

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
КАФЕДРА ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
за освітньо-професійною програмою «Холодильні машини і установки»
зі спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування"

на тему:

«Проектування конденсатора пластинчасто-ребристого типу у складі одноступеневої парокompресійної холодильної машини»

Завідувач кафедри _____ С. М. Ванєєв

Керівник _____ В. М. Козін

Здобувач _____ О. З. Дубів

Група _____ ХКдн-74др

Суми 2021

ЗМІСТ

С.
Вступ.....	3
Вихідні дані.....	6
1 Розрахунок циклу одноступеневої парокомпресійної холодильної машини.....	7
2 Розрахунок конденсатора холодильної машини.....	10
3 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	30
Висновки.....	41
Список літератури.....	42

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дубів			Проектування конденсатора пластинча- сто-ребристого типу у складі одноступе- невої парокомпресійної холодильної ма- шини.	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Козін				2	42	
Н. контр.		Шарапов			Пояснительная записка СумДУ, гр. ХКдн-74др			
Затв.		Ванєєв						

Вступ

В основі конструкції пластинчато-ребристих апаратів лежить ідея про застосування двостороннього високоефективного оребрення як з боку прямого так і зворотного потоків. Внаслідок цього апарати мають прямокутні оребрені канали. Основні елементи, що визначають конструкцію цих апаратів: розділювальні пластини; ребра, розташовані між пластинами і мають гарний тепловий контакт з останніми; бічні проставки. Ці апарати конструктивно виконують протитечійними, перехрестнотечійними і прямотечійними. За масогабаритними і експлуатаційними показниками ці апарати відносять до ефективних компактних теплообмінників. Компактність поверхонь у цих апаратів як правило складає $1000\text{--}3000\text{ м}^2/\text{м}^3$. Існують поверхні, компактність яких досягає $6000\text{ м}^2/\text{м}^3$.

Перевага пластинчато-ребристих теплообмінників в тому, що конструктивно їх легко виконати багатопотоковими. При цьому завдяки високій теплопровідності, суцільнопаяній конструкції в поперечному напрямку досягається гарний тепловий контакт між потоками і вирівнювання температур теплоносіїв за перерізом.

Для виготовлення пластинчато-ребристих теплообмінників застосовують латунь, алюмінієві сплави, корозійностійкі сталі. Найбільш раціонально виготовляти апарати з алюмінієвих сплавів, що мають низьку густину і високу теплопровідність, наприклад АМц, АД1 тощо. Мала маса апарату дозволяє скоротити пускові періоди низькотемпературних установок, а висока теплопровідність – підвищити ефективність апарату. Корозійностійку сталь застосовують, якщо від апарату потрібна підвищена міцність або якщо з метою досягнення дуже високої компактності поверхні (до $6000\text{ м}^2/\text{м}^3$) ребра виконують з дуже тонкого листа ($\delta = 0,05\text{ мм}$).

Істотно обмежує застосування пластинчато-ребристих теплообмінників в низькотемпературних установках невеликий тиск (до 1 МПа), який встанов-

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

люють згідно з умовою міцності. Відомі також апарати, що працюють під тиском одного з потоків 40 МПа , але практично пластинчато-ребристі теплообмінники застосовують за менших тисків. Технологія виробництва пластинчато-ребристих теплообмінників в даний час відпрацьована і освоєна. Конструкція апаратів дозволяє механізувати й автоматизувати процеси виготовлення основних елементів і апарату в цілому. Конструкції оребрення в пластинчато-ребристих теплообмінниках відрізняються великою різноманітністю. Це пов'язано із пошуками і відпрацюванням найбільш технологічних конструкцій і прагненням поліпшити теплопередавальні та гідродинамічні характеристики апаратів.

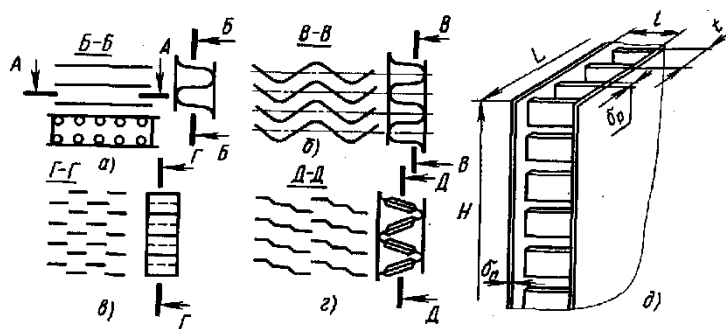


Рисунок 1 – Пластинчато-ребристі поверхні різних типів:

a – з перфорованими ребрами; *б* – з хвилястими безперервними ребрами; *в* – з переривчастими ребрами; *г* – з лускатими (жалюзійними) ребрами; *д* – елемент оребрення

Серед кількох десятків досліджених пластинчато-ребристих поверхонь можна виділити кілька типів основних поверхонь, що застосовуються в теплообмінниках низькотемпературних установок. Найбільш ефективні поверхні з хвилястими безперервними ребрами (рис. 1, *б*), з короткими або переривчастими ребрами (рис. 1, *в*), із лускатими (жалюзійними) ребрами (рис. 1, *г*), а також з довгими прямими перфорованими ребрами (рис. 1, *а*). Виготовляють і найбільш прості поверхні з прямими гладкими неперфорованими ребрами, а

також поверхні зі стриженьковими ребрами, які можуть бути виконані з дроту.

Основні розміри, що характеризують геометричні параметри елементів поверхонь, такі (рис. 1, δ): ширина секції (довжина ребер) $l = 2 \dots 15$ мм; крок розташування ребер $t = 1,5 \dots 5$ мм; товщина ребер $\delta_p = 0,05 \dots 0,5$ мм; товщина розділювальних пластин $\delta_n = 0,1 \dots 1,0$ мм. Такі розміри як висота H і довжина L секції, а також їх кількість визначаються не геометричними параметрами поверхонь, а тепловим та гідродинамічним розрахунками апарату.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Вихідні дані

Виконати термодинамічний розрахунок циклу одноступеневої парокompресійної холодильної машини відповідно до вихідних даних, поданих у таблиці. За результатами розрахунку циклу виконати тепловий, гідравлічний та міцнісний розрахунки пластинчато-ребристого конденсатора холодильної машини.

У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізувати основні небезпечні і шкідливі фактори, що виникають при роботі парокompресійних холодильних машин і методи захисту від їх шкідливого впливу. Також описати небезпечні і шкідливі фактори при роботі персоналу, що експлуатує холодильну машину.

Холодопродуктивність Q_0 , <i>кВт</i>	150
Температура, °C	
конденсації t_k	30
кипіння t_0	-20
охолоджуючої води t_{e1}	17
Холодильний агент	R600a

1 Тепловий розрахунок одноступеневої парокompресійної холодильної машини

На рис. 1.1 подана принципова схема і цикл в p, h – координатах одноступеневої парокompресійної холодильної машини.

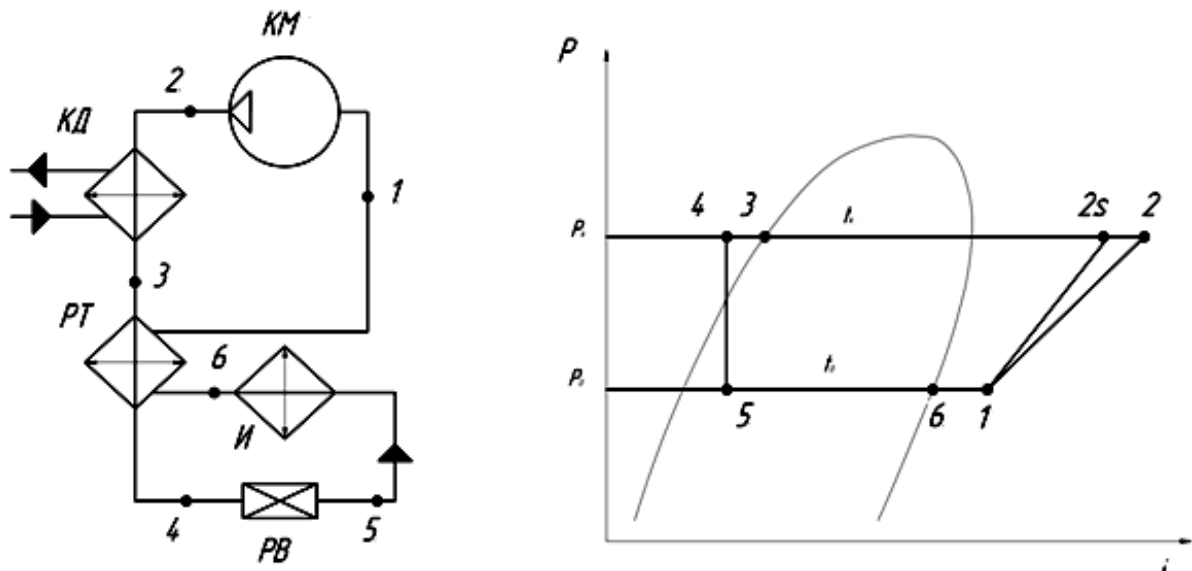


Рисунок 1.1 – Принципова схема і цикл в p, i – координатах одноступеневої парокompресійної холодильної машини (ПКХМ)

Умовні позначення елементів, зображених на рис. 1.1:

KM – компресор; $KД$ – конденсатор; PT – регенеративний теплообмінник; $PВ$ – дросельний вентиль; B – випарник.

Термодинамічні процеси, що утворюють цикл одноступеневої ПКХМ:

1-2 – політропне (дійсне) стиснення пари холодильного агента у компресорі KM від тиску кипіння p_0 до тиску конденсації p_k ;

1-2s – адіабатне (теоретичне) стиснення пари холодильного агента у компресорі KM від тиску кипіння p_0 до тиску конденсації p_k ;

2-3 – ізобарне відведення теплоти в конденсаторі $KД$ за умови тиску p_k ;

3-4 – переохолодження холодильного агента за умови тиску p_k у PT ;

									Аркуш
									7
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМдн 03.00.00.00 ПЗ				

4-5 – дроселювання холодильного агента у PB від тиску p_k до p_0 ;

5-6 – ізобарне підведення теплоти в випарнику B холодильної машини за умови тиску p_0 ;

6-1 – перегрівання пари холодильного агента у PT .

Розрахунок холодильного циклу для R600a

Розглянемо регенеративний теплообмінник PT .

Стан після PT (т. 4) знаходимо з виразу теплового балансу для PT :

$$h_3 - h_4 = (h_1 - h_6),$$

$$h_4 = h_3 - (h_1 - h_6),$$

$$h_4 = 270 - (551 - 528) = 251 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Дійсні параметри в точці «2»:

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_s} = 551 + \frac{619 - 551}{0,8} = 636 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Параметри в вузлових точках подані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри у вузлових точках ПКХМ

Параметри	1	2s	2	3	4	5	6
$t, ^\circ\text{C}$	-5	43	51	30	22	-20	-20
$p, \text{МПа}$	0,12	0,43	0,43	0,43	0,43	0,12	0,12
$h, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	551	619	636	270	251	251	528

Питома холодопродуктивність:

$$q_0 = h_6 - h_5 = 528 - 247 = 281 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор:

$$q_K = h_2 - h_3 = 636 - 270 = 366 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питоме теплове навантаження на РТ:

$$q_{PT} = h_3 - h_4 = 270 - 251 = 19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Холодопродуктивність:

$$\dot{Q}_0 = 150 \text{кВт}.$$

Масова витрата холодильного агента:

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} = \frac{150}{281} = 0,534 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Теплове навантаження на конденсатор:

$$\dot{Q}_{KD} = (h_2 - h_3) \cdot \dot{m}_a = (636 - 270) \cdot 0,534 = 185 \text{кВт}.$$

Теплове навантаження на РТ:

$$\dot{Q}_{PT} = (h_3 - h_4) \cdot \dot{m}_a = (270 - 251) \cdot 0,534 = 10,1 \text{кВт}.$$

Питома робота компресора

$$l_K = h_2 - h_1 = 636 - 551 = 85 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Потужність компресора

$$N_{KM} = l_{KM} \cdot \dot{m}_a = 85 \cdot 0,534 = 35 \text{кВт}.$$

Коефіцієнт термотрансформації циклу ПКХМ

$$COP = \frac{\dot{Q}_0}{N_{KM}} = \frac{150}{35} = 4,3.$$

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2 Розрахунок конденсатора холодильної машини

2.1 Принцип дії, конструктивні особливості, призначення пластинчато-ребристого теплообмінника

Найбільші коефіцієнти теплопередачі, використання маси, об'єму і компактності серед рекуперативних теплообмінників мають пластинчато-ребристі теплообмінники (ПРТ). ПРТ є паяною шаруватою конструкцією з тонкого листового металу (рис. 2.1), в якій чергуються канали для охолоджувального і охолоджуючого середовищ. У довгих, вузьких каналах переміщається охолоджуване середовище, а в перпендикулярно розташованих широких каналах переміщається охолоджуюче повітря, що нагнітається вентилятором.

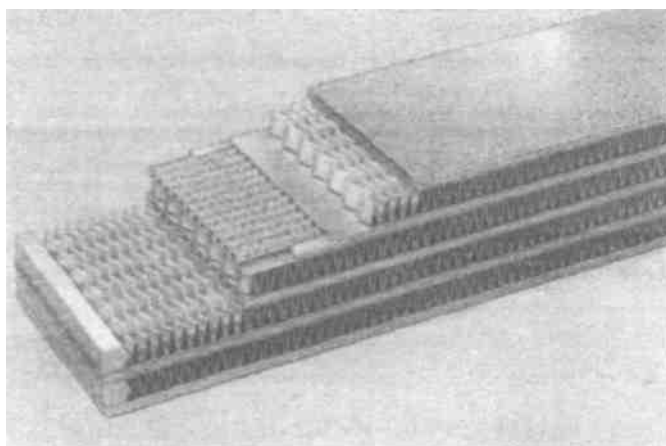


Рисунок 2.1 – Схема ПРТ

Конструкція ПРТ відрізняється в першу чергу будовою робочих каналів.

Робочі канали формують плоскими, так званими проставковими листами і брусками, розташованими на периферії листів (рис. 2.1). Між брусками і листами розташована гофрована стрічка (насадка), яка утворює теплообмінну поверхню.

З'єднаний з допомогою пайки набір перерахованих деталей утворює серцевину теплообмінника – пластинчато-ребристий елемент (ПРЕ).

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Робочі канали формують зі штапованих листів, що утворюють в з'єднанні між собою або з плоским листом робочий канал без брусків. В цьому випадку бруски встановлюють тільки для утворення каналів для охолоджуючого повітря (холодних каналів).

Робочі канали формують зі штапованих листів, в яких передбачені отвори для утворення вбудованих колекторів. Торці каналів і коло навколо отворів герметизують за допомогою штапованих деталей – скоб або кілець. Колектор утворюється за умови пайки ПРЕ.

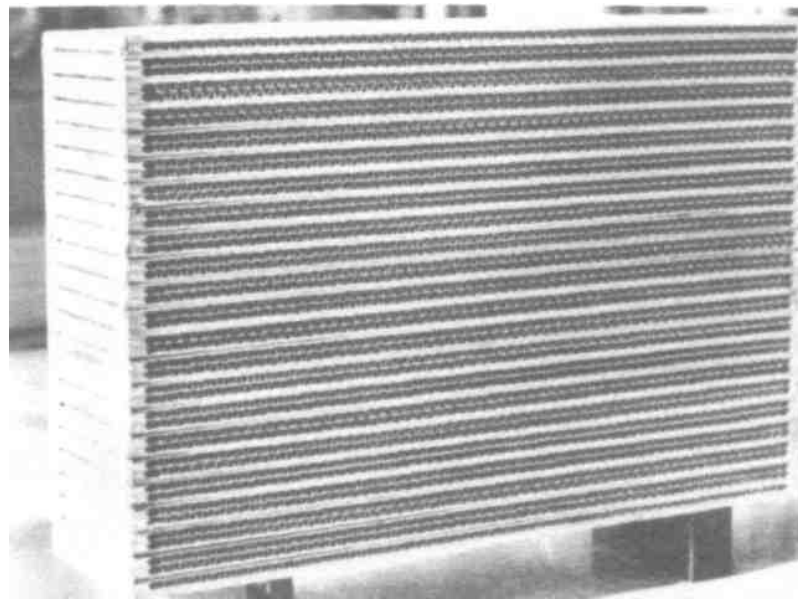


Рисунок 2.2 – Алюмінієвий паяний ПРЕ із брусками на периферії каналів

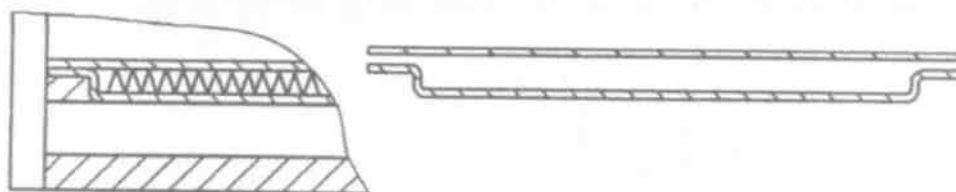


Рисунок 2.3 – Схема робочого каналу ПРЕ
зі штапованого проставкового листа

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		11

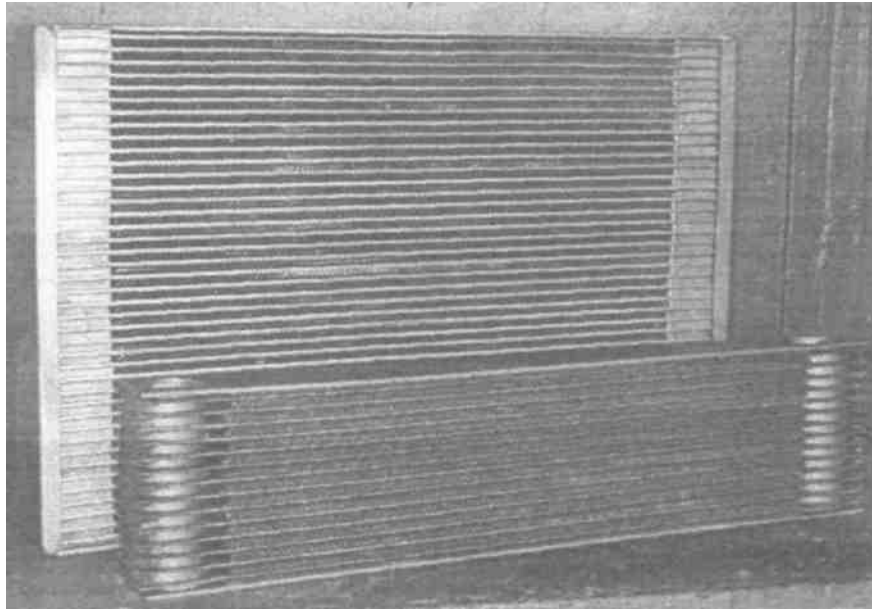


Рисунок 2.4 – Сталеві ПРТ зі штампованих проставкових листів із вбудованими колекторами

Робочі канали формують зі штампованих листів з отворами, відбортовкою по периметру і кільцевими виступами навколо отворів, які під час складання і пайки утворюють вбудовані колектори і забезпечують герметичність всіх з'єднань.

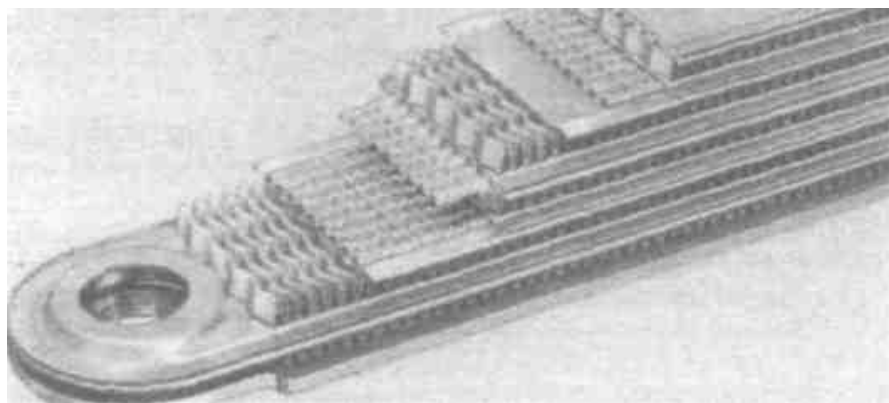


Рисунок 2.5 – Схема ПРТ зі штампованими проставковими листами для формування вбудованого колектора

Робочі канали формують, згортаючи металеву стрічку з метою утворення плоскої трубки, в якій розміщується насадка гарячого каналу. Поздовжній шов плоскої трубки утворюється нахлесним паяним з'єднанням. Кінці плоских трубок розміщуються в пазах штампованої колекторної пластини. Схема ПРЕ з такими каналами показана на рис. 2.5, а зовнішній вигляд – на рис. 2.6. Висота каналів T в таких ПРТ знаходиться в межах 2–4 мм, ширина D до 80 мм; довжина каналів 500–600 мм; висота ПРТ W – 300–400 мм.

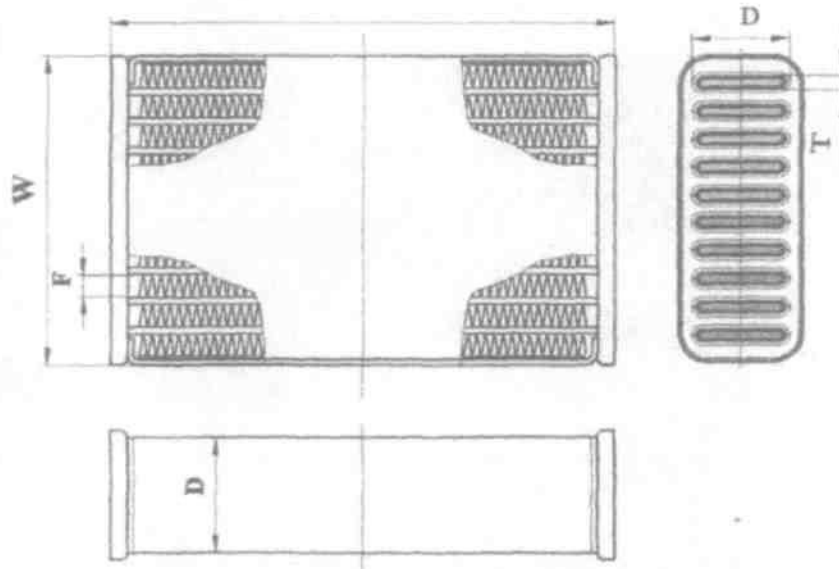


Рисунок 2.6 – Схема ПРЕ з плоскими трубами, сформованими з тонкої стрічки

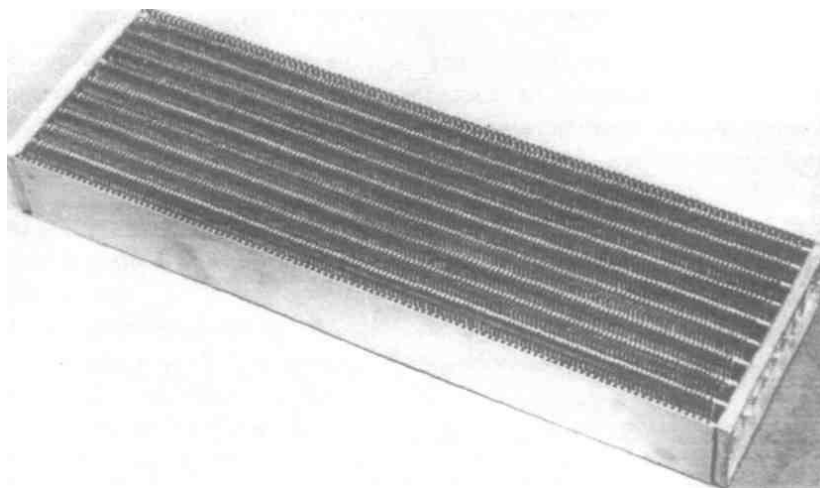


Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд ПРЕ з плоскими трубами як робочих каналів, сформованих із тонкої стрічки

Робочі канали формують з плоских алюмінієвих трубок. Всередині трубки для забезпечення міцності мають поздовжні ребра. Такі трубки виготовляють екструзією. Кінці трубок розміщуються в пазах штапованих колекторних пластин.



Рисунок 2.8 – Алюмінієвий паяний ребристий теплообмінник з плоскими ребристими трубами

Вибір конструкції робочого каналу для охолоджувального середовища залежить від призначення ПРТ, робочого тиску, теплової потужності і технологічних можливостей виробництва. Для формування робочих каналів застосовують металеві стрічки та листи товщиною 0,25–1 мм, а теплообмінну гофровану насадку виготовляють зі стрічки товщиною 0,15–0,3 мм. Розміри ПРЄ знаходяться в межах (50–150) x (200–600) x (400–1200) мм і залежать від теплової потужності ПРТ і розмірів робочої камери, що застосовується для пайки у печі.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

У тих випадках, коли при паянні формується тільки серцевина теплообмінника – ПРЕ, до нього за допомогою зварювання з боку каналів для охолоджувального середовища приєднувалися колектори (кришки).

За необхідності ПРЕ за допомогою зварювання можна з'єднати у блоки для збільшення розмірів ПРТ.

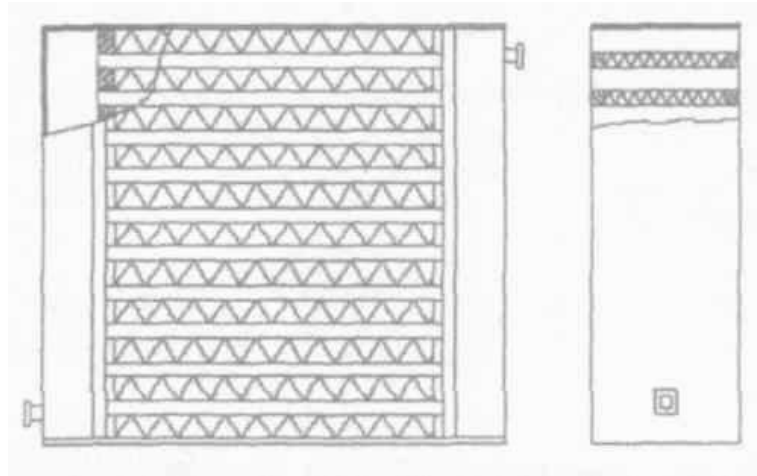


Рисунок 2.9 – Схема ПРТ з привареними колекторами

Основним вузлом ПРТ є його серцевина, ПРЕ. Багат шаровий пакет, зібраний з тонкостінних деталей, з'єднаних в вузол ПРЕ за допомогою високо-температурної пайки. При цьому пайка є єдино можливим способом виготовлення ПРЕ, тому що майже всі з'єднання ПРЕ є закритими. Управління та візуальний контроль за утворенням з'єднань є недоступним. Ця обставина вимагає високої точності виконання всіх технологічних операцій при складанні та дотримання режимів процесу пайки. ПРЕ розміром $150 \times 400 \times 850$ мм, що складається з робочих каналів висотою 3 мм і прилеглих до нього холодних каналів висотою 11 мм, з'єднується 12500 паяними швами. Довжина паяних швів становить 2258 м, площа паяних швів становить 33075 см². Якщо врахувати те, що пайка є груповим способом оброблення і в камері печі за умови пайки одночасно знаходяться десятки ПРЕ, то за продуктивністю з цим процесом не може зрівнятися жоден спосіб зварювання. Важливою є ще одна пе-

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ревага пайки. У ПРЕ переважають таврові з'єднання. Відомо, що жолобник у двотаврі не є концентратором напруження за умови співвідношення $R > 2s$, де R – радіус галтелі, s – товщина стінки двотавра. Завдяки тому, що таврові з'єднання в ПРЕ утворені стрічкою товщиною 0,15–0,3 мм, а радіус галтелі, сформований розплавленим припоєм під дією капілярних сил дорівнює 0,3–0,5 мм, то ПРЕ є надійною конструкцією, що не руйнується під час вібрації.

2.2 Розрахунок пластинчато-ребристого теплообмінника

Як конденсатор парів холодильного агенту застосовують пластинчато-ребристий теплообмінник, виготовлений з алюмінієвого сплаву, що характеризується компактністю і ефективністю конструкції. При цьому використовують найбільш прості за конструкцією одноходові теплообмінники з ребрами у вигляді безперервних гофрів. Сконструйовані теплообмінні поверхні мають високу компактність (площу поверхні в одиниці вільного об'єму).

Таблиця 2.1 – Геометричні характеристики конденсатора

Найменування параметру	Значення
1	2
Характеристика конденсатора	
Тип конденсатора	ПРТ
Коефіцієнт збільшення поверхні ϕ	3,1
Розміри елемента, м:	
довжина	1,44
ширина	0,158
висота	0,398
Матеріал теплообмінної поверхні	алюміній

Продовження таблиці 2.1

1	2
Товщина проставкового листа, $\delta_{п}, м$	10^{-3}
Товщина ребра, $\delta_{р}, м$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Теплопровідність матеріалу ребра $\lambda_{р}, Вт/м \cdot К$	180
Крок ребер $t, м$	$3,92 \cdot 10^{-3}$
Компактність апарату $S_{св}, м^2/м^3$	4000
Коефіцієнт затиснення γ	0,1
Сторона холодильного агента	
Площа поверхні теплообміну $F_{а}, м^2$	8,75
Площа поверхні ребер $F_{р.а}, м^2$	4,46
Довжина каналу $L_{ка}, м$	0,6
Еквівалентний діаметр $d_{е}, м$	$3,62 \cdot 10^{-3}$
Довжина ребра $l_{ра}, м$	$5,09 \cdot 10^{-3}$
Сторона охолоджуючого теплоносія	
Площа поверхні теплообміну $F_{х}, м^2$	27,3
Площа поверхні теплообміну $F_{рх}, м^2$	22,6
Довжина каналу $L_{кх}, м$	0,15
Еквівалентний діаметр $d_{е}, м$	$2,44 \cdot 10^{-3}$
Довжина ребра $l_{рх}, м$	$4,85 \cdot 10^{-3}$

2.2.1 Вихідні дані

Теплоносій: R600a (ізобутан);

Охолодження: водяне;

Температура конденсації: $t_k=30 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Температура води на вході в КД: $t_{w1}=17 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Теплове навантаження на конденсатор: $Q_k=185 \text{ кВт}$;

Масова витрата фреону: $m_a=0,534 \text{ кг/с}$;

Масова витрата води: $m_w=5,51 \text{ кг/с}$.

2.3 Тепловий розрахунок

Температура води на виході з конденсатора, °С

$$t_{w2} = t_{w1} + \Delta t_x,$$

де $\Delta t_x = 8^\circ\text{C}$ – перепад температур на вході і виході з конденсатора (задається);

$$t_{w2} = 17 + 8 = 25^\circ\text{C}.$$

2.3.1 Зона охолодження пари

2.3.1.1 Сторона пари

Параметри пара беруться за середньої температури, °С, яка дорівнює

$$t_{n.cp} = \frac{t_2 + t_k}{2} = \frac{51 + 30}{2} = 40,5^\circ\text{C}.$$

З [8] знаходимо:

- коефіцієнт теплопровідності пари $\lambda_n = 17,02 \cdot 10^{-3}$, Вт/(м·К);
- коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu_n = 78,32 \cdot 10^{-7}$, Па·с;
- критерій Прандтля $Pr_n = 0,788$;
- густина пари $\rho_n = 13,0$ кг/м³;
- теплоємність пари $C_n = 1,713$ кДж/(кг·К).

Попередня величина площі поверхні теплообміну в зоні охолодження

$$F'_{охл} = \frac{Q_k}{K'_n \cdot \theta_n},$$

де $K'_n = 10-20$ Вт/(м²·К) – коефіцієнт теплопередачі (задається).

Середня логарифмічна різниця температур в зоні охолодження, °С

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\theta_n = \frac{(t_2 - t_{w2}) - (t_k - t_{w2})}{\ln \frac{t_2 - t_{w2}}{t_k - t_{w2}}};$$

$$\theta_n = \frac{(51 - 25) - (30 - 25)}{\ln \frac{51 - 25}{30 - 25}} = 12,74^\circ C;$$

$$F'_{охл} = \frac{185000}{20 \cdot 12,74} = 726 \text{ м}^2.$$

Площа вільного перетину конденсатора, м²

$$F_{св.в} = F_{св.а} = \frac{m_a}{\rho_n \cdot w_n},$$

де $w_n = 8-10$ м/с – швидкість пара в апараті (задаємося).

$$F_{св.в} = F_{св.а} = \frac{0,534}{13 \cdot 10} = 0,0041 \text{ м}^2.$$

Число Рейнольдса парового потоку

$$Re_n = \frac{w_n \cdot 2L_{ка} \cdot \rho_n}{\mu_n},$$

де $2L_{ка}$, м – характерний розмір каналу насадки.

$$Re_n = \frac{10 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 13}{78,32 \cdot 10^{-7}} = 20 \cdot 10^6.$$

Визначаємо число Нусельта при турбулентному режимі

$$Nu_n = 0,02 \cdot Re_n^{0,8} \cdot Pr_n^{0,33};$$

$$Nu_n = 0,02 \cdot (20 \cdot 10^6)^{0,8} \cdot 0,788^{0,33} = 12815.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку пари

$$\alpha_n = \frac{Nu_n \cdot \lambda_n}{2L_{ка}};$$

$$\alpha_n = \frac{12815 \cdot 17,02 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,6} = 182 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

					ХМДН 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.3.1.2 Сторона води

Визначаємо теплофізичні властивості води за її середньої температури

$$T_{wcp} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2};$$

$$T_{xсер} = \frac{17 + 25}{2} = 21^{\circ}\text{C}.$$

З [6] знаходимо:

- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\epsilon} = 60,28 \cdot 10^{-2}$, Вт/(м·К);
- коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu_{\epsilon} = 963,5 \cdot 10^{-6}$, Па·с;
- критерій Прандтля $Pr_{\epsilon} = 6,7$;
- густина води $\rho_{\epsilon} = 997,7$, кг/м³,
- теплоємність води $C_{pw} = 4,183$ кДж/(кг·К)

Швидкість холодного теплоносія

$$w_{\epsilon} = \frac{m_w}{\rho_{\epsilon} \cdot F_{св.w}};$$

$$w_{\epsilon} = \frac{5,51}{997,7 \cdot 0,0041} = 1,35 \text{ м / с}.$$

Число Рейнольдса водяного потоку

$$Re_{\epsilon} = \frac{w_{\epsilon} \cdot L_{кx} \cdot \rho_{\epsilon}}{\mu_{\epsilon}};$$

$$Re_{\epsilon} = \frac{1,35 \cdot 0,15 \cdot 997,7}{963,5 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^5.$$

Для турбулентного режиму визначаємо число Нусельта

$$Nu_{\epsilon} = 0,02 \cdot Re_{\epsilon}^{0,8} \cdot Pr_{\epsilon}^{0,33};$$

$$Nu_{\epsilon} = 0,02 \cdot (2 \cdot 10^5)^{0,8} \cdot 6,7^{0,33} = 652.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\alpha_g = \frac{Nu_g \cdot \lambda_g}{2L_{кх}};$$

$$\alpha_g = \frac{652 \cdot 60,28 \cdot 10^{-2}}{0,15} = 2620 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

Уточнене значення коефіцієнта теплопередачі в зоні охолодження пара холодильного агента, Вт/(м²·К)

$$K_n = \left(\frac{1}{\alpha_n \eta_1} + \frac{\varphi}{\alpha_g \eta_2} \right)^{-1},$$

де коефіцієнти корисної дії апарату по гарячому і холодному потоку:

$$\eta_1 = 1 - \left(\frac{F_{p.a}}{F_a} \right) (1 - \eta_{p1});$$

$$\eta_2 = 1 - \left(\frac{F_{p.x}}{F_x} \right) (1 - \eta_{p2}).$$

Коефіцієнти корисної дії ребра по гарячого і холодного потоку:

$$\eta_{p1} = \frac{th \left(m_1 \cdot \frac{l_{pa}}{2} \right)}{m_1 \cdot l_{pa}} = \frac{e^{2 \cdot m_1 \cdot \frac{l_{pa}}{2}} - 1}{e^{2 \cdot m_1 \cdot \frac{l_{pa}}{2}} + 1} \cdot \frac{1}{m_1 \cdot l_{pa}};$$

$$\eta_{p2} = \frac{th \left(m_2 \cdot \frac{l_{px}}{2} \right)}{m_2 \cdot l_{px}} = \frac{e^{2 \cdot m_2 \cdot \frac{l_{px}}{2}} - 1}{e^{2 \cdot m_2 \cdot \frac{l_{px}}{2}} + 1} \cdot \frac{1}{m_2 \cdot l_{px}},$$

де m_1 и m_2 – параметри ребра

$$m_1 = \sqrt{\frac{2\alpha_n}{\lambda_p \cdot \delta_p}},$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{2\alpha_g}{\lambda_p \cdot \delta_p}},$$

де $\lambda_p=180$ Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності алюмінієвого ребра насадки апарату.

					ХМДн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$m_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 182}{180 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}}} = 116 \text{ м}^{-1};$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 2620}{180 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}}} = 440 \text{ м}^{-1};$$

$$\eta_{p1} = \frac{e^{\frac{2 \cdot 116 \cdot 5,09 \cdot 10^{-3}}{2}} - 1}{e^{\frac{2 \cdot 116 \cdot 5,09 \cdot 10^{-3}}{2}} + 1} \cdot \frac{1}{116 \cdot 5,09 \cdot 10^{-3}} = \frac{1,8 - 1}{1,8 + 1} \cdot \frac{1}{0,59} = 0,48;$$

$$\eta_{p2} = \frac{e^{\frac{2 \cdot 440 \cdot 4,85 \cdot 10^{-3}}{2}} - 1}{e^{\frac{2 \cdot 440 \cdot 4,85 \cdot 10^{-3}}{2}} + 1} \cdot \frac{1}{440 \cdot 4,85 \cdot 10^{-3}} = \frac{8,4 - 1}{8,4 + 1} \cdot \frac{1}{2,134} = 0,37;$$

$$\eta_1 = 1 - \frac{4,46}{8,75} (1 - 0,48) = 0,73;$$

$$\eta_2 = 1 - \left(\frac{22,6}{27,3} \right) (1 - 0,37) = 0,48;$$

$$K_n = \left(\frac{1}{182 \cdot 0,73} + \frac{3,1}{2620 \cdot 0,37} \right)^{-1} = 93 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

2.3.1.3 Геометричні характеристики апарату для зони охолодження пара холодильного агенту

Уточнена величина необхідної площі поверхні теплообміну в зоні охолодження пари

$$F_{охл} = \frac{Q_{\kappa}}{K_n \cdot \theta_n};$$

$$F_{охл} = \frac{185000}{93 \cdot 12,74} = 156,1 \text{ м}^2.$$

Вільний об'єм каналів за паровим потоком

$$V_{св.п} = \frac{F_{охл}}{S_{св}};$$

					ХМДН 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V_{\text{св.н}} = \frac{156,1}{4000} = 0,04 \text{ м}^3.$$

Попередня величина довжини теплообмінного апарату

$$L' = \frac{V_{\text{св.н}}}{S_{\text{np}}},$$

де S_{np} – площа поперечного перерізу каналів, м^2

$$S_{\text{np}} = \frac{m_a}{\varepsilon_{\text{св}} \cdot w_n \cdot \rho_n}.$$

Частина вільного перерізу каналів апарату

$$\varepsilon_{\text{св}} = \frac{(l_p - \delta_p)(t - \delta_p)}{t(l_p + \delta_{\text{II}})};$$

$$\varepsilon_{\text{св}} = \frac{(5,09 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-4})(3,92 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-4})}{3,92 \cdot 10^{-3} (5,09 \cdot 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^{-4})} = 0,91;$$

$$S_{\text{np}} = \frac{0,534}{0,91 \cdot 10 \cdot 13} = 0,0045 \text{ м}^2;$$

$$L' = \frac{0,04}{0,0045} = 8,9 \text{ м}.$$

2.3.2 Зона конденсації

2.3.2.1 Сторона конденсату

Параметри рідкого холодоагенту знаходимо за температури конденсації

$t_k = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ [7]:

- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{ж}} = 16,24 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu_{\text{ж}} = 0,142 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$;
- густина рідкого холодильного агента $\rho_{\text{ж}} = 544,8 \text{ кг/м}^3$;
- теплоємність рідини $C_{\text{ж}} = 240 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$;
- питома теплота конденсації $r = 324,9 \text{ кДж/кг}$.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Теплове навантаження на конденсатор в зоні конденсації

$$Q_{\text{жс}} = r \cdot m_a;$$

$$Q_{\text{жс}} = 324,9 \cdot 0,534 = 173,5 \text{ кВт}.$$

Середня логарифмічна різниця температур в зоні конденсації

$$\theta_{\text{жс}} = \frac{(t_{\text{к}} - t_{\text{w1}}) - (t_{\text{к}} - t_{\text{w2}})}{\ln \frac{t_{\text{к}} - t_{\text{w1}}}{t_{\text{к}} - t_{\text{w2}}}};$$

$$\theta_{\text{жс}} = \frac{(30 - 17) - (30 - 25)}{\ln \frac{30 - 17}{30 - 25}} = 8,37 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Попередня величина площі теплообмінної поверхні для зони конденсації, м^2

$$F'_{\text{жс}} = \frac{Q_{\text{жс}}}{K'_{\text{жс}} \cdot \theta_{\text{жс}}},$$

де $K'_{\text{жс}} = 100\text{-}200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопередачі (задається).

$$F'_{\text{жс}} = \frac{173500}{100 \cdot 8,37} = 207,3 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку рідкого холодильного агента, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$\alpha_{\text{жс}} = 1,4 \left(\frac{r \rho_{\text{жс}}^2 \cdot \lambda_{\text{жс}}^3}{\mu_{\text{жс}} \theta_a d_9} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{d_9}{L'} \right)^{0,125},$$

де $\theta_a = 3\text{-}5 \text{ К}$ – температурний напір між рідким холодоагентом і стінкою каналу (задається)

$$\alpha_{\text{жс}} = 1,4 \left(\frac{324900 \cdot 544,8^2 \cdot (16,24 \cdot 10^{-3})^3}{0,142 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 3,62 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{3,62 \cdot 10^{-3}}{8,9} \right)^{0,125} = 334 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.3.2.2 Сторона води

Розрахунки проводяться по тим же самим відносинами, які використовувалися в розділі 2.1.2.

Уточнене значення коефіцієнта теплопередачі в зоні конденсації, Вт/(м²·К)

$$K_{\text{жс}} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{жс}} \eta'_1} + \frac{\varphi}{\alpha_6 \eta_2} \right)^{-1}.$$

Коефіцієнт корисної дії апарату за гарячим потоком

$$\eta'_1 = 1 - \left(\frac{F_{p.a}}{F_a} \right) (1 - \eta'_{p1}).$$

Коефіцієнт корисної дії ребра за гарячим потоком

$$\eta'_{p1} = \frac{th \left(m'_1 \cdot \frac{l_{pa}}{2} \right)}{m'_1 \cdot l_{pa}} = \frac{e^{2 \cdot m'_1 \cdot \frac{l_{pa}}{2}} - 1}{e^{2 \cdot m'_1 \cdot \frac{l_{pa}}{2}} + 1} \cdot \frac{1}{m'_1 \cdot l_{pa}},$$

де $m'_1 = \sqrt{\frac{2\alpha_{\text{жс}}}{\lambda_p \cdot \delta_p}}$ – параметр ребра.

$$m'_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 334}{180 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}}} = 157 \text{ м}^{-1};$$

$$\eta'_{p1} = \frac{e^{\frac{2 \cdot 157 \cdot 5,09 \cdot 10^{-3}}{2}} - 1}{e^{\frac{2 \cdot 157 \cdot 5,09 \cdot 10^{-3}}{2}} + 1} \cdot \frac{1}{157 \cdot 5,09 \cdot 10^{-3}} = \frac{2,2 - 1}{2,2 + 1} \cdot \frac{1}{0,8} = 0,47;$$

$$\eta'_1 = 1 - \frac{4,46}{8,75} (1 - 0,47) = 0,73;$$

$$K_{\text{жс}} = \left(\frac{1}{334 \cdot 0,73} + \frac{3,1}{2620 \cdot 0,37} \right)^{-1} = 137 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Коефіцієнт корисної дії апарату по холодному потоку беремо таким самим як і в розділі 2.1.2.

2.3.2.3 Геометричні характеристики конденсатора

Уточнена величина площі поверхні, яка необхідна для теплообміну в зоні конденсації

$$F_{жс} = \frac{Q_{жс}}{K_{жс} \cdot \theta_{жс}};$$
$$F_{жс} = \frac{173500}{137 \cdot 8,37} = 151 \text{ м}^2.$$

Сумарна необхідна площа поверхні теплообміну конденсатора

$$F_{к} = F_{охл} + F_{жс};$$
$$F_{к} = 156,1 + 151 = 307,1 \text{ м}^2.$$

Вільний об'єм каналів за гарячим потоком

$$V_{св.Г} = \frac{F_{к}}{S_{св}};$$
$$V_{св.Г} = \frac{307,1}{4000} = 0,077 \text{ м}^3.$$

Повна площа поперечного перерізу апарату (без урахування товщини розділювальних пластин), м²

$$F = \frac{2F_{к}}{1 - \gamma};$$
$$F = \frac{2 \cdot 307,1}{1 - 0,1} = 682,4 \text{ м}^2.$$

Уточнена довжина конденсатора

$$L = \frac{V_{св.Г}}{S_{пр}},$$

де $S_{пр} = 0,0045 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу каналів;

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$L = \frac{0,077}{0,0045} = 17,1 \text{ м.}$$

Число каналів (округляється до цілого числа)

$$n = \frac{V_{\text{св.Г}}}{LB(l_p + \delta_p)};$$

$$n = \frac{0,077}{1,44 \cdot 0,158 \cdot (5,09 \cdot 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^{-4})} = 65.$$

2.4 Гідрравлічний розрахунок конденсатора

Знаходимо фактор тертя при русі води в конденсаторі за формулою

$$f = \frac{0,08}{\text{Re}_e^{0,25}};$$

$$f = \frac{0,08}{(2 \cdot 10^5)^{0,25}} = 0,0038.$$

Втрати тиску води в конденсаторі

$$\Delta p_e = \frac{\rho_e w_e^2}{2} \cdot \frac{1 - f \cdot \frac{F}{F_{\kappa}}}{2};$$

$$\Delta p_e = \frac{997,7 \cdot 1,35^2}{2} \cdot \frac{1 - 0,0038 \cdot \frac{682,4}{307,1}}{2} = 451 \text{ Па.}$$

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.5 Міцнісний розрахунок проставочної пластини

Зварений корпус і кришки конденсатора розраховують на міцність за методикою, яка викладена в [5].

Товщина проставочної пластини з розмірами $L \times B$ і товщиною δ_{II} визначається з її розрахунків на міцність при навантаженні надмірним тиском p_u як прямокутної пластини, яка жорстко закріплена по всьому периметру.

Приймаємо для алюмінію модуль пружності $E = 0,71 \cdot 10^5$ МПа, допустиме напруження $[\sigma] = 50$ МПа.

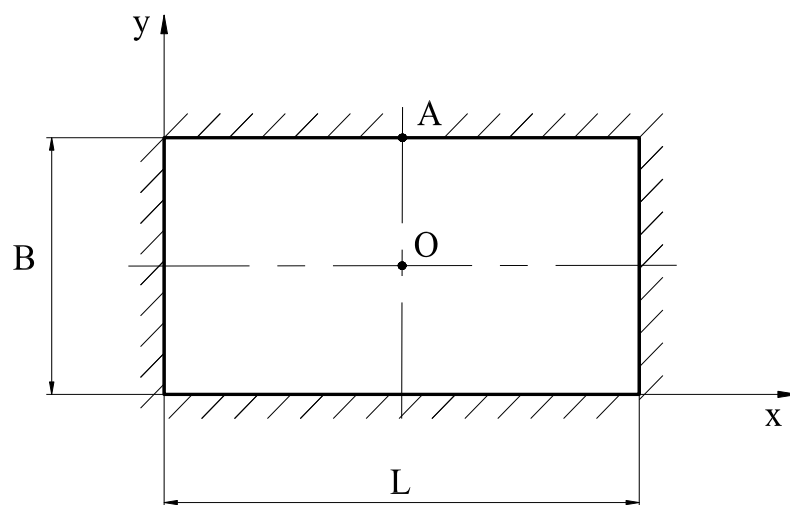


Рисунок 2.10 – Проставкова пластинка

Небезпечними є точки O і A, в яких визначається напруження від прогинання.

Для точки O напруження, МПа

$$\sigma_{x0} = C_2 \cdot p_u \cdot \left(\frac{B}{\delta_{II}} \right)^2;$$

$$\sigma_{y0} = C_3 \cdot p_u \cdot \left(\frac{B}{\delta_{II}} \right)^2.$$

Для точки A напруження, МПа

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\sigma_{XA} = C_4 \cdot p_u \cdot \left(\frac{B}{\delta_{II}} \right)^2,$$

де коефіцієнти C_2, C_3, C_4 визначаються залежно від відношення $\frac{L}{B}$ [2], табл. 6, с. 217.

З умови міцності ці напруження не повинні перевищувати величину допустимого напруження $[\sigma]$.

$$\sigma_{xo} = 0,42 \cdot 60 \cdot \left(\frac{0,158}{10^{-3}} \right)^2 = 35 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{yo} = 0,8 \cdot 60 \cdot \left(\frac{0,158}{10^{-3}} \right)^2 = 27 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{XA} = 0,38 \cdot 60 \cdot \left(\frac{0,158}{10^{-3}} \right)^2 = 18 \text{ МПа}.$$

Отримані значення не перевищують допустиме напруження $[\sigma] = 50 \text{ МПа}$, тому товщини проставкового листа достатньо.

Максимальна прогинання в точці $O f_o$ не повинно перевищувати величину $[f] = \frac{L}{300}$, м [2].

Значення f_o , м, визначається за формулою

$$f_o = C_1 \cdot \frac{p_u \cdot B^4}{E \cdot \delta_{II}^3},$$

де коефіцієнт C_1 беруть залежно від відношення $\frac{L}{B}$ [2], табл. 6, с. 217.

$$f_o = 2,84 \cdot \frac{60 \cdot 0,158^4}{0,71 \cdot 10^5 \cdot (10^{-3})^3} = 0,0011 \text{ м}.$$

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Задачі охорони праці – звести до мінімуму ймовірність ураження або захворювання працюючого, з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Поліпшення умов праці, підвищення його безпеки має велике економічне значення. Воно впливає на економічні результати: на продуктивність праці, якість і собівартість продукції, що випускається. Знижується виробничий травматизм, професійні захворювання, інвалідність, що зберігає здоров'я працівників і одночасно приводить до зменшення витрат на оплату пільг і компенсацій за роботу в несприятливих умовах праці, на лікування працівників.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізичні.

Компресор КВР-70 працює на фреоні R600a в складі холодильника по замкнутому холодильному циклу. Всі режими робіт холодильного агрегату виконуються автоматично і не потребують стороннього контролю з боку обслуговуючого персоналу.

Живлення компресора, приладів автоматики здійснюється від мережі змінного струму напругою 220-240 В.

Під час експлуатації та ремонту холодильника на обслуговуючий персонал і покупців можуть впливати фізичні і хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3.1.1 Фізичні небезпечні і шкідливі фактори

Під час експлуатації і ремонту холодильника людина може зіткнутися з такими фізично небезпечними і шкідливими виробничими факторами:

- з підвищеним рівнем шуму, вібрації;
- з ураженням електричним струмом.

Перераховані вище фактори за певних умов можуть привести до травми і погіршення здоров'я.

Заходи щодо усунення та зниження небезпечних і шкідливих факторів

- Для зниження рівня вібрації під час роботи компресора застосовуються віброізолюючі опори, на які встановлюють компресор. Використання віброізолюючих опор також знижує рівень шуму від вібрації компресора. Для забезпечення електробезпеки застосовуються такі заходи захисту:
 - розташування струмоведучих частин в недоступних для випадкового дотику місцях;
 - подвійна ізоляція проводів;
 - захисне заземлення, яке усуває небезпеку ураження людей електричним струмом при замиканні на корпус;
 - захисне відключення, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження струмом.

3.1.2 Хімічні шкідливі виробничі фактори (шкідливі речовини)

Шкідливі виробничі фактори при виготовленні і експлуатації обумовлені перш за все властивостями матеріалів, що входять до складу холодиль-

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		31

ного агрегату, а також допоміжних матеріалів, використовуваних при здійсненні технологічних процесів. Такими матеріалами є різні технологічні рідини.

3.2. Заходи із запобігання небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Підвищення електробезпеки в установках досягається застосуванням систем захисного заземлення, захисного відключення і інших засобів і методів захисту, в тому числі Знаки безпеки і попереджувальних плакатів і написів.

3.2.1 Основні правила техніки безпеки при проведенні складальних робіт

До роботи допускаються особи, які пройшли інструктаж і перевірку знань з безпечних методів роботи безпосередньо на робочому місці.

На кожну операцію технологічного процесу повинна бути складена інструкція з технічного обслуговування обладнання та інструкція з техніки безпеки, що відображають специфічні особливості кожної операції і найбільш небезпечні моменти в роботі.

3.3 Захист від впливу шумових джерел

При організації робіт на заводі необхідно передбачити захист від шуму.

Для зниження шуму необхідно:

- послабити шум джерел, зокрема, передбачити застосування в їх конструкції звукоізолюючих і звукопоглинальних екранів, кожухів тощо;
- знизити ефект сумарного впливу на робочі місця відбитих звукових

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

хвиль за рахунок поглинання їх поверхнями огорожувальних конструкцій;

- застосовувати раціональне розміщення обладнання (джерела шуму поміщати в окремих приміщеннях);

- використовувати архітектурно-планувальні та технологічні рішення.

Зокрема, посилити звукоізоляцію стін, віконних і дверних прорізів.

Заходи щодо забезпечення комфортних умов праці

У створенні найбільш сприятливих умов праці на заводі важливу роль відіграє планування робочого місця.

Практика показує, що планування робочого місця повинна задовольняти вимогам зручності виконання робіт, економії енергії і часу робочого, раціонального використання виробничих площ і зручності обслуговування обладнання, дотримання правил техніки безпеки.

Виробниче середовище, що є предметним оточенням людини, повинно поєднувати в собі раціональне архітектурно-планувальне рішення, оптимальні санітарно-гігієнічні умови (мікроклімат, освітлення, вентиляція тощо), науково обґрунтоване колірне забарвлення і створення високоякісних інтер'єрів.

Приміщення цехів, розміри (площа, кубатура) повинні, в першу чергу, відповідати кількості працюючих і розміщаваному в них комплексу технічних засобів. У них передбачають відповідні параметри температури, освітлення, чистоти повітря, забезпечують ізоляцію від виробничих шумів тощо.

Для забезпечення нормальних умов праці санітарні норми СП 45-71 встановлюють на одного працюючого об'єм виробничого приміщення не менше 15 м^3 ; площа приміщення огорожених стінами не менше $4,5 \text{ м}^2$. Висота машинної зали над технологічною підлогою до підвісної стелі повинна бути $3\text{--}3,5 \text{ м}$. Висоту підпільного простору приймають такою, що дорівнює $0,2\text{--}0,6 \text{ м}$ (за умови прокладення зовнішніх повітропроводів не менше $0,3 \text{ м}$, а

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

за наявності лише кабелів не менше 0,15–0,2 м).

Під час роботи часто виникають ситуації, в яких робітник повинен прийняти правильне рішення. Для успішної роботи в таких умовах необхідне раціонально організоване навколишнє середовище, що захищає працівника від впливу сторонніх подразників, якими можуть бути неправильне розміщення робочого місця, незручне розташування сигналізації, клавіш управління тощо. Тому всіма засобами необхідно зменшувати стомлюваність і напруження працюючого персоналу, створювати обстановку виробничого комфорту.

Велике значення має раціональне розташування на пультах управління засобів сигналізації та контрольних приладів. Кнопки для включення і виключення, перемикачів, а також всілякі ручки управління повинні забезпечувати мінімальні витрати мускульної і нервової енергії і відповідати естетичним вимогам.

За умови організації робочого місця необхідно враховувати дані антропометрії. Рухи працівника необхідно сконцентрувати так, щоб групи його м'язів були навантажені рівномірно, а зайві непродуктивні рухів усунені.

3.4 Виробнича гігієна і санітарія

3.4.1 Освітлення

Комфортність умов праці багато в чому залежить від освітлення. Неминучим наслідком поганого освітлення є зниження продуктивності праці. Дослідним шляхом доведено можливість підвищення продуктивності праці в результаті поліпшення освітленості.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		34

3.4.2 Мікроклімат

У приміщеннях повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімата:

- температура повітря 18–25 °С;
- відносна вологість повітря – 40–60 %;
- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с;
- кількість іонів в 1 см³ повітря – 50000.

Оптимальна температура і вологість повітря в приміщенні підтримувати за допомогою вентиляторів. Взимку приміщення обігривається центральним паровим опаленням.

3.4.3 Пожежна безпека

Джерелом пожежі на робочому місці можуть виявитися електронні схеми, освітлювальна апаратура, легко займисті речовини тощо.

Додаткову пожежонебезпеку являють собою системи вентиляції і кондиціонування, які слугують для відведення надлишкової теплоти. У разі пожежі вони будуть забезпечувати подачу кисню і швидко поширюють вогонь по всіх приміщеннях.

Напруга до електроустановок подається по кабельних лініях. Наявність горючої ізоляції, імовірних джерел запалювання у вигляді іскор та дуг, розгалуженість і важкодоступність роблять їх небезпечними в пожежному відношенні. Більшість великих пожеж на обчислювальних центрах відбулися з цієї причини.

Експлуатація заводського обладнання пов'язана із необхідністю проведення профілактичних робіт. При цьому використовують різні мастильні речовини, легкозаймисті рідини. Виникає додаткова пожежна небезпека.

Важливу роль при проектуванні будинків відіграє необхідність дотри-

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		35

муватись заходів пожежної безпеки. Для виготовлення будівельних конструкцій використовується цегла, залізобетон, скло, метал і інші негорючі матеріали. У заводських приміщеннях влаштовують вогнетривкі протипожежні перегородки. Підпільні простори розділяють вогнетривкими діафрагмами на відсіки площею не більше 50 м². Стіни, підлога повинні бути вкриті негорючими матеріалами. Необхідна наявність на робочих місцях або поблизу них засобів пожежогасіння.

При гасінні пожеж в приміщенні працівників розумової праці найбільш прийнятним є механічний зрив полум'я (приміщення категорії Д) вуглекислотними вогнегасниками, порошковими вогнегасниками (ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-10). Всередині виробничого приміщення прокладання водогонів та встановлення пожежних кранів не допускається.

У разі виникнення вогнища пожежі необхідно негайно повідомити про це в чергову пожежну частину і керівництву заводу. Не чекаючи прибуття пожежного підрозділу приступити до ліквідації пожежі, попередньо знеструмивши установку.

У великих цехах з метою швидкого виявлення та усунення вогнища пожежі необхідно встановлювати установки пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння. Установки пожежної сигналізації можуть складатися з теплових, світлових та реагують на дим датчиків.

Застосування автоматичних засобів виявлення пожеж є одним з основних умов забезпечення пожежної безпеки. У приміщенні, де знаходиться робоче місце керуючого персоналу доцільно застосовувати диференціальні теплові сповіщувачі, які мають достатню чутливість. Можливе застосування теплових випромінювачів максимальної дії. Як пожежні сповіщувачі рекомендується застосування недорогого і надійного автоматичного сповіщувача типу ДТЛ, який включається послідовно з датчиками охоронної сигналізації.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		36

3.5 Інструкція з техніки безпеки

До безпосередньої роботи з ПЕОМ допускаються чоловіки і жінки, які не мають медичних протипоказань, визнані придатними після медичного огляду.

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 число евакуаційних виходів з будівель і приміщень визначається розрахунками, але повинна становити не менше двох.

Під час роботи дотримуватися Правил трудового розпорядку.

3.5.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи необхідно оглянути робоче місце, прибрати сторонні предмети, переконатися в справності обладнання. Поверхня монітору повинен знаходитися від очей користувача на оптимальній відстані 700 мм, але не ближче 500 мм.

Кожен працівник, який помітив несправність ПЕОМ повинен негайно повідомити своєму безпосередньому керівнику, а самому вжити відповідних заходів, аж до відключення обладнання від мережі.

У разі виникнення пожежі для гасіння електроустановок застосовувати вогнегасники ОПУ-2 (порошкові уніфіковані) ТУ 22-6098-85.

При отриманні травми усунути вплив травмуючого фактора, викликати медичну допомогу.

3.5.2 Вимоги до виконання режимів праці і відпочинку

Забезпечення роботи холодильної машини в даний час для експлуатаційного персоналу пов'язане із постійним контролем основних параметрів машини, значення яких виводяться на дисплей персонального комп'ютера

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		37

(ПЕОМ). Тому далі розглянемо вимоги техніки безпеки з охорони праці під час роботи з ПЕОМ.

Сумарний час безпосередньої роботи з персональним комп'ютером не може перевищувати 6 годин. Через кожні 1,5–2 години повинна встановлюватися регламентована перерва 15 хвилин. Під час перерви з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора доцільно виконувати вправи для очей. Тривалість безперервної роботи з ПЕОМ не повинна перевищувати 2 годин.

3.5.3 Вимоги виробничої санітарії

У приміщеннях з ПЕОМ щодня повинно бути вологе прибирання.

Приміщення з ПЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення.

Розташування робочих місць з ПЕОМ у цокольних і підвальних приміщеннях не допускається.

Площа на одне робоче місце з ПЕОМ повинна складати не менше 6,0 м, а об'єм – не менше 20,0 м.

Виробничі приміщення, в яких для роботи використовують переважно ПЕОМ не повинні межувати з приміщеннями, в яких рівні шуму і вібрації перевищують нормовані значення. Фоновий рівень шуму у виробничих приміщеннях з ПЕОМ не повинен перевищувати 40 дБА.

Приміщення з ПЕОМ повинні бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією.

Поверхня підлоги в приміщеннях експлуатації ПЕОМ повинна бути зручною для очищення та вологого прибирання, мати антистатичні властивості.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		38

3.5.4 Вимоги до освітлення приміщень та робочих місць з ПЕОМ

Штучне освітлення повинно забезпечувати рівень освітленості не менше:

- екран – 200 лк;
- клавіатура – 400 лк;
- документ – 500 лк;
- стіл – 500 лк.

Як джерела світла при штучному освітленні повинні застосовуватися переважно люмінесцентні лампи.

3.5.5 Вимоги до організації та обладнання робочих місць з ПЕОМ

Робочі місця з ПЕОМ повинні розташовуватися від стін з віконними отворами не менше 1,5 м, відстань між робочими столами з ПЕОМ повинні бути не менше 1,5 м. Робочі місця з ПЕОМ відносно світлових прорізів повинні розташовуватися так, щоб природне світло падало переважно зліва.

Обладнання, що видає сторонній шум (матричні принтери тощо), необхідно розміщувати поза приміщеннями з використанням ПЕОМ.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		39

Висновки

У результаті виконання кваліфікаційної роботи, було виконано термодинамічний розрахунок одноступеневої парокