

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технічної теплофізики

**РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ВИПУСКНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА СПЕЦІАЛЬНОСТІ
142 «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

Освітньо-професійної програми «Холодильні машини і установки»

Тема «Розрахунок теплового насоса вода-вода для опалення приватного будинку»

Завідувач кафедри ТТФ

Вансєв С. М.

Керівник роботи

Мерзляков Ю. С.

Студент

Дрижов А. В.

Суми 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАВДАННЯ ДО ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

РОЗРАХУВАТИ ТЕПЛОВИЙ НАСОС ВОДА-ВОДА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ
ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Теплопродуктивність теплового насоса: $Q_T = 15 \text{ кВт}$.

Джерело низькопотенціальної теплоти: ґрунтові води.

Холодильний агент: R134a.

Вид теплотехнології: підлогове опалення.

Середовище споживача теплового навантаження: водопровідна вода.

Температура води споживача на виході з конденсатора теплового насоса: $t_{2c} = 30^\circ\text{C}$.

Температура середовища, теплота якого утилізується, на вході до проміжного теплообмінника: $t_{1y} = 10^\circ\text{C}$.

Об'ємна витрата середовища, теплота якого утилізується: $V_y = 3 \text{ м}^3/\text{год}$.

Масова витрата середовища, теплота якого утилізується (з урахуванням густини ґрунтових вод при $t_{1y} = 10^\circ\text{C}$ $\rho_{1y} = 999,699 \text{ кг/м}^3$): $m_y = 0,833 \text{ кг/с}$.

ЗМІСТ

Вступ.....	С. 3
1 Аналіз потенціалу використання теплових насосів.....	5
2 Розрахунок питомих та режимних параметрів циклу теплового насоса.....	11
3 Підбір основного обладнання	19
4 Охорона праці.....	24
4.1 Небезпечні та шкідливі фактори холодильного виробництва	24
4.2 Вибухонебезпека (ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухонебезпека. Загальні вимоги»)	25
4.3 Пожежонебезпека (ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги»)	27
Список використаних джерел	29

						ХМ 10.00.00.00 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	Дрижов							
Перевір.	Мерзляков					2	29	
Н. контр.	Шарапов				СумДУ, гр. ХК-71			
Затв.	Ванесєв							

ВСТУП

Однією з основних проблем, що вирішується світовою спільнотою на цей час, є енергозбереження. Одночасно реалізуються дві мети – збереження невідновлюваних енергоресурсів і скорочення шкідливих викидів в атмосферу продуктів згоряння, що є, зокрема, основним фактором глобального потепління. Одним із найважливіших напрямів вирішення зазначеної проблеми є використання енергозберігаючих технологій на основі використання теплових насосів.

Теплові насоси, здійснюючи зворотний термодинамічний цикл на низькокиплячій робочій речовині, утилізують низькопотенціальну теплоту природних, технологічних і побутових джерел та трансформують її на більш високий температурний рівень. До того ж первинної енергії витрачається в 1,2–2,3 рази менше ніж у разі прямого спалювання палива.

Використання теплових насосів перспективне в комбінованих схемах за умови поєднання з іншими технологіями використання відновлюваних джерел енергії – сонячної та геотермальної. Можливості та економічна доцільність застосування теплових насосів й установок залежать від кліматичних особливостей регіону, рівня розвитку паливно-енергетичного сектору, співвідношення цін на основні види палива та електроенергії та інших чинників.

Енергетична ефективність теплових насосів залежить від характеристик теплових джерел, що беруть участь у термотрансформації: від температурного рівня нагрівання середовища споживача теплового навантаження і від температури надходження утилізованого низькопотенціального середовища.

Рівень нагрівання середовища споживача теплоти залежить від цільового призначення тепlopостачання, і найкращі техніко-економічні

						Аркуш
					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	3
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

результати зазвичай відповідають застосуванню теплонасосних систем для опалення та гарячого водопостачання.

Застосування теплових насосів для опалювальних цілей ефективно лише для систем «м'якого режиму», наприклад, для повітряних або водяних систем підлогового опалювання. Адаптація теплових насосів до характеристик водяного батарейного опалювання для регіонів країни із середньозимовою температурою нижче за 2 °С пов'язана з використанням бівалентних теплонасосних установок, в яких догрівання теплоносія забезпечується традиційними теплогенеруючими пристроями.

Можливість використання в теплопостачанні потоків низькопотенціальних вторинних енергоресурсів значно розширює ресурсну базу теплопостачання, робить її менш залежною від постачань паливних ресурсів. Задіявши тепловий насос, що працює на джерелах природної теплоти (атмосферне повітря, природні води тощо), ми ніби умовно забезпечили системи теплопостачання ресурсом на 15–20 років її роботи.

Утилізація низькопотенціальної теплоти у промисловому виробництві може істотно підвищити ефективність енерговикористання. Особливо це стосується технологій, пов'язаних із споживанням парових потоків, таких як: випаровування, кристалізація, ректифікація тощо. Утилізація низькопотенціальної теплоти систем оборотного водопостачання підприємств дозволяє істотно знизити витрату підживлювальної води за рахунок вимикання відкритих пристроїв охолодження (градирень, басейнів), зменшується загальне енергоспоживання подібних систем за рахунок вимикання вентиляторів для градирень.

					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		4

1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Проблема забезпечення потреби в паливно-енергетичних ресурсах передбачає комплекс завдань із пошуку і розроблення альтернативних джерел енергії та впровадження раціональних способів зниження їх втрат.

Одним із ефективних способів економії паливних ресурсів, а також захисту навколишнього середовища є широке впровадження теплонасосних установок, в яких низькопотенціальні теплові потоки перетворюються в потоки із вищим температурним рівнем.

Тепловим насосом називають технічну систему, що реалізує підвищувальну термотрансформацію низькопотенціального теплового потоку.

Теплові насоси не є теплогенерувальними пристроями і не виробляють енергію у формі тепла. Навпаки, здійснюване в теплових насосах теплоперенесення можливе лише з витратою енергії, форма якої залежить від принципу, покладеного в основу їх функціонування.

Необхідно відзначити, що в більшості типів теплових насосів підвищується температурний рівень практично всіх потоків енергії, тоді як для цього витрачаються найцінніші потоки енергії – стовідсоткові ексергетичні потоки.

Відомо, що одержання зазначених енергетичних потоків із викопного палива супроводжується виробленням теплоти, і тому теплові насоси не можуть конкурувати з когенераційними енергетичними системами в загальній концепції енергозабезпечення різних сфер життєдіяльності, але в межах використання теплових вторинних енергоресурсів теплові насоси поза сумнівом можуть розглядатися як найбільш прості та оптимальні пристрої.

Термін «тепловий насос», безумовно, не відображає сутності фізичних процесів, а просто символізує абстрактне уявлення про перекачування нематеріального потоку з температурою як параметр інтенсивності.

						Аркуш
					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	5
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Теплові насоси дозволяють використовувати поновлювану низькотемпературну енергію навколишнього середовища на потреби більш високотемпературного об'єкта.

Основні сфери застосування теплових насосів: системи гарячого водопостачання, опалювання, цілорічного кондиціонування повітря, а також ряд промислових технологій.

Тепловий насос не є пристроєм, що автономно працює, а є основним компонентом більш загальної системи під назвою «теплонасосна установка», в яку, крім теплового насоса, входять: устаткування, прилади і комунікації, що забезпечують експлуатаційні зв'язки теплового насоса з низькопотенціальними джерелами теплоти та об'єктами споживання навантаження.

На рисунку 1.1 подана спрощена схема теплонасосної установки для опалювання приміщення.

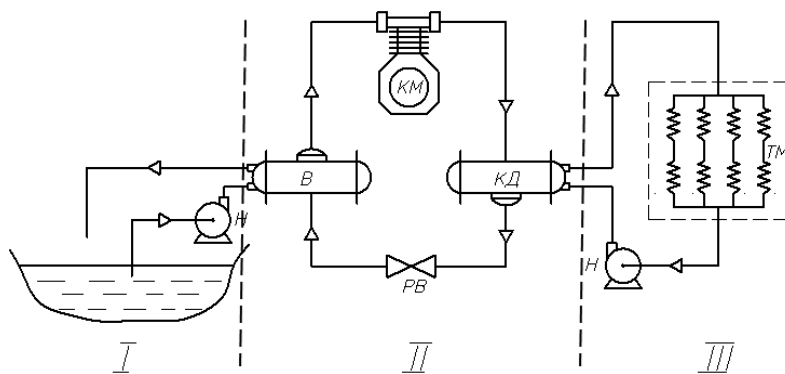


Рисунок 1.1 – Схема теплонасосної установки:

I – система підведення теплоти на термотрансформацію (первинний контур);

II – система термотрансформації (тепловий насос);

III – система споживача теплового навантаження (гріючий контур);

Н – насос; В – випарник; КМ – компресор; КД – конденсатор;

РВ – регулювальний вентиль; ТМ – тепла мережа.

						Аркуш
					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	6
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Відповідно до рисунка 1.1 теплонасосна установка подана у вигляді трьох взаємозв'язаних систем на базі теплового насоса парокомпресійного типу. Система I забезпечує подавання утилізованого середовища до випарника теплового насоса, у цьому варіанті – воду із природного водоймища. У випарнику за рахунок теплообміну між водою і робочою речовиною (холодоагентом) вода охолоджується і по лінії насичення скидається у водоймище.

У системі II тепловий потік, відібраний від води у випарнику, витрачається на кипіння рідкої фази холодоагенту. Пара, що виходить із випарника, надходить до компресора, де відбувається підвищення його термічних параметрів до необхідного рівня термотрансформації. Далі пара надходить до конденсатора теплового насоса, де його конденсація забезпечується через передавання теплоти середовищу споживача, циркулюючої через опалювальну мережу системи III.

