);
- кисень;
- сірчана кислота, азотна кислота, Naoh;
- захисний газ (NO₂ суміш).

Частковий внесок кожного виду енергії наведено на рисунку 1.12. З нього видні найбільш вагомі для підприємства види енергоспоживання.

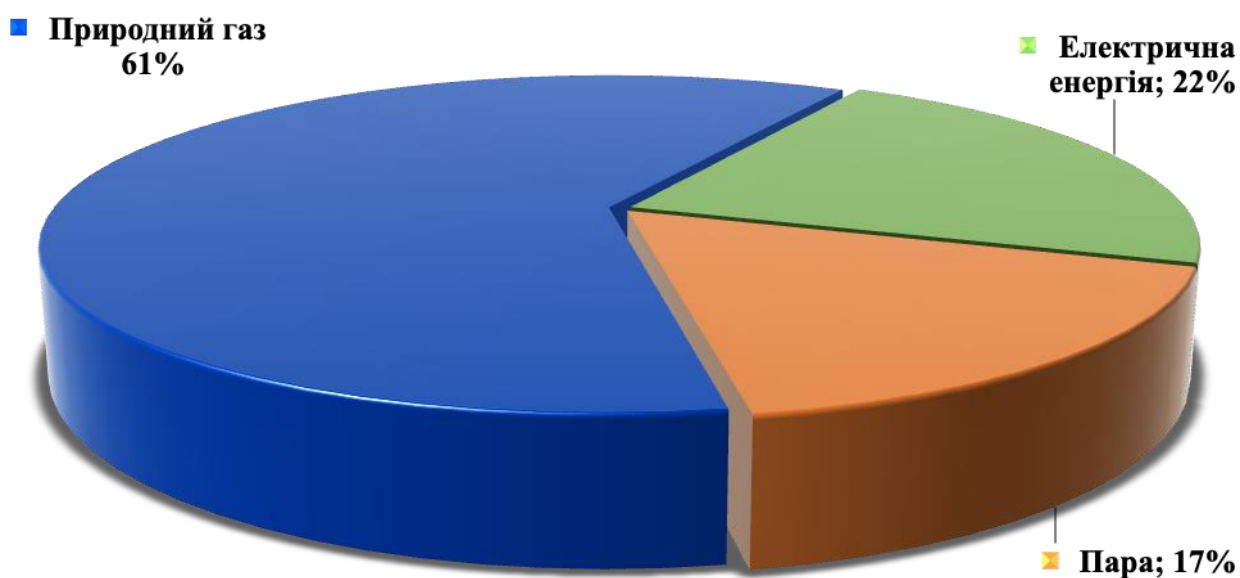


Рисунок 1.12 –Співвідношення споживання енергоносіїв

Аналіз діаграми, представленої на рисунку 1.12, показує, що найбільша частина енергії на підприємстві пов'язана з використанням природного газу (61 %), на другому місці електрична енергія (22 %) і на третьому – пара (17 %).

Фінансові витрати цеху на оплату енергоносіїв показано на рисунку 1.13.

По фінансових витратах цеху найбільш вагомим видом енергії є електроенергія (51 %).

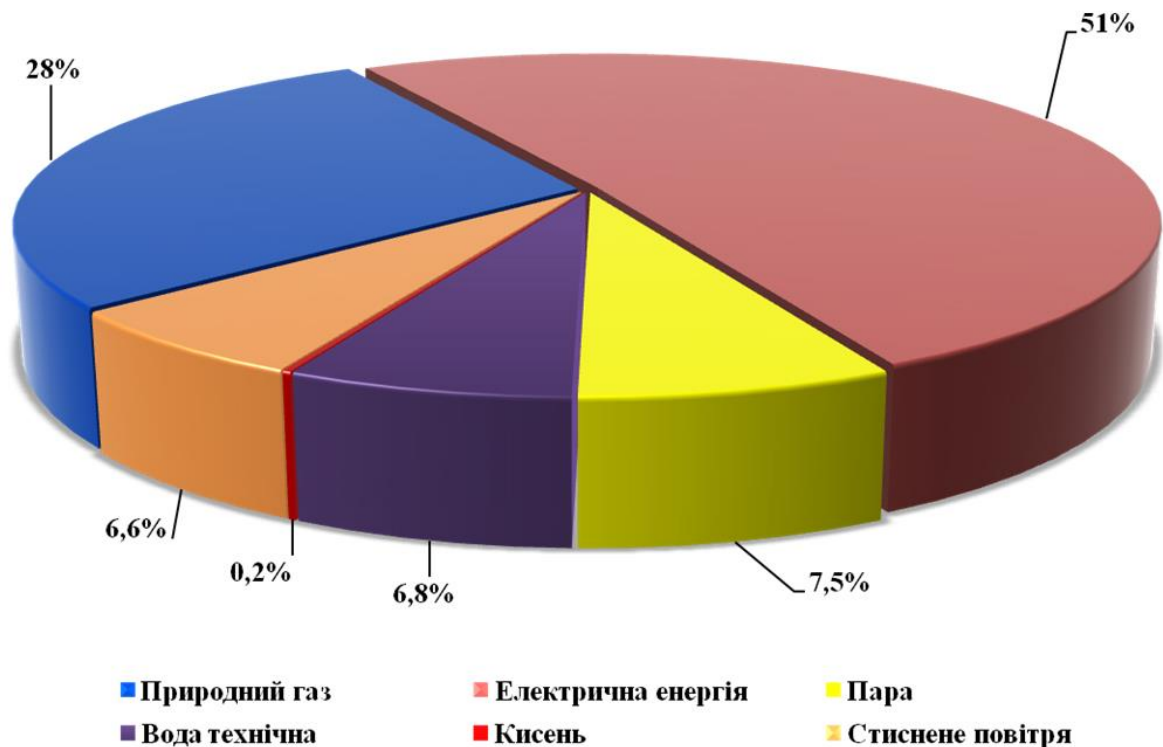


Рисунок 1.13 – Співвідношення грошових витрат на енергоносії.

Основне виробництво цеху можна розділити на три складових:

1. Виробництво вуглецевих сталей: їх одержання починають із охолодження, що зробили зі ЦГПТЛ рулонів, потім їх протравлюють у травильному відділенні, для цього смуга вуглецевої сталі проходить через 4 кислотних ванни з розчином сірчаної кислоти, що підігрівається паром до температури 95 градусів, промивається в технічній воді, сушиться стисненим повітрям, попередньо підігрітим паром й змотується в рулон. Потім проходить

процес прокатки, після нього рулони відпалюються в термічному відділенні, за допомогою газових ковпакових печей, що працюють на природному газі. Після цього рулони прохолоджують, відправляють у дресувальне відділення, упаковують і відвантажують.

2. Виробництво нержавіючих сталей: на початку циклу відбувається загартування за допомогою газу, потім травлення в чотирьох безперервних травильних агрегатах, один з яких з азотною кислотою, після цього промивання, сушіння й змотка в рулон. Після цього здійснюється прокатка на 20 – ти валковому стані. Потім матеріал знову загартовується, але вже за допомогою електроенергії. Після цього протравлюється, потім направляється в дресувальне відділення, упаковується й відвантажуються.

3. Виробництво жерсті (у даній роботі не розглядається).

Перелік споживачів пари. Пара надходить у цех з 2-х паропроводів високого й низького тиску по шести вводам, попередньо змішуючись.

На кожному вводі встановлена вимірювальна діафрагма. Дані про споживання пари збираються щодня працівниками КПа й заносяться працівниками енергослужби ЦХП-1 у спеціальний журнал «Енергоресурси».

Ввід №1 обрізаний і заглушений на вході в цех. Ввід №2 – основне джерело пари в цех: працюють травильні агрегати й частково на всі інші відділення цеху. Ввід №3 – працює тільки на 1 маслопідвал і тільки у випадку виникнення пожежі, тому його споживання можна порівняти нулю. Ввід №4 – розташований за цехом, працює на бойлерну контори. Ввід №5 – працює на відділення листовідділу (дресування), а також має відгалуження із встановленою на ньому вимірювальною діафрагмою до автотрансформаторного цеху (АТЦ). Ввід №6 – розташований у прокатному відділенні, також працює на маслосклад, розташований за цехом.

Температура пари, що надходить у цех коливається 220-250 °С, тиск – 0,2÷0,4 МПа.

У цеху немає загального конденсатовідвідника на ТЕЦ пари, що відробила. Конденсат або повністю бере участь у технологічному процесі, або

зливається в каналізацію через місцеві конденсатовідвідники. Отже вся пара, що приходить у цех, цехом і споживається.

Із записів журналу енергослужби ЦХП-1 можна зробити висновок, що на технологічні процеси другий ввід витрачає більш 5500 Гкал теплоти; п'ятий ввід працює тільки на обігрів.

1.4 Відділення навантаження технологічного процесу від навантаження опалення

Навантаження опалення є змінною величиною протягом року, технологічні процеси можна вважати постійними. Із загального споживання теплоти пари цехом навантаження опалення можна відокремити шляхом проведення регресійного аналізу (РА). Використовуючи дані про споживання пари за рік, а також зміну градусо-днів за цей же період. Даний аналіз був проведений енергослужбою ЦХП-1 і його результати наведено на рисунках 1.14-1.15. Дані наведено в таблиці 1.3.

Розглянемо сезонні коливання споживання енергії. Кількість градусо-днів визначається по формулі:

$$H = (t_{вн} - t_{н(ср.мес)}) \cdot n \quad (1.1)$$

де $t_{вн}$ – температура усередині приміщення, °С;

$t_{н(ср.м.)}$ – зовнішня середньомісячна температура, °С;

n – кількість днів у місяці.

Рівняння регресії являють собою:

$$y = c + mx, \quad (1.2)$$

де y – базова (постійна) навантаження – техпроцес;

m – змінне навантаження – опалення;

x – коефіцієнт зміни.

Таблиця 1.3 Споживання пари по вводах за 2021р, ГДж

Назва місяця	Кількість днів у місяці, днів	Споживання пари по вводах за 2021р, ГДж							Споживання пари усього за місяць, ГДж	Зовнішня середньомісячна температура, °С	Кількість градусо-днів, дні
		1 ввід	2 ввід	3 ввід	4 ввід	5 ввід	АТЦ	6 ввід			
Січень	18	0	21980,7	0	1466,5	2761,21	0	1872,9	28081,38	0,6	268,2
Лютий	28	0	28378,9	0	2526,57	4583,86	0	3012,6	38501,91	-1,8	484,4
Березень	31	0	31500,4	0	2807,3	1755,61	129,89	3620,2	39813,38	4,6	337,9
Квітень	30	0	29899,8	0	1851,98	402,24	125,7	678,78	32958,54	11,8	111
Травень	31	0	24109,3	0	1135,49	8,38	92,18	565,65	25910,96	14,7	0
Червень	30	0	24498,9	0	854,76	41,9	75,42	1370,1	26841,14	18,4	0
Липень	31	0	22529,6	0	456,71	0	0	1244,4	24230,77	26,6	0
Серпень	31	0	22785,2	0	431,57	0	0	1328,2	24545,02	23,5	0
Вересень	30	0	23082,7	0	561,46	4,19	12,57	900,85	24561,78	17,1	0
Жовтень	29	0	20950	0	1081,02	456,71	33,52	1156,4	23677,69	10	159,5
Листопад	26	0	20149,7	0	1512,59	2417,63	8,38	1621,5	25709,84	3,9	301,6
Грудень	31	0	26661	0	2321,26	3858,99	117,32	3079,7	36038,19	-5,5	651
Усього за рік		0	296526	0	17007,2	16290,7	594,98	20451	350870,6	10,3	

