

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
Навчально-науковий інститут будівництва і архітектури
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПISKA
до магістерської роботи
на тему: «Використання надлишкової теплової енергії холодильних
машин виробничих підприємств для потреб опалення та
гарячого водопостачання»

Виконав: студент групи ТГВ – 61м
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія» ОПП «Теплогазопостачання та вентиляція»

_____ Мінчакевич А.Я.

Керівник _____ доц., к.т.н. Новицька О.С.

Рецензент _____ доц., к.т.н. Проценко С.Б.

Рівне-2023

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	5
Розділ 1. ПРОБЛЕМА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ	7
1.1 Холодильні машини	7
1.2 Принципи роботи холодильних машин	13
1.3 Холодильна машина=Тепловий насос	15
Розділ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНКИ СКИДІВ ТЕПЛА В АТМОСФЕРУ НА БАЗІ ТОВ "Пан Ковбаско"	25
2.1 Вихідні данні, роботи підприємства для дослідження	25
2.2 Розрахунок кількості тепла що потрібно охолодити	26
2.3 Розрахунок часу який потрібно для охолодження	27
2.4 Розрахунок кількості надлишкового тепла на конденсаторі холодильної машини	28
2.5 Розрахунок кількості надлишкового тепла на конденсаторі холодильної машини	29
Розділ 3. УТВОРЕННЯ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА ТА ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ	34
3.1 Підсумки дослідження «утворення надлишкового тепла холодительною машиною»	34
3.2 Пропозиція оптимізації ефективності та витрат в енергетичних системах	35
3.3 Розрахунок можливості приготування ГВП надлишковим теплом холодильної машини	37
3.4 Технічне рішення приготування ГВП з надлишків тепла на випарнику холодильної машини	38

						Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Схема реалізації проекту з нагріву ГВП за допомогою використання надлишкового тепла холодильної машини _____41

3.6 Переваги та недоліки модернізації _____49

Розділ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ПОРІВНЯННЯ _____50

4.1 Витрати на нагрів ГВП системою до модернізації _____50

4.2 Розрахунок затрат на модернізацію системи _____52

4.3 Порівняння затрат на нагрів ГВП, розрахунок терміну окупності _____53

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ _____60

5.1 Ціль розділу охорона праці при виконанні монтажних робіт _____60

5.2 Проведення інструктажу перед початком виконання робіт (якщо не передбачено інше) _____64

Перелік і зміст графічної частини МР

№	Назви аркушів	Обсяг
1	Схема котельні до модернізації	1 аркуш А1
2	Схема котельні після модернізації	1 аркуш А1
3	Схема модернізації	1 аркуш А1
4	Використання альтернативного тепла	1 аркуш А1
5	Вплив викидів тепла на світ	1 аркуш А1
6	Теплові насоси та холодильні машини	1 аркуш А1
7	Графіки економічних розрахунків	1 аркуш А1

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему: «Використання надлишкової теплової енергії холодильних машин виробничих підприємств для потреб опалення та гарячого водопостачання».

Метою магістерської роботи є дослідження кількості надлишкового тепла при роботі холодильної машини. Також вивчення проблем експлуатації холодильних машин на виробничих підприємствах. Дослідження проводились на основі діючого підприємства в м. Здолбунів, а саме ТОВ «Пан Ковбаско».

В роботі розглянуті принципи роботи холодильної машини, теплового насосу та історія їх виникнення та розвитку.

Здійснено дослідження надлишкового тепла при роботі холодильної машини на підприємстві «ПАН КОВБАСКО». Проведені розрахунки кількості скидного тепла холодильної машини, та проаналізована можливість його використання для систем опалення та гарячого водопостачання.

Розроблене рішення що до модернізації системи охолодження та гарячого водопостачання. А також проведено підбір необхідного обладнання для використання скидного тепла холодильних машин. Проведено аналіз витрат на модернізацію, а також проведення порівняння витрат на нагрів води для потреб гарячого водопостачання. Проведені техніко- економічні розрахунки термінів окупності.

Розглянуто питання важливості охорони праці при виконанні робіт.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність. У наш час питання глобального потепління стає все більш актуальним і критичним для обговорення. Зміни клімату призводять до різноманітних наслідків, серед яких особливе місце займає вплив на роботу промислового обладнання.

Глобальне потепління має величезний вплив на функціонування технологічних систем і промислових процесів, викликаючи серйозні виклики та потребу в адаптації та нових технологіях. Зі зростанням темпів потепління планети стає очевидним, що промислове обладнання зазнає значних змін у своїй роботі.

Високі температури, екстремальні погодні умови, зміни в рівні вологості повітря та інші аспекти кліматичних змін можуть впливати на продуктивність, ефективність та навіть безпеку функціонування промислового устаткування. Наслідки глобального потепління на роботу промислового обладнання стають більш помітними через збільшення температурного режиму, що може викликати перегрів обладнання, зниження ресурсу його роботи та збільшення витрат на його підтримку та ремонт.

Більші температури також можуть призводити до прискореного зношення матеріалів та скорочення терміну служби техніки. Наближаючись до цієї проблеми, стає очевидною необхідність розвитку нових технологій, які б були адаптовані до змін клімату. Це означає використання більш стійких матеріалів, впровадження енергоефективних рішень, розробку технологій, що мінімізують вплив екстремальних умов на роботу промислового устаткування.

Експлуатація холодильного обладнання на підприємствах при високих температурах зовнішнього повітря може впливати на ефективність його роботи. Високі зовнішні температури можуть призводити до певних

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проблем, особливо коли холодильне обладнання працює на фреоні та має показник коефіцієнта продуктивності (COP).

Процес холодильного циклу ґрунтується на відведенні тепла з внутрішнього простору і його віддачі на зовнішню сторону. Однак у випадку високих температур навколишнього середовища, підвищується температура конденсації і знижується ефективність віддачі тепла з холодильного агрегату. Це може призвести до неправильної роботи компресора, збільшення споживання електроенергії та зниження загальної продуктивності обладнання.

У разі, коли показник COP холодильного обладнання становить «3», це означає, що для кожної витраченої одиниці енергії на приведення в рух холодильного агрегату, буде отримано три одиниці холоду. Проте, в умовах високих температур зовнішнього середовища цей показник може знизитися через неефективну роботу системи.

Вивчаючи питання проблем «холодильних машин» є проблемами не лише експлуатації машин, а також слід відмітити енергозатратність таких машин. Тому в магістерській роботі ми вивчимо питання не лише, як покращити роботу «холодильних машин», а і те, як оптимізувати затрати електроенергії на підприємствах, та знизити викиди тепла в зовнішню атмосферу.

Мета магістерської роботи є дослідження надлишкової (скидної) теплової енергії, яка утворюється від роботи холодильного обладнання та розроблення пропозиції щодо його використання для систем опалення та гарячого водопостачання виробничих підприємств.

Об’єкт досліджень – холодильні машини виробничих підприємств.

Предмет досліджень – використання надлишкового (скидного) тепла холодильних машин для потреб системи опалення та гарячого водопостачання.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання магістерської роботи.

1. Провести аналіз холодильних машин виробничих підприємств, принцип їхньої роботи.
2. Проаналізувати проблеми експлуатації холодильних машин на виробничих підприємствах.
3. На прикладі виробничого підприємства провести розрахунки кількості надлишкового (скидного) тепла холодильних машин підприємства «Пан Ковбаско», м. Здолбунів.
4. Дослідити вирішення проблеми роботи холодильних машин при високих зовнішніх температурах та покращення COP показників обладнання.
5. Розробити заходи з використання надлишкового тепла для потреб системи опалення та гарячого водопостачання.
6. Провести техніко-економічне порівняння прийнятих заходів щодо використання скидного тепла холодильних машин виробничого підприємства.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРИНЦИПУ РОБОТИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Класифікація холодильних машин

Холодильна машина - пристрій, що служить для відводу теплоти від охолоджуваного тіла при температурі нижчій, ніж температура навколишнього середовища. Процеси, що відбуваються в холодильних машинах, є окремим випадком термодинамічних процесів, тобто таких, в яких відбувається послідовна зміна параметрів стану робочої речовини: температури, тиску, питомого обсягу, ентальпії. Холодильні машини працюють за принципом теплового насоса — віднімають теплоту від охолоджуваного тіла і з витратою енергії (механічної, теплової і т. д.) і передають її охолоджуваному середовищу (зазвичай воді або навколишньому повітрю), що має більш високу температуру, ніж охолоджуване тіло. Холодильні машини використовуються для отримання температур від 10°C до -150°C . Область нижчих температур відноситься до кріогенної техніки. Робота холодильної машини характеризується їх холодопродуктивністю [1].

Перші холодильні машини з'явилися в середині XIX ст. Одна з найстаріших холодильних машин — абсорбційна. Її винахід і конструктивне оформлення пов'язано з іменами Дж. Леслі (Великобританія, 1810), Ф. Карре (Франція, 1850) і Ф. Віндхауза (Німеччина, 1878). Перша парокомпресійна машина, яка працювала на ефірі, побудована Дж. Перкінс (Велика Британія, 1834). Пізніше були створені аналогічні машини з використанням як холодоагенту метилового ефіру і сірчистого ангідриду. У 1874 К. Лінде (Німеччина) побудував аміачну парокомпресійну холодильну машину, яка поклала початок холодильного машинобудування.

Класифікація холодильних машин залежить від виду фізичного процесу, в результаті якого отримують холод. Виробничі холодильні машини і установки підрозділяють на наступні типи [3, 4]:

- *такі, що використовують процес розширення повітря, з поділом на:*

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- газові;
- вихрові;
- використовують фазовий перехід робочого тіла з рідкого в газоподібний стан:
 - парокомпресійні;
 - абсорбційні;
 - сорбційні;
 - пароежекторні.

Переважна більшість діючих холодильних машин – парокомпресійні.

Основним обладнанням холодильних машин наступне:

- компресор;
- ресивер;
- конденсатор;
- випарник;
- терморегулюючий вентиль (ТРВ).

Всі елементи з'єднані трубопроводами і представляють собою замкнуту систему, в якій відбувається безперервна циркуляція холодоагенту (фреону, аміаку, вуглекислоти) і холодоносія (розсолу / гліколю).

Класифікація холодильних установок залежно від виду холодильного агента:

- аміачні;
- фреонові;
- вуглекислотні;
- на сумішах холодильних агентів.

Приклади холодильних машин зображено на рис.1.1-1.3.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.1 – Холодильна машина чилер



Рис. 1.2 – Приклад холодильної машини по типу «принципової схеми» роботи

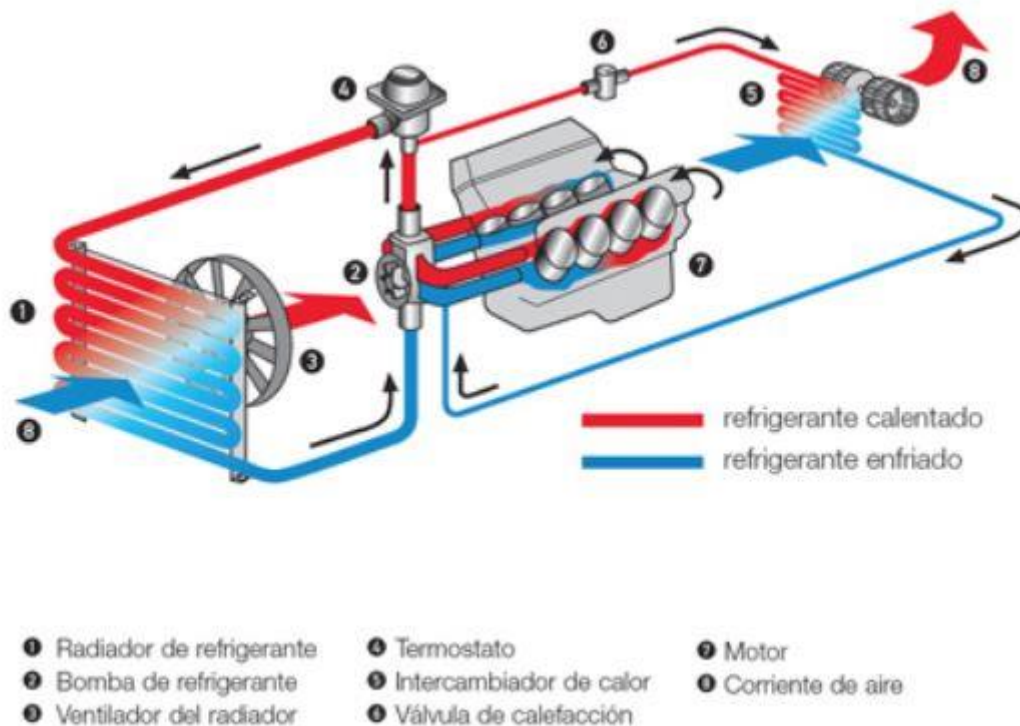


Рисунок 1.3 – Схема роботи холодильної машини

1.2 Приклади застосування холодильних машин на виробничих підприємствах

Проаналізоване застосування холодильних машин залежно від виробничого підприємства, розглянуті продукція, яка потребує охолодження та особливості технічних характеристик (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Застосування холодильних машин на виробничих підприємствах

Сфера застосування	Охолоджуване середовище/продукція	Особливості виробничих характеристик
1	2	3
Молочна промисловість, виробництво морозива	Молоко, молочні та кисломолочні продукти: незбиране молоко, вершки, вершкове масло, кефір, сир, сметана, молочна сироватка, йогурти та ін.	Залежно від технології, молоко та молочні продукти охолоджуються до 4 °С та вище. При виробництві морозива багато технологічних процесів вимагають підтримки температури на рівні +4 °С і нижче.
Виноробство, коньячне виробництво	Вино, коньяк у процесі виробництва	Під час охолодження до точки замерзання продукту (близько -10 °С для вина та -25 °С для коньяку) відбувається стабілізація – відділення винного каменю, кристалічних помутнінь, винної кислоти.
Пиво-безалкогольна промисловість	Пиво, квас, мінеральні та газовані води в процесі виробництва	У процесі виробництва пиво або квас охолоджуються після бродіння і при пастеризації. Охолодження.
Кондитерська та хлібобулочна промисловість	Шоколад, ірис, карамель, кондитерські начинки, тісто, закваски, вода	Чилери застосовуються для охолодження інгредієнтів для кондитерського та хлібобулочного виробництва, підтримання необхідних температурних режимів, охолодження технологічного обладнання

1	2	3
Виробництво рослинного масла	Рослинне масло	Чилери використовуються в процесі депарафінізації – виморожування олії, під час чого відбувається зв'язування та видалення з нього восків та воскоподібних речовин. Крім того, на виробництві рослинна олія зберігається у великих резервуарах при температурі +4...+6 °С, що дозволяє зберігати її смакові якості протягом тривалого часу.
Виробництво ковбас	Варені та копчено-варені ковбаси, сосиски, вода	Після термічної обробки ковбасних виробів їх охолоджують з температури 65...80 °С до 5 °С методом душування (зрошення холодною водою) та туманного охолодження в спеціальних камерах. Крім того, холодна харчова вода додається у фарш.
Виробництво консервів	Автоклави	Після стерилізації для припинення негативної дії тепла консерви охолоджують до температури 25...30 °С шляхом подачі до автоклавів води температурою +4 °С та вище.

1	2	3
Переробка пластика, виготовлення виробів з пластику, видув ПЕТ тари	Прес-форми термопластавтоматів, ливарних та термоформувальних машин, екструдери, частини обладнання із замкнутим контуром, печі розігріву, гідравлічне масло, самі вироби	Прес-форми охолоджуються водою температурою 6...20 °С, яка подається в охолоджуючі канали. Залежно від типу виробництва та застосовуваних технологій, за допомогою чилерів можуть охолоджуватися різні технологічні процеси, обладнання та безпосередньо вироби.
Металургія	Печі, прес-форми, кондиціонування	Залежно від типу виробництва, багато печей та прес-форм оснащені охолоджувальними каналами, в які подається вода температурою 15 °С і вище. Крім того, на металургійних виробництвах широко використовуються чилери для систем кондиціонування повітря в цехах.
Поліграфічна промисловість	Масильно-охолоджувальна рідина (МОР), гідравліка верстатів	Масильно-охолоджувальна рідина під час роботи верстата повинна підтримуватись у заданому діапазоні температур. Гідравлічне обладнання охолоджується оливою, температура якої також може регулюватися чилерами

1	2	3
Хімічна, лакофарбова, фармацевтична, косметична промисловість	Бісерні млини, реактори, електроліти, інше технологічне обладнання	Залежно від типу виробництва та застосовуваних технологій, за допомогою чилерів можуть охолоджуватися різні технологічні процеси та обладнання, що має сорочки охолодження.

І це лише приклад не великої частини підприємств яким потрібне охолодження, де використовуються «холодильні машини» різних типів. Тобто ми з вами можемо вважати, що частка використання такого устаткування на ринку промисловості досить велика в цілому світі.