Принципово теплонасосна установка може працювати в режимі холодильної машини і, отже, мати ширше функціональне призначення, наприклад, для цілорічного кондиціонування повітря.

Наведений на рисунку 1.1 технічний комплекс, який ми називаємо теплонасосною установкою, під час реверсування напряму потоку холодоагенту перетворюється на холодильну установку, призначенням якої буде охолодження приміщення через перенесення теплопритоків із приміщення до водоймища, тобто скидання в навколишнє середовище. Для реалізації подібного реверсування режиму роботи в теплонасосній установці передбачається достатньо простий пристрій перемикачів комунікацій, що забезпечує незалежність роботи компресора і взаємозаміну функцій між конденсатором і випарником.

Теплові насоси, як і будь-які інші термомеханічні системи, можуть бути класифіковані за низкою ознак, головною з яких, поза сумнівом, є принцип дії. За цією ознакою розрізняють:

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

- парокompресійні (ПКТН);
- абсорбційні (АБТН);
- струминні (СТН);
- термоелектричні (ТЕТН);

Оптимізація енергоефективності під час застосування теплових насосів і установок привела до виділення ще однієї важливої ознаки – валентності режиму теплового насоса в загальній схемі тепlopостачання (теплогенерації):

- моновалентні – лише тепловий насос;
- бівалентні – з додатковим джерелом теплоти.

Різновидом бівалентного режиму роботи є моноенергетичний режим. Для подібного режиму тепловий насос і додатковий теплогенератор використовують один і той самий вид енергоносія, зазвичай електроенергію.

Під час використання як утилізованого середовища природних джерел, а середовищем споживача є вода або атмосферне повітря, теплові насоси позначають у такому вигляді:

- повітря – повітря, повітря – вода;
- ґрунт – повітря, ґрунт – вода;
- вода – повітря, вода – вода.

У деяких випадках теплові насоси класифікують за типом привода:

- електропривод;
- двигуни внутрішнього згорання;
- турбопривод.

Реалізація проєктів тепlopостачання із застосуванням теплонасосних систем вимагає технологічного узгодження об'єкта споживання теплового навантаження і джерела низькопотенціальної теплоти. Техніко-економічні показники подібного проєкту багато в чому залежатимуть від двох температурних рівнів:

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

– температури утилізованого середовища на вході до теплового насосу, t_{1y} ;

– кінцевої температури нагрівання середовища споживача, t_{2c} .

У таблицях 1.1 і 1.2 наведені орієнтовні дані щодо зазначених температур.

Таблиця 1.1 – Характеристика температурного потенціалу утилізованих середовищ для теплонасосних установок

Джерела низькопотенціальної теплоти	t_{1y} , °C
Атмосферне повітря	-5 – +15
Повітря витяжної вентиляції приміщень	15 – 25
Ґрунт	5 – 10
Ґрунтові води	8 – 15
Вода шахтного водовідливу	20 – 24
Вода природних водоймищ	4 – 17
Стічні води	10 – 17
Вода систем оборотного водопостачання	25 – 40
Геотермальні води	40 – 65
Технологічні скидання рідин і газів	40 – 70
Теплоносій сонячних колекторів	20 – 40

Можливості та економічна доцільність застосування теплонасосних установок залежить від кліматичних і географічних особливостей, рівня розвитку економіки, паливно-енергетичного балансу, співвідношення цін на основні види палива й електроенергії та інших чинників [1–6].

Згідно із прогнозом Світового енергетичного комітету до 2030 р. 78 % комунального і виробничого тепlopостачань у розвинутих країнах здійснюватиметься за допомогою теплових насосів. На цей час у світі працює

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

близько 20 млн теплових насосів різної потужності – від декількох кіловат до сотень мегават.

Таблиця 1.2 – Характеристика рівня нагрівання середовища споживача теплоти

Вид теплотехнології	Середовище	t _{2с} , °С
Опалювання підлогове	вода	25– 35
Опалювання нагрітим повітрям	повітря	25 – 30
Опалювання з фенкойлами (конвекторами)	вода	40 – 55
Опалювання батарейне	вода	70 – 100
Гаряче водопостачання виробниче	вода	50 – 80
Гаряче водопостачання побутове	вода	45
Тепломасообмінні процеси (сушка)	робочі речовини	80 – 120

Найбільш поширеними у країнах із помірним кліматом стали повітряно-повітряні реверсивні теплонасосні установки, призначені для опалювання і літнього кондиціонування повітря. Для країн із дешевою електроенергією характерне застосування великих теплонасосних установок у системах центрального теплопостачання. У зв'язку з тенденцією зростання цін на енергоресурси починає інтенсивно розвиватися використання для теплових насосів привода від газового двигуна.

Основні закордонні виробники теплонасосного устаткування фірми GENERAL ELECTRIC, LENOX (США); CARRIER (Франція); SULZER, VISSMANN (Німеччина), METRO, DANFOS (Данія), BUDERUS (Швейцарія). В Україні виробниками теплових насосів є ВАТ «РЕФМА», м. Мелітополь, ТОВ «Геосан Текнолоджі», м. Бровари, концерн «Нікмас», м. Суми.

						Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

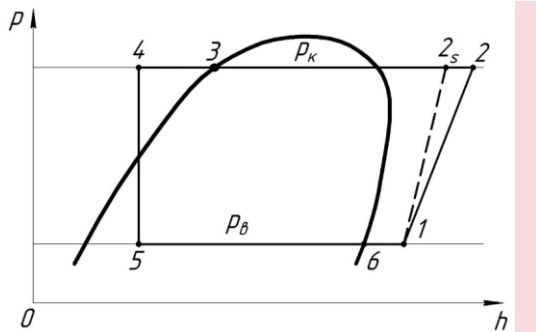


Рисунок 2.2 – Цикл парокомпресійного теплового насоса
у p, h -координатах

2.2 Визначаємо розрахункові температури циклу:

а) для проміжного теплообмінника, який встановлено між насосом ґрунтових вод та випарником:

$$t_m = t_{1y} - \Delta t_m = 10 - 3 = 7 \text{ } ^\circ\text{C};$$

а) для випарника (рис. 2.3):

– охолодження середовища, теплота якого утилізується:

$$\Delta t_y = 3\text{--}5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

– недорекуперація теплообміну (недоохолодження) $\Delta t_{np} = t_{2y} - t_6 = 2\text{--}5 \text{ } ^\circ\text{C}$
(для рідких середовищ, що утилізуються), $8\text{--}10 \text{ } ^\circ\text{C}$ (для газових середовищ);

						Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

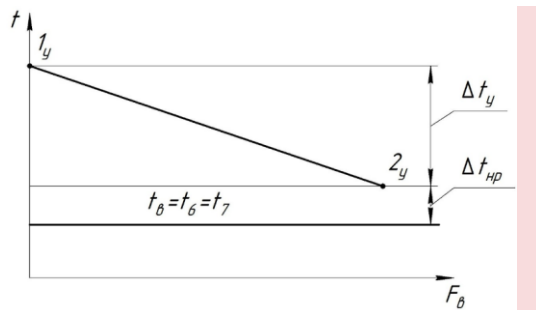


Рисунок 2.3 – Характер зміни температур середовищ t_y і t_6 уздовж поверхні теплообміну F_e

– розрахункова температура кипіння холодинного агента у випарнику

$$t_6 = t_m - \Delta t_y - \Delta t_{нр}.$$

$$t_6 = 7 - 2 - 5 = 0^\circ\text{C}.$$

Для холодинного агента R134a за температурою $t_6 = 0^\circ\text{C}$ визначаємо тиск $p_6 = 3,036$ бар;

б) для конденсатора:

$$t_k = t_{2n} + 5^\circ\text{C} \text{ (для рідких середовищ, що нагріваються).}$$

$$t_k = 30 + 5 = 35^\circ\text{C}.$$

Визначаємо тиск конденсації для холодинного агента $p_k = 8,868$ бар.

2.3 Визначаємо термічні параметри холодоагента у вузлових точках циклу:

– температура в точці 1 (усмокування в компресор):

						Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

$$t_1 = t_6 + 10 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_1 = 0 + 10 = 10^\circ\text{C}.$$

Визначаємо параметри у інших вузлових точках:

– для точки 2_s параметри знаходимо як параметри в кінці ідеального ізоентропного процесу стиснення в компресорі;

– ентальпію в точці 2 (нагнітання компресора) визначаємо з формули для індикаторної роботи компресора:

$$l_{oi} = l_s / \eta_s, \text{ кДж/кг},$$

де $l_s = h_{2s} - h_1 = 429,303 - 406,08 = 23,223 \text{ кДж/кг}$.

Для розрахунку приймаємо адіабатний ККД компресора: $\eta_s = 0,8$.

$$l_{oi} = 23,223 / 0,8 = 29,029 \text{ кДж/кг},$$

Тоді

$$h_2 = h_1 + l_{oi}, \text{ кДж/кг}.$$

$$h_2 = 406,08 + 29,029 = 435,109 \text{ кДж/кг}.$$

Тиск p_2 у точці 2 дорівнює тиску конденсації p_k . За цими параметрами знаходимо температуру t_2 та інші параметри в точці 2;

– температура t_3 у точці 3 (вихід із конденсатора) дорівнює температурі конденсації t_k . Інші параметри визначаємо для стану насиченої рідини ($x = 0$);

						Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

Визначаємо параметри в наступних вузлових точках:

- температура t_7 у точці 7 (вихід із випарника) дорівнює температурі випаровування t_6 . Інші параметри для точки 7 визначаємо для стану сухої насиченої пари ($x = 1$);

- для визначення параметрів у точці 5 (вихід із регенеративного теплообмінника) складаємо рівняння теплового балансу

$$q_{7-1} = q_{3-5} \text{ або } h_1 - h_7 = h_3 - h_5.$$

Звідси знаходимо

$$h_5 = h_3 - (h_1 - h_7), \text{ кДж/кг.}$$

$$h_5 = 249,1 - (406,08 - 397,76) = 236,1 \text{ кДж/кг.}$$

- Визначаємо параметри в наступних вузлових точках:

- температуру t_6 у точці 6 (вихід із дросельного пристрою) знаходимо за умови $h_5 = h_6$.