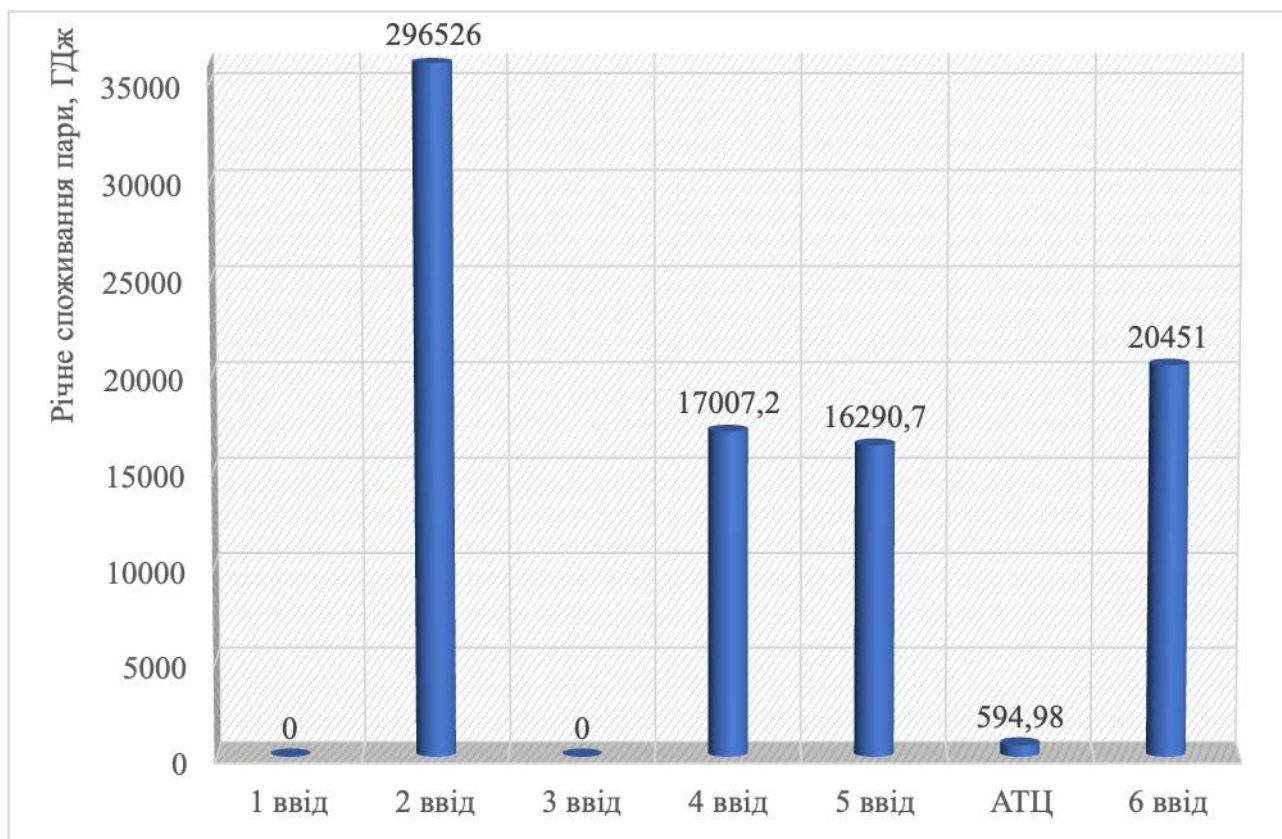


Рисунок 1.14 – Річне споживання пари по вводах за 2021р.

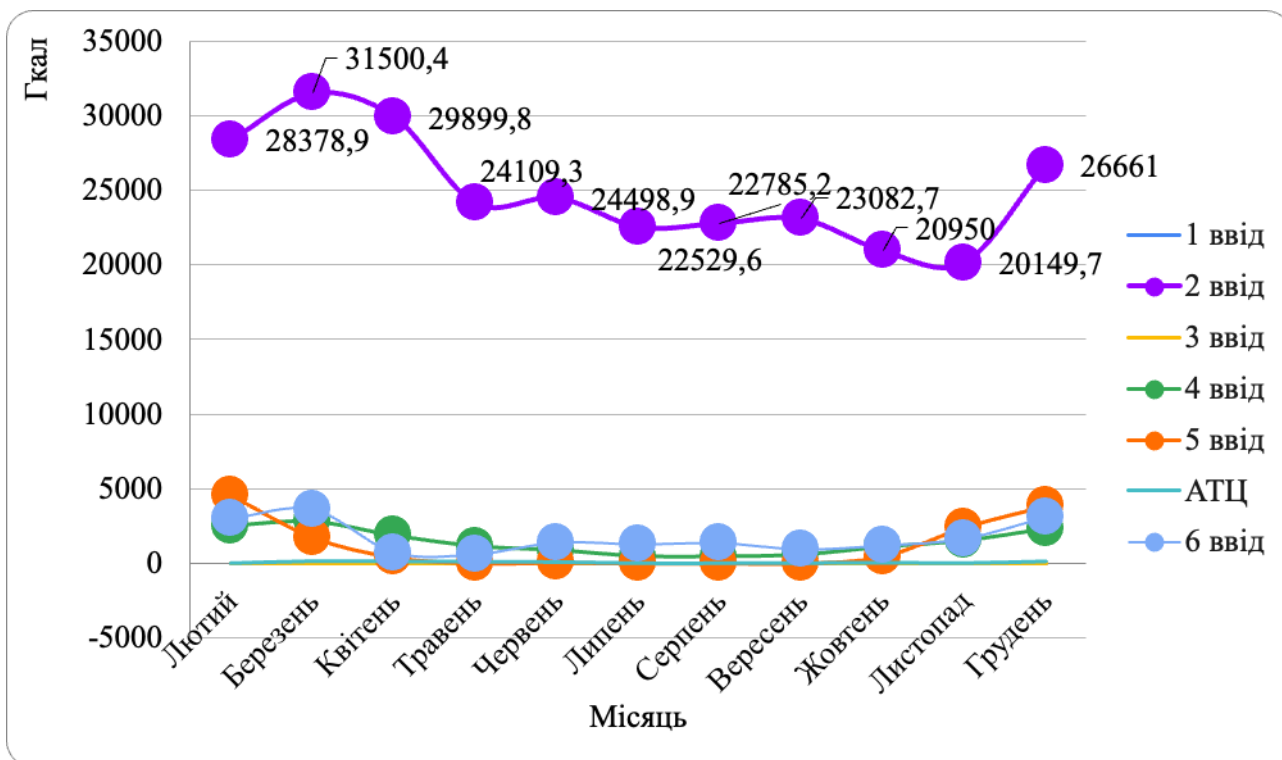


Рисунок 1.15 – Помісячне споживання пари по вводах за 2021р.

$$m = \frac{k \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot y_i}{k \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (1.3)$$

$$c = \frac{\sum y_i - m \sum x_i}{m}, \quad (1.4)$$

де x_i – вісь ординат (зміна градусо-днів);

y_i – вісь абсцис (споживання пари);

k – кількість місяців у році.

Даний аналіз дає узагальнену уяву про навантаження.

За результатами регресійного аналізу можна зробити висновок, що всі вводи (крім 5-го) працюють як на технологічні процеси, так і на опалення. П'ятий ввід працює тільки на опалення (крім паротушення), виходячи із звіту енергослужби за 2021 рік.

Отримані результати застосуємо при розбивці енергоспоживання по вводах.

2 ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СПОЖИВАННЯ ПАРИ В ЦХП-1

2.1 Складання карти енергоспоживання

Карта енергоспоживання дозволяє оцінити потоки енергії, а також найбільш енергоємні підрозділи цеху.

Для складання карти енергоспоживання детально досліджуємо споживачі пари шляхом розбивки системи по вводах, групах, корпусах, технологічним процесам і установам. Для кожної підсистеми визначимо кількість діючого й резервного устаткування, кількість споживаної ним енергії.

Так як не можна фактично визначити всі величини потоків споживання пари, то будемо оцінювати їх і теоретично, а також за допомогою:

- прямих вимірів;
- паспортної інформації устаткування;
- даних регресійного аналізу;
- характеристик пари й паропроводів;
- регресійного аналізу.

Для перевірки даних, що розраховуються, будемо скласти енергетичні баланси по вводах і в цілому по цеху.

Ввід пари №6 працює на:

1. Паротушення (в аварійних ситуаціях, споживання = 0).
2. Адміністративно-побутовий корпус №2 (АПК №2).

Постійне навантаження на ввід №6 – АПК-2, що включає їдальню й побутові приміщення.

З регресійного аналізу, навантаження АПК-2 становить 230 *Гкал* (974,52*ГДж*); за 12 місяців це становить 11694,24 *ГДж*. Загальне навантаження по вводу №6 становить 4881 *Гкал* (20451,4 *ГДж*). Навантаження опалення й технологія зі споживачами становить:

$$20451,4 - 11694,24 = 8757 \text{ ГДж.}$$

3. Підігрів змащень.

Підігрів змащень у маслопідвалах 20-ти валкового стану, КАДПР, а також маслоскладі здійснюється через змійовики., опущені в баки зі змащеннями. Характеристики змащень і баків наведено в таблиці 2.1.

4. Опалення приміщень.

Опалення вводу №6 можна розділити на опалення приміщень прольоту 20-ти валкового стану й зимньо-сезонний підігрів змащень.

1) опалення приміщень становить 2%: 409,03 ГДж;

2) підігрів змащень включає

а) підігрів змащень:

- 20-ти валкового стану;
- КАДПР;
- маслоскладу.

б) Підігрів ліній – супутників маслоскладу.

Відсоток споживання й витрати по опаленню наведено в таблиці 2.2.

5. Супутники маслоскладу.

6. Теплові завіси на воротах будівлі цеху.

7. Втрати в трубопроводах.

Ввід пари №5 працює на:

1. Паротушення (в аварійних випадках): паротушення маслопідвалів включається тільки при пожежній небезпеці. Споживання дорівнює нулю.

2. Продувка системи вентиляції: чищення вентиляційних систем шляхом продувки їх паром здійснюється згідно графіка очищення (1 раз у квартал). За 1 раз на вентиляційні системи витрачається 0,5 Гкал = 2,1 Гдж. За 4 рази в рік маємо:

$$4 \cdot 2,1 = 8,38 \text{ ГДж/рік.}$$

3. Бойлер стану 1700-2.

Бойлер стану 1700-2 має площу $F = 35 \text{ м}^2$. Температура води, що нагрівається - $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Бойлер використовується 2 рази в рік протягом 6 годин для помивки стану 1700-2, $t_{oc} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$. Стінка бойлера металева, ізольована: товщина стінки $\delta = 4\text{мм}$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 182 \text{ кДж/м}\cdot\text{К}$; товщина ізоляції $\delta_{из} = 25 \text{ мм}$. Коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_1 = 0,072 \text{ кДж/м}\cdot\text{К}.$$

Коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 3600 \text{ кДж/м}\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 94 \text{ кДж/м}\cdot\text{К}$.

Втрати тепла визначаються:

$$Q_{\text{бойлера}}^1 = \frac{35(60-18)}{\frac{1}{3600} + \frac{0,004}{182} + \frac{0,025}{0,072} + \frac{1}{94}} = \frac{35(60-18)}{\frac{1}{860} + \frac{0,004}{43,5} + \frac{0,025}{0,0344} + \frac{1}{22,4}} =$$

$$= \frac{35(60-18)}{0,768} = 1914 \text{ ккал / ч} = 8019,6 \text{ кДж / г} \quad (2.1)$$

$$Q_{1700-2} = Q' \cdot 2 \cdot 6 = 22967 \text{ ккал / рік} = 96236 \text{ кДж / рік} . \quad (2.2)$$

Витрата тепла на нагрівання води [8]:

$$Q_g = c \cdot m \cdot \Delta t = 1 \cdot 3000(60-18) = 126000 \text{ ккал} = 527940 \text{ кДж} . \quad (2.3)$$

Сумарна витрата тепла на бойлер стану 1700-2:

$$Q_{\Sigma} = Q_{1700-2} + Q_g = 96236 + 527940 = 0,624 \text{ ГДж / рік} . \quad (2.4)$$

4. Прогрів змащень.

Підігрів масла в маслопідвалах АПР-2, АПР3, АПР4, ст. 1700-2 здійснюється через змійовики, опущені в баки зі змащеннями.

Характеристики баків і змащень дано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.1 Дані про баки й змащення вводу №6 для розрахунків їх енергоспоживання

Агрегат	Обсяг, м ³	Площа, м ²	Тип змащення	C, кДж/(м ³ *г*К)	Щільність, кг/м ³	M, кг	Температура нагрівання, °C	Темп.навок.сер, °C	Тривал. роботи, г/рік
20-валк. стан	180(3/4)	256	Т-7П	4,014	885	119475	45	17	720
	18,1	27	И-100ПВ	4,014	884	15900	45	17	720
КАДПР	15	22	И-100ПВ	4,014	884	13200	45	17	720
Масло-склад	70	100	емульсол	4,014	868	34800	45	10	3600
	45	75	емульсол	4,014	900	40000	60	17	3600
	70(1/2)	100	И-460ПВ	4,02	900	30000	45	17	3600

Таблиця 2.2 Карта споживання пари по вводу №6 за 2021 р., Гдж

№	Споживач	Потужність, ГДж/г	Тривалість роботи, г/рік	Споживання, ГДж/рік	Споживання, %
1	Паротушення (при аварії)	0	0	0	0
2	АБК-2 ЦХПЖ	1,33	8760	11694,24	57,2
3	Опалення приміщень	0,11	3600	409,03	2,0
4	Підігрів змащень	1,16	3600	4173,28	20,4
5	Супутники маслосклада	0,17	3600	613,542	3,0
6	Теплові завіси	0,48	3600	1734,66	8,5
7	Усього			20451,4	100,0
8	Втрати	-	-	1826,648	8,9

Таблиця 2.3 Дані про баки й змащення вводу №5 для розрахунків їх енергоспоживання

Агрегат	Обсяг, m^3	Змащення	C , $kJ/(m^3 \cdot K)$	Щільність, kg/m^3	M , kg	Температура нагрівання, $^{\circ}C$	Температура навколишнього середовища, $^{\circ}C$	Тривалість роботи, $g/рік$
стан 1700-2	21	И-100ПВ	4,014	884	18564	45	17	3600
	10	И-460ПВ	4,02	900	9000	45	17	3600
	6	И-20	4,014	885	5310	45	17	3600
АПР - 2	20	И-100ПВ	4,014	884	17680	45	17	3600
	1,8	И-20	4,014	885	1593	45	17	3600
АПР - 3	20	И-100ПВ	4,02	884	17680	45	17	3600
	1	И-20	4,02	885	885	45	17	3600
АПР - 4	1	И-20	4,02	885	885	45	17	720

Втрати тепла в навколишнє середовище:

$$Q_n = \frac{1}{\frac{1}{860} + \frac{0,004}{43,5} + \frac{1}{25}} \cdot 240(45 - 17) = 162890 \text{ ккал / г} = 682510,6 \text{ кДж / г} \quad (2.5)$$

Витрата тепла на нагрівання масла:

$$m = 61 \cdot 884 + 10 \cdot 900 + 9,8 \cdot 885 = 71597 \text{ кг} \quad (2.6)$$

$$Q_n = 0,958 \cdot 71597(45 - 30) = 1028849 \text{ ккал / г} = 4310877 \text{ кДж / г} \quad (2.7)$$

Час роботи: 3600 год у рік.

$$Q_{\text{масл.}\#5} = 682510,6 \cdot 3600 + 4310877 = 2461,35 \text{ ГДж / рік} \quad (2.8)$$

5. Теплові завіси.