1.3 Принцип роботи холодильних машин

В основі роботи холодильників лежить холодильний цикл. Простий паровий цикл механічної холодильної машини реалізується за допомогою чотирьох елементів, що утворюють замкнутий холодильний контур: компресора, конденсатора, дросельного вентиля і випарника або охолоджувача (рис. 1.4) [8]. Пара з випарника поступає в компресор і стискається, внаслідок чого його температура підвищується. Після виходу пари з компресора, що має високу температуру і тиск, надходить у конденсатор, де охолоджується і конденсується. У деяких конденсаторах використовується режим переохолодження, тобто подальше охолодження вже сконденсованої рідини нижче її температури кипіння. З конденсатора рідина проходить через дросельний вентиль. Оскільки температура кипіння (насичення) для даного тиску виявляється нижче температури рідини, починається її інтенсивне кипіння; при цьому частина рідини випаровується, а температура решти опускається до рівноважної температури насичення (тепло рідини витрачається на її перетворення в пару). Процес дроселювання іноді називають внутрішнім охолодженням або

самоохолодженням, оскільки в цьому процесі температура рідкого холодагента знижується до потрібного рівня. Таким чином, з дросельного вентиля виходить насичена рідина і насичений пара. Насичена пара не може ефективно відводити тепло, тому він пропускається повз випарника і подається прямо на вхід компресора. Між дроселем і випарником встановлений сепаратор, в якому пара і рідина розділяються.

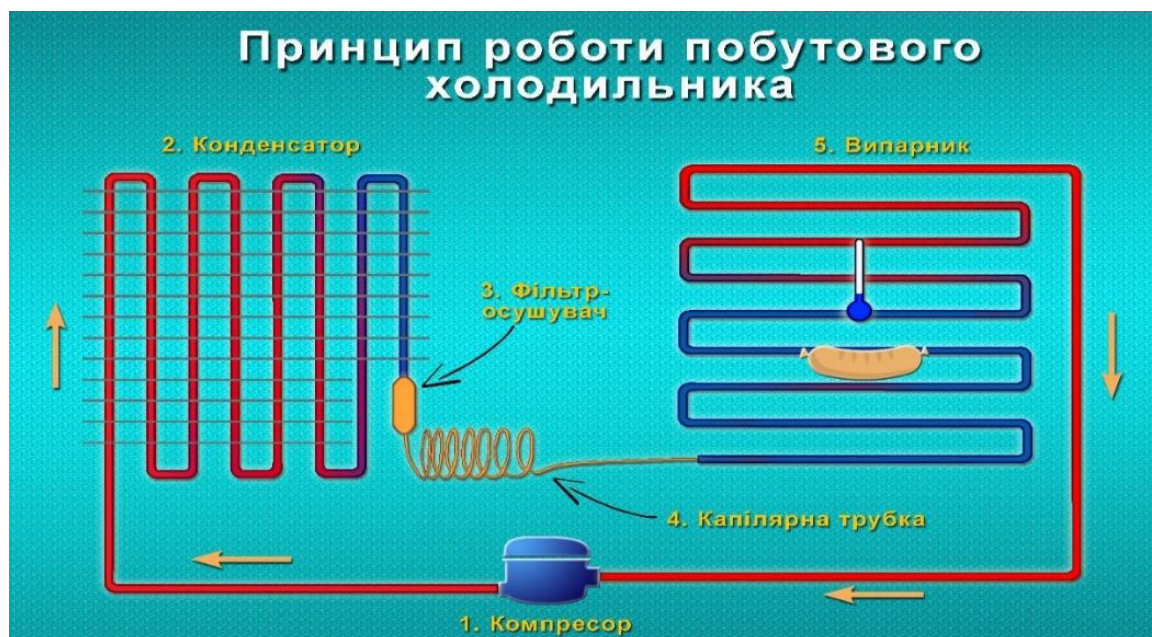


Рис. 1.4 – Принцип роботи холодильної машини

Холодоагент або холодильний агент – робоча речовина холодильної машини, яка при кипінні або в процесі розширення забирає теплоту від охолоджуваного об'єкта і потім після стиснення передає її охолоджувальному середовищу (воді, повітрю тощо). Холодоагент є окремим випадком теплоносія. Важливою відмінністю є використання теплоносіїв в одному і тому ж агрегатному стані, в той час, як холодоагенти зазвичай використовують фазовий перехід (кипіння й конденсацію).

До холодильних агентів ставиться низка вимог. Вони повинні мати: низьку температуру кипіння при тиску вище від атмосферного (щоб уникнути підсмоктування повітря); помірний тиск і температуру конденсації; низьку температуру твердіння і високу критичну температуру;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

велику теплоту паротворення при малих питомих об'ємах пари; малу теплоємність; високу теплопровідність. Крім того, бажано, щоб холодоагенти були вибухобезпечними, нетоксичними, негорючими, нейтральними до конструкційних матеріалів, інертними до мастила тощо.

Залежно від температури кипіння при атмосферному тиску холодоагенти поділяють на 3 групи:

- високотемпературні (вище від -10°C);
- помірні (у діапазоні $-10\ldots-50^{\circ}\text{C}$);
- низькотемпературні (нижче від -50°C).

Основними холодильними агентами переважно є аміак, фреони (хладони) і деякі вуглеводні [13].

Аміак належить до групи помірних холодоагентів. Перевагами аміаку є його низька вартість і високі теплофізичні показники. Недоліками є токсичність, вибухонебезпечність. Аміак також є агресивним до деталей з міді та її сплавів.

Фреони в більшості випадків є нешкідливими і негорючими; налічується понад 50 різних фреонів та їх сумішей, що використовуються у всіх температурних групах. Найпоширенішими є фреон-12, фреон-22 (належать до помірних холодоагентів) і фреон-13 (низькотемпературний холодоагент).

Вуглеводні (етан, пропан, етилен) мають низьку температуру замерзання, але є вибухонебезпечними; застосовуються в крупних і середніх холодильних установках в нафтохімічній і газовій промисловості.

В адсорбційних пароежекторних холодильних машинах і машинах, що працюють на водному розчині бромистого літію (бромистолітієвих) холодильним агентом слугує вода.

В холодильно-газових машинах як холодоагент в основному використовуються гелій, водень, азот або повітря. Принциповою різницею у використанні холодильних агентів у вигляді азоту, гелію тощо є те, що

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідина витрачається і випаровується (переважно, в атмосферу), тобто реалізується розімкнутий холодильний цикл.

Не слід плутати холодоагенти й кріоагенти. У кріоагентів температура кипіння є нижчою, також для холодоагентів ставляться вищі вимоги по взаємодії з оливами компресорів. Кріоагент – речовина, що використовується як робоче тіло в кріогенних системах. Кріоагенти мають температуру кипіння нижчу від -120°C . Це, переважно, чисті гази: гелій, азот, кисень, аргон й деякі вуглеводні (метан, етан).

У холодильних машинах фреон чи аналогічний газ працює у замкнутому циклі, стискаючись за допомогою компресора, охолоджуючись в конденсаторі, розширюючись в дроселі або детандері, випаровуючись у випарнику.

Отже ознайомившись з принципом роботи «холодильної машини» можна зробити висновок, що її робота дуже схожа (практично ідентична) з принципом роботи теплового насоса.

1.4 Холодильна машина = Тепловий насос

Концепцію теплових насосів було розроблено ще в 1852 британським фізиком та інженером Вільямом Томсоном (Лордом Кельвіном) і в подальшому вдосконалено та деталізовано австрійським інженером Петером фон Ріттінгером. Петера Ріттера фон Ріттінгера вважають винахідником теплового насоса, оскільки саме він спроектував і встановив перший відомий тепловий насос у 1855 році.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

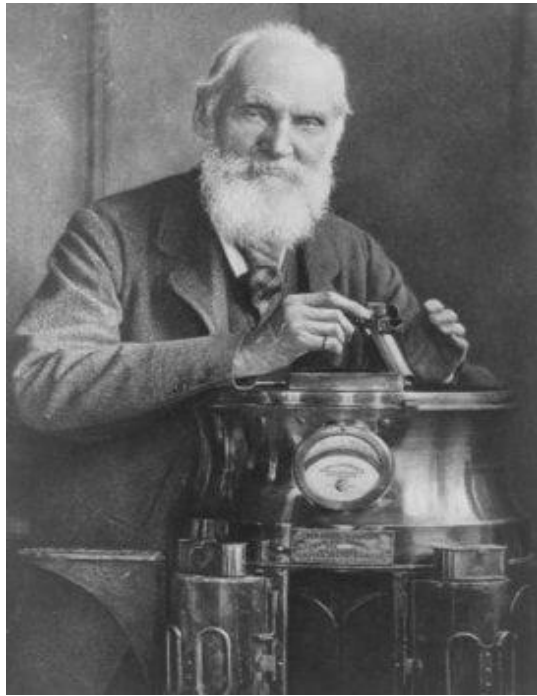


Рис. 1.5 – Австрійський інженер Ріттер фон Ріттінгер

Практичного застосування тепловий насос набув значно пізніше, а точніше у 40-х роках XX століття, коли винахідник-ентузіаст Роберт Вебер (Robert C. Webber) експериментував з морозильною камерою. Одного разу Вебер випадково доторкнувся до гарячої труби на виході камери і зрозумів, що тепло просто викидається назовні. Винахідник замислився над тим, як використати це тепло, і вирішив помістити трубу в бойлер для підігріву води. У результаті Вебер забезпечив свою родину такою кількістю гарячої води, що її вони просто не могли використати, при цьому частина тепла потрапляла у повітря. Це наштотувало його на думку, що від одного джерела тепла можна підігрівати і воду, і повітря одночасно.

Вебер удосконалив свій винахід і почав проганяти гарячу воду по спіралі (через змійовик) і за допомогою невеликого вентилятора розповсюджувати тепло по будинку з метою його опалення. Згодом саме у Вебера з'явилась ідея «викачувати» тепло із землі, де температура не надто змінювалась протягом року. Він помістив у ґрунт мідні труби, якими циркулював фреон, що «збирав» тепло землі. Газ конденсувався, віддаючи своє тепло у домі, та знов проходив через змійовик, щоб підібрати наступну

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порцію тепла. Повітря приводилося в рух за допомогою вентилятора і розповсюджувалось по будинку. У 40-х роках тепловий насос був відомим через свою надзвичайну ефективність, але реальна потреба у ньому виникла за часів Арабського нафтового ембарго у 70-х роках, коли, незважаючи на низькі ціни на енергоносії, з'явився інтерес до енергозбереження.

В період коли знову над світом нависла проблема шантажу та ескалації населення планети нафтовими та газовими монополістами, що до прикладу країни агресора Росії. Світ знову почав активно шукати альтернативні джерела енергозбереження, одне з яких ми з вами розкриємо та дослідимо в цій дипломній роботі. Адже ми вже зрозуміємо, що по принципу роботи «холодильні машини» = «Теплові насоси».

Внутрішній контур теплових насосів складається з таких компонентів:

- Конденсатор;
- Капіляр;
- Випарник;
- Компресор, що працює від електричної мережі;
- Терморегулятор, який управляє обладнанням;
- Холодоагент.

Принцип роботи теплового насосу (рис. 1.6):

Холодоагент під високим тиском через капілярний отвір попадає у випарювач, де за рахунок різкого зменшення тиску відбувається процес випару. При цьому холодоагент відбирає тепло у внутрішніх стінок випарювача, а випарювач у свою чергу відбирає тепло в земляного або водяного контуру, за рахунок чого він постійно охолоджується. Компресор вбирає холодоагент із випарювача, стискає його, за рахунок чого температура холодоагенту різко підвищується й виштовхує в конденсатор. Крім цього, у конденсаторі, нагрітий у результаті стиску холодоагент віддає тепло (температура порядку 85-125 градусів Цельсія) опалювальному контуру й переходить у рідкий стан. Процес повторюється постійно. Коли температура в будинку досягає необхідного рівня, електричне коло

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розривається терморегулятором і тепловий насос перестає працювати. Коли температура в опалювальному контурі падає, терморегулятор знову запускає тепловий насос. У такий спосіб холодоагент у тепловому насосі робить зворотний цикл Карно [2, 9].

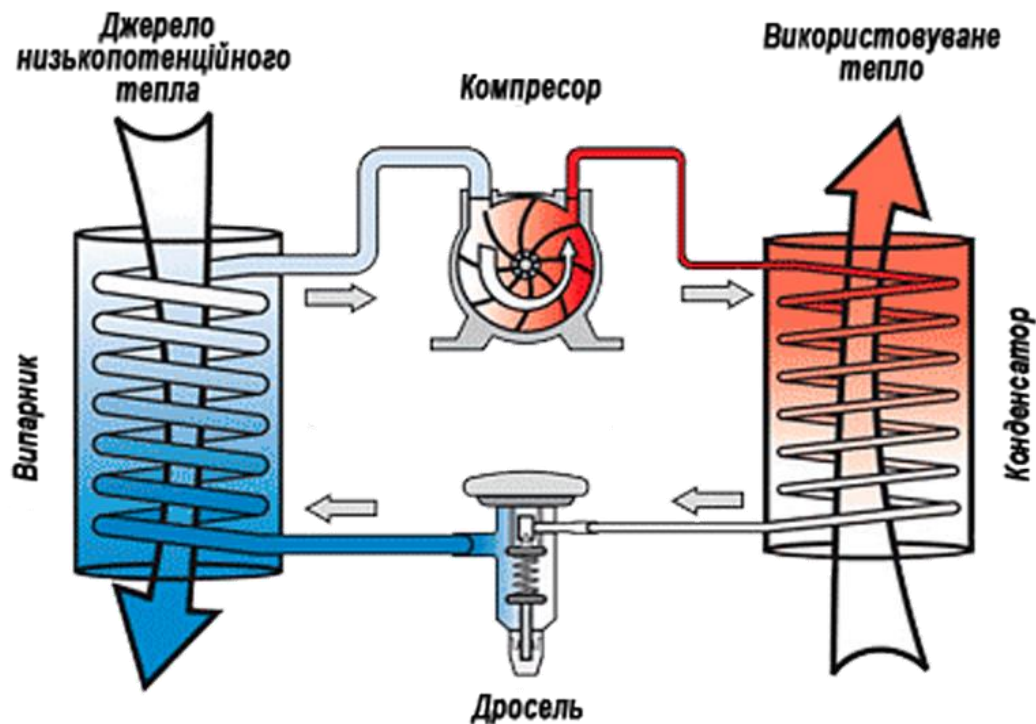


Рис. 1.6 – Принцип роботи теплового насосу

Отже, теплові насоси перекачують розсіяну теплову енергію землі, води або навіть повітря у відносно високопотенційне тепло для опалення об'єкта. Приблизно 75% опалювальної енергії можна зібрати безкоштовно із природи: ґрунту, води, повітря й тільки 25% енергії необхідно затратити для роботи самого теплового насоса. Інакше кажучи, власники теплових насосів заощаджують 3/4 коштів, які вони витрачали би на дизпаливо, газ або електроенергію для традиційного опалення. Тепловий насос за допомогою теплообмінників збирає теплову енергію із землі (води, повітря) і «переносить» її в приміщення. Теплові насоси здатні не тільки опалювати приміщення, але й забезпечувати гаряче водопостачання, а також здійснювати кондиціювання повітря. Але при цьому в теплових насосах

повинен бути реверсивний клапан, саме він дозволяє тепловому насосу працювати у зворотному режимі.

Залежно від принципу роботи теплові насоси поділяють [6]:

- компресійні;
- абсорбційні.

Компресійні теплові насоси завжди діють за допомогою механічної енергії (електроенергії), в той час як абсорбційні теплові насоси можуть також працювати на теплі як джерелі енергії (за допомогою електроенергії чи палива).

Залежно від джерела відбору тепла теплові насоси поділяються на:

- геотермальні (використовують тепло землі, наземних або підземних ґрунтових вод);
- повітряні (джерелом відбору тепла є повітря);
- такі, що використовують вторинне тепло (наприклад, тепло трубопроводу центрального опалення). Цей варіант є найдоцільнішим для промислових об'єктів, де є джерела скидного тепла, яке потребує утилізації.

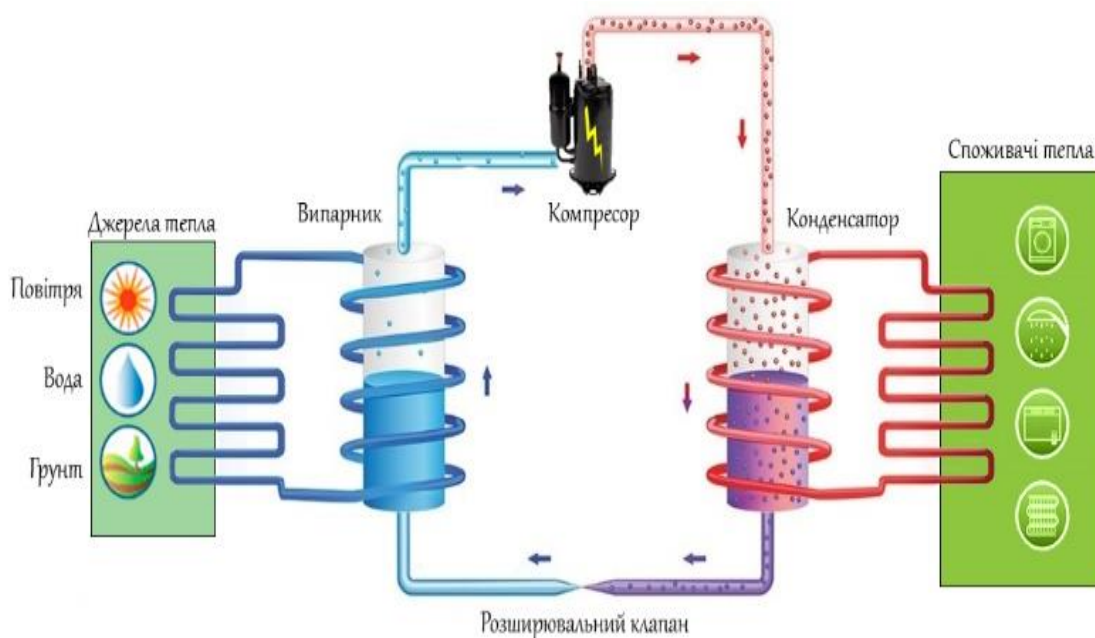


Рис. 1.7 – Теплові насоси залежно від джерела забору тепла

В нашому з вами випадку найбільш схожим буде *«такі, що використовують вторинне тепло»*, адже саме таке тепло ми хочемо дослідити у магістерській роботі та використати його з метою покращення роботи устаткування та підвищення енергоефективності підприємства, яке ми будемо вивчати.

Нашим джерелом тепла буде охолоджуюча рідина, яка потрапляє на випарник з метою охолодження (віддачі тепла в атмосферу) для конденсації та повторного циклу роботи «холодильного агрегату», з роботою якого ми ознайомились раніше.

Використання вторинного тепла з роками розповсюджується Європою та світом. Розглянемо ці дослідження більш детально:

Теплові насоси (ТН) широко застосовують у різних сферах економіки розвинутих країн Європи – у хімічній, нафтопереробній, нафтохімічній, фармацевтичній, біохімічній, харчовій, металообробній, автомобільній, для сушіння деревини, твердих агропродовольчих та біологічних матеріалів, паперу, цегли; для комунальних потреб.

Для роботи теплових насосів використовуються різноманітні джерела низькопотенційної теплоти (ДНТ) як природного, так і антропогенного походження [6, 10, 15].

До природних джерел відносяться зовнішнє повітря, поверхневі води водоймищ (ріка, море, озеро), підземні води, ґрунт та гірські породи верхнього шару Землі та сонячна енергія; до джерел антропогенного походження відносяться скидні (стічні) води, повітря тепловентиляційних систем, нагріте повітря та нагріті води або інші рідини систем охолодження технологічних процесів, тощо (табл. 1.2). За даними, 66% відпрацьованої теплоти у промисловості є низькопотенційною, яку складно утилізувати. Загалом всі природні ДНТ для використання тепловими насосами є акумуляторами сонячної енергії, яка накопичилась у них у результаті опромінення (інсоляції) Сонцем.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Характеристика джерел теплоти

Тип джерела теплоти	Потужність, МВт	Відсоток від загальної потужності	Кількість блоків	Середня потужність блоку, МВт	Температурний діапазон, °С	Температура	Стабільність/ без печинь	Близькість до міських районів
Стічні води	891	56%	54	17	10–20	В	В	В
Вода з навколишнього середовища	390	24%	34	11	2–15	С	В	В
Промислова відпрацьована теплота	129	8%	28	5	12–46	В	Н	С
Геотермальна теплота	97	4%	19	5	9–55	В	В	Н
Димові гази	40	2%	7	6	34–60	В	С	С
Централізоване охолодження	30	<2%	4	7	0–9	Н	С	В
Акумуляування сонячної теплоти	4	<1%	3	1	10–35	В	В	С
Всього	1580	–	149	–	0–60	–	–	–

В – висока, С – середня, Н – низька

Якісні характеристики теплонасосних технологій та температурні характеристики ДНТ наведені в табл. 1.3-1.4.

Таблиця 1.3 – Якісні характеристики теплонасосних технологій

Технологія ТН	Вартість	Середній COP*	Вплив на довкілля	Переваги	Недоліки
ТН, що викорис- товує теплоту повітря	+	3	• Вплив на довкілля в холодних регіонах • Витік холодоагенту може спричинити забруднення • Шумове забруднення	• Проблеми із забрудненням менші, ніж в інших випадках • Просте управління • Низька вартість обслуговування • Високий COP • Низьке споживання первинної енергії	• Обмерзання випарника • COP залежить від температури навколишнього середовища.
ТН, що викорис- товує теплоту води	++	4,3	Може спричинити: • забруднення води, • осідання породи та • ініціювати геологічні катастрофи	• Високоефективний • Не впливають умови навколишнього середовища • Може використовувати утилізовану теплоту з річок та озер	• Потрібні водойми або резервуари • Потрібен дозвіл регулюючих органів для встановлення
ТН, що викорис- товує теплоту ґрунту	+++	3,5	• Неконтрольовані флюїди для передачі теплоти є небезпечними • Поверхневі	• Високоефективний та демонструє великий потенціал енергозбереження • Дуже надійне	• Потрібна ретельна оцінка місцевої геології та вимог • COP може зменшуватися протягом опалювального

			води можуть потрапляти в свердловину Може порушити температуру підземних вод	джерело теплоти Може працювати в регіонах з екстремальною зимою	сезону через досягнення граничного значення температури ґрунту
--	--	--	---	--	--

Таблиця 1.4 – Температурні характеристики ДНТ

Джерело тепла	Тепловий потенціал	Температурний діапазон, °C	Спосіб відбирання низькопотенційної енергії
Зовнішнє повітря	Необмежений	-10/+15	Безпосередньо у випарник теплових насосів або з проміжним теплоносієм
Скидне використане повітря	Обмежений	15/25	— —
Підґрунтові води	Обмежений	4/10	— —
Озерна вода	Обмежений	0/10	— —
Річкова вода	Обмежений	0/10	— —
Морська вода	Обмежений	3/8	— —
Ґрунт	Необмежений	0/10	З проміжним теплоносієм у контурі випарників
Ґрунтові води	Необмежений	>10	Безпосередньо у випарник теплових насосів або з проміжним теплоносієм
Геотермальна вода	Обмежений	20/50	— —

Зовнішнє повітря, як це видно з табл. 1.4, є загальнодоступним ДНТ, має широкий температурний діапазон використання, витрати на впровадження повітряних ТНУ набагато менші, ніж витрати на впровадження інших видів ТНУ. Недоліками є падіння COP зі зниженням температури зовнішнього повітря; зниження термодинамічної ефективності ТНУ внаслідок підвищення різниці температур конденсації й кипіння в зимовий період; необхідність дефростації (розморожування) випарника у

разі утворення на його поверхні «крижаної шуби», що погіршує теплообмін між повітрям і холодоагентом. Кількість необхідних циклів дефростації залежить від вологості повітря та його температури нижче 0 °С, максимальна кількість циклів – за температури мінус 5–0 °С. Використання повітряної ТНУ є неефективним за високої вологості та низької температури повітря.

Грунтові (геотермальні) ДНТ можна використовувати за допомогою вертикальних і горизонтальних теплообмінників. На глибині близько 15 м температура ґрунту постійна протягом року. Розподіл температур ґрунту по глибині залежить, в основному, від типу ґрунту (пісок, глина, гравій і т.д.) і його вологості. Зі збільшенням глибини динаміка зміни температури зменшується. На глибині 3,2 м зафіксовано сезонну зміну температури ґрунту в діапазоні близько 7 °С. На глибині понад 8,6 м сезонні зміни температури ґрунту від 10 °С до 12 °С, тому ґрунтові води на цій глибині є досить потужним ДНТ. Граничне нижнє значення температури ґрунту визначає, що подальший відбір тепла від ґрунту призведе до збільшення глибини промерзання його верхніх шарів, що впливає на надійність споруд над місцем розташування колектора ТН. Для регіонів України з мінімальною температурою повітря в зимовий період мінус 20 °С мінімально допустима температура ґрунту на глибині до 8 м має бути не нижче 5–7 °С. Контур горизонтального колектора ТНУ, як правило, розташовують на глибині 1,2–1,5 м, тобто в зоні суттєвої зміни температури ґрунту протягом року, що впливає на продуктивність геотермальної ТНУ. Розташування колекторів на більшій глибині призводить до підвищення будівельних витрат і є ефективним для регіонів з більш холодним і тривалим зимовим періодом. Ефективність роботи горизонтальних теплообмінників залежить від типу ґрунту, його вологості та кліматичної зони.

Вода як ДНТ для ТНУ широко використовується на практиці. Підземні води мають відносно незмінний тепловий потенціал, що залежить від

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глибини, відстані від поверхневих водотоків тощо. Наприклад, температура вод на глибині 10–15 м – 6–11 °С, на глибині 100 м – вище 10 °С.

Використання води з артезіанських свердловин є досить затратним через необхідність буріння свердловин та прокладки труб, проблему корозії й мінеральних відкладень на поверхні теплообмінників. Відкриті водойми (озера, річки і моря) є надійним ДНТ, причому озера й річки вважають місцевими ДНТ. У разі їх використання необхідно брати до уваги сезонну мінливість обсягів, чистоти і температурних режимів водних ресурсів, а також враховувати вплив на довкілля. Теплоенергетичний потенціал річок визначається двома основними чинниками: температурою води та її витратою. Теоретичний теплоенергетичний потенціал води річок дорівнює кількості теплоти, яку можна отримати під час охолодження її річного стоку від середньорічної температури до нуля градусів Цельсія (без урахування теплоти фазового переходу під час замерзання (кристалізації) води). Використання теплових насосів для утилізації скидної антропогенної теплоти в містах на сьогодні є перспективним напрямком щодо зниження негативного впливу на довкілля та збільшення енергоефективності.

Основними джерелами ДНТ у містах є системи вентиляції та кондиціонування житлових будинків, супермаркетів, центрів обробки даних, тунелів електричних кабелів, метрополітенів. Крім того, можна використовувати скидну теплоту систем охолодження електричних підстанцій, промислових установок та каналізаційних стоків.

Стічні води є перспективним ДНТ, але мало використовується через їх біологічну та корозійну агресивність і нерівномірне надходження в каналізаційну мережу. Використання стічних вод передбачає також їх попереднє розділення з урахуванням температурних та хімічних показників, а також встановлення баків-акумуляторів для згладжування пікових навантажень під час споживання, наприклад, гарячої води. В теплообмінниках- утилізаторах допускається зниження температури стічних вод до значення, за якого температура змішаних стічних вод під час

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їх надходженні на очисні споруди буде не нижче, ніж значення, встановлені регламентами.

Висновки до 1-го розділу: в розділі розглянуті класифікація та принцип роботи холодильних машин виробничих підприємств, проаналізована продукція виробничих підприємств, яка вимагає охолодження та особливості технічних характеристик забезпечення, проаналізовано принцип роботи теплового насоса, як елемента, що працює по принципу холодильної машини, розглянути основні характеристики їхньої роботи залежно від джерела забору тепла. Можна зробити висновок, що потенційність забору скидної теплової енергії ще мало вивчена в Україні, хоча має великий потенціал для його використання для систем опалення та гарячого водопостачання.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СКИДНОГО ТЕПЛА ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА «ПАН КОВБАСКО»

2.1 Вихідні дані виробничого підприємства «ПАН КОВБАСКО»

Для дослідження використання надлишкового тепла вибрано виробниче підприємство «ПАН КОВБАСКО». «ПАН КОВБАСКО» - це офіційний представник 30 різних виробників: від потужних м'ясокомбінатів, до невеликих сімейних виробництв. Їхнє сучасне торгове обладнання дозволяє створити найкращі умови для зберігання та реалізації продукції. Підприємство розташоване в м. Здолбунів.

Підприємство, що займається виготовленням м'ясо-ковбасних виробів, складається з різних складних технологічних процесів. На підприємстві «ПАН КОВБАСКО» станом на 2023 р. виробляється 10 тон ковбаси за добу.

Схема технологічного процесу зображено на рис. 2.1.



Рис. 2.1 – Схема технологічного процесу «ПАН КОВБАСКО»

Отож, основним процесом який ми будемо досліджувати буде процес охолодження готової продукції в холодильній камері з підвищеною вологістю.

Дані щодо характеристик холодильної машини, які отримано від головного технолога та інженера підприємства наведено в табл. 2.1.

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики роботи підприємства «ПАН КОВБАСКО»

Кількість продукції для охолодження	10 т.
Температура продукції до охолодження	30 °С
Температура продукції, яку необхідно досягти	2 °С
Потужність компресора	10 кВт
COP	3
Питома теплоємність готового продукту	4,34 кДж/кг·°С
Кількість гарячої води за добу	8000 л

2.2 Розрахунок кількості тепла, що потрібно охолодити

Для наглядного прикладу нашого з вами дослідження розрахуємо скільки тепла утворюється на базі нашого підприємства при охолодженні 10 т м'ясо-ковбасних виробів до температури, при якій можна здійснювати пакування та відвантаження.

Дані:

- Завантаженість морозильних камер: 10 т за добу.
- Температура на продукції на вході: 30 °С.
- Потрібна температура охолодження до: 2 °С.

Розрахунки: Визначимо теплову енергію, яку потрібно видалити, щоб охолодити 10 т м'яса з температури 30 °С до 2 °С:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.1)$$

де Q – теплова енергія, кДж;

c – специфічна питома теплоємність продукції (в даному випадку для м'яса курки), кДж/кг·°С;

m – маса продукції, кг;

ΔT – різниця температур до охолодження та температури, яку необхідно досягти, °С.

Отже, нам відомі наступні дані:

- $m = 10 \text{ т} = 10\,000 \text{ кг}$;
- $c = 4,34 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$;
- $\Delta T = 28^\circ\text{C}$.

Тоді кількість теплової енергії складає необхідна для охолодження 10 тон продукції на 28°C за формулою 2.1 складає:

$$Q = 10\,000 \cdot 4,34 \cdot 28 = 1\,215\,200 \text{ кДж}.$$

Отже, кількість теплової енергії, яка необхідна для охолодження готової продукції масою в 10 000 кг, з температури 30°C до 2°C складає 1 215 200 кДж.

2.3 Розрахунок кількості затраченої електроенергії на охолодження продукції

Для того щоб нам вирахувати кількість затраченої електроенергії «холодильною машиною» для перенесення 1 215 200 кДж тепла, з приміщення камери охолодження на конденсатор холодильного агрегату нам потрібно задіяти відомий нами з наданих даних COP показник, що дорівнює «3», $\text{COP}=3$.

Коефіцієнт використання (COP) визначається як відношення віддаленого тепла до спожитої електроенергії [5]:

$$\text{COP} = \frac{\text{Спожита електроенергія}}{\text{Віддалене тепло}} \quad (2.2)$$

З формули 2.2 можна визначити спожиту електроенергію:

$$\text{Спожита електроенергія} = \frac{\text{Віддалене тепло}}{\text{COP}}$$

Таким чином, для визначення кількості електроенергії, витраченої компресором, ми можемо використовувати наступну формулу:

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = \frac{Q}{COP}, \quad (2.3)$$

де Q – віддалене тепло (1 215 200 кДж), а COP – коефіцієнт використання складає 3.

Підставимо начення:

$$E = \frac{1\,215\,200}{3} \text{ кДж},$$

$$E = 405\,067 \text{ кДж}.$$

Щоб перетворити кількість електроенергії E з кількості тепла Q , використовуючи формулу $E = \frac{Qc}{COP}$, в кількість електроенергії в кількість електроенергії (кВт·год), скористаємося перетвореннями одиниць:

$$E \approx \frac{1\,215\,200 \times 1}{3 \times 3,600} \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$E \approx \frac{1\,215\,200}{10\,800} \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$E \approx 112,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Отже, компресор витрачає приблизно 112,5 кВт·год електроенергії за час охолодження 10 тон продукції.

2.4 Розрахунок часу, який потрібно для охолодження

Для розрахунку часу охолодження можна визначити за формулою:

$$\Delta t = \frac{Q}{COP \times W}, \quad (2.4)$$

де Δt – час, с;

Q – віддалене тепло, кДж;

COP - коефіцієнт використання;

W – потужність компресора, кВт.

З попередніх розрахунків та наданої інформації ми знаємо:

$Q = 1215\,200$ кДж; $COP=3$ та $W=10$ кВт.

Визначимо час, необхідний для охолодження продукції підприємства:

$$\Delta t = \frac{1\,215\,200 \text{ кДж}}{3 \times 10 \text{ кВт}};$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\Delta t = \frac{1\,215\,200}{30} \text{ с},$$

$$\Delta t \approx 40\,507 \text{ с}.$$

Отже, час охолодження продукції підприємства «ПАН КОВБАСКО» становить приблизно 40 507 с або близько 11 годин і 15 хвилин. Проте, важливо враховувати, що це теоретичний розрахунок, і на реальний час можуть впливати різні фактори, такі як тепловтрати, ефективність системи охолодження, конструкція камери тощо.

2.5 Розрахунок кількості надлишкового тепла на конденсаторі холодильної машини

Загалом кожна холодильна машина має ряд своїх експлуатаційних характеристик, які можна і потрібно враховувати при розрахунках. Але на підприємстві, яке досліджується, на жаль затерта емблема маркування компресора, тому всі розрахунки проводились виходячи з обмеженої кількості інформації про сам агрегат, а саме його COP та потужність, яку нам надав інженер підприємства та інформації, щодо виробничого процесу та технології. Тому на прикладі магістерської роботи можна зрозуміти, що вивчення поставленої задачі можна опрацювати різними способами, та навіть з обмеженою кількістю інформації, як часто буває на практиці.

Основні експлуатаційні характеристики холодильних машин [14, 20]:

1. Тип компресора: Холодильні компресори можуть бути поршневыми, винтовими, центробіжними або роторними. Кожен тип має свої особливості, що впливають на ефективність і область застосування.
2. Холодопродуктивність: Це показник того, скільки тепла компресор може видалити за певний час. Зазвичай вимірюється в ватах (W) або в тонах охолодження.
3. Енергоефективність: Важливий параметр, який визначає, скільки електроенергії споживає компресор для виробництва одиниці холоду. Вища

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

енергоефективність означає менше споживання енергії і зниження експлуатаційних витрат.

4. Робочий тиск: Максимальний і мінімальний тиск, при якому компресор може функціонувати ефективно.

5. Температурний діапазон: Діапазон температур, при яких компресор може працювати без втрати ефективності.

6. Тривалість робочого циклу: Вказує на здатність компресора працювати безперервно протягом певного часу без перегріву.

7. Тип холодоагенту: Різні компресори розраховані на роботу з різними типами холодоагентів, і це впливає на їх сумісність з холодильними системами.

8. Розміри і вага: Важливі для врахування при інсталяції компресора, особливо у обмежених просторах.

9. Надійність і тривалість служби: Включає в себе стійкість до зносу, частоту необхідного обслуговування і загальну тривалість служби обладнання.

Схема холодильної установки зображена на рис. 2.1 [8].

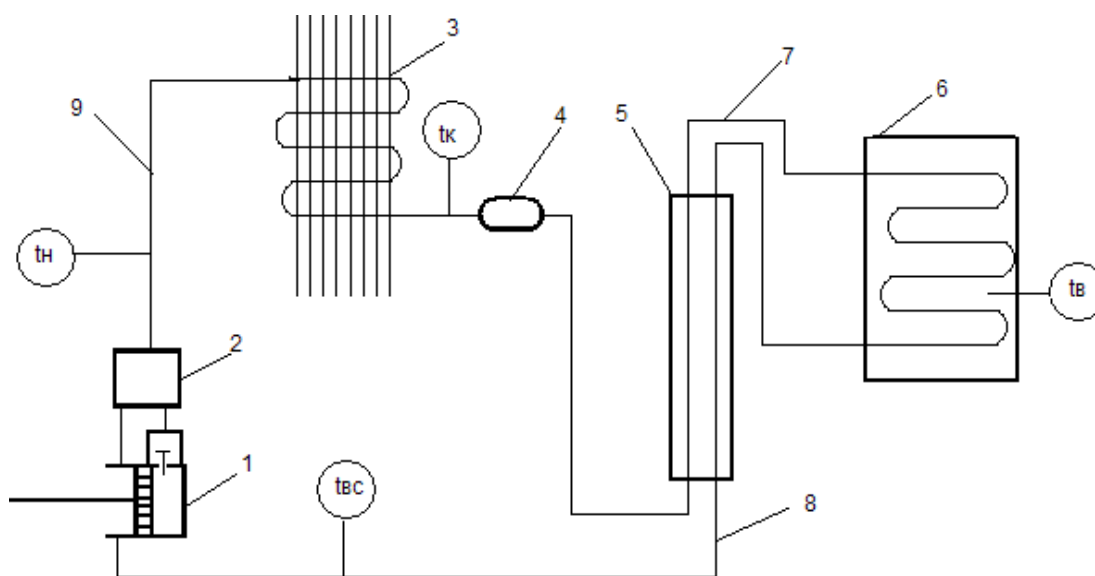


Рис. 2.1 – Схема компресійної холодильної установки: 1 – компресор; 2 – мастиловідділювач; 3 – конденсатор; 4 – фільтр; 5 – регенеративний теплообмінник; 6 – випарник; 7 – капіляр; 8 – всмоктувальний трубопровід; 9 – нагнітальний трубопровід.

Компресор, електродвигун та мастиловідділювач розташовані у герметичному корпусі. Компресор і електродвигун мають спільний вал.

Конденсатор виконаний у формі змійовика, до поверхні трубки якого з обох сторін приварені відрізки дроту для збільшення поверхні тепловіддачі. Трубка змійовика конденсатора одним кінцем з'єднана з нагнітальним трубопроводом компресора, а другим – з фільтром 4. Охолоджується поверхня конденсатора навколишнім повітрям.

Фільтр 4 являє собою циліндр, який заповнено порошком силікагелю.

Регенеративний теплообмінник 5 виконано у вигляді спаяних між собою капілярної та всмоктувальної мідних трубок.

Випарник являє собою коробку з системою каналів для проходження та випарювання холодильного агента. Коробка випарника розміщена у камері, що ізолює його від навколишнього середовища. Камера має подвійні стінки із органічного скла, між якими є прошарок повітря.

Холодоагент – фреон 12 (дифтордихлорметан).

Установка оснащена термометрами, за допомогою яких контролюється температура холодоагента у нагнітальній і всмоктувальній лініях, а також температури конденсації і випарювання.

Установка працює за сухим способом з переохолодженням наступним чином. Суха перегріта пара фреону – 12 із всмоктувального трубопроводу 8 надходить у циліндр поршневого компресора 1, де адіабатно стискається до певного тиску і нагнітається в конденсатор 3. За рахунок теплообміну з навколишнім середовищем пара холодоагенту у конденсаторі охолоджується ізотермічно конденсується. Із конденсатора рідкий фреон надходить у фільтр 4, де звільняється від домішок води. Ця міра необхідна для попередження утворення кристалів льоду у каналах випарника. Волога до фреону може надходити з мастилом, яке додається в систему для забезпечення нормальної роботи компресора. Із фільтра рідкий фреон по капіляру за рахунок перепаду тиску між конденсатором і випарником надходить в останній, пройшовши попередньо

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регенеративний теплообмінник. У регенеративному теплообміннику рідкий фреон після конденсатора віддає тепло пароподібному, який виходить із випарника повсмоктувальній трубці, і переохолоджується, а пароподібний фреон у всмоктувальній трубці нагрівається і надходить до компресора при більш високій температурі ніж у випарнику. За рахунок цього поліпшуються умови роботи компресора.

Переохолоджений у капілярі рідкий фреон надходить до каналів випарника, які мають значний об'єм. За рахунок цього тиск фреону різко знижується, а також знижується його температура, а сам він переходить у стан вологої пари. Отже капіляр виконує роль дросельного пристрою. У каналах випарника фреон кипить і рідка складова його переходить в стан пари, забираючи для цього теплоту від стінок випарника.

Із випарника пара фреону через регенеративний теплообмінник надходить до компресора і цикл повторюється.

Для завершення розрахунків, необхідно розрахувати кількість тепла, яка утвориться на конденсаторі за приблизний час 11 годин та 15хв, при охолодженні 10 т продукції.

Для розрахунку тепловиділення на конденсаторі можна використати вираз:

$$Q = \text{COP} \times W, \quad (2.5)$$

де Q – віддалене тепло, кДж;

COP – коефіцієнт використання,

W – потужність компресора, кВт·год.

Ми вже знаємо, що компресор витрачає 112,8 кВт·год електроенергії (W) та $\text{COP}=3$, тоді

$$Q = 3 \times 112.8 \text{ кВт},$$

$$Q = 338,4 \text{ кВт}.$$

Отже, при використанні 112,8 кВт·год електроенергії, компресор виділить приблизно 338.4 кВт, або 1 215 200 кДж тепла на конденсаторі.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до 2-го розділу: у розділі розглянуті схема технологічного процесу виробничого підприємства «ПАН КОВБАСКО»; технічні характеристики роботи підприємства; розрахована кількість скидного тепла холодильної машиною, яка утворюється під час охолодження 10 т продукції підприємства, яке складає 1 215 200 кДж, розрахована кількість затраченої електроенергії на охолодження, що складає 112,5 кВт·год; також розраховано приблизний час охолодження 11 год 15 хв.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. Рішення модернізації з використанням надлишкового тепла холодильних машин

3.1 Оцінка енергетичних та теплових характеристик процесу охолодження продукції

У нашому дослідженні про охолодження 10 тон продукції (м'яса) до заданої температури ми врахували кілька ключових аспектів:

1. Тепловий баланс:

- Для охолодження 10 т м'яса з температури 30 °C до 2 °C необхідно видалити близько 1 215 200 кДж теплової енергії.

2. Витрати електроенергії та час охолодження:

- Використовуючи холодильну машину з компресором потужністю 10 кВт і коефіцієнтом використання (COP) 3, розраховано час охолодження приблизно 11 годин і 15 хвилин.
- Компресор витрачає приблизно 112,8 кВт·год електроенергії за цей час.

3. Витрати тепла:

- Внаслідок роботи компресора затрачається 112,8 кВт електроенергії, і в результаті виділяється приблизно 338,4 кВт теплової енергії на конденсаторі.

Отже, наше дослідження дозволили оцінити енергетичні та теплові характеристики процесу охолодження продукції, а також витрати електроенергії та виділення тепла, які пов'язані з цим процесом. Врахування таких параметрів є важливим для оптимізації ефективності та витрат в енергетичних системах.

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Можливості використання скидного тепла холодильних машин для потреб виробничих підприємств

Використання виділеного тепла від системи охолодження для опалення та підготовки гарячої води може бути ефективним рішенням для оптимізації енергоспоживання на підприємстві. Є декілька варіантів використання скидного тепла холодильної машини виробничого підприємства [12, 16, 17, 21, 22]:

1. Система ГВП:

- Використання теплової енергії для підготовки гарячої води (ГВП) на підприємстві. За допомогою теплового обмінника можна підігрівати воду для технологічних процесів на виробництві, миття посуду та інших потреб.

2. Система опалення:

- Передача скидного тепла до системи опалення приміщень. Таким чином, тепло, яке інакше б втратилося, може бути використане для забезпечення комфортних умов на підприємстві.

3. Теплові насоси:

- Використання теплових насосів для підвищення температури виділеного тепла і його подальшого використання в системі опалення чи підготовці гарячої води.

4. Система вентиляції

- Використання теплової енергії для теплообмінників припливно-втяжної вентиляції для підігріву припливного зовнішнього повітря.

Ці заходи можуть сприяти оптимізації використання тепла, що виділяється під час процесу охолодження, і зменшенню енерговитрат на підприємстві. Реалізація цих заходів також може принести економічні вигоди та зменшити вплив підприємства на довкілля.

Так як ми досліджуємо конкретне підприємство з конкретними задачами, які ми отримали разом з наданою нам технічною інформацією ми з вами розрахуємо та дослідимо доцільність використання надлишкового

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тепла, що утворилось в процесі охолодження продукції для приготування ГВП та опалення.

Адже нам було повідомлено, що дане підприємство в процесі своєї експлуатації використовує близько 8000 л гарячої води для потреб в технології, а саме митті обладнання, митті виробничих цехів та власних господарських потреб як то: прибирання, душ для персоналу та санвузли.

3.3 Розрахунок можливості приготування ГВП надлишковим теплом холодильної машини

Отже попередньо ми з'ясували, що якщо продукція поступить одразу в холодильник в кількості 10 т з температурою 30 °С то за безперервної роботи компресора на протязі 11 годин 18 хвилин ми в сумі отримаємо 1 215 200 кДж надлишкового тепла. А це приблизно 109 052 кДж тепла за кожну годину безперервної роботи компресора.

Знаючи потребу в ГВП, давайте розрахуємо за скільки часу ми нагріємо 8 000л води, що є добовою нормою.

Давайте розрахуємо кількість тепла, яке потрібно для підготовки 8000 л гарячої води. Врахуємо, що тепло, яке ми використовуємо, виходить з виділеного тепла на випарнику, яке становить 338,4 кВт.

1. Питома теплоємність води складає 4,18 кДж/(кг·°С) або 4186 Дж/(кг·°С).
2. Маса води (m) розраховується залежно від об'єму (V) та щільності води (ρ). Об'єм необхідної води для потреб гарячого водопостачання складає 8000 л.

$$m = V \times \rho, \text{ кг.} \quad (3.1)$$

Так як щільність води $\rho = 997 \text{ кг/м}^3$, що майже рівне об'єму, для спрощення розрахунків рахуватимемо 8000 л = 8000 кг.

Знаючи масу води, можна розрахувати кількість тепла, яка буде використана для нагрівання води:

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_v = m \cdot c \cdot \Delta T, \text{ кДж} \quad (3.2)$$

Знайдемо різницю температур (ΔT), яка дорівнює різниці між температурою гарячої води і температурою води на вході (приймаємо 10°C):

$$\Delta T = 45 - 10 = 35^\circ\text{C}.$$

Тепер ми можемо розрахувати кількість теплової енергії, яку потрібно для підготовки 8000 л гарячої води:

$$Q_v = m \cdot c \cdot \Delta T = 8000 \times 4,186 \times 35 = 1\,172\,080 \text{ кДж}.$$

Тепер можемо визначити залишкове тепло:

$$Q \text{ залишкове} = Q - Q_v, \text{ кДж} \quad (3.3)$$

$$Q \text{ залишкове} = 1\,215\,200 - 1\,172\,080 = 43\,120 \text{ кДж}.$$

Отже, після приготування 8000 л гарячої води залишиться приблизно 43 120 кДж або 12 кВт·год залишкового тепла на конденсаторі. Яке ми можемо використати для потреб опалення виробничих приміщень, або для приготування більшого об'єму гарячої води та розширити виробничі потреби.

Так як кількість тепла яке залишилось після нагрів ГВП в ході дослідження виявилась не суттєвою, приймаю рішення продовжити розрахунки ґрунтуючись на нагріві гарячої води. Для таких висновків є декілька підстав:

- на виробничому підприємстві нагрів гарячої води є пріоритетним;
- система опалення використовується лише в опалювальний період, що складає приблизно півроку, тому витрати на додаткове обладнання для нагріву опалення виходячи з залишкової кількості теплової енергії є недоцільними.

Отже, на нагрів гарячої води виробничого підприємства «ПАН КОВБАСКО» 8000 л необхідно 1 172 080 кДж теплової енергії, яку можна використати від скидного тепла холодильної машини підприємства. Але на будь-якому етапі процесу, починаючи від вхідної температури продукції, закінчуючи зміною температури вхідної (холодної) води, можуть бути

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відхилення, що вплинуть на загальну кількість приготування гарячої води, або на її температуру на виході.

3.4 Технічні рішення приготування ГВП з надлишків тепла холодильної машини

Реалізація системи відбору надлишкового тепла для приготування гарячої води може включати ряд технічних етапів. Нижче подано загальний план реалізації технічного рішення по пунктах:

1. Теплообмінник №1

Теплообмінник №1 (фреон/гліколь) потрібний як проміжний для відбирання тепла з фреонового контуру та передачі цього тепла за допомогою гліколю до водяного контуру за допомогою теплообмінника №2. Дане рішення запропоноване, як вирішення проблеми доставки тепла в зимовий період. Так як холодильна машина змонтована на вулиці, а приготування ГВП здійснюється в котельні. Щоб мінімізувати розмороження системи, запропоновано встановлення проміжного гліколевого контуру.

2. Теплообмінник №2

Даний теплообмінник (гліколь/вода) використовується безпосередньо для приготування гарячої води для потреб підприємства.

3. Циркуляційний насос

Потрібен для забезпечення циркуляції гліколю в проміжному теплообміні між фреоном та водою.

4. Автоматика керування

Буде використовуватись для двох цілей:

- Забезпечення нагріву ГВП та припинення нагріву за допомогою запуску та зупинки насоса циркуляції;
- Для потреб нормальної роботи холодильної машини, адже виробник нас застерезив, що для нормальної роботи агрегату потрібно дотримуватись температури фреону на випарнику не нижче 20 °С. В даному випадку

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматика працюватиме по пріоритету роботи холодильної машини, тобто якщо температура фреону опуститься до 20 °С, процес циркуляції гліколевого контуру зупиниться, навіть якщо буде потреба в ГВП.

5. Трубопроводи

Потрібні нам для обв'язки всієї системи, як зі сторони проміжного контуру так і з сторони нагріву ГВП.

6. Запірна арматура та різьбові з'єднання

Використовується для під'єднання трубопроводів до агрегатів, можливості перекривання циркуляції та демонтажу обладнання в разі таких потреб, наприклад для технічного обслуговування.

7. Ефективна ізоляція

Ізоляція забезпечить нам мінімальні втрати тепла на усіх ділянках нашої системи, тобто як на проміжному контурі, так і в самому приміщенні котельні.

Ці заходи можуть сприяти оптимізації використання тепла, що виділяється під час процесу охолодження, і зменшенню енерговитрат на підприємстві. Реалізація цих заходів також може принести економічні вигоди та зменшити вплив підприємства на довкілля.

3.5 Схема реалізації проєкту з нагріву ГВП за допомогою використання надлишкового тепла холодильної машини

Маючи два відомих нам значення, а саме загальний об'єм гарячої води 8000 л, потрібний нам на 12 год робочого дня, та кількість теплової енергії на нагрів гарячої води, а саме 1 172 080 кДж, розрахуємо потужність оптимального теплообмінника, який забезпечить нам рівномірний нагрів води.

Також виконаємо підбір «проміжного» теплообмінника, що забезпечить нам нагрів гліколевого контуру від нагрівального газу, а саме фреону холодильної машини.

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як починати потрібно від першого, потрібно визначити температуру на конденсаторі, в процесі роботи холодильної машини. Щоб визначити температуру на конденсаторі, можна використати формулу для визначення кінцевої температури газу після адіабатичного стискання (закон Пуассона), але для цього потрібно знати початкову температуру і тиск фреону, масу фреону, а також адіабатичний коефіцієнт. Ці дані зазвичай залежать від конкретної системи і умов експлуатації. Оскільки ми не маємо цієї інформації, точний розрахунок не можливий.

Однак, можна запропонувати інший підхід для визначення, що є дещо «простим», але досить інформативним та логічним у випадку, коли не всі дані відомі.

На протязі однієї доби за температури навколишнього середовища ± 10 °C, у жовтні 2023р., були проведені заміри температури фреону на конденсаторі «холодильної машини», отримавши завдання знімати температуру фреону та записувати у журнал кожні 30 хв. часу роботи холодильної машини, при нормальних умовах роботи виробництва (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Дослідження температури фреону холодильної машини

Дата	Час заміру	Температура
4.10.2023р.	15:00	66
4.10.2023р.	15:30	65,8
4.10.2023р.	16:00	65,6
4.10.2023р.	16:30	65,3
4.10.2023р.	17:00	65,1
4.10.2023р.	17:30	65
4.10.2023р.	18:00	65
4.10.2023р.	18:30	64,4
4.10.2023р.	19:00	64

Дата	Час заміру	Температура
4.10.2023р.	19:30	63,5
4.10.2023р.	20:00	63,1
4.10.2023р.	20:30	63
4.10.2023р.	21:00	62,7
4.10.2023р.	21:30	62,2
4.10.2023р.	22:00	62
4.10.2023р.	22:30	61,8
4.10.2023р.	23:00	61,3
4.10.2023р.	23:30	61
4.10.2023р.	24:00	60,8
4.10.2023р.	00:30	60,6
4.10.2023р.	01:00	60,3
4.10.2023р.	01:30	60
4.10.2023р.	02:00	59,7
4.10.2023р.	02:30	59,4
4.10.2023р.	03:00	59

Маючи такі данні ми визначили, що середня температура на конденсаторі наближено рівна 63 °С.

Якщо таке можливе метод заміру вважаю найінформативнішим методом в умовах, реального часу. Але якщо потрібно проводити розрахунок на, ще не запусченому підприємстві тобто на стадії проєктування, обов'язковими до надання є дані від проєктувальників холодильного обладнання. Або що краще, одразу відоме значення, яке вони можуть нам розрахувати, знаючи яке обладнання буде використовуватись та за яких умов.

Отримані дані внесено до програми розрахунку теплообмінників “SWEP” [23]: (рис. 3.1).

**Конденсатор - Рейтинг**

SWEP SSP G8

Теплообмінник: **B86Hx50/1P-SC-M** (B86H/1P-SC-M) Дат **08.12.20**
2x1" & 22U / 2x1" & 22U)

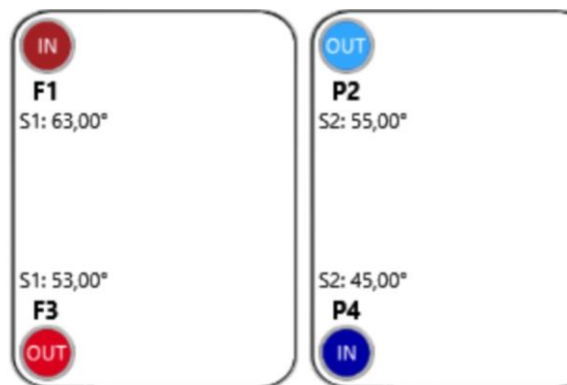
Артикул: 17789-

Псевдонім дані підключення B86

CNND Найменування

F27 ISO-G 1" A&SOLDER 22U (20)
F27 ISO-G 1" A&SOLDER 22U (20)
P27 ISO-G 1" A&SOLDER 22U (20)
P27 ISO-G 1" A&SOLDER 22U (20)

Місце	Сторона 1 (S1)	Сторона 2 (S2)
Вхідний отвір	F1	P4
Outlet	F3	P2

Конфігурація портів

F - Сторона

P - Сторона

Примітки підключення

F1: Inlet connection velocity lower than the recommended value of 5-25 m/sec

ВИХІДН	Сторон	Сторон
Pi	R32	Propylene Glycol -
Напрямок	Проти	
C	Внутрі	Outer
Поту	kW	30,00
Якість пари	1,000	
Якість пари	0,000	
Температура	°C	45,00
Конд. темп	°C	
Переохоло	K	
Темп. на	°C	55,00
Масова	kg/s	2,782
Рідина	kg/s	0,1423
ФІЗИЧНІ	Сторон	Сторон
Total heat	m	2,88
Питомий	kW/	10,4
СерЛогР	K	4,45

Арк.

47

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Коеф. Втрати	W/m ² , kP	3,90	2360/23	25,7
- в отворах	kP	-		1,20
- inlet	kP	0,155		0,452
outlet	kP	0,0134		0,332
Робочий Кількість	kP	3600		
		24		25
Запас	%		50	
Коефіцієнт	m ² ,°C/k		1	
			0.004	
Діаметр	m	25,0/25		25,0/25

Рис. 3.1 – Підбір теплообмінника для нагріву води

Отже, за допомогою програмного забезпечення підібрали теплообмінник №1 (фреон/гліколь).

Тепер розрахуємо теплообмінник №2 (гліколь/вода), маючи дані, які ми отримали за допомогою розрахунків та досліджень. Розрахунок теплообмінника №2 проведемо за допомогою програмного забезпечення для підбору теплообмінників Danfoss Hexact [24].

<i>Властивості ТЕПЛОНОСІЯ</i>	<i>Vxід</i>	<i>Vuxід</i>	<i>Vxід</i>	<i>Vuxід</i>
Густина	1,01	1,02	1,00	0,99
Теплоємність, kJ/(kg·°C)	3,86	3,83	4,19	4,18
Теплопровідність, W/(m·°C)	0,43	0,42	0,58	0,64
В'язкість середня), cP	1,36	1,78	1,31	0,60

ПІД'ЄДНАННЯ

Значення	S4	S3	S2	S1
Тип	THREADED	THREADED	THREADED	THREADED
Розмір	R 1 1/4"	R 1 1/4"	R 1 1/4"	R 1 1/4"

Клас	Tube Connection	Tube Connection	Tube Connection	Tube Connection
Матеріал		1.4401		1.4401

КОНСТРУКТИВНІ ДАНІ

Кількість виходів	1	1
Проходи (Гаряча/Холодна)	1M+4L	1M+3L
Розмір А / Розмір С	mm 25 / 120	
Матеріал/Товщина пластин	1.4401 / 0.5 mm	
Матеріал ущільнений (Гаряча/Холодна)	NBR(Clip-On)	NBR(Clip-On)
Кількість пластин	10	
Рама/Покриття/Фарбування	S235JRG2 / Enamel / RAL 5012 (Royal Blue)	
Зажимні шпильки / Гайки	8.8 / 8 / FZB	
Розрахований/Випроб. тиск, МПа(g)	1,00 / 1,43	1,00 / 1,43
Мін./Розрахована температура, °C	-10,00 / 130,00	-10,00 / 130,00
Об'єм (на кожну сторону), m³	0,00	0,00
Вага порожнього/наповненого, kg	37 / 38	

Рис. 3.2 – Підбір теплообмінника №2

Підібрано два теплообмінника для здійснення теплопередачі, а саме передачі надлишкового тепла, що утвориться на конденсаторі, до нагріву холодної води, а саме нагріву ГВП.

Знаючи параметри теплообмінників, які нам потрібні, необхідно циркуляційний насос та діаметри трубопроводів, також різьбову та запірну арматуру.

На рис.3.3 зображено схему котельні до модернізації, а на рис.3.4-3.5 – після модернізації. Необхідне обладнання для модернізації котельні наведене в табл. 3.2.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

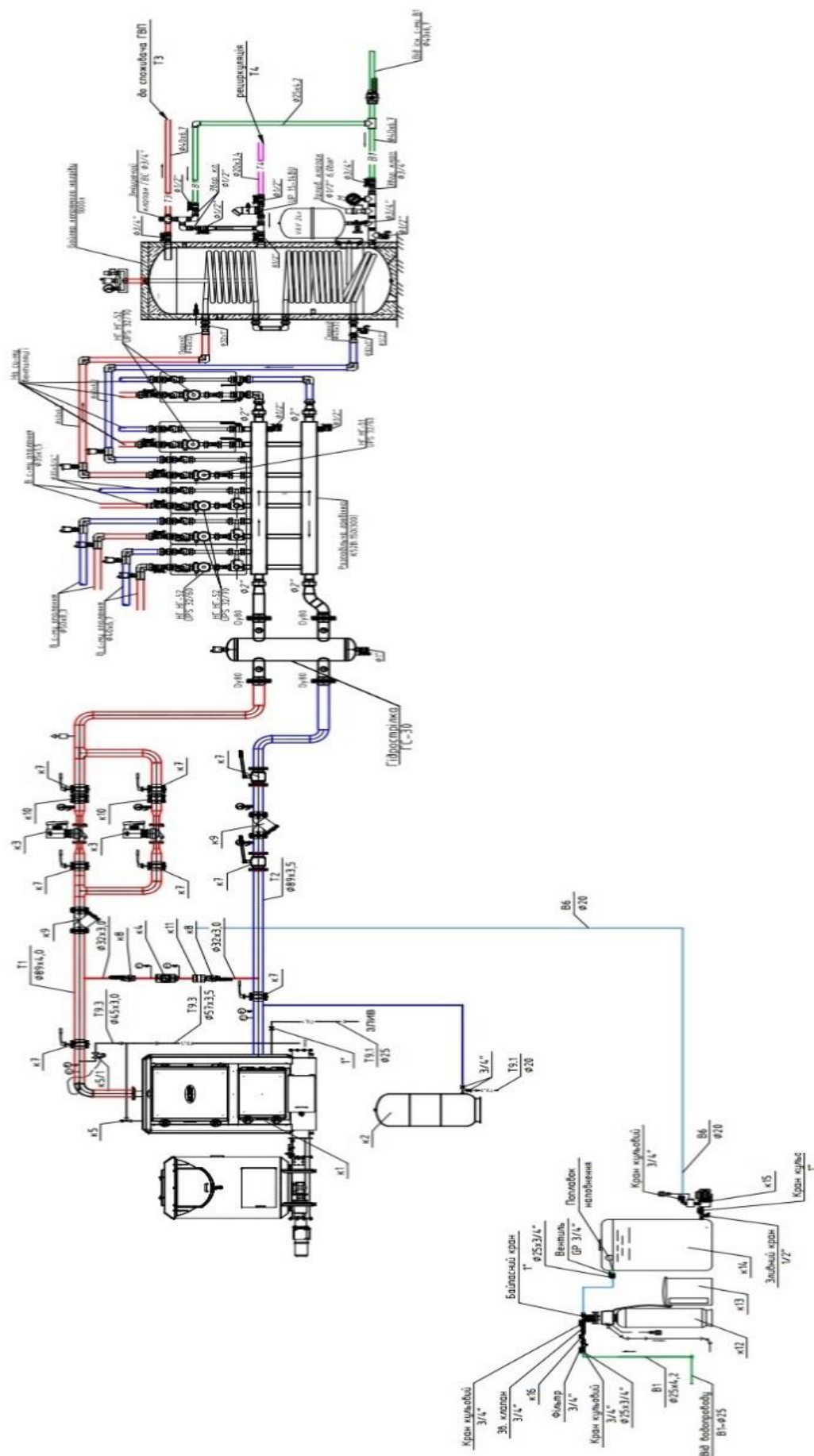


Рис. 3.3 – Схема котельні до модернізації

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Теплова схема (реконструкція)

1. Теплообмінник №1
2. Кран-серединка 1"
3. МРЗ З'єднучий KAN Steel 35 мм x 1" PB
4. Трійник 35x1/2"x35
5. Адаптований підприєдбавик
6. Трійник 35x3/4"x35
7. Зварюваний клапан 30p
8. Кран для льоду 3/4"
9. Розподільчий бак 8л
10. МРЗ З'єднучий KAN Steel 35 мм x 1 1/4"
11. Трійник 1 1/4"x1/2"x1 1/4"
12. Кран зі сріблом 1/2"
13. Кран-серединка 1 1/4"
14. Фільтр з'єдбї очистки (ФГО) 1 1/4"
15. Циркуляційний насос Wlo "Gosa Pto 1,4
16. Нивель 1 1/4"
17. Манометр 0-6 бар
18. Термометр
19. Зварюваний клапан 1 1/4"
20. Теплообмінник №2
21. Трійник 3/4"
22. Тройба KAN Steel d35 мм
23. Колено d35мм 90°

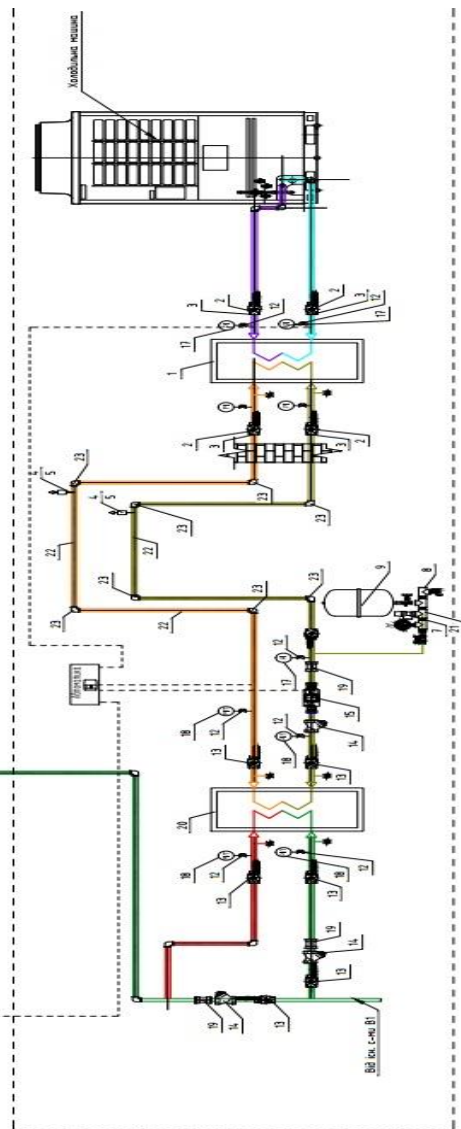
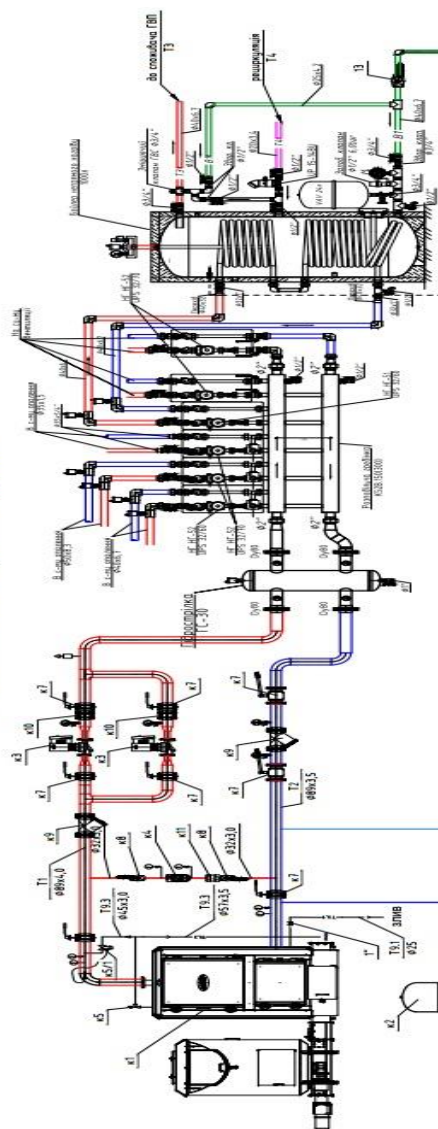


Рис. 3.4 – Схема котельні після модернізації

Таблиця 3.2 – Необхідне обладнання для проведення модернізації

№з/п	Назва матеріалу	Кількість
1	Теплообмінник №1 (проміжний)	1
2	Кран-американка «1»	2
3	Муфта РЗ 35-«1» KAN Steel	2
4	Трійник 35/1/2PB/35 KAN Steel	2
5	Повітропускник	1
6	Трійник 35/3/4PB/35 KAN Steel	2
7	Запобіжний клапан 3(бар)	1
8	Кран зливу 3\4	1
9	Розширювальний бак 8л.	1
10	Муфта РЗ 35-1 ¼ KAN Steel	4
11	Трійник 1 ¼ ½ 1 ¼	4
12	Кран з спусником 1/2	7
13	Кран-американка «1 ¼»	6
14	ФГО 1 ¼	2
15	Циркуляційний насос	1
16	Ніпель 1 ¼	2
17	Манометр 0-6(бар)	1
18	Термоманометр	6
19	Зворотній клапан	1
20	Теплообмінник №2	1
21	Трійник 3/4	2
22	Труба D-35 KAN Steel	24
23	Коліно 35-90° KAN Steel	12

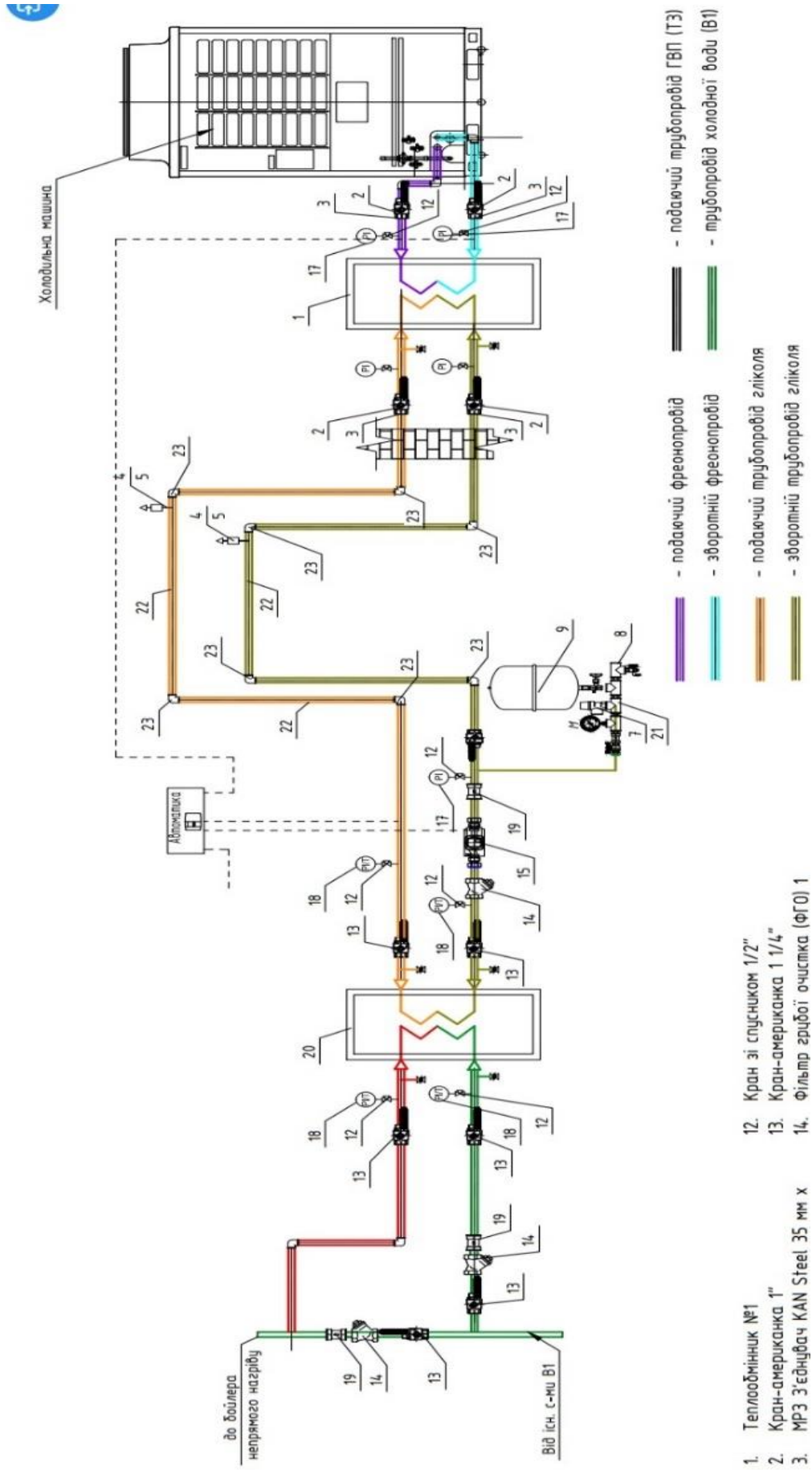


Рис. 3.5 — Схема реалізації прийнятих технічних рішень

Опис схеми модернізації:

Теплообмінник (20) служить для передачі надлишкового тепла холодильної машини до системи приготування ГВП, в даній схемі теплообмінник (20) являється проміжним (є посередником між середовищем фреону та води) використовується за потреби передачі теплоносія по вулиці, і захисту системи від аварійних ситуацій. Так як в системі трубопроводів між теплообмінником (20) і теплообмінником (1) циркулює теплоносій (поліпропіленгліколь). Теплообмінник (1) безпосередньо використовується для приготування ГВП так як з однієї сторони в його нагрівальний теплоносій (поліпропіленгліколь), а з іншої холодна вода яку потрібно нагріти до заданої температури, в даному випадку до температури 45 °С. Система трубопроводів між теплообмінниками (20) і (1) включає в себе насос циркуляції (15), що забезпечує циркуляцію теплоносія між двома теплообмінниками, для передачі тепла, фільтра грубої очистки (14), служить як джерело захисту системи від забруднень, термоманометрів (12), які служать для вимірювання температури та тиску в системі. Розширювальний бак (9) забезпечує компенсацію розширення рідини теплоносія, запірна арматура (13) служить для обслуговування системи, а саме можливості перекривання та роз'ємних з'єднань.

З іншої сторони теплообмінника (1) протікає холодна вода, циркуляцію якої забезпечує тиск системи водопостачання, термоманометри служать для інформативності робочого процесу та можливості контролю системи нагріву ГВП.

Управління даною системою здійснюється автоматикою ТМ «ТЕСН». Дана автоматика керує всім процесом нагріву ГВП та служить для двох технологічних процесів а саме:

- Забезпечує контроль температури фреону в фреоновому контурі.
- Забезпечує завантаження бойлера ГВП.

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коли поступає сигнал від датчика температури бойлера на нагрів ГВП автоматика вмикає циркуляційний насос, який починає рухати теплоносій, що забезпечує нагрів холодної води за допомогою теплообмінників (20) і (1).

Після досягнення заданого значення автоматика зупиняє циркуляцію поліпропіленгліколю, чим і регулює процес нагріву ГВП.

Інший датчик автоматики вимірює температуру фреону в фреоновому контурі, автоматика працює за пріоритетом температури фреону, тобто коли в процесі нагріву ГВП фреон досягне критично низького рівня встановленої температури, циркуляція насоса (15) зупиниться не дивлячись на подальшу потребу в ГВП.

3.6 Переваги та недоліки системи модернізації

Переваги	Недоліки
Перевагами запропонованої системи модернізації являються такі фактори як: • Підвищення ефективності роботи холодильної машини; • Зменшення тисків в системі охолодження • Шляхом модернізації отримання фактично теплової енергії для потреб ГВП • Зменшення викидів тепла в атмосферу • Зниження вартості ГВП.	Система модернізації має наступні недоліки: • Зменшення своєї продуктивності під час зниження зовнішньої температури до мінусових значень

Висновок до 3-го розділу: у розділі розглянути можливості використання скидного тепла холодильних машин для потреб виробничих підприємств, розраховані потреби в тепловій енергії для нагріву гарячої води для виробничого підприємства «ПАН КОВБАСКО», прийняті технічні рішення приготування ГВП з надлишків тепла холодильної машини, підібрано обладнання для реалізації технічних рішень та наведені схеми модернізації, також розглянуті переваги та недоліки прийнятих рішень.

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА Використання надлишкового тепла холодильних машин

4.1 Витрати на нагрівання гарячої води до модернізації

Для розрахунку кількості спаленої пелети котлом Alter потужністю 150 кВт для нагрівання гарячої води (ГВП) об'ємом 8000 л від 10 до 45 °С, нам потрібно виконати кілька кроків:

1. *Розрахунок необхідної кількості теплової енергії:* визначимо, яка кількість енергії потрібна, щоб нагріти воду від 10 до 45 градусів. Але це значення вже нам відоме і воно рівне 1 172 080 кДж, а це 1172,08 МДж теплової енергії.

2. *Ефективність котла та теплообмінника:* необхідно врахувати ефективність котла Alter і теплообмінника. Якщо ці дані недоступні, ми можемо використати припущення про середню ефективність.

3. *Розрахунок споживання пелет:* Кількість спаленої пелети можна розрахувати, використовуючи загальну потрібну кількість тепла і теплоту згоряння пелет (зазвичай виражається в МДж/кг).

Далі, ми повинні врахувати ефективність теплообмінника та котла. Оскільки відсутні конкретні дані про ефективність пристроїв, в магістерській роботі приймаємо загальну ефективність системи тепlopостачання (включаючи теплообмінник та котел) близько 80%.

Також нам потрібно знати теплоту згоряння пелет, яка зазвичай варіюється в межах 16-19 МДж/кг. У магістерській роботі використовуємо середнє значення 17,5 МДж/кг.

Тепер ми можемо розрахувати кількість необхідних пелет.

Ефективність котла та теплообмінника:

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{еф}} = \frac{Q}{\text{ефективність котла}}, \quad (5.1)$$

де ефективність системи (котла та теплообмінника) виражається як десятковий дріб (наприклад, 80% = 0,80),

$$Q_{\text{еф}} = \frac{1172.08 \text{ МДж}}{0,80},$$

$$Q_{\text{еф}} = 1465,1 \text{ МДж}.$$

Розрахунок необхідної кількості пелет:

Припускаємо, що теплота згорання пелет = 17,5 МДж/кг.

$$\text{Кількість пелет} = \frac{Q_{\text{еф}}}{\text{Теплота згорання пелет}}, \quad (5.2)$$

$$\text{Кількість пелет} = \frac{1465,1 \text{ МДж}}{17,5 \text{ МДж/кг}},$$

$$\text{Кількість пелет} = 83,72 \text{ кг}.$$

Станом на 14.12.2023 р. вартість одного мішка вагою 15кг, становить 270 грн.

Розрахунок кількості мішків пелет:

Вага одного мішка = 15 кг.

$$\text{Кількість мішків} = \frac{\text{Кількість пелет}}{\text{Вага одного мішка}}, \quad (5.3)$$

$$\text{Кількість мішків} = \frac{83,72 \text{ кг}}{15 \text{ кг}},$$

$$\text{Кількість мішків} \approx 6.$$

Розрахунок вартості нагрівання потрібної кількості гарячої води за допомогою пелетного котла:

$$\text{Вартість нагрівання гарячої води} = 6 \times 270 = 1620 \text{ грн}.$$

Отже вартість нагрівання гарячої води для забезпечення добової норми гарячою водою для підприємства «ПАН КОВБАСКО», за допомогою твердопаливного котла становить 1620 грн.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо місячну вартість нагрівання гарячої води для підприємства «Пан Ковбаско»:

Розрахуємо місячні витрати на нагів гарячої води, враховуючи, що в місяці 26 робочих днів, складатиме $1620 \times 26 = 42\,120$ грн/міс.

Отже, для нагрівання гарячої води твердопаливним котлом підприємство витрачає 42 120 грн на місяць. Не враховуючи супутніх витрат на обслуговування твердопаливного котла таких як: чищення золи, засипка пелет в бункер тощо. Вартість такої роботи варіюється на ринку праці та залежить від окладу підприємства на даній посаді.

4.2 Розрахунок витрат на модернізацію системи

Для початку розрахуємо вартість необхідного матеріалу (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Вартість обладнання для модернізації

№з/п	Назва матеріалу	Кількість	Вартість од., грн	Загальна вартість, грн
1	Теплообмінник №1 (проміжний)	1 шт	12 200	12200
2	Кран-американка «1»	2 шт	350	700
3	Муфта РЗ 35-«1» KAN Steel	2 шт	420	840
4	Трійник 35/1/2PB/35 KAN Steel	2 шт	485	970
5	Повітроспусник	1 шт	370	370
6	Трійник 35/3/4PB/35 KAN Steel	2 шт	510	1020
7	Запобіжний клапан 3(бар)	1 шт	280	280
8	Кран зливу 3/4	1 шт	235	235
9	Розширювальний бак 8л.	1 шт	1 550	1550
10	Муфта РЗ 35-1 ¼ KAN Steel	4 шт	630	2520
11	Трійник 1 ¼ ½ 1 ¼	4 шт	420	1680
12	Кран з спусником 1/2	7 шт	27	1890
13	Кран-американка «1 ¼»	6 шт	440	2640
14	ФГО 1 ¼	2 шт	380	760

15	Циркуляційний насос	1 шт	4 870	4870
16	Ніпель 1 ¼	2 шт	310	620
№з/п	Назва матеріалу	Кількість	Вартість од., грн	Загальна вартість, грн
17	Манометр 0-6(бар)	1 шт	315	315
18	Термоманометр	6 шт	420	2520
19	Зворотній клапан	1 шт	385	385
20	Теплообмінник №2	1 шт	16 350	16350
21	Трійник 3/4	2 шт	275	550
22	Труба D-35 KAN Steel	24 м/п	280	6720
23	Коліно 35-90° KAN Steel	12 шт	389	4668
24	Автоматика керування	1 шт	18 700	18700
			Всього:	83 353грн

Отже, вартість обладнання для реалізації процесу модернізації становить: 64 653грн. **83 353** Вартість монтажних робіт наведена в табл. 5.2.

Таблиця 5.1 – Вартість монтажних робіт модернізації

№з/п	Назва робіт	Вартість робіт, грн
1	Монтаж теплообмінника №1	2500
2	Монтаж теплообмінника №2	2500
3	Монтаж телотраси між теплообмінниками	5800
4	Монтаж насосу та запірно-регулювальної арматури	4700
5	Врізка в систему ГВП	1500
6	Монтаж автоматики	8000
7	Заповнення системи гліколем	5200
8	Пусконаладжувальні роботи	2000
Всього:		32200грн

Вартість робіт для реалізації модернізації системи становить 32 200 грн.

В підсумку загальні витрати які понесе підприємство на реалізацію цього проекту становлять:

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на модернізацію= вартість матеріалу + сума виконання робіт,
Витрати на модернізацію = 83353+32200 =115 553грн.

Отже загальна сума коштів потрібна для реалізації проекту з модернізації системи охолодження холодильною машиною та використання надлишкового тепла в системі ГВП становить 115 553грн.

4.3 Порівняння витрат на нагрівання гарячої води, розрахунок терміну окупності

Розрахуємо витрати при нагріванні гарячої води модернізованою системою.

З витрат на нагрівання гарячої води модернізованою системою в нас буде лише робота частотного циркуляційного насосу та автоматики.

Циркуляційний насос:

Технічні характеристики [25]

- Індекс енергетичної ефективності (IEE): $\leq 0,20$
- Електромагнітна сумісність: EN 61800-3
- Випромінювання перешкод: EN 61000-6-3
- На заваді перешкод: EN 61000-6-2
- Регулювання числа обертів: Частотний перетворювач
- Клас захисту: IP X4D
- Клас ізоляції: F
- Підключення до мережі: 1 ~ 230 V, 50/60 Hz
- Кількість обертів: 800 - 4700 об/хв
- Споживана потужність 1 ~ 230 В: 3 - 44 W
- Ток макс.: 0 ,44 А
- Захист двигуна: не потрібний (стійкий до струмів блокування)
- Кабельне гвинтове з'єднання Connector: 11 PG

Тобто максимальне споживання циркуляційного насосу рівне 44 Вт/год., або 0,044 кВт/год.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Споживання автоматики: 10 Вт/год, або 0,01кВт/год [26].

Загальна сума споживання електроенергії модернізованою системою становить 0,054 кВт/год., переведемо це в грошові одиниці.

Вартість електроенергії для підприємств станом на 14.12.2023р. становить:

9,92 грн за 1кВт електроенергії [27].

Підставимо значення та вирахуємо вартість затраченої електроенергії в годину нагрівання гарячої води:

Година нагрівання гарячої води $= 9,92 \times 0,054 = 0,53$ грн., тобто година роботи модернізованої системи ГВП обійдеться в 53 коп. Оскільки попередньо було обраховано час нагрівання потрібної нам кількості гарячої води і він складає ≈ 11 год, розрахуємо витрати коштів за весь час нагрівання гарячої води за добу:

Вартість нагрівання за добу $= 0,53 \times 11 \approx 5,9$ грн, тобто 5 гривень 90 коп.

Розрахуємо місячні затрати коштів підставивши відомі нам значення:

Місячна вартість становить $= 26 \times 5,9 = 153,4$ грн/міс.

Тобто за ідеальних умов роботи всієї системи починаючи від системи охолодження, закінчуючи витратами гарячої води загальна місячна вартість затрат на нагрівання гарячої води становитиме всього 153 гривні 40 коп., що є абсолютно низькою ціною за нагрівання 8000 л води з 10 до 45 °С.

Порівняння вартостей нагрівання гарячої води за добу різними системами:

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

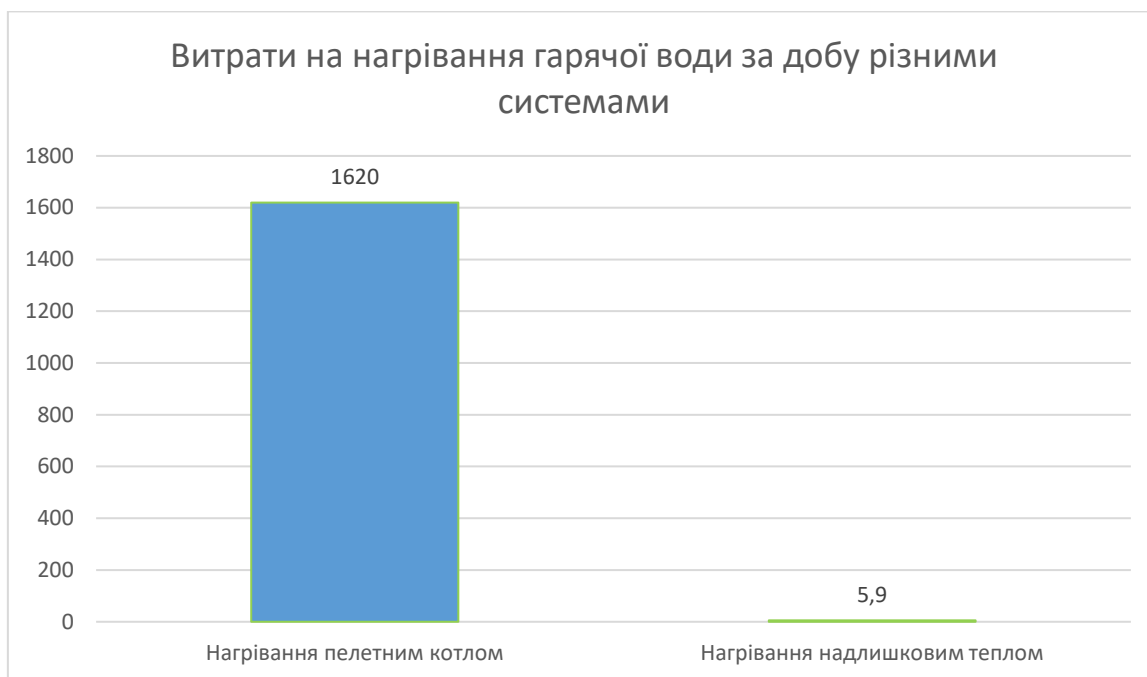


Рис. 4.1 – Добові витрати на нагрів гарячої води (грн) до та після модернізації холодильних машин

Як ми можемо спостерігати за графіком вище витрати настільки різняться, що є практично не співставними.

Розглянемо графік витрати на нагрівання гарячої води за місяць:



Рис. 4.2 – Місячні витрати на нагрів гарячої води (грн) до та після модернізації холодильних машин

Підсумовуючи дослідження витрат коштів на нагрівання гарячої води двома різними системами, а саме системою з «пелетним котлом» та системою «використання надлишкового тепла» можна дійти висновку, що використання надлишкового тепла для нагрівання гарячої води є фактично безплатним для даного підприємства.

Розрахуємо термін окупності системи модернізації використовуючи дані, які вже відомі з розрахунків.

Різниця вартості нагрівання гарячої води в місяць різними системами:

$$42\,120 \text{ грн/міс} - 153,4 \text{ грн/міс} = 41\,966,6 \text{ грн/міс}$$

Тобто різниця між нагрівання гарячої води пелетним котлом та надлишковим теплом в місяць становить приблизно 41 967 гривень на місяць.

Затрати потрібні для модернізації системи ГВП становлять 115 553 грн.

Розрахуємо термін окупності при ідеальних умовах нагрівання гарячої води надлишковим теплом:

$$t_{\text{окуп}} = \frac{\text{Сума затрат на модернізацію}}{\text{Різниця суми між різними системами}}, \quad (5.4)$$

$$t_{\text{окуп}} = \frac{115\,553}{41\,967} = 2,7 \text{ міс.}$$

Отже, приблизний термін окупності системи модернізації в ідеальних умовах наближено становитиме 3 місяці. Це дуже хороший результат, адже решту часу підприємство зможе економити кошти, які раніше затрачало на закупівлю пелет та обслуговування пелетного котла.

Це навіть не враховуючи щорічного росту вартості пелети. Дослідимо ринок пелети в світі:

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

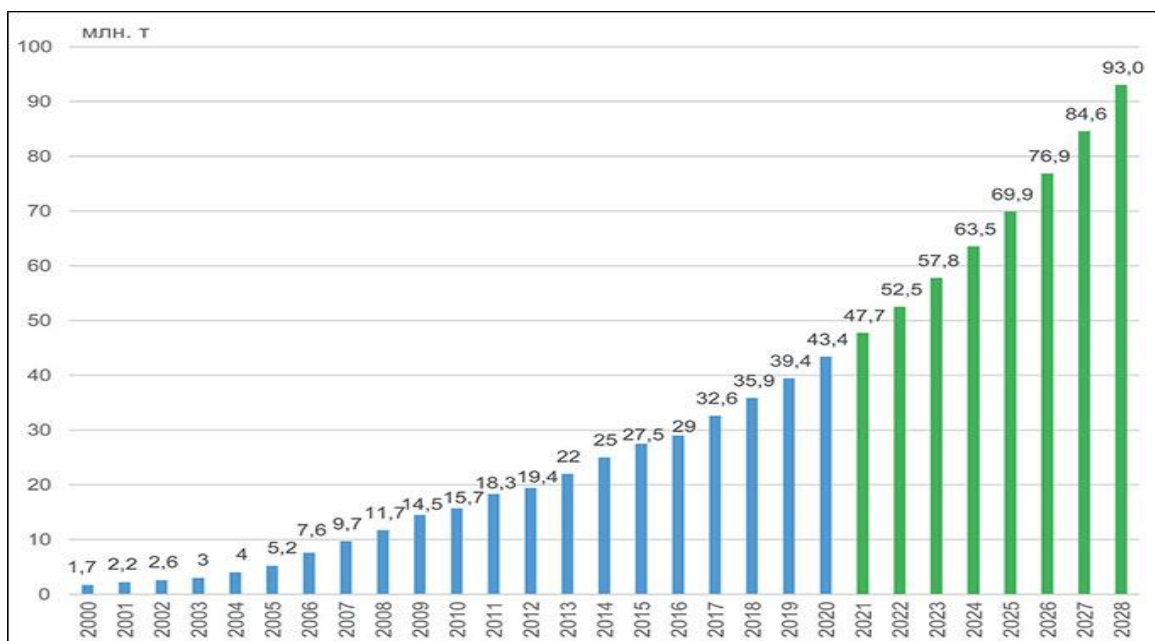


Рис. 4.3 – Загальний світовий попит на пелети – фактичні дані й прогноз до 2028 р.

Як можна побачити на графіку вище, попит на пелети з роками буде лише зростати, так як деревина є досить довго відновлювальним джерелом палива, можна припустити, що вартість пелети з кожним роком лише зростатиме, а наша модернізована система ставатиме ще більш вигідною.

Адже варто врахувати, що використання надлишкового тепла зменшує вплив парникових газів на атмосферу. А скорочення періодів та часу роботи пелетного котла зменшує викиди CO₂ в атмосферу.

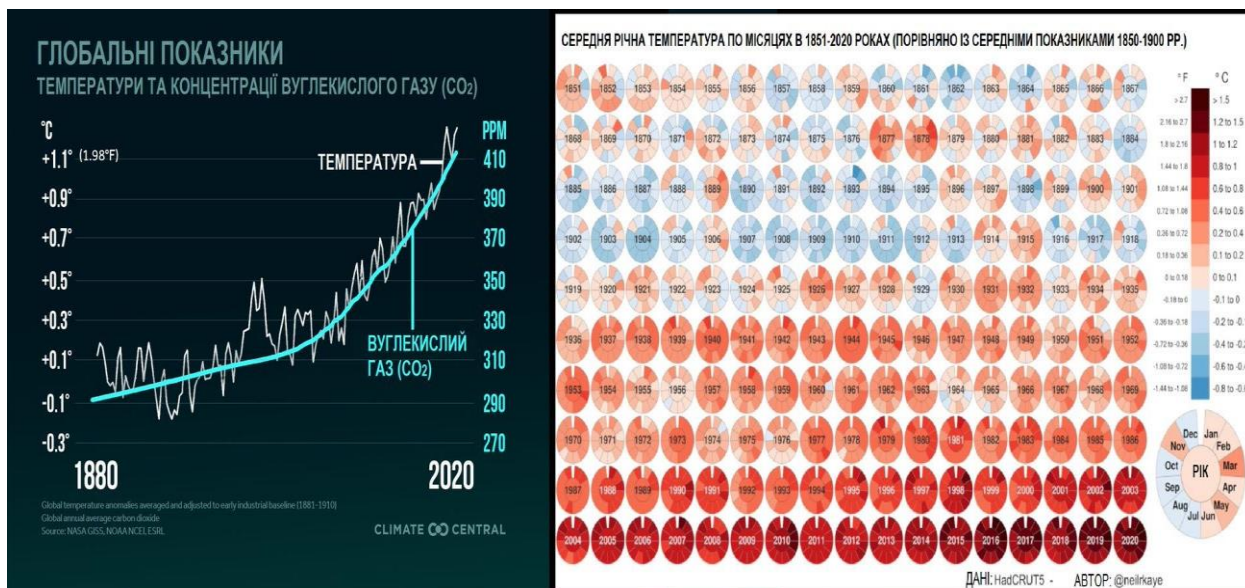


Рис. 4.4 – Глобальне потепління [28]

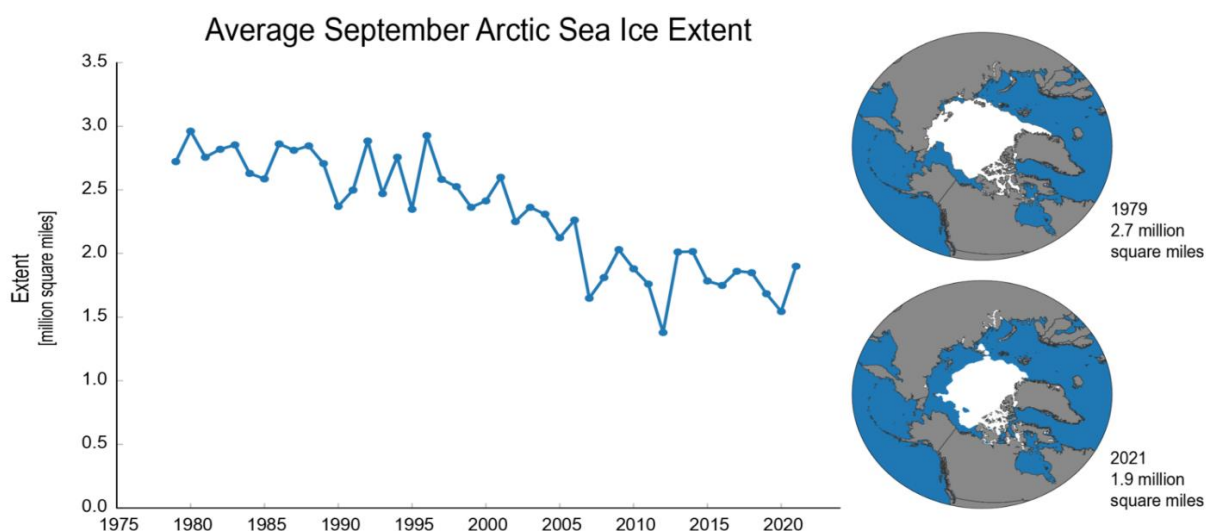


Рис. 4.5 – Тенденція танення льодовиків [29]

З рис. 4.5 можна зробити висновок, що площа льодовиків на планеті зменшується з кожним роком.

Як підсумок можна перерахувати пункти, яких ми досягли в процесі оптимізації:

- Оптимізація роботи холодильної машини при високих температурах зовнішнього середовища;
- Зменшення викиду тепла в атмосферу;
- Отримання дешевої гарячої води;

- Зменшення викиду CO₂ від згорання пелет;
- Зменшення вирубки лісів як сировини для пелет.

Висновки до 5-го розділу: оптимізувавши систему нагріву гарячої води, можна скоротити витрати на нагрів 8000 л води у більш ніж 200 разів. Завдяки чому підприємство зможе заощадити приблизно 42 000 грн. щомісяця. Термін окупності модернізації з врахуванням використання скидного тепла холодильних машин складе приблизно 3 міс.

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Ціль розділу охорона праці при виконанні монтажних робіт

Основною метою розділу "Охорона праці" є забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час проведення робіт з модернізації системи гарячого водопостачання (ГВП), яка включає встановлення теплообмінників, циркуляційного насоса, автоматики, трубопроводів та запірної арматури. Цей розділ повинен визначати конкретні заходи та процедури, які мінімізують ризики для працівників та запобігають можливим нещасним випадкам або професійним захворюванням [31].

Проведення інструктажу перед початком виконання робіт (якщо не передбачено інше)

- Тема: Інструктаж з техніки безпеки при виконанні робіт з модернізації системи ГВП.
- Дата (вказати дату)
- Час та місце (вказати данні)
- Відповідальний (ім'я та посада інструктора)

Зміст інструктажу:

1. Вступ:

- Значення та необхідність дотримання правил охорони праці.
- Огляд основних нормативних документів України з охорони праці.

2. Безпека при роботі з електроустаткуванням

- Небезпека електричного струму, основні правила безпеки.
- Використання засобів індивідуального захисту.

3. Безпека при виконанні монтажних робіт

- Правила безпеки при монтажі теплообмінників, циркуляційних насосів та іншого обладнання.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- Заходи безпеки при використанні інструментів та обладнання.
- 4. Роботи на висоті
 - Заходи безпеки при роботі на висоті (якщо це застосовно).
 - Використання страхувальних систем.
- 5. Безпека при роботі з трубопроводами
 - Заходи безпеки при монтажі та демонтажі трубопроводів.
 - Небезпека травмування, заходи профілактики.
- 6. Пожежна безпека
 - Правила пожежної безпеки, використання засобів пожежогасіння.
 - Дії у випадку виникнення пожежі.
- 7. Перша допомога
 - Основні правила надання першої допомоги при травмах, електричному ударі.
 - Розташування аптечки першої допомоги та засобів евакуації.

З розрахунку теми магістерської роботи для опису безпеки експлуатації холодильної установки важливо розглянути наступні аспекти:

1. Основні небезпечні чинники:
 - Витік холодоагентів: Холодоагенти, такі як аміак або фреони, можуть бути токсичними або вибухонебезпечними. Витік цих речовин може спричинити отруєння або вибух.
 - Низькі температури: Екстремально низькі температури в холодильних системах можуть призвести до обморожень або гіпотермії у працівників.
 - Електричні ризики: Холодильні установки часто включають в себе електричне обладнання, яке може бути джерелом електричних ударів або коротких замикань.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- Механічні ризики: Рухомі частини холодильної установки, такі як компресори або вентилятори, можуть становити ризик травм.

2. Вплив на працівників:

- Здоров'я і безпека: Вплив вищезазначених чинників може спричинити серйозні здоров'я і безпека проблеми, включаючи хімічні опіки, електричні удари, фізичні травми та інші.

- Професійні захворювання: Довготривала робота в умовах низьких температур або з хімічними речовинами може спричинити професійні захворювання.

3. Засоби захисту:

- Захисне обладнання: Використання спеціального захисного одягу, рукавиць, окулярів та респіраторів.

- Технічні заходи безпеки: Установка датчиків витoku холодоагентів, систем аварійного відключення та заземлення електричного обладнання.

- Організаційні заходи: Навчання персоналу правилам безпеки, проведення регулярних інструктажів, обмеження часу перебування в холодильних камерах.

- Медичний контроль: Регулярні медичні огляди працівників, які працюють з холодильними системами.

У рамках цих заходів працівник зобов'язаний:

- Знати і виконувати вимоги нормативних актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- Дотримуватися зобов'язань щодо охорони праці, передбачені колективним договором (угодою, трудовим договором) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства;

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Проходити у встановленому порядку попередні та періодичні медичні огляди;

- Співробітничати з власником у справі організації безпечних і нешкідливих умов праці, особисто вживати посильних заходів щодо усунення будь-якої виробничої ситуації.

Види інструктажів:

За характером і часом проведення інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж провадиться з усіма працівниками, які щойно прийняті на постійну чи тимчасову роботу; з працівниками, які перебувають у відрядженні на підприємстві і беруть безпосередню участь у виробничому процесі;

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах з підвищеною небезпекою один раз у квартал, на інших роботах — один раз на півріччя.

Позаплановий інструктаж проводиться при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, внесенні змін та доповнень до них; при зміні технологічного процесу, зміні або модернізації устаткування; при порушенні працівником нормативних актів про охорону праці;

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками при виконанні разових робіт, не пов'язаних з їх безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження, розвантаження, разові роботи за межами підприємства тощо). Відповідальність роботодавця та працівника щодо порушення вимог з охорони праці.

За порушення законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці, створення перешкод у діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці, винні особи притягаються до дисциплінарної,

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно із законом.

Дисциплінарна відповідальність регулюється Кодексом законів про працю і передбачає такі види покарання, як догана та звільнення.

Адміністративна відповідальність регулюється Кодексом про адміністративні правопорушення і передбачає накладення на службових осіб, громадян-власників штрафів у розмірі від 2 до 14 неоподаткованих мінімумів доходів громадян.

Матеріальною відповідальністю передбачено відшкодування збитків, завданих підприємству працівником або завданих підприємством працівникам (або членам їх сімей), які постраждали від нещасного випадку або профзахворювання. Посадові особи підприємств або громадяни - суб'єкти підприємницької діяльності, винні у порушенні вимог законодавства про охорону праці, якщо це порушення заподіяло шкоду здоров'ю потерпілого, притягаються до кримінальної відповідальності: штрафом до 50 неоподаткованих мінімумів доходів громадян або виправними роботами на термін до 2-х років. А якщо ці порушення спричинили загибель людей, то посадові особи можуть бути позбавлені волі на термін до 7-ми років.

1.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для детального опису можливої надзвичайної ситуації (НС) на підприємстві, що досліджується пропонуємо змодельовати одну з таких ситуацій та розібрати її за пунктами.

Надзвичайна ситуація:

У холодильній установці сталася аварія з витоком фреону. Через технічний збій або зношення обладнання фреон (холодоагент) починає неконтрольовано виходити з системи. Фреон - це газ, який при контакті з повітрям може створювати токсичні пари.

Потенційні наслідки:

						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Загроза здоров'ю та життю персоналу: Інгаляція фреону може призвести до отруєння, задухи або навіть до летального результату.
- Пошкодження майна: Витік фреону може спричинити корозію обладнання та структурних елементів будівлі.
- Ризик вибуху або пожежі: У певних умовах фреон може стати вибухонебезпечним.

План дій для локалізації аварії та спасіння людей:

1. Негайне сповіщення:

- Активувати аварійну сигналізацію.
- Повідомити керівництво підприємства та відповідні служби (пожежну охорону, медичні служби).

2. Евакуація персоналу:

- Негайно евакуювати усіх працівників з зони ризику.
- Переконатися, що всі працівники знаходяться у безпечному місці.

3. Визначення джерела витoku:

- За допомогою спеціального обладнання (наприклад, детекторів газу) локалізувати джерело витoku.

4. Локалізація витoku:

- Закрити вентилі та вимкнути системи, які можуть підживлювати витік.
- Використовувати спеціальне обладнання для усунення витoku.

5. Залучення фахівців:

- Залучити кваліфікованих фахівців для усунення витoku і відновлення системи.

6. Медична допомога:

- Надати медичну допомогу всім постраждалим.

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Провести медичний огляд усіх працівників, які могли зазнати впливу фреону.

7. Післяаварійний аналіз та запобігання:

- Провести розслідування причин аварії.
- Впровадити заходи для запобігання подібних інцидентів у майбутньому.

8. Інформування та навчання:

- Інформувати усіх працівників про інцидент та його наслідки.
- Провести додаткові навчання з питань безпеки та евакуації.

Цей план дій повинен бути частиною загальної стратегії безпеки на підприємстві і регулярно переглядатися та оновлюватися відповідно до поточних стандартів безпеки та технічних умов.

Важливість дотримання правил охорони праці

Дотримання правил охорони праці є критично важливим у будь-якій галузі, особливо в промисловості та будівництві, де ризики для здоров'я і безпеки працівників є вищими. Ось кілька ключових аспектів, що підкреслюють важливість дотримання цих правил:

1. Запобігання травмам та нещасним випадкам:

- Правильне дотримання правил охорони праці допомагає запобігти нещасним випадкам на робочому місці, включаючи травми та смертельні випадки.

- Використання захисного обладнання, дотримання процедур безпеки, і постійне навчання можуть значно знизити ризик виробничого травматизму.

2. Збереження здоров'я працівників:

- Постійне дотримання правил охорони праці допомагає уникнути професійних захворювань, які можуть розвинутися через тривалу взаємодію з шкідливими умовами або матеріалами.

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Заходи, такі як вентиляція робочого місця, правильне зберігання хімікатів, і регулярні медичні обстеження, важливі для підтримки доброго здоров'я.

3. Підвищення продуктивності роботи:

- Безпечне та здорове робоче середовище підвищує моральний дух працівників і сприяє більшій продуктивності.

- Робітники, які відчувають себе захищеними на робочому місці, частіше зосереджені на своїх завданнях і мають менше прогулів через хвороби або травми.

4. Відповідність законодавчим вимогам:

- Дотримання правил охорони праці допомагає компаніям відповідати національним та міжнародним нормативам, уникаючи штрафів та юридичних проблем.

- Регулярне оновлення знань про законодавство і вимоги до безпеки допомагає підприємствам дотримуватися актуальних стандартів.

5. Сприяння позитивному іміджу компанії:

- Компанії, які серйозно ставляться до охорони праці, виграють у репутації як соціально відповідальні бізнеси.

- Це сприяє позитивному сприйняттю бренду серед споживачів, інвесторів та потенційних працівників.

Дотримання правил охорони праці є не тільки юридичним обов'язком, але й моральною відповідальністю роботодавця перед своїми працівниками. Забезпечення безпечного робочого місця є важливим фактором створення стабільної та продуктивної робочої сили. Дані що до нещасних випадків в Україні та світі.

Щорічно в світі фіксують близько 340 млн нещасних випадків на виробництві та 160 млн жертв професійних захворювань. Щороку з цих же причин гине 2,3 млн людей. На рис.5.1 наведено скільки випадків

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробничого травматизму було в Україні за останні роки, і в яких галузях економіки найнебезпечніше працювати зараз.

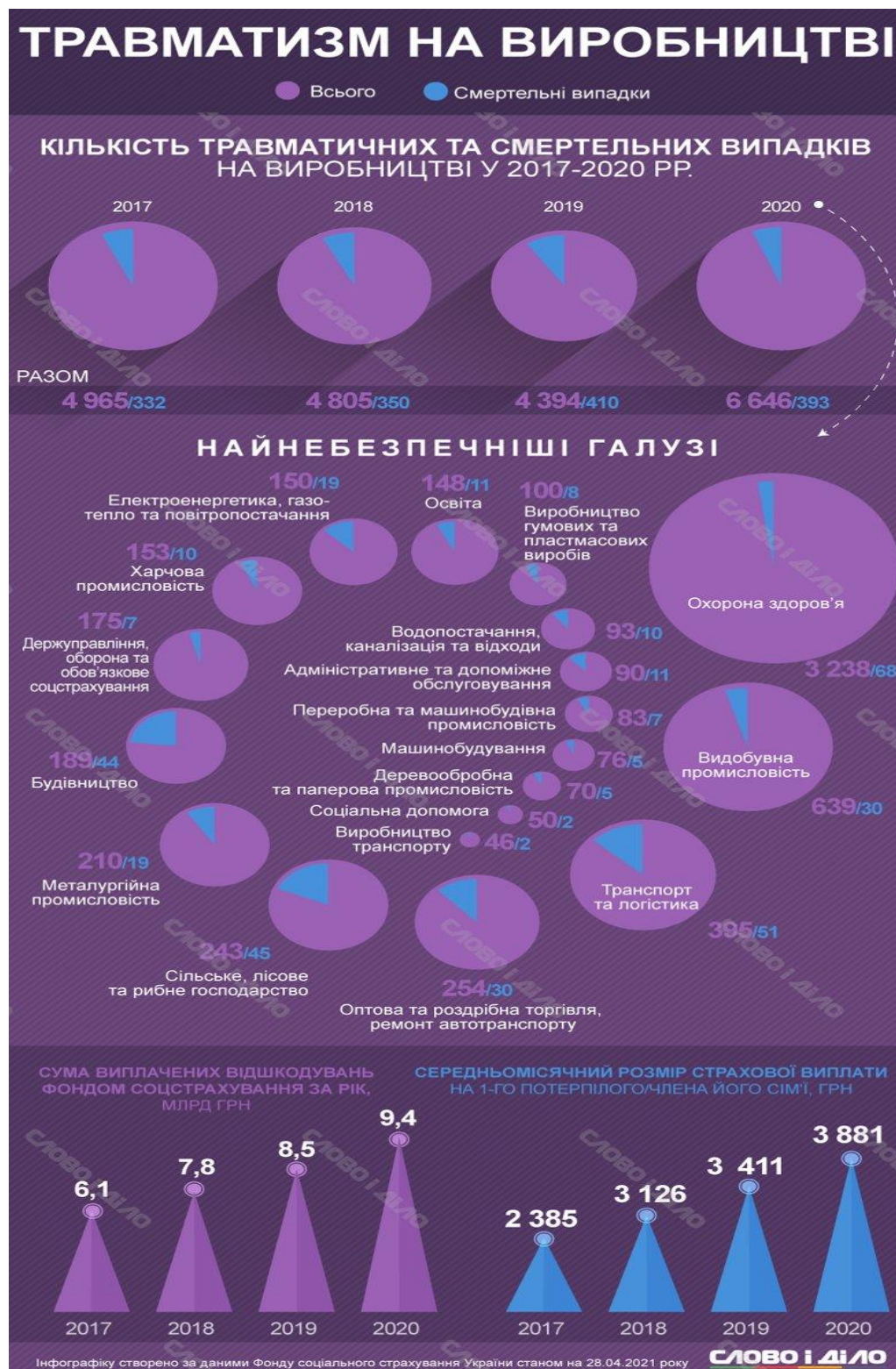


Рис. 5.2 – Кількість випадків виробничого травматизму в Україні за останні роки залежно від галузі [30]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Висновки до 5-го розділу: слід зауважити, що охорона праці це книга написана на основі аналізу великої кількості нещасних випадків. А отже всі її положення та норми повинні строго дотримуватись на усіх ланках процесу, від інструктажу до дотримання правил цього інструктажу в роботі. Адже найдорожче що має людина це її життя та здоров'я.

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Холодильна машина URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0
2. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин и теплових насосів. Одесса: Студия «Негоціант», 2006. 712 с.
3. Чумак І.Г., Чепурненко В.П., Лар'яновський С.Ю., Парцхаладзе Е.Г., Онищенко В.П., Холодильні установки: Підручник для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за спец. "Холодильні машини та установки" : У 2. кн. К.. Либідь, 1995.-239 с.
4. Холодильні установки. Проектування: Учбовий посібник / Чумак І.Г., Чепурненко В.П., Лар'яновський С.Ю., та ін.; Під ред. докт. тех. н. проф. І.Г. Чумака. 4-е вид. Переробл. І. доп. Одеса: Друк, 2008. том1, 145с.
5. Що таке коефіцієнт енергоефективності кондиціонера EER/COP і SEER/SCOP? URL : <https://vencon.ua/ua/articles/chto-takoe-koefficient-energoeffektivnosti-i-dlya-chego-on-nuzhen>
6. Дерій В., Соколовська І., Тесленко О. Огляд джерел низькопотенційної теплоти для теплонасосних установок систем централізованого теплопостачання // The Problems of General Energy, issue 1-2(68-69), 2022. 30-41с.
7. Термодинаміка процесів нагнітання газів та парів . Конспект лекцій. // Прикарпатський національний університет імені Василя Сефаника. 38 с. URL : <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/10/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0-13.pdf> (дата звернення 15.11.2023)
8. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 13 "Вивчення роботи компресійної холодильної установки" / Укл. В.І. Зражевський. Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2010. 10 с.

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Gaur, A.S., Fitiwia, D.Z., Curtisa, J. (June 2019). Heat Pumps and Their Role in Decarbonising Heating Sector: A Comprehensive Review. Working Paper, 627. URL: http://aei.pitt.edu/102238/1/WP627_0.pdf (Last accessed: 16.02.2022)
10. Стоянов П.Ф. Аналіз характеристик теплонасосних установок. Холодильна техніка та технологія. 2015. № 2(51). С. 53—58. <https://doi.org/10.15673/0453-8307.2/2015.39292>
11. Радченко А. М., Радченко М. І., Портной Б. С., Кантор С.А., Прядко А.І. Використання надлишку холодопродуктивності холодильних машин при охолодженні повітря на вході ГТУ// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*, № 5(165), 2020. С.47-52. <https://doi:10.32620/aktt.2020.5.06>
12. Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-технічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології» 27-28 листопада 2020 року. Одеса : ТЕС, 2020. 175 с.
13. Кондиціювання та охолодження. Навчальний посібник /Друкований М.Ф., Фіалковська Л.В., Друкований О.М. Вінниця: ВНАУ, 2012. 273 с.
14. Технологічне холодильне обладнання [Електронний ресурс] : навч. посібник : у 2 ч. Ч. 1 / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. Харків : ХДУХТ, 2018. 241с.
15. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання: монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. Вінниця: ВНТУ, 2009. 176 с.
16. Головченко О.М., Нанака О.М., Матат О.С. Використання скидного тепла холодильних та електричних машин гіпермаркету // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №2, 2022. С. 33-40.
17. Головченко О. М. Система гарячого водопостачання з використанням скидного тепла трансформатора / О. М. Головченко, О. М.

						Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нанака, В. П. Біленький // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів. ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р.

18. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149с.

19. Sarah Broberg Viklund and Magnus Karlsson, Industrial excess heat use: Systems analysis and CO₂ emissions reduction, 2015, Applied Energy, (152), 189-197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.023>

20. Cooling systems for industrial applications. Glen Dimplex Thermal Solutions. Germany. 20p. URL : https://www.hosbv.com/data/specifications/13299_Riedel%20125.24%20Specifications.pdf

21. Розробка побутових комбінованих приладів з утилізацією скидного тепла холодильного циклу / О. С. Тітлов, Т. І. Гратій, В. Г. Приймак, Ю. О. Козонова // Сучасні проблеми холодильної техніки і технології : зб. наук. пр. за матеріалами Всеукр. наук.-техн. онлайн-конф. молодих учених та студентів, Одеса, 27–28 листоп. 2020 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського ; під ред. М. Г. Хмельнюка. – Одеса : ТЕС, 2020. – С. 114–115.

22. Беляновська О.А. Скляренко О.І., Сухий К.М., Пустовой Г.М., Сухий М.П., Прокопенко О.М., Єрьомін О.О. Утилізація низько-потенційної теплової енергії при експлуатації парової компресорної холодильної установки // Вчені записки ТНУ ім. І.В. Вернадського. Серія : Технічні науки. Том 33 (72), № 1, 2022. С. 206-211. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.1/31>

23. Підбір теплообмінників. URL : <https://www.swep.net/support/ssp-calculation-software/>

24. Підбір теплообмінників. URL : <https://www.danfoss.com/uk-ua/service-and-support/downloads/dcs/apps-and-software-for-refrigeration-and-air-conditioning/#tab-overview>

25. Насос циркуляційний оригінал WILO (сірий) YONOS PARA RS 25/6-RKA M 180. URL : <https://klondajk.com.ua/ua/p436767991-nasos-tsirkulyatsionnyj-original.html>

26. Контролери для котельні TECH i-2 PLUS. URL : <https://tech-controllers.kiev.ua/product/tech-i-2-plus>

27. Ціни на універсальні послуги на грудень 2023 року. URL : <https://www.ez.rv.ua/tsiny-na-universalni-poslugy-na-gruden-2023-roku-span-class-label-label-success-aktualno-span>

28. Yearly Carbon Dioxide Peak. URL : <https://www.climatecentral.org/climate-matters/yearly-carbon-dioxide-peak>

29. U.S. Global Change Research Program Releases Fifth National Climate Assessment. URL : <https://globalchange.gov/>

30. Травматизм на виробництві: скільки було випадків і де найнебезпечніше працювати в Україні URL : <https://www.slovoidilo.ua/2021/04/28/infografika/suspilstvo/travmatyzm-vyrobnyctvi-skilky-bulo-vypadkiv-najnebezpechnishe-pracyuvaty-ukrayini>

31. Батлук В.А., Гогіташвілі І.І. Охорона праці в будівельній галузі. Навч. посіб. К.: Знання, 2006. 550 с.

						Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		