Результати розрахунку зводимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри циклу у вузлових точках

	1	2s	2	3	4	5	6
p , бар	3,036	8,868	8,868	8,868	8,868	3,036	3,036
t , °C	10	47	52	35	30	0	0
h , кДж/кг	406,08	429,303	435,109	249,1	236,1	236,1	397,76
S , кДж/(кг · К)	1,7512	1,7512	1,77	1,168	1,142	1,151	1,772
v , м ³ /кг	0,0697	–	–	–	–	–	–

Додано примітку [ЮМ3]: Точки 4,5,6

Додано примітку [ЮМ4]: Температура в цих точка должна быть одинаковая, у нас фреон однокомпонентный, у него нет температурного глайда

						Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

2.4 Розраховуємо питомі теплові навантаження на обладнання:

– для конденсатора

$$q_k = h_2 - h_3, \text{ кДж/кг};$$

$$q_k = 435,109 - 249,1 = 186,009 \text{ кДж/кг};$$

– для регенеративного теплообмінника

$$q_{pmo} = h_1 - h_7, \text{ кДж/кг};$$

$$q_{pmo} = 460,08 - 397,76 = 62,32 \text{ кДж/кг};$$

– для випарника

$$q_e = h_7 - h_6, \text{ кДж/кг};$$

$$q_e = 397,76 - 236,1 = 161,66 \text{ кДж/кг};$$

2.5 Розраховуємо повні теплові навантаження на обладнання:

– масову витрату холодоагенту (для заданої \dot{Q}_{TH})

$$m_a = \dot{Q}_{TH} / q_{TH}, \text{ кг/с};$$

$$m_a = 15 / 190,689 = 0,079 \text{ кг/с};$$

– для конденсатора

					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		16

$$\dot{Q}_K = m_a \cdot q_K, \text{ кВт};$$

$$\dot{Q}_K = 0,079 \cdot 186,099 = 14,69 \text{ кВт};$$

– для регенеративного теплообмінника

$$\dot{Q}_{PTO} = m_a \cdot q_{PTO}, \text{ кВт};$$

$$\dot{Q}_{PTO} = 0,079 \cdot 62,32 = 4,92 \text{ кВт};$$

– для випарника

$$\dot{Q}_B = m_a \cdot q_B, \text{ кВт};$$

$$\dot{Q}_B = 0,079 \cdot 161,66 = 12,77 \text{ кВт};$$

– індикаторну потужність компресора

$$N_{oi} = m_a \cdot l_{oi}, \text{ кВт};$$

$$N_{oi} = 0,079 \cdot 29,029 = 3,29 \text{ кВт};$$

– ефективну потужність компресора

$$N_e = N_{oi} / \eta_{мех}, \text{ кВт};$$

$$N_e = 3,29 / 0,98 = 3,34 \text{ кВт};$$

– електричну потужність приводного електродвигуна

$$N_{ел} = N_e / \eta_{ЕД}, \text{ кВт};$$

					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		17

$$N_{el} = 3,34 / 0,95 = 3,46 \text{ кВт};$$

- коефіцієнт перетворення теплового насоса:

$$COP_{el} = \dot{Q}_{TH} / N_{el};$$

$$COP_e = 15 / 3,46 = 4,34$$

- об'ємну продуктивність компресора

$$V_1 = m_a \times v_1, \text{ м}^3/\text{с},$$

де v_1 – питомий об'єм у точці 1;

$$V_1 = 0,079 \times 0,0679 = 0,0054 \text{ м}^3/\text{с},$$

- масову витрату води, що нагрівається, конденсатор (для споживача у вторинному контурі):

$$G_n = \dot{Q}_{TH} / (c_n \cdot (t_{2n} - t_{1n})), \text{ кг}/\text{с},$$

де C_n – теплоємність води, що нагрівається за середньої температури $(t_{1n} + t_{2n})/2$;

$$G_n = 15,06 / (4,208 \cdot (30 - 27)) = 1,193 \text{ кг}/\text{с},$$

- об'ємну витрату води, що нагрівається:

$$V_n = G_n / \rho_n, \text{ м}^3/\text{с},$$

де ρ_n – густина води, що нагрівається за середньої температури $(t_{1n} + t_{2n})/2$;

$$V_n = 1,193 / 998,7 = 1,195 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Додано примітку [ЮМ5]: Подтяни на предыдущую страницу, обрати внимание, что поменяется нумерация!

						Аркуш
					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	18
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

До основного обладнання теплового насосу належать: спіральний компресор, випарник (пластинчастий), конденсатор (пластинчастий), регенеративний теплообмінник, дросельний пристрій (терморегулюючий вентиль), фільтр осушувач, холодильний агент R134a (його характеристики).

До додаткового обладнання теплового насосу належать: насос занурний (для ґрунтової води), фільтр грубої очистки (для ґрунтової води), проміжний теплообмінник (кожухотрубчастий, типу «труба в трубі» або змієвиковий), проміжний теплоносій (етиленгліколь, пропіленгліколь), насос (для перекачування теплоносія), насос (для перекачування води контуру теплої підлоги), розширювальний бак (для контуру теплої підлоги).

3.1 Вибір компресора

За заданою продуктивністю та величинами тисків всмоктування та нагнітання вибираємо спіральний компресор SZ084-4VI виробництва фірми «Danfoss» [10] (рис. 3.1) з наступними характеристиками:

Холодильний агент	R134a, R404A, R407C
Випробувальний HP [бар] [Макс.]	32 bar
Випробувальний LP [бар] [Макс.]	25 bar
Економайзер	Ні
Заводський високий тиск [бар]	33 bar
Заводський низький тиск [бар]	25 bar
Загальна висота [мм]	508 mm
Кількість холодоагента [кг] [Макс.]	8.5 kg
Номінальна теплопродуктивність при 50 Гц	16.3 kW

						ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			19

Номінальна холодопродуктивність при 50 Гц	17.3 kW
Номінальна холодопродуктивність при 60 Гц	22.5 kW
Опис	SZ084-4
Регулювання продуктивності	Фіксована швидкість
Робочий обсяг циліндрів [см³]	114.5 см³
Сторона високого тиску TS Макс.	150 °C
Сторона високого тиску TS Мін.	-35 °C
Сторона високого тиску Макс. тиск (Ps)	34.3 bar
Сторона високого тиску Об'єм	1.1 L
Сторона низького тиску TS Макс.	54 °C
Сторона низького тиску TS Мін.	-35 °C
Сторона низького тиску макс. Тиск (Ps)	25 bar
Сторона низького тиску Об'єм	13 L
Технологія	Спіральний
Тип	SZ
Тип з'єднання	Паяний
Частота обертання при 50 Гц [об/хв]	2900 rpm
Частота обертання при 60 Гц [об/хв]	3500 rpm

					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		20

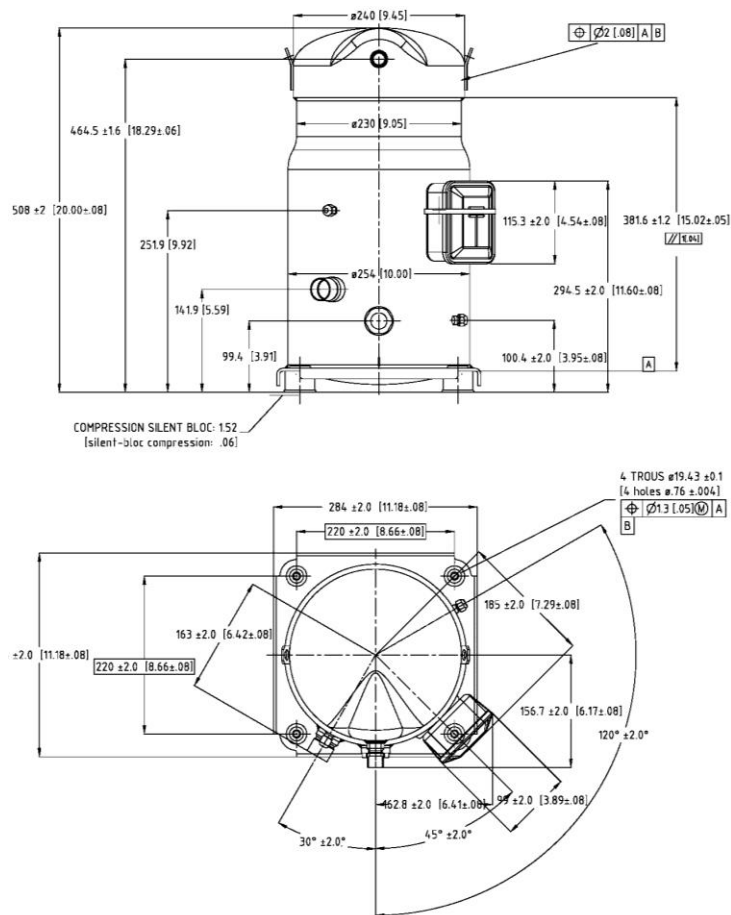


Рисунок 3.1 – Спіральний компресор SZ084-4VI

3.2 Вибір випарника та конденсатора

За заданим тепловим навантаженням вибираємо пластинчастий теплообмінник 021B0156 виробництва фірми «Danfoss» [10] (рис. 3.2) з наступними характеристиками:

						Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

Кількість пластин	10
Макс. робочий тиск [бар]	30 bar
Макс. робочий тиски [фунт/дюйм ²]	435 psi
Матеріал пластини	AISI 304
Матеріал припою	Мідний припій
Назва продукту	Паяний пластинчастий теплообмінник
Позначення типу	V3-012-H
Проектний діапазон температур [°C] [Макс.]	200 °C
Проектний діапазон температур [°C] [Мін.]	-196 °C
Проектний діапазон температур [°F] [Макс.]	320 °F
Проектний діапазон температур [°F] [Мін.]	-390 °F
Холодоагенти	R1336mzz(Z) R134a R22 R290 R407C R407H R450A R455A R513A R513B R515A R600a R1233zd(E) R1234ze(E)

						ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			22

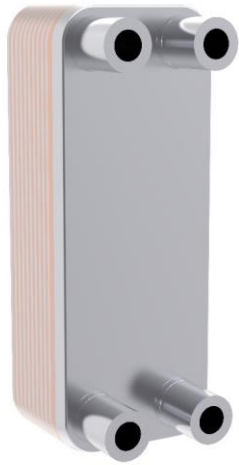


Рисунок 3.2 – Конструкція теплообмінника 021B0156

					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		23

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Продуктивність праці підвищується завдяки економії живої праці

Додано примітку [ЮМ6]: Ніче не понял

працівників, економії суспільної праці шляхом підвищення якості продукції, поліпшення використання основних виробничих фондів, зменшення кількості аварій.

Розвиток сучасного машинобудування йде по шляху розробки нових видів компресорних машин, верстатів, обладнання самого різного призначення, інтенсифікація їх використання за рахунок раціональних режимів експлуатації, вдосконалення технології, виробничого процесу і поліпшення профілактичного технічного обслуговування і ремонту. Необхідно, щоб праця людини протікає в сприятливих умовах, що сприяють розвитку всіх його здібностей і забезпечують високу продуктивність праці. Крім того, в процесі праці людина не повинна отримувати травми або захворіти професійним захворюванням [8].

Додано примітку [ЮМ7]: Точно ссылка на 4 источник?

4.1 Небезпечні та шкідливі фактори холодильного виробництва

У ГОСТ 12.0.002-1999 «ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація» наводиться класифікація елементів умов праці, які виступають в ролі небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізичні.

До небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться: незадовільні метеорологічні умови; забрудненість повітря виробничої пилом і шкідливими речовинами; несприятливий освітлення; шум і вібрація, що перевищують допустимі норми; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, пересуваються вироби (матеріали, заготовки), що руйнуються конструкції і ряд інших чинників.

					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24

Шкідливими називаються речовини, які при контакті з організмом людини в разі порушень вимог безпеки можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я, що визначаються сучасними методами, як в процесі роботи, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь.

Основними потенційними небезпеками при роботі проєктованого компресора можуть бути:

- Вибухонебезпечність;
- Пожежонебезпека;
- Ураження електричним струмом.

До потенційних шкідливостей відносять:

- Шум при роботі агрегату;
- Вібрація;
- Підвищена запиленість, і загазованість повітря робочої зони;
- Підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- Підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- Підвищена або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна;
- Підвищена або знижена вологість повітря;
- Підвищена або знижена рухливість повітря [5].

4.2 Вибухонебезпека (ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухонебезпека. Загальні вимоги»)

Джерелами виникнення вибуху може бути: недоброякісне мастило, гідро- пневмоудари, знаходження агрегату в зоні пожежі і вибухонебезпечних матеріалів.

Виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність

						ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			25

виникнення вибуху на будь-якому вибухонебезпечному ділянці протягом року не перевищувала в розрахунку на окремий пожежонебезпечний вузол (елемент) даного об'єкта (ГОСТ 12.1.004-91 «Пожежна безпека. Загальні вимоги») або вибухонебезпечний ділянку (ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухобезпека. Загальні вимоги»). У разі технічної або економічної недоцільності забезпечення зазначеної ймовірності виникнення вибуху виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність впливу небезпечних чинників вибуху на людей протягом року не перевищував на людину (ГОСТ 12.1.010-76). При цьому прийняте значення ймовірності виникнення вибуху на будь-якому вибухонебезпечному ділянці повинно забезпечуватися і бути погоджено в установленому порядку з органами держнагляду.

Вибухонебезпечне середовище можуть утворити:

- Суміші речовин (газів, парів, пилу) з повітрям і іншими окислювачами (кисень, озон, хлор, оксиди азоту тощо);
- Речовини, схильні до вибухового перетворення (ацетилен, озон, гідрозин тощо).

Джерелом ініціювання вибуху є:

- Відкрите полум'я, палаючі і розпечені тіла;
- Електричні розряди;
- Теплові прояви хімічних реакцій і механічних впливів;
- Іскри від удару і тертя;
- Ударні хвилі;
- Електромагнітний і інші випромінювання.

Запобігання утворенню вибухонебезпечного середовища та забезпечення в повітрі виробничих приміщень, гірничих виробок тощо, змісту вибухонебезпечних речовин, що не перевищує нижньої концентраційної межі займання з урахуванням коефіцієнта безпеки, повинно бути досягнуто:

						Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

- застосуванням герметичного виробничого устаткування;
- застосування робочої і аварійної вентиляції;
- відводити, видаленням вибухонебезпечного середовища і речовин, здатних привести до її підривання;
- контролем складу повітряного середовища і відкладень вибухонебезпечного пилу.

Вимоги до вибухозахисту. Запобігання впливу напрацювати небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають в результаті вибуху, і збереження матеріальних цінностей забезпечуються:

- Встановленням невеликої кількості вибухонебезпечних речовин, які застосовуються в даних виробничих процесах;
- Застосуванням вогнеперепинювачів, гідрозатворів, водяних і пилових заслонів, інертних що не підтримують горіння газових або парових завіс;
- Застосуванням обладнання, розрахованого на тиск вибуху;
- Обвалування і бункерування вибухонебезпечних ділянок виробництва або розміщення їх в захисних кабінах;
- Захистом обладнання від руйнування під час вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани);
- Застосуванням швидкодіючих відсічних і зворотних клапанів;
- Застосуванням систем активного придушення вибуху;
- Застосуванням засобів попереджувальної сигналізації.

4.3 Пожежонебезпека (ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги»)

Протипожежний захист має забезпечуватися:

- Засобами пожежогасіння,
- а) вогнегасники

						Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМ 10.00.00.00 ПЗ	

за способом спрацьовування:

- автоматичні (самоспрацьовують) - зазвичай стаціонарно монтуються в місцях можливого виникнення пожежі;

- ручні (приводяться в дію людиною) - розташовуються на спеціально оформлених стендах;

- універсальні (комбінованої дії) - поєднують в собі переваги обох вищеописаних типів.

за принципом дії на осередок вогню:

- газові (вуглекислотні), ПЕРЕНОСНІ: ОУ-1Всі; ОУ-2Всі; ОУ-3Всі; ОУ-5Всі, ПЕРЕСУВНІ: ОУ-10Всі; ОУ-20Усі; ОУ-40ВСЕ; ОУ-80ВСЕ

- пінні (хімічні, хімічні повітряно-пінні, повітряно-пінні, повітряно-емульсійні),

порошкові, ПЕРЕНОСНІ: ВП-1 (б) -АВС; ОП-1 (з) -АВС; ОП-2 (з) -АВС; ОП-3 (з) -АВС; ОП-4 (з) -АВС; ОП-4 (г) -АВС; ОП-8 (з) -АВС; ОП-8 (г) -АВС

- Пересувні: ВП-50 (з) -ВСІ ОП-100 (з) -ВСІ

- водні. ПЕРЕНОСНІ: ОВП-4 (з) АВ; ОВП-8 (з) АВ, ПЕРЕСУВНІ: ОВП-50 (з) АВ; ОВП-ЮО (з) АВ

- Автоматичними установками пожежної сигналізації та пожежогасіння;

- Засобами індивідуального та колективного захисту людей від небезпечних факторів пожежі (щити, бори, пісок) Основними вогнетривкими речовинами є вода, хімічна і повітряно-механічна піни, водні розчини солей, інертні і негорючі гази, водяна пара, галоїдноуглеводородні вогнегасні склади і сухі вогнегасні порошки , У виробничому приміщенні застосовуються, головним чином, вуглекислотні вогнегасники, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного устаткування. Діелектричні властивості, дозволяють використовувати дані вогнегасники в разі неможливості знеструмлення агрегату.

						Аркуш
					ХМ 10.00.00.00 ПЗ	28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арсеньєв В. М. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник / В. М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 364 с.
2. Арсеньєв В. М. Теплонаносна технологія енергозбереження : навчальний посібник / В. М. Арсеньєв. – Суми : СумДУ, 2011. – 283 с.
3. Иванова, Е.А. Исследование работы теплового насоса : учебное пособие / Е.А. Иванова, А.Н. Козлобродов. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. – 64 с.
4. Перяла Р. Тепловые насосы / Р. Перяла. - Санкт-Петербург : Алфамер Паблишинг, 2011. – 108 с.
5. Ломовцев П. Б. Моделирование работы одноступенчатого парокompрессионного термотрансформатора на R134a / П. Б. Ломовцев // Холодильная техника и технология. – 2004. – № 1 (87). – С. 37–40.
6. Геллер С. Тепловые насосы: комплексный подход / С. Геллер // Насосы & оборудование. – Киев. – 2007. – № 1 (42). – С. 41–43.
7. Охорона праці: Конспект лекцій/ Укладач А.Ф. Денисенко.– Суми: Вид-во СумДУ, 2007.– Ч.2.– 130с.
8. Одарченко М. С., Степанов В. І., Черненко Я. М. Основи охорони праці : підручник / М. С. Одарченко, В. І. Степанов, Я. М. Черненко. – Харків: Стиль-Издат, 2017. – 334 с.
9. НПАОП 0.00-1.69-13 «Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових мереж і тепловикористовувальних установок». Затверджено: наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 02.12.2013 №892.
10. <https://store.danfoss.com/ua/uk/>

						ХМ 10.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			29