П'ять теплових завіс на воротах залізно-дорожніх тупиків №28, 29, 30, 30А, 31. Витрата тепла на одну теплову завісу: $115 \cdot 10^3$ ккал / г - цехові дані.

$$Q_{\text{тепл.зав}} = 115 \cdot 10^3 \cdot 3600 = 2,07 \cdot 10^9 \text{ ккал / рік} = 2070 \text{ Гкал / рік} = 8673,3 \text{ ГДж / рік} \quad (2.9)$$

6. Втрати в трубопроводі.

Втрати в трубопроводах визначаємо за допомогою вирахування всіх споживачів.

7. АТЦ (Автоколони №5 авто-транспортного цеху).

Автоколони №5 автотранспортного цеху (АТЦ) має свою вимірювальну діафрагму на вході. Відсоток споживання й витрати по вводу №5 представлено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Карта споживання пари по вводу №5 за 2021 р., ГДж

№	Споживач	Потужність, ГДж/г	Тривалість роботи, г/рік	Споживання, ГДж/рік	Споживання, %
1	Паротушення (при аварії)	0	0	0	0
2	Продувка системи вентиляції	-	1 раз у кварт.	8,38	0,051
3	Бойлер ст.1700-2	0,05	12	0,624	0,004
4	Підігрів змачень	0,68	3600	2461,35	15,11
5	Теплові завіси	2,41	3600	8673,3	53,24
	Усього			16290,72	100
6	Втрати			5147,07	31,6
7	АТЦ		-	595	

Ввід пари №3 – перекритий. Втрати тепла незначні, тому що застосовується пара тільки у випадку пожежної небезпеки.

Ввід пари № 4 - споживання пари по вводу №4 за 2021 рік становить 17007,21 ГДж. З них втрати в трубопроводах (6%) – 1020,43 ГДж/рік.

Ввід працює на бойлерну, що перебуває в конторі ЦПХ-1. Бойлерна забезпечує потребу в гарячій воді для їдальні й побутових приміщень працівників цеху. Решта тепла використовується на опалення контори і їдальні.

З регресійного аналізу видно, що на постійну потребу бойлерної в гарячій воді протягом року потрібно (без обліку втрат) 820,41 ГДж/міс теплоти пари. За 12 місяців це становить 9844,92 ГДж/рік. Решта – навантаження опалення: 6141,85 ГДж/рік. Втрати – 6%. Відсотки споживання й витрати по вводу №4 представлено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Карта споживання пари по вводу №4 за 2021 р., ГДж

№	Споживач	Потужність, , ГДж/г	Тривалість роботи, г/рік	Спожива ння, ГДж/рік	Спожива ння, %
1	Опалення приміщень	0	0	6141,85	36,11
2	Бойлерна ЦПХ-1 (гаряча вода)	1,12	8760	9844,92	57,89
3	Втрати	0,28	3600	1020,43	6
	Усього			17007,2	100

Ввід пари №2 - пар вводу №2 витрачається на:

1. Безперервні травильні лінії (НТЛ) - №1, №2, №3.

Витрата тепла на НТА – 1, 2, 3 знайдений з різниці загального споживання й усіх інших витрат:

$$Q_{НТА-1,2,3} = 296526,3 - 2402 - 1022,2 - 3469,32 - 4336,65 - 35 - 2000 - 100 - 3389,3 - 13182,52 - 11033,22 = 255556,19 \text{ ГДж} / \text{рік} \quad (2.10)$$

У такий спосіб ввід №2 витрачає 86,18% теплової енергії на НТА-1,2,3 і 13,82% - усі інші споживачі.

Щоб розрахувати витрату пари по НТА-1, НТА-2, НТА-3 скористаємося таблицею розподілу теплових втрат на травильних лініях, складеної на основі теоретичних розрахунків витрати тепла на травильне відділення. Розподілимо знайдену сумарну витрату тепла на НТА-1,2,3 по травильних агрегатах і втратам по них. Результати за 2021 рік надано в таблиці 2.6.

Витрати пари по введенню №2 зведемо в таблицю 2.7.

2. Підігрів масла.

Загальний обсяг усіх баків: $V_{мас} = 200,3 \text{ м}^3$

Сума площ: $F_{общ} = 260 \text{ м}^2$

Втрати на нагрівання визначимо за формулою:

$$Q_{нагр} = c \cdot m \cdot \Delta t, \quad (2.11)$$

де - $c = 0,958 \text{ ккал/г К}$;

$$m = V \cdot \rho = 200,3 \cdot 885 = 177265,5 \text{ кг} \quad (2.12)$$

$$Q_{нагр} = 0,958 \cdot 177265,5(45 - 30) = 2,55 \text{ ГДж} / \text{г} \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{нагр}} = 2,55 \cdot 1080 = 2754 \text{ ГДж} / \text{г} \quad (2.14)$$

Втрати в навколишнє середовище:

$$Q_{oc} = \frac{1}{\frac{1}{860} + \frac{0,004}{43,5} + \frac{1}{25}} \cdot 260(45 - 17) = 0,1764672 \text{ ГДж} / \text{г} \quad (2.15)$$

$$Q_{oc} = 0,1764672 \cdot 3600 = 635,3 \text{ ГДж} / \text{рік} \quad (2.16)$$

Усього:

$$Q_{n.cm} = 2754 + 635,3 = 3389,3 \text{ ГДж} / \text{рік} \quad (2.17)$$

Паротушення.

Паротушення (в аварійних випадках) – споживання дорівнює нулю.

4. Опалення (керування в прокатному й травильному відділеннях).

Через недостатнє опалення постів у прокатному й травильному відділеннях цеху вони переведені із центрального на парове опалення. У такий спосіб опалюється 10 постів по 200 ГДж / рік .

$$Q_{om.n} = 10 \cdot 200 = 2000 \text{ ГДж} / \text{рік} \quad (2.18)$$

5. Теплові завіси (2 од.).

Від паропроводу вводу №2 працює 2 теплові завіси на воротах (27 залізничний тупик і автов'їзд №2).

Витрата теплової енергії:

$$Q_{m.з} = 115 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 3600 = 3469,32 \text{ ГДж} / \text{рік} \quad (2.19)$$

6. Бак для підігріву води №1.

Гаряча вода бака для прогріву води №1 застосовується для миття підлоги в прокатному відділенні, чищенні валків при перевалці, чищенні картерів.

Розміри бака №1: 5,5x2,75x2,5м. Бак заповнюється холодною водою на 3/4. Вода в баку підігрівається гострою парою шляхом змішання до температури 80°C. Бак експлуатується 4990 г/рік. Вода в баку повністю змінюється 2 рази в три тижні.

Обсяг бака:

$$V_{\text{б1}} = 5,5 \cdot 2,75 \cdot 2,5 = 37,81 \text{ м}^3. \quad (2.20)$$

Обсяг заповнення:

$$V_{\text{зан}} = 37,81 \cdot \frac{3}{4} = 28,36 \text{ м}^3. \quad (2.21)$$

Площа стінок бака:

$$. \quad (2.22)$$

Втрати в навколишнє середовище з поверхні бака оцінимо:

$$Q_{\text{oc.}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot \Delta t = \frac{1}{\frac{1}{860} + \frac{0,008}{43,5} + \frac{1}{22,4}} \cdot 71,5(80 - 15) = 101055,5 \text{ ккал / г} =$$

$$= 423422,77 \text{ кДж / г} \quad (2.23)$$

або

$$Q_{\text{oc}}^{\text{год}} = Q_{\text{oc}} \cdot 4992 = 2113,7 \text{ ГДж / рік} . \quad (2.24)$$

Втрати на нагрівання технічної води:

Витрата води визначається так:

$$G = V_{\text{зан}} \cdot 2 \cdot \frac{52}{3} = 28,36 \cdot 2 \cdot \frac{52}{3} = 983,15 \text{ м}^3 / \text{рік}, \quad (2.25)$$

де 2 – кількість разів у тиждень;

52 – кількість тижнів у році.

$$Q_{\text{тех.вод}} = c \cdot m \cdot \Delta t = 4,19 \cdot 983,15 \cdot 10^3 (80 - 10) = 288,358 \text{ ГДж} / \text{рік}, \quad (2.26)$$

$$m = G \cdot \rho, \quad (2.27)$$

де ρ – щільність води ($\rho = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3$);

$$c_{\text{H}_2\text{O}} = 4,19 \text{ кДж} / \text{кг} \cdot \text{°C}.$$

Загальні втрати по бакові №1:

$$Q_{\text{бак1}} = 2113,7264 + 288,358 = 2402 \text{ ГДж} / \text{рік}. \quad (2.28)$$

7. Бак для промивання підшипників №2.

Бак прогрівається паром. Розміри 1,5x1,1x1,5м, товщина стінки $\delta = 4 \text{ мм}$.

Температура води 95 °С. Бак експлуатується 16 г/доб. Вода змінюється 1 раз у добу. Бак сталевий, верхня кришка не закривається.

Обсяг бака №2: $V_{\text{б2}} = 2,475 \text{ м}^3$.

Площа поверхні:

$$F_{\text{б2}} = 2(1,5 \cdot 1,5 + 1,5 \cdot 1,1 \cdot 2) = 11,1 \text{ м}^2. \quad (2.29)$$

Час роботи:

$$\tau = 16 \cdot 365 = 5840 \text{ з/рік} . \quad (2.30)$$

Площа поверхні без верхньої кришки:

$$F_{\sigma 2}^1 = 2 \cdot 1,5 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,1 + 1,5 \cdot 1,1 = 9,45 \text{ м}^2 . \quad (2.31)$$

Втрати в навколишнє середовище:

$$Q_{oc}^{\sigma 2} = \frac{1}{\frac{1}{860} + \frac{0,004}{43,5} + \frac{1}{22,4}} \cdot 9,45(95 - 17) = 16060 \text{ ккал/з} = 67290 \text{ кДж/з} . \quad (2.32)$$

Площа поверхні води:

$$F_{\text{верх}} = 1,5 \cdot 1,1 = 1,65 \text{ м}^2 . \quad (2.33)$$

Інтенсивність теплових втрат за рахунок випару з поверхні:

$$q = 8000 \text{ Вт/м}^2 ; \alpha_2 = 11 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} .$$

Втрати з поверхні води:

$$\begin{aligned} Q_{кр} &= (\alpha_2(t_p - t_{o.c.}) + q) \cdot 10^{-3} \cdot F = (11(95 - 17) + 8000) \cdot 10^{-3} \cdot 1,65 = 14616 \text{ кВт} = \\ &= 12567,24 \text{ ккал/з} = 52656,7 \text{ кДж/з} \end{aligned} \quad (2.34)$$

Сума втрат у навколишнє середовище:

$$\sum Q_{ок.ср} = 5840(67290 + 52656,7) = 700,5 \text{ ГДж/рік} . \quad (2.35)$$

Визначаємо втрати на нагрівання води:

$$G = V_{62} \cdot 1 \cdot 365 = 2,475 \cdot 365 = 903,375 \text{ м}^3 / \text{рік}; \quad (2.36)$$

$$m = 903,375 \cdot 1000 = 903375 \text{ кг} / \text{рік}; \quad (2.37)$$

$$Q_{\text{нагрів}} = c \cdot m \cdot \Delta t = 1 \cdot 903375(95 - 10) = 76,787 \text{ Гкал} / \text{рік} = 321,737 \text{ ГДж} / \text{рік}. \quad (2.38)$$

Сума витрат теплоти пари на бак №2 [8]:

$$\sum Q = \sum Q_{\text{ос}} + Q_{\text{нагр}} = 700,5 + 321,737 = 1022,2 \text{ ГДж} / \text{рік}. \quad (2.39)$$

8. Обдувні смуги (безперервний гартівний агрегат №2 (БЗА-2)).

На гартівній печі №2 при виході нержавіючої смуги з печі щоб уникнути сильних гідравлічних ударів перед охолодженням технічною водою смуга обдувається паром. У зв'язку досить рідкої роботи загартування №2 і невеликих витратах пари прирівнюємо ці тепловтрати до інших споживачів.

9. Опалення калориферами (7 од.).

На момент проведення аудита в цеху працювало 7 калориферів зі споживанням $57,5 \cdot 10^3 \text{ ккал} / \text{г}$ теплової енергії пари. 2 калорифера працюють 3600 г/рік; 3 калорифера – 2400 г/рік; 2 – по 1800 г/рік.

$$Q_{\text{калориф}} = 57,5 \cdot 10^3 (2 \cdot 3600 + 3 \cdot 2400 + 2 \cdot 1800) = 1035 \text{ Гкал} / \text{рік} = 4336,65 \text{ ГДж} / \text{рік}. \quad (2.40)$$

10. Продувка системи вентиляції.

Періодичність: 1 раз на місяць по 0,7 Гкал:

$$Q_{\text{пр.вент.}} = 12 \cdot 0,7 = 35 \text{ Гкал} / \text{рік}. \quad (2.41)$$

11. Бойлер механічний майстерні.

Постійна витрата 100 ГДж/рік.

12. Відшкодування втрат у паропроводах.

Втрати тепла по довжині паропроводу знаходимо із пропорції середніх втрат тепла на паропроводах введів №5 і №6:

1) Паропровід довжиною 74 м вводу №5 втрачає 4552,066 ГДж;

2) Паропровід довжиною 58 м вводу №6 втрачає 3276,3 ГДж;

3) паропровід довжиною 187 м вводу №2 втрачає:

а) 74 м – 4552,066 ГДж,

187 м – $x = 11503,2$ ГДж;

б) 58 м – 3276,3 ГДж,

187 м – $x = 10563,24$ ГДж.

Середня витрата а) і б):

$$Q_{ном} = \frac{11503,2 + 10563,24}{2} = 11033,22 \text{ ГДж / рік} . \quad (2.42)$$

13. Готування емульсії (2 бака).

а) Бак ємністю 4,8 м³, розміри 1,28x1,5x2,5м.

Площа:

$$F = 2(1,28 \cdot 1,5 + 1,5 \cdot 2,5 + 2,5 \cdot 1,28) = 18 \text{ м}^2 . \quad (2.43)$$

Втрати в навколишнє середовище:

$$Q_{oc}^1 = \frac{1}{\frac{1}{860} + \frac{0,008}{43,5} + \frac{1}{25}} \cdot 18(98 - 17) = 35262,8 \text{ ккал / г} = 0,14775 \text{ ГДж / г} ; \quad (2.44)$$

$$Q_{oc} = 0,14775 \cdot 8760 = 1294 \text{ ГДж / рік .} \quad (2.45)$$

Втрати на нагрівання:

$$m = 4,8 \cdot 868 = 4166,4 \text{ кг ;} \quad (2.46)$$

$$Q'_n = cm(t_2 - t_1) \cdot \frac{3}{4} = 0,960 \cdot 4166,4(98 - 15) \frac{3}{4} = 0,248 \text{ Гкал / г} = 1,04 \text{ ГДж / г ;} \quad (2.47)$$

$$Q_n = 1,04 \cdot 5840 = 6073,6 \text{ ГДж / рік ;} \quad (2.48)$$

б) бак ємністю $2,9 \text{ м}^3$, $F = 10 \text{ м}^2$

Втрати в навколишнє середовище:

$$Q'_{o.c} = 24,185 \cdot 2,9(98 - 17) = 5681 \text{ ккал / г} = 23803,6 \text{ кДж / г ;} \quad (2.49)$$

$$Q_{o.c} = 23803,6 \cdot 8760 = 208,52 \text{ ГДж / рік ;} \quad (2.50)$$

в) витрата на нагрівання емульсії, що вертається зі смуги, що й додається із підготовчого бака ($4,8 \text{ м}^3$):

- $V_1 = 0,54 \text{ м}^3$ – добавка з підготовчого бака,
- $V_2 = 9,46 \text{ м}^3$ – емульсія, що вертається,
- $m_1 = 0,54 \cdot 900 = 486 \text{ кг}$,
- $m_2 = 9,46 \cdot 900 = 8514 \text{ кг}$.

$$Q = 0,96 \cdot 8514(98 - 70) + 0,96 \cdot 486(98 - 95) = 229789,5 \text{ ккал / г} = 0,98 \text{ ГДж / г ;} \quad (2.51)$$

$$Q_{zod} = 0,96 \cdot 5840 = 5606,4 \text{ ГДж / рік .} \quad (2.52)$$

Сума витрат енергії на готування емульсії:

$$Q = 1294 + 6073,6 + 208,52 + 5606,4 = 13182,52 \text{ ГДж} / \text{рік} . \quad (2.53)$$

Ввід пари №1 - обрізаний і заглушений, у цеху не використовується.

2.2 Складання загальної карти енергоспоживання у цеху холодного проката №1

При складанні загальної карти енергоспоживання пари будемо розглядати всі вводи в загальному споживанні пари по цеху. А також розділимо споживачів пари на 4 основних потоки споживання: технологічний процес, ГВП, опалення, а також втрати. Результати складання загальної карти енергоспоживання представлено в таблиці 2.8.

Аналіз карти енергоспоживання пари показує, що на технологічні процеси при виробництві холоднокатаної сталі в ЦХП-1 витрачається близько 81% від загального споживання пари, що показано на рисунку 2.1.

На опалення витрачається 7,6 %. На гаряче водопостачання (ГВП) і втрати тепла в паропроводах доводиться приблизно однакова кількість теплоти по 5,8 % (20400 Гдж/рік)

До найважливіших споживачів пари відносяться:

- НТА-1 (31,8 %)
- НТА-2 (29,6 %)
- НТА-3 (11,7 %)

Встановлені на пароспоживаючому устаткуванні конденсатовідвідники поплавкового типу перебувають у непрацюючому стані й не виконують свою функцію через великий термін служби.

У зимовий час істотна кількість теплової енергії пари витрачається цехом на різні види місцевого опалення (7,57 %), а також розігрів, готування й транспортування різних видів масел і змащень (6,79 %).

Відпрацьована пара температурою 120 °С і витратою 1,8-3,0 т/рік із систем обігріву скидається на пряму в атмосферу.

Можна зробити висновок про те, що значна частина енергії пари (27 %), що вважається в цеховому обліку як споживана травильним відділенням (НТА-1,2,3) розподіляється по інших споживачах, а також губиться в системах пароснабження й конденсатовідвідниках. Реальне споживання НТА-1,2,3 становить близько 73 %. Відповідно зменшуються норми споживання на 1т готової продукції.

Одним з енергозберігаючих пропозицій є - ізолювання арматур і фланцевих з'єднань трубопроводів пари.

Система паропостачання не може на 100 % виконувати поставлені завдання, якщо вона не обладнана конденсатовідвідниками. Конденсат накопичується в системі або є проліт пари. Таким чином, саме використання конденсатовідвідників принципово впливає на скорочення витрат енергоресурсів і підвищення ефективності виробничого процесу.

Оснащення пароспоживаючих установок ефективними конденсатовідвідниками може гарантувати повне використання енергії пари й відсутність «пролітної пари». Наявність пролітної пари приводить до наступних неприємних наслідків:

- підвищення пароспоживання устаткування до 5 разів від номіналу;
 - падіння тиску в паророзподільній системі й, як наслідок, неможливість роботи устаткування при необхідних параметрах;
 - «перетиск» апаратами, що працюють на високому тиску, апаратів, що працюють на низькому, як наслідок - проблеми з відводом конденсату від останніх, порушення технологічних (температурних) режимів;
- неможливість ефективного збору й повернення конденсату.

При розробці енергозберігаючих заходів значних економій енергії пари можна досягти за рахунок встановлення нових конденсатовідвідників на пароспоживаюче устаткування НТА-1,2,3.

Продуктом роботи конденсатовідвідника є конденсат. Втрати теплоти з конденсатом від загальної витрати теплоти на технологію становлять понад 10 - 15 % [1]. У зв'язку із цим використання теплоти конденсату становить великий інтерес для економії енергоресурсів на підприємстві. Використання теплоти конденсату пропонується направити на вдосконалення системи гарячого водопостачання підприємства, як додаткове нагрівання холодної води для системи гарячого водопостачання, що дасть скорочення споживання пари.

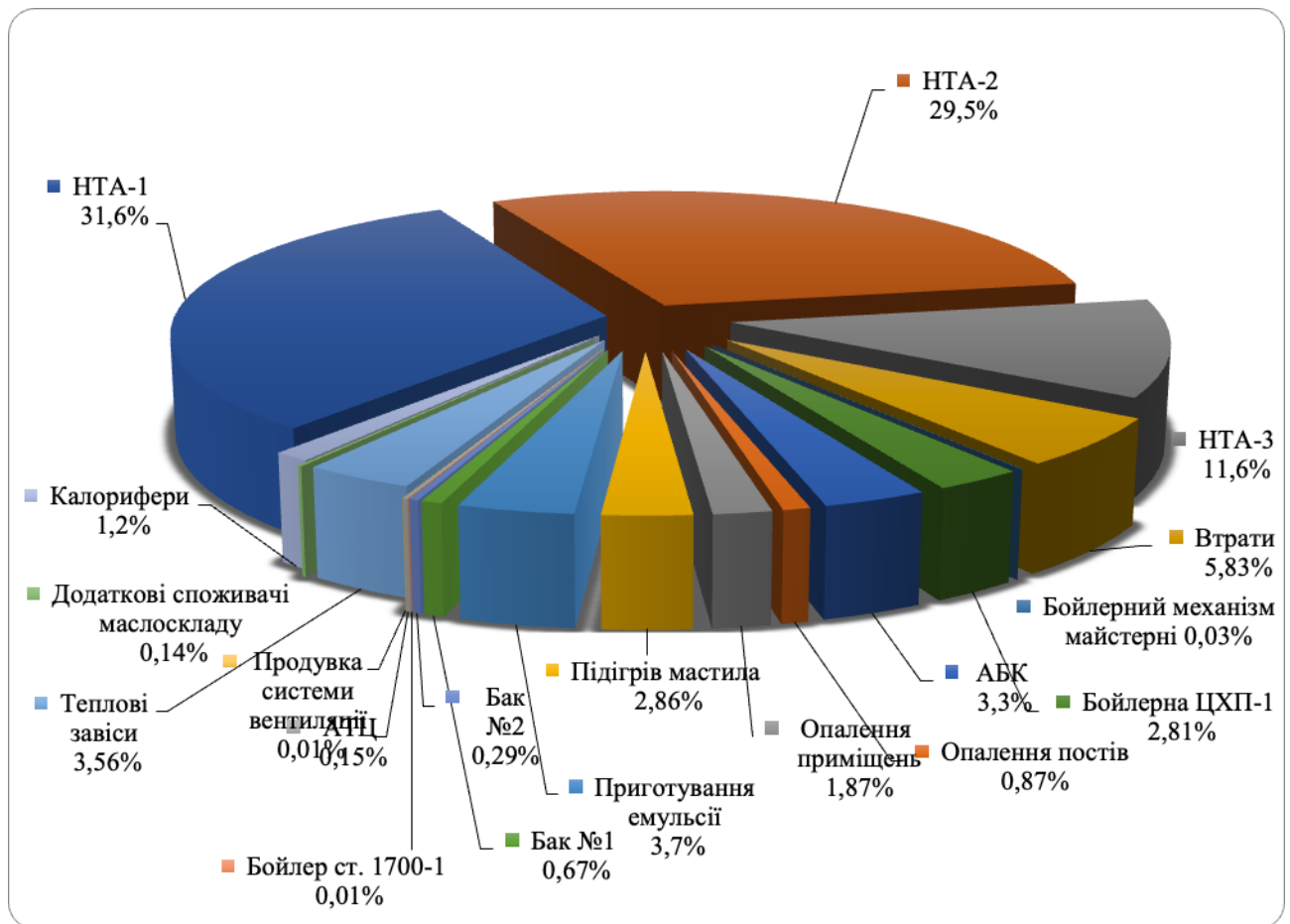


Рисунок 2.1 – Відсоткове співвідношення споживання пари по ЦХП-1.

Таблиця 2.6 Результати фактичних розрахунків теплових втрат на НТА ЦХП-1

№	Статті втрат	Витрата тепла, ГДж/рік													
		Кислотні ванни НТА-1				Гір.пром.НТА-1	Кислотні ванни НТА-2				Гір.пром.НТА-2	Кислотні ванни НТА-3			Гір.пром.НТА-3
		№1	№2	№3	№4		№1	№2	№3	№4		№2	№3	№4	
1	Втрати в навк.середов. через футерув.	280,6	288,8	288,8	278,6	145,7	280,6	288,8	288,8	278,6	145,7	117,6	166,0	196,8	138,0
2	Втрати в навк.середов. через кришку ванн	450,9	485,6	485,6	449,8	209,6	449,8	485,6	485,6	449,8	209,6	173,8	258,1	304,1	194,2
5	Втрати з вентиляцією через дзеркало ванн	15272,8	16754,3	16754,3	15272,8	6836,0	15272,8	16754,3	16754,3	15272,8	6836,0	5594,1	58550,7	8262,1	6233,0
7	Втрати на нагрівання смуги	13007,8				9537,4	7871,1				6286,7	1443,9			1311,0
9	Втрати на нагрівання повітря в калориферах	1104,5				1104,0				672,1					
10	Втрати на нагрівання води для ванн	1640,7	1742,9	1742,9	1640,5	6700,7	1640,5	1742,9	1742,9	1640,5	6700,7	1433,7	1024,8	1331,5	6307,1
11	Втрати на травильній лінії	111368,8				103477,2				40710,1					
12	Втрати на травильне відділення ЦХП-1	255556,1													
13	Втрати на 1т. протравленого металу	1124,5				1584,5				3143,3					

Таблиця 2.7 Карта споживання пари по вводу №2 за 2021 р., Гдж

№	Споживач	Потужність , ГДж/г	Продовж- тельность роботи, ч/рік	Спожива ння, ГДж/рік	Спожи вання, %
1	Паротушення (при аварії)	0	0	0	0
2	Бак №1 (для підігріву води)	0,48	4992	2402	0,81
3	Бак №2 (для промивання підшипників)	0,18	5840	1022,2	0,34
4	Теплові завіси	0,96	3600	3469,32	1,17
5	Калорифери		різна	4336,65	1,46
6	Продувка системи вентиляції	2,92	12	35	0,01
7	Опалення постів	0,48	4200	2000	0,67
8	Бойлер мех. майстерні	0,20	500	100	0,03
9	Підігрів змащень	0,94	3600	3389,3	1,14
10	Готування емульсії	1,83	7200	13182,52	4,45
11	НТА-1			111167,53	37,49
12	НТА-2			103500	34,90
13	НТА-3			40889	13,79
14	Втрати			11033,22	3,72
15	Усього			296526,74	100,0

Таблиця 2.8 Карта споживання пари по ЦХП-1 за 2021 р., ГДж

Навантаження	№	Споживач	Потужність, ГДж/г	Тривалість роботи, г/рік	Споживання, ГДж/рік	Споживання, %
Технічні процеси	1	НТА-1			111167,53	31,68
	2	НТА-2			103500	29,50
	3	НТА-3			40889	11,65
	4	Підігрів змащень	2,78	3600	10023,93	2,86
	5	Готування емульсії	1,83	7200	13182,52	3,76
	6	Супутники маслосклада	0,17	3600	613,542	0,17
	7	Бак №1 (для підігріву води)	0,48	4992	2402	0,68
	8	Бак №2 (для промивання підшипників)	0,18	5840	1022,2	0,29
	9	Бойлер ст.1700-1	0,05	12	0,624	0,00
	10	АТЦ		-	595	0,17
	11	Продувка системи вентиляції			43,38	0,01
Усього на технічні процеси					283439,726	80,78
Опалення	12	Теплові завіси	3,85	3600	13877,28	3,96
	13	Калорифери		разн	4336,65	1,24
	14	Опалення приміщень	1,82	3600	6550	1,87
	15	Опалення постів	0,56	3600	2000	0,57
Усього на опалення					26763,93	7,63
ГВС	16	АПК	1,33	8760	11694,24	3,33
	17	Бойлерна ЦХП-1 (гаряча вода)	1,12	8760	9844,92	2,81
	18	Бойлер мех. майстерні	0,20	500	100	0,03
Усього на ГВС					21639,16	6,17
	19	Втрати			19027,39	5,42
Разом					350870,206	100

3. ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Заходи щодо підвищення ефективності тепло споживання обладнанням

3.1 Вибір і розрахунок конденсатовідводчиків

Встановлюємо термодинамічні конденсатовідводчики на наше пароспоживаюче устаткування.

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані пароспоживаючого устаткування для виконання розрахунку конденсатовідводчиків

№ п/п	Найменування устаткування	Витрата пари машини $G_{ГП}$, т/год	Тиск пари $P_{ГП}$, кгс/см ²
1	НТА-3	0,17	0,6
2	НТА-2	0,4	0,6
3	НТА-1	0,4	0,6

Виконаємо розрахунок конденсатовідводчиків для НТА-3.

Розрахункова кількість конденсату після теплообмінника НТА-3:

$$G = 1,2 \cdot G_{ГП}, \quad (3.1)$$

де $G_{ГП}$ – витрата пари, що гріє, для змішувальної машини з таблиці 3.1, т/год.

$$G = 1,2 \cdot 0,17 = 0,204 \text{ т/год.}$$

Тиск пари перед конденсатовідводчиком:

$$P_1 = 0,95 \cdot P_{ГП}, \quad (3.2)$$

де $P_{ГП}$ – тиск пари, що гріє, для змішувальної машини з таблиці 3.1, кгс/см².

$$P_1 = 0,95 \cdot 0,6 = 0,57 \text{ кгс/см}^2.$$

Тиск пари після конденсатовідводчика $P_2 = 0,1$ кгс/см², тому що в нас вільний злив конденсату.

Перепад тиску на конденсатовідводчику:

$$\Delta P = P_1 - P_2, \quad (3.3)$$

$$\Delta P = 0,57 - 0,1 = 0,47 \text{ кгс/см}^2.$$

Умовна пропускна здатність:

$$KV_Y = \frac{G}{A \cdot \sqrt{\Delta P}}, \quad (3.4)$$

де G - розрахункова кількість конденсату після теплообмінника, т/г;

$A = 0,65$ – коефіцієнт, що враховує температуру конденсату й перепад тисків на конденсатовідводчику [6].

$$KV_Y = \frac{0,204}{0,65 \cdot \sqrt{0,47}} = 0,45 \text{ т/г.}$$

Вибираємо конденсатовідводчик фірми MIYAWAKI модель ТВ3F із пропускною здатністю $G_{ном} = 0,6$ т/г (рис.3.1).

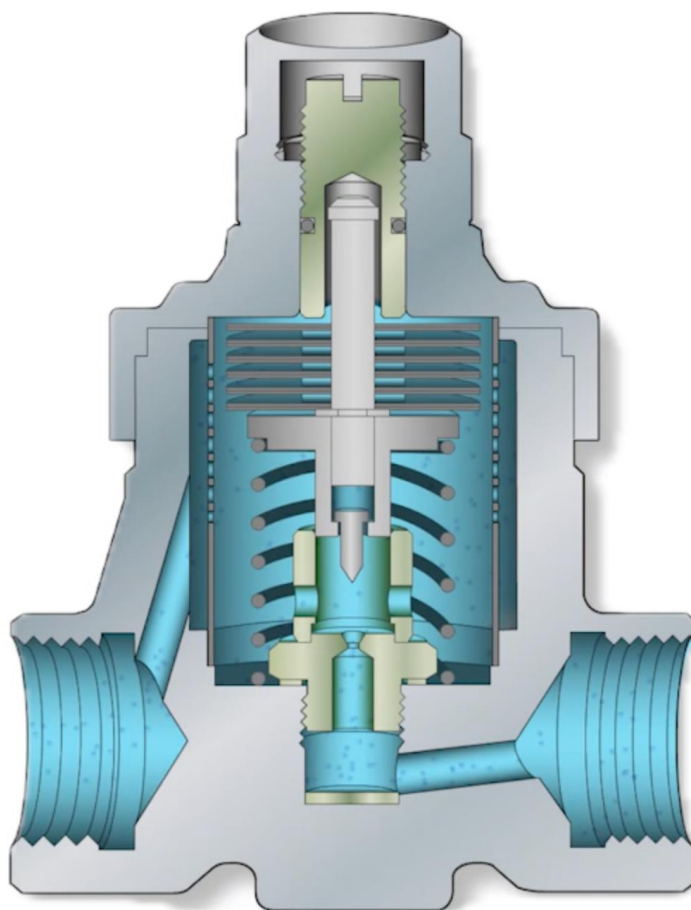


Рисунок 3.1 - Конденсатовідводчик фірми MIYAWAKI

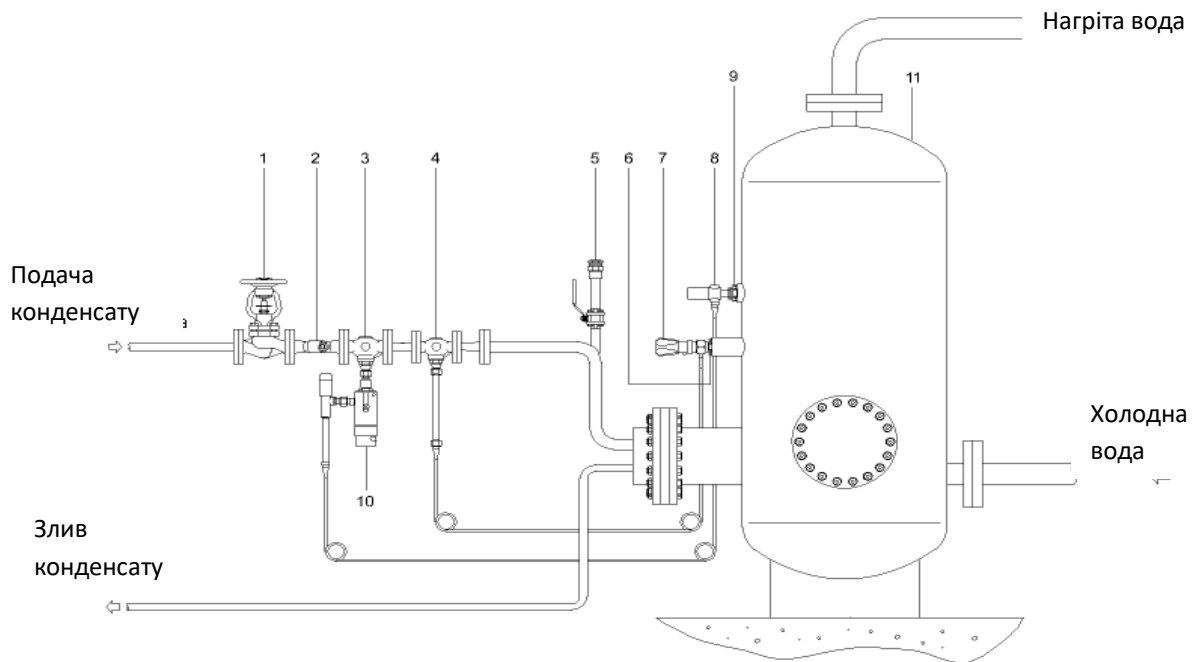
Розрахунок і вибір конденсатовідводчиків для іншого пароспоживаючого устаткування такий же і зведений у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Вибір конденсатовідводчиків для пароспоживаючого устаткування

№ п/п	Найменування устаткування	Розрахункові дані					Конденсатовідводчик	
		G , т/Г	P_1 , кгс/см ²	P_2 , кгс/см ²	ΔP , кгс/см ²	KV_Y , т/Г	Модель	$G_{ном}$, т/Г
1	НТА-3	0,17	0,57	0,1	0,47	0,45	ТВ3F	0,6
2	НТА-2	0,4	0,57	0,1	0,47	1,07	ТВ3F	1,2
3	НТА-1	0,4	0,57	0,1	0,47	1,07	ТВ3F	1,2

3.1.2 Теплоутилізація конденсату

Конденсат температурою 120°C з блоків конденсатовідводчиків пароспоживаючого обладнання по конденсатній лінії надходитиме для підігрівання ХВ системи ГВП в ЦТП. Схема подачі конденсату на теплообмінник для підігріву ХВ системи ГВП показана на рисунку 3.2.



1 - запірний клапан; 2 - фільтр; 3 - відсічний клапан; 4 - регулювальний клапан; 5 - переривник вакууму; 6 - гільза датчика; 7 - термостат (для керування регулювальним клапаном); 8 - захисна система від перегріву; 9 - гільза датчика; 10 - привод клапана системи захисту від перегріву; 11 – конденсаційний теплообмінник

Рисунок 3.2 - Схема подачі конденсату на теплообмінник для підігрівання ХВ системи ГВП

Контора ЦТП розташована щодо цеху нижче на 4 метри. Подача конденсату по конденсатній лінії до ЦТП буде виконуватися самопливом. У якості конденсатної лінії пропонується використовувати існуючі не задіяні трубопроводи діаметром 100 мм від НТА до ЦТП.

3.1.3 Ізолювання арматур і фланцевих з'єднань трубопроводів пари

При вивченні стану ізоляції паропроводів була звернена увага на відсутність якої-небудь ізоляції на вентилях, кранах, засувках, фланцевих з'єднаннях. Відомо, що 1 неізолюваний вентиль по втратах енергії в навколишнє середовище рівноцінний 1 метру голого трубопроводу, а 1 не ізолюваний фланець – 0,5 м. Крім того, оголені фланці при прямому контакті з навколишнім середовищем викликають температурні напруги, які можуть викликати руйнування труб і прямі витоки.

Ізоляція арматур і фланцевих з'єднань трубопроводів. Арматури й фланцеві з'єднання ізолюються незнімними й знімними конструкціями. Якщо необхідно арматури й фланцеві з'єднання часто оглядати, теплоізоляційні конструкції влаштовують знімними. Незнімна ізоляція застосовується в основному для арматур і фланцевих з'єднань.

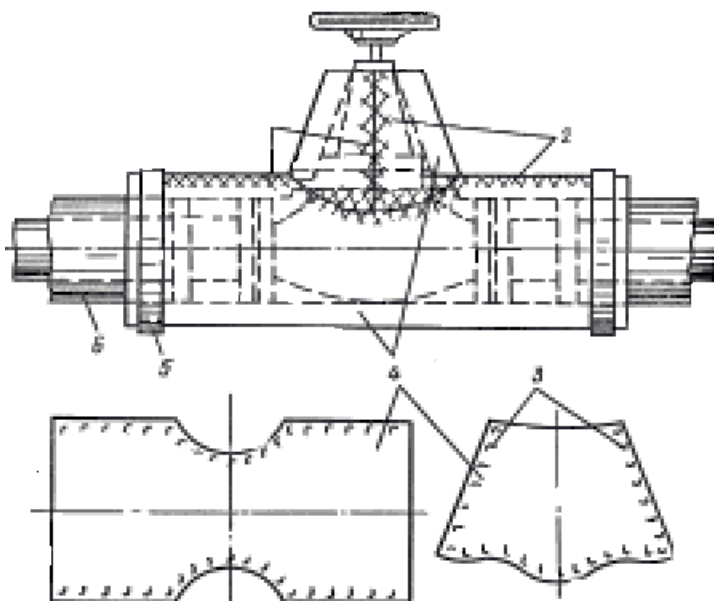
Знімні конструкції виконуються у вигляді металевих футлярів, заповнених теплоізоляційними матеріалами, або у вигляді матраців.

Ізоляція теплоізоляційними матрацами. Матрац являє собою виріб, що складається з оболонки, заповненої мінеральною ватою й прошитої. Для оболонки застосовують азбестову тканину, тканину зі скляного волокна, металеву сітку.

Матраци, застосовувані для ізоляції арматур, повинні мати вирізи для проходу сальників і гачки, пришиті до матраців, для з'єднання виробів при монтажі. Для шнурування використовують дріт 0,8-1,2 мм (рис. 3.3).

Ізоляція знімними футлярами з теплоізоляційним наповнювачем. У якості наповнювачів футлярів застосовують вироби з волокнистих матеріалів, в основному мати з мінеральної вати з однібічною обкладкою металевою сіткою, або обкладкою з лакостеклоткани.

Футляри на арматурах кріплять бандажами або спеціальними замками.



1-дріт латунний; 2, 3-гачки; 4-матраци; 5-бандаж; 6-теплоізоляційна
конструкція трубопроводів

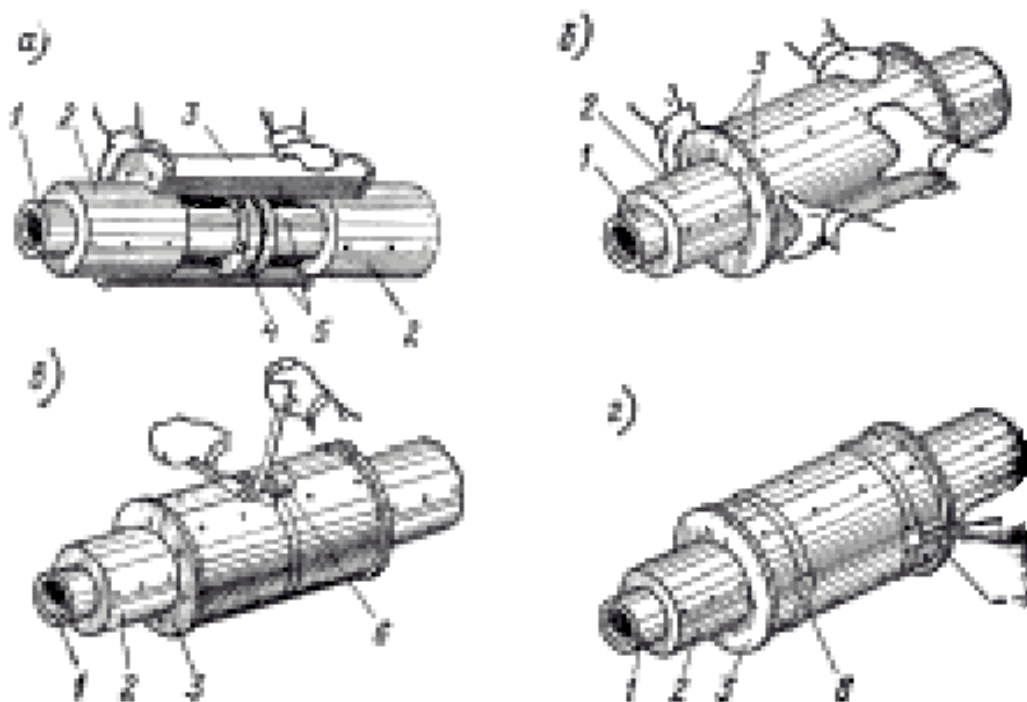
Рисунок 3.3 - Установка теплоізоляційного матраца на клапані

Ізоляція фланцевих з'єднань полягає в установці на місце задалегідь виготовлених металевих напівфутлярів з ізоляційним матеріалом і готовими кріпленнями (рис. 3.4).

Ізоляція арматур трубопроводів, що прокладаються з обігрівальними супутниками. Щоб ізоляція арматур щільно прилягала до ізоляції трубопроводу, останній з торців надають циліндричну форму. У інших арматур трубопровод з обігрівальн супутник ізолюва так само, як арматура трубопроводів,

Незнімна конструкція ізоляції. Для арматур її виконують так само, як і ізоляцію основної поверхні трубопроводу.

Для даної ізоляції арматур застосовують ті ж матеріали, що й для ізолюючого трубопроводу. В основному азбошнур в оплетці як більш гнучкий і легкий. Його навивають на арматури до заданої товщини ізоляції. По теплоізоляційному шару наносять покривний шар.



а-установка першого напівфутляра; б-те ж, другого; в — стягування напівфутлярів стяжною машинкою; г-установка й закріплення бандажів; 1 - ізолюємий трубопровід; 2 -теплоізоляція трубопроводу; 3 -напівфутляри; 4 - фланцеве з'єднання; 5 -основний шар ізоляції; 6 -стяжна машинка; 7 -ключ для натяжки бандажів; 8 -бандаж із пряжкою

Рисунок 3.4 - Монтаж повнозбірних теплоізоляційних конструкцій (напівфутлярів) на фланцевих з'єднаннях

Дана ізоляція фланцевих з'єднань складається з мінераловатних матів в обкладках, що укладаються поверх торців ізоляції трубопроводу й фланцевого з'єднання. Стики матів зшивають дротом і встановлюють кільця з неї. Потім установлюють футляри, які кріплять самонарізаючими гвинтами або бандажами.

Ізоляцію з м'яких і напівжорстких плит виконують так: поверх плит установлюють каркас із дроту й потім покриття з металевих футлярів.

Ізоляція опор трубопроводів. Порожнини опори заповнюють теплоізоляційним матеріалом, потім установлюють металопокриття.

Для ізоляції відводів трубопроводів застосовують гнучкі теплоізоляційні вироби (шнури), а при трубопроводі діаметром більш 200 мм — той же матеріал, що й для ізоляції трубопроводу.

У якості покривного шару застосовують оболонки (кожухи) з листового металу, гофровані оболонки заводського виготовлення (рис. 3.5), а також зварені (рис. 3.6) і штамповані відводи (рис. 3.7). Оболонки встановлюють по ізоляції й закріплюють самонарізаючими гвинтами.

Ізоляцію чепцевих компенсаторів виконують знімними металевими напівфутлярами, заповненими теплоізоляційним матеріалом. Напівфутляр установлюють на чепцеві опори-манжети, укріплені на трубопроводі. З іншого кінця напівфутляр не закріплений і може вільно переміщатися [9].

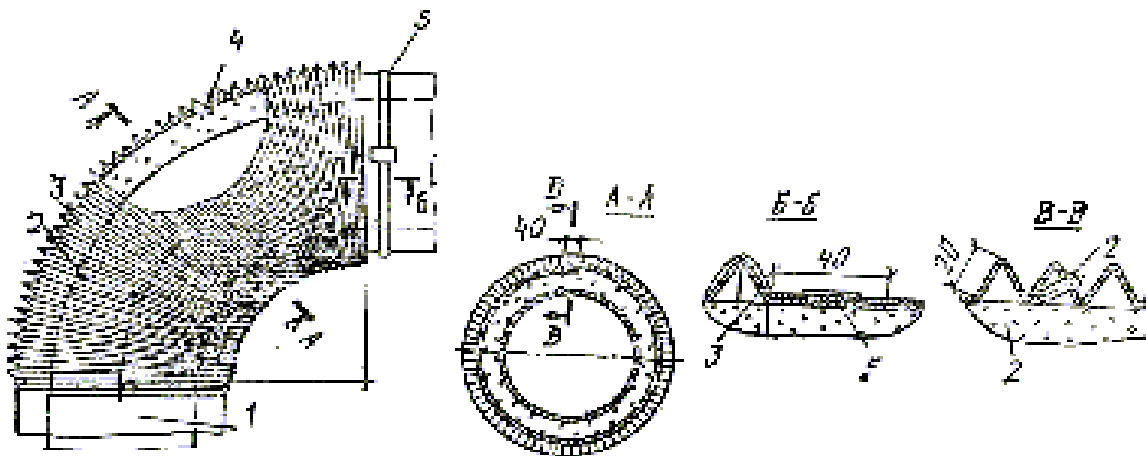
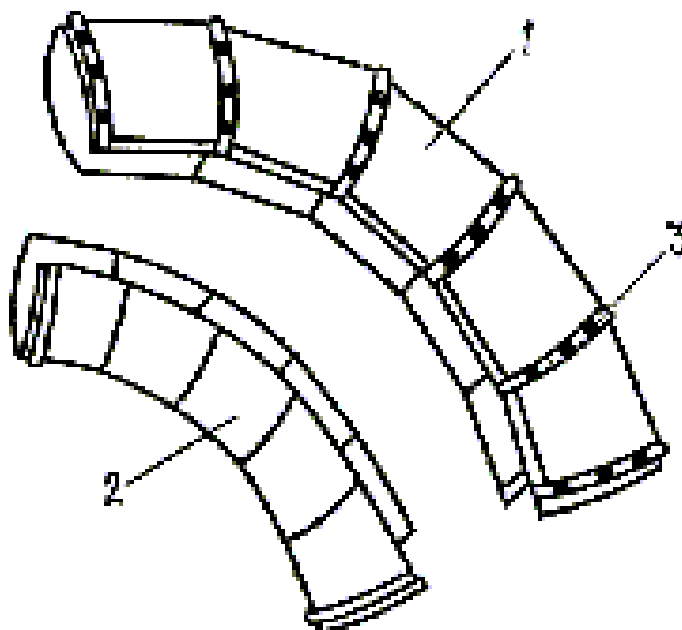


Рисунок 3.5 – Конструкція ізоляції відводів трубопроводів



1- верхня половина відводу (потилиця); 2 -нижня половина відводу (шейку);

3 - зварювання

Рисунок 3.6 - Зварений відвід



Рисунок 3.7 Штампований відвід

3.2 Заходи щодо підвищення ефективності електроспоживання обладнанням

У ЦХП №1 на безперервному чотирьохклітьовому стані «1680» виробляється холоднокатаний прокат з вуглецевої і низьколегованої сталі. Діаграма споживання електроенергії обладнанням стану «1680» представлена на рис. 3.8.

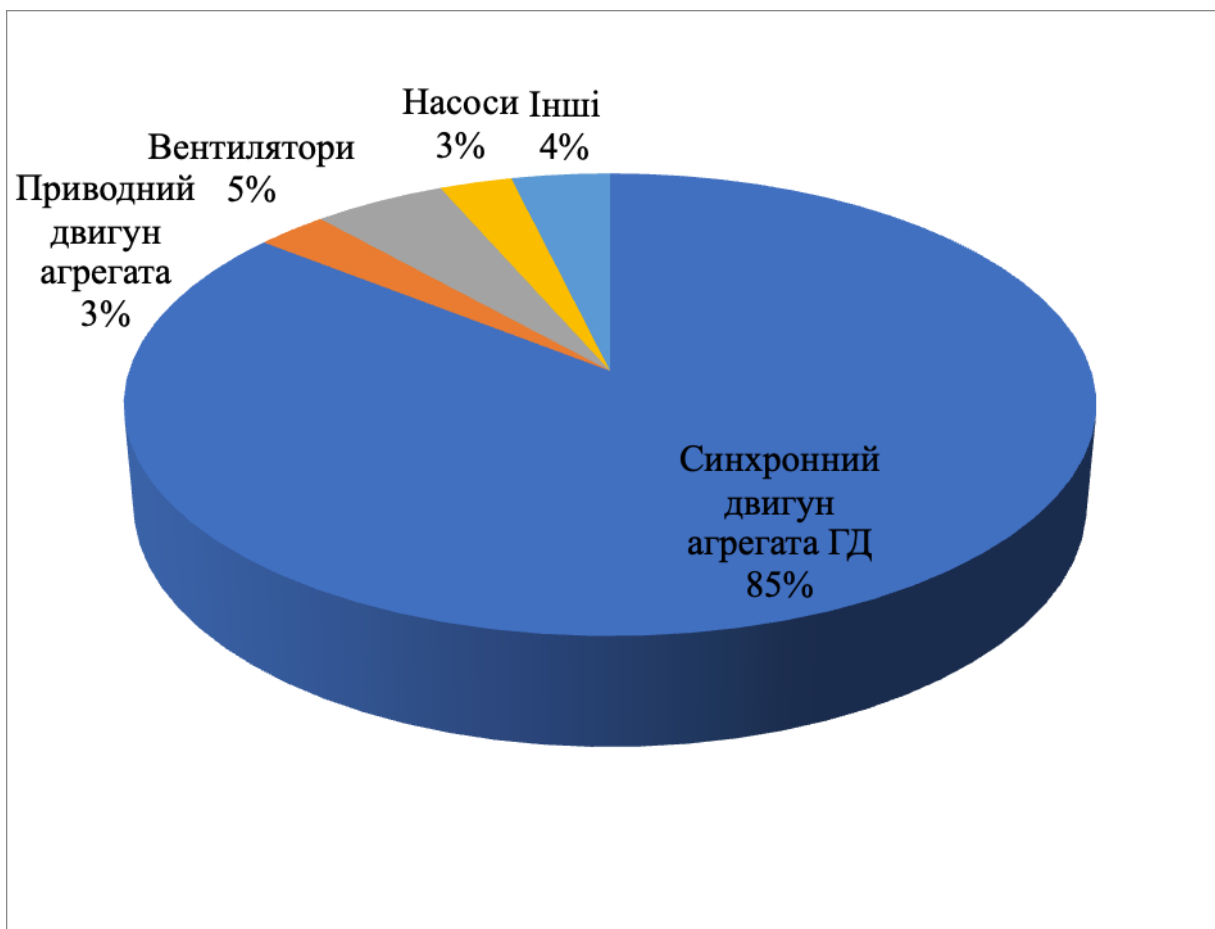


Рисунок 3.8 Діаграма споживання електричної енергії обладнанням стану «1680»

Стан «1680» складається з обладнання, яке наведено у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Обладнання стану «1680»

№ з/п	Найменування обладнання	Кількість, п, од.	Номинальна потужність, $P_{ном}$, кВт.	Споживання електроенергії за годину, кВт*год
1	Синхронний двигун агрегата ГД	1	3750	985,4
2	Приводний двигун агрегата	2	80	31,5
3	Вентилятор	2	55	16,5
4	Вентилятор №95	1	200	42
5	Випрямляч постійної напруги	1	30	2,4
6	Тиристорний перетворювач головного приводу	1	22	1,65
7	Двигун насоса №1 системи Ж-1	1	11	2,47
8	Двигун насоса №2 системи Ж-1	1	15	3,38
9	Двигун фільтра системи Ж-1	1	1,1	0,22
10	Двигун насоса системи Ж-6	2	4,5	1,01
11	Двигун центрифуги	1	4,5	1,01
12	Двигун насоса урівноваження валків	1	10	2,26
13	Двигун насоса №1 емульсії	1	18,5	4,16

Продовження таблиці 3.3

14	Двигун насоса №2 емульсії	1	45	10,13
15	Двигун насоса перекачування емульсії	1	30	6,75
16	Маслонасос Ж-7	1	2,2	0,6
17	Поворотний стіл	1	14	2,32
18	Упор скидувача	1	5	1,05
19	Тягучий ролик	1	16	3,36
20	Переміщення лівого конуса	1	16	3,36
21	Переміщення правого конуса	1	22	4,62
22	Підйом відгину	1	5	1,05
23	Підйом холостого ролика	1	8	1,68
24	Нажимний пристрій	2	60	12,6
25	Обертання люльки розмотувача	1	60	3,15
26	Клин лівої моталки	1	22	4,62
27	Проводка	2	7,5	1,57

Електродвигуни стану «1680» представлені на рис. 3.9.



Синхронний
електродвигун: ГД
Тип: WR526-500
Потужність: 3750 кВт
Напруга: 6300 В
Оберти: 500 об/хв



Прокатний двигун: ПД
Тип: МП-12-2250
Потужність: 1688 кВт
Напруга: 6000 В
Струм: 2120 А
Оберти: 300-500 об/хв



Електродвигун моталки:
Тип: МСF6600-225/787
Потужність: 450 кВт
Напруга: 6000 В
Оберти: 800 об/хв

Рисунок 3.9 Електродвигуни стану «1680»

Запропоновані методи щодо зниження електричної енергії:

1. Розрахунок електричних навантажень. Від правильної оцінки очікуваних навантажень залежать капітальні витрати на систему електропостачання, експлуатаційні витрати, надійність роботи електроустаткування.
2. Компенсація реактивної потужності є одним з найбільш доступних, ефективних і простих способів енергозбереження і зниження собівартості продукції, що випускається.

3.2.1 Розрахунок електричного навантаження

Визначення електричного навантаження є першим етапом проектування кожної системи електропостачання. Від правильної оцінки можливого навантаження залежать капітальні витрати в системі електропостачання, кількість кольорового металу, втрати електроенергії і експлуатаційні витрати. Помилки при визначенні електронавантаження ведуть до погіршення техніко-економічних показників промислового підприємства в цілому.

При проектуванні і експлуатації систем електропостачання промислових підприємств і цивільних споруд є три види навантаження: активна потужність P , реактивна потужність Q і струм I .

В розрахунках систем електропостачання підприємств і споруд використовують наступні навантаження:

а) середнє навантаження за найбільш навантажену зміну для визначення розрахункового навантаження і кількості електроенергії;

б) розрахунковий півгодинний максимум активної і реактивної потужності для вибору елементів системи електропостачання по нагріву, відхилення напруги і економічності рішень;

в) піковий струм для визначення коливання напруги, вибору обладнання захисту і їх установок.

1. Розрахунок середнє-змінного навантаження за найбільш завантажену зміну.

1.1 Виписую коефіцієнти використання і коефіцієнти реактивної потужності із довідника по кожній групі однакових споживачів, об'єднаних по технологічному принципу.

1.2 Об'єдную споживачів з однаковим коефіцієнтом використання $\{k_v\}$ в групи і заносу їх в таблицю 3.4.

1.3 Розраховую сумарну активну потужність групи, кВт:

$$P_1 = (P_{\text{НОМ1}} \cdot n_1) + (P_{\text{НОМ2}} \cdot n_2) + (P_{\text{НОМi}} \cdot n_i), \quad (3.5)$$

де n_i – кількість споживачів в групі.

$$P_1 = (3750 \cdot 1) + (80 \cdot 2) = 3910 \text{ кВт.}$$

1.4 Розраховую активну потужність групи, кВт:

$$P_{\text{ЗМ}} = P_1 \cdot k_{\text{в}}, \quad (3.6)$$

$$P_{\text{ЗМ}} = 3910 \cdot 0,7 = 2737.$$

1.5 Розраховуємо реактивну потужність групи, кВар:

$$Q_{\text{ЗМ}} = P_{\text{ЗМ}} \cdot \text{tg} \varphi_1, \quad (3.7)$$

де $\text{tg} \varphi_1$ – коефіцієнт потужності, який відповідає $\cos \varphi$.

$$Q_{\text{ЗМ}} = 2737 \cdot 1,02 = 2791,74.$$

Подібним методом роблю розрахунки по інших групах і заносу в таблицю.

2 Максимальне навантаження.

2.1 Знаходжу допоміжну величину:

$$m = P_{\text{НОМ макс}} / P_{\text{НОМ мін}}, \quad (3.8)$$

де $P_{\text{НОМ макс}}$ – потужність найбільшого споживача;

$P_{\text{НОМ мін}}$ - потужність найменшого.

$$m = 3750/1,1 = 3409,09.$$

2.2 Розраховуємо середній коефіцієнт використання для цеху:

$$k_{\text{BC}} = P_{\text{ЗМ}} / \sum P_{\text{ВСТ}}, \quad (3.9)$$

де $\sum P_{\text{ВСТ}}$ - встановлена потужність цеху,

$$k_{\text{BC}} = 3211,76/4713,8 = 0,681.$$

2.3 Розраховуємо ефективну кількість обладнання:

$$n_{\text{еф}} = 2 \sum P_{\text{ВСТ}} / P_{\text{НОМ МАКС}}, \quad (3.10)$$

$$n_{\text{еф}} = 2 \cdot 4713,8/3750 = 2,51.$$

2.4 Розраховуємо максимальне активне навантаження цеху, кВт:

$$P_{\text{МАКС}} = k_{\text{М}} \cdot P_{\text{ЗМ}}, \quad (3.11)$$

де $k_{\text{М}}$ – коефіцієнт максимуму, який є функцією ефективної кількості обладнання, $k_{\text{М}} = 1,12$,

$$P_{\text{МАКС}} = 1,12 \cdot 3211,76 = 3597,17 \text{ кВт.}$$

2.5 Розраховуємо максимальну реактивну потужність цеху, кВар:

$$Q_{\text{МАКС}} = Q_{\text{ЗМ}}, \quad (3.12)$$

$$Q_{\text{МАКС}} = 3187,94 \text{ кВар.}$$

2.6 Розраховую максимальну повну потужність цеху, кВА:

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{P_{\text{макс}}^2 + Q_{\text{макс}}^2} \quad , \quad (3.13)$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{3597,17^2 + 3187,94^2} = 4806,5 \text{ кВА.}$$

Таблиця 3.4 – Розрахунок електричного навантаження обладнання стану «1680»

№ групи	Найменування обладнання	Кількість	Потужність при ПВ=100% Рном, кВт	Сумарна активна потужність групи Рном, кВт	cos φ	tg φ	Коефіцієнт використання кв	Потужність групи	
								акт. Рном, кВт	реакт. Qном, кВар
1	Синхронний двигун агрегата ГД	1	3750	3910	0,7	1,02	0,7	2737	2791,74
	Приводний двигун агрегата	2	80						
2	Вентилятор	2	55	310	0,8	0,75	0,75	232,5	174,375
	Вентилятор №95	1	200						
3	Випрямляч постійної напруги	1	30	52	0,8	0,75	0,4	20,8	15,6
	Тиристорний перетворювач головного приводу	1	22						
4	Двигун насоса №1 системи Ж-1	1	11	146,3	0,8	0,75	0,7	102,41	76,8075
	Двигун насоса №2 системи Ж-1	1	15						
	Двигун фільтра системи Ж-1	1	1,1						
	Двигун насоса системи Ж-6	2	4,5						
	Двигун центрифуги	1	4,5						
	Двигун насоса урівноваження валків	1	10						
	Двигун насоса №1 емульсії	1	18,5						
	Двигун насоса №2 емульсії	1	45						
	Двигун насоса перекачування емульсії	1	30						
5	Маслонасос Ж-7	1	2,2	19	0,6	1,33	0,65	12,35	16,4255
	Поворотний стіл	1	14						
6	Упор скидувача	1	5	54	0,65	1,17	0,4	21,6	25,272
	Тягучий ролик	1	16						
7	Переміщення лівого конуса	1	16						
	Переміщення правого конуса	1	22						
8	Підйом відгину	1	5	13	0,5	1,73	0,1	1,3	2,249
	Підйом холостого ролика	1	8						
9	Нажимний пристрій	2	60	209,5	0,7	1,02	0,4	83,8	85,476
	Обертання люльки розмотувача	1	60						
	Клин лівої моталки	1	22						
	Проводка	2	7,5						
9	Разом	32		4713,8				3211,76	3187,945

3.2.2 Компенсація реактивної потужності

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивної потужності (конденсаторних установок).

Використання конденсаторних установок дозволяє:

- розвантажити живлячі лінії електропередачі, трансформатори і розподільні пристрої;
- зменшити витрати на оплату електроенергії; при використанні певного типу установок знизити рівень вищих гармонік;
- подавити мережеві перешкоди, понизити несиметрію фаз;
- зробити розподільні мережі надійнішими і економічнішими.

Споживач електричної енергії зобов'язаний підтримувати рівень реактивної потужності в розподільчій мережі відповідно до значення економічно оптимальної реактивної потужності, яка може бути передана підприємству в режимах найбільшого і найменшого активного навантаження енергосистеми.

Розглядаючи можливості максимального наближення компенсуючих установок (КУ) до електроприймачів, які споживають велику реактивну потужність, необхідно враховувати наступні чинники:

1. За інших рівних умов великий ступінь компенсації реактивної потужності слід забезпечувати у електроспоживачів, розташованих найбільш далеко від ТП.
2. Найбільш доцільно використання КУ у електроспоживачів з великим числом годин роботи в році.
3. При виборі місць установки КУ необхідно прагнути до підключення їх під загальний комутаційний апарат з електроприймачем, щоб уникнути витрат на додатковий апарат.
4. Відповідно до вимог електропостачальної організації необхідно забезпечувати не тільки задане споживання в максимум активного

навантаження енергосистеми, але і витримувати необхідне споживання в її мінімум. З цієї умови випливають вимоги до регулювання КУ.

Залежно від виду використовуваного устаткування електричне навантаження підрозділяється на активне, індуктивне і ємнісне. Найчастіше споживач має справу із змішаними активно-індуктивними навантаженнями. Відповідно, з електричної мережі відбувається споживання як активної, так і реактивної енергії.

Активна енергія перетвориться в корисну — механічну, теплову та ін. енергії. Реактивна енергія не пов'язана з виконанням корисної роботи, а витрачається на створення електромагнітних полів в електродвигунах, трансформаторах, індукційних печах, зварювальних трансформаторах, дроселях і освітлювальних приладах.

У загальному випадку вираз для визначення реактивної потужності має вигляд $Q = U \times I \times \sin\varphi$. Вона позитивна при струмі, який відстає (індуктивне навантаження — $0 < \varphi < 180$) і негативна при струмі, який випереджає (ємнісне навантаження — $180 < \varphi < 360$). Показником споживання реактивної енергії (потужності) є коефіцієнт потужності $\cos\varphi$, який показує співвідношення активної потужності P і повної потужності S , що споживається електроприймачами з мережі: $P = S \times \cos\varphi$. Одиницею вимірювання реактивної потужності є вольт-ампер реактивний (ВАр).

Реактивна потужність, яка споживається промисловим підприємством у кожній даній точці мережі, визначається величиною намагнічувальної потужності, яка необхідна для окремих елементів електроустановки, які розташовані за даною точкою в напрямку передачі енергії. Реактивні навантаження підприємств не залишаються незмінними не тільки протягом більш-менш тривалих проміжків часу доби місяця року, але й протягом однієї виробничої зміни. Ці навантаження безупинно змінюються залежно від виробничої програми окремих струмоприймачів, від ступеня їхнього завантаження і відносної тривалості ввімкнення, від коливань напруги в мережі,

від якості обслуговування устаткування експлуатаційним і ремонтним персоналом та від інших факторів.

Компенсація реактивної потужності є найдешевшим і ефективним засобом підвищення техніко-економічних показників електропостачання, який зменшує всі види втрат електроенергії.

Надмірне споживання реактивної енергії від системи приводить до значних втрат активної енергії на передачу реактивної, втрат напруги, збільшення потужності трансформаторів підстанцій. Таким чином необхідно її генерувати як можна ближче до споживача. Для цехової підстанції приймається комплектна конденсаторна установка (ККУ) як найбільше розповсюджене джерело реактивної потужності. Але обладнання на компенсацію потребує витрат на придбання та експлуатацію. Тому остаточне рішення про встановлення такого обладнання приймається після техніко-економічного обґрунтування.

Знаходимо реактивну потужність, яку потрібно зкомпенсувати, кВар:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{макс}} - Q_e = P_{\text{макс}} \cdot (\text{tg } \varphi_{\text{макс}} - \text{tg } \varphi_e), \quad (3.14)$$

де Q_e - межа значення потужності, що виділяється цеху в період максимуму активної потужності;

$\text{tg } \varphi_e$ – оптимальний кут, відповідаючий значенню Q_e , $\text{tg } \varphi_e = 0,2$

$$\text{tg } \varphi_{\text{макс}} = Q_{\text{макс}}/P_{\text{макс}} , \quad (3.15)$$

$$\text{tg } \varphi_{\text{макс}} = 3187,94/3597,17 = 0,886,$$

$$Q_{\text{ку}} = 3597,17 \cdot (0,886 - 0,2) = 2467,65 \text{ кВар.}$$

По довіднику знаходжу ККУ, щоб забезпечити $Q_{\text{ку}} \geq Q_{\text{ку ном}}$

$Q_{\text{КУ НОМ}} = 2400 \text{ кВар} - 6 \text{ шт} \times \text{ККУ} - 0.4 - 400/11 - 20 - 21УЗ$
(рис.3.10).

Виконуємо техніко-економічне обґрунтування застосування ККУ.

Визначаємо вартість втрат активної енергії на компенсацію, грн.

$$B_{\text{В КУ}} = \Delta P_{\text{К}} \cdot T \cdot B_o \cdot Q_{\text{КУ НОМ}}, \quad (3.16)$$

де $\Delta P_{\text{К}}$ – питомі витрати на компенсацію;

T – річне число годин роботи, залежить від кількості і продовженості змін;

B_o – тариф на електроенергію,

$$B_{\text{В КУ}} = 0,045 \cdot 6400 \cdot 2,5 \cdot 2400 = 1728000 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування, грн.:

$$B_a = k' \cdot \varphi / 100, \quad (3.17)$$

де φ – процент відрахувань;

k' - капітальні витрати на ККУ,

$$B_a = 474000 \cdot 7,5/100 = 35550 \text{ грн.}$$

Повні річні витрати, грн.:

$$B_{\text{КУ}} = B_{\text{В КУ}} + B_a + 0,15 \cdot k', \quad (3.18)$$

$$B_{\text{ку}} = 1112832 + 35550 + 0,15 \cdot 474000 = 1834650 \text{ грн.}$$

Річна економія за рахунок зниження втрат активної енергії при зменшенні реактивної потужності, грн.:

$$B_{\text{ре}} = k_{\text{вв}} \cdot Q_{\text{ку ном}} \cdot T \cdot B_o, \quad (3.19)$$

де $k_{\text{вв}}$ - коефіцієнт використання втрат; для системи, для системи, для якої виконується проектування. Приймаю $k_{\text{вв}} = 0,13$,

$$B_{\text{ре}} = 0,13 \cdot 2400 \cdot 6400 \cdot 2,5 = 4992000 \text{ грн.}$$

Так як річна економія більше, ніж повні річні витрати, то використання компенсуючого обладнання доцільно.



Рисунок 3.10 – Комплектна конденсаторна установка ККУ – 0.4 – 400/11 – 20 – 21У3

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведений аналіз ефективності енергозберігаючих заходів у системах теплопаропостачання та електроспоживання і розроблені енергозберігаючі заходи для цих систем стосовно до прокатного виробництва.

У результаті аналізу енергозберігаючих заходів щодо теплопаропостачання були визначені найбільш ефективні: застосування конденсатовідвідників для пароспоживаючого устаткування; застосування теплоти конденсату пари, що відробила в технології, для підігріву холодної води системи гарячого водопостачання.

Оснащення пароспоживаючого устаткування ефективними конденсатовідвідниками гарантує повне використання енергії пари й відсутність «пролітної пари». В дипломній роботі запропоновано для встановлення на пароспоживаюче устаткування конденсатовідводчики фірми MIYAWAKI. Використання теплоти конденсату в якості додаткового нагрівання холодної води для системи гарячого водопостачання дає скорочення споживання пари. Подача конденсату по конденсатній лінії до ЦТП буде виконуватися самопливом. У якості конденсатної лінії пропонується використовувати існуючі не задіяні трубопроводи діаметром 100 мм від НТА до ЦТП.

Виконано розрахунок електричного навантаження обладнання стану «1680». Оскільки найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивній потужності (конденсаторних установок) запропоновано до встановлення комплектну конденсаторну установку. Техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження запропонованих заходів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пабат А.А. Економічні чинники конкурентоспроможності національних енергетичних технологій / Пабат А.А. // *Держава та регіони.* – 2009. №2. С. 144.
2. Теплова енергетика - нові виклики часу / за заг. ред. П. Омеляновського, Й. Мисака; [упоряд. А. Акімов]. - Л: Українські технології. - 2009. - 658 с.
3. Закон України «Про енергозбереження». – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>.
4. Маслікевич М.Р. Сутність оцінки енергоефективності підприємства / Маслікевич М.Р., Сердюк Б.М. *Актуальні проблеми економіки та управління.* 2011. Вип. 5.
5. Севастьянов Р.В. Проблеми та перспективи енергозбереження на промислових підприємствах / Севастьянов Р.В. – Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності: Зб. наук. праць. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2013. Випуск 1. Т.3. С. 107-110.
6. Гаприндашвілі Б.В. Енергозбереження як чинник підвищення конкурентоспроможності промислових підприємств. *БізнесІнформ.* -2014. № 8. С. 213–217.
7. Єнін П. М., Швачко Н.А. Теплопостачання. -М.: Київ, Кондор, 2007р. 244с.
8. Прядко М.О., Павелко В.І. Теплові мережі, навчальний посібник,- Київ, Алеута, 2005 р. - 227с.
9. Гічов Ю.О. Джерела теплопостачання промислових підприємств. Частина I: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. 52 с.
10. Кулінченко В.Р., Мирончук В.Г. Випарювання і випарні апарати у розрахунках і конструюванні: Навч. посіб.- Київ: Кондор, 2006.- 392с.

11. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : монографія / В. В. Джеджула.- Вінниця : ВНТУ, 2014.- 346с.

12. Слободян Н. М. Аналітичний огляд основних схем використання відпрацьованого тепла [Електронний ресурс] Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ,- Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. –Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/8823>.

13. Жовмір М. М. Утилізація низькотемпературної теплоти продуктів згоряння палив за допомогою теплових насосів. *Енергозбереження*.- 2008 р. С. 90-98.

14. Семеніхіна Л. В. Використання прихованої теплоти конденсації водяної пари з продуктів згоряння природного газу. *Наукові записки*. 2013 р.- С. 85-91.

15. Хейфец Р.Г., Куваев Г.Н. Теплоэнергетика металлургических заводов. Уч. пособ. – Д.:НМетАУ, 2000. - 66 с.

16. Вторичные энергетические ресурсы чёрной металлургии и их использование . Ю.И. Розенгарт, Б.И. Якобсон, З.А. Мурадова. - К.: Вища шк., 1988.- 328с.

17. Пономарчук І. А. Газоподібне паливо теплогенеруючих установок : навчальний посібник . - Вінниця : ВНТУ, 2012. - 127 с.

18. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали. – НАНУ: *Академперіодика*, 2006.

19. Клименко В.В., Кравченко В.І. Телюта Р.В. Енергозбереження в теплотехнологічних процесах та установках: Навчальний посібник. - Кропивницький: ПП Ексклюзив-Систем, 2020. 219с.

20. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки. Вінниця, – „Поділля-2000”. 2004.- 352с.

21. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. – Підруч. для студ. енерг. спец. вищ. навч. закл. – Київ: Техніка, 2006. – 320 с.

22. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. і ін. *Теплотехніка*.- Київ: „ІНКОС”, 2005.
23. Константинов М.С. Теплообмін: Підручник. – Київ: ВПІ ВПК „Політехніка”: Інрес, 2005. – 304 с.
24. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти. Навч.посібник: М.Ф. Боженко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. - 256 с.
25. Слободян Н. М. Основні поняття та способи енергозбереження [Електронний ресурс] / Н. М. Слободян, К. В. Гігієнішвілі // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р.– 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15112>.
26. Економіка підприємств: Посібник / за ред. П.С. Харіва. Тернопіль: Економічна думка, 2000. – 500 с.
27. Забарний Г.М., Кудря С.О., Ключ В.П. Методологія розробки програм енергоефективності та енергозбереження. – К., 2008. – 85 с.
28. Федішин Б.П. Економіка енергетики. Навчальний посібник для студентів енергетичних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль, 2003.-182с.
29. Сердюк Т.В. Організаційно-економічний механізм енергозбереження в промисловості: моногр. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 154 с.
30. Енергетичні установки. Загальний курс: Навчальний посібник. – 2-е видання X: «Видавництво САГА», 2008. – 320 с.з іл.
31. Кулішов В. В. Економіка підприємства: теорія і практика. Навчальний посібник. К. "Вікар", 2001.- 219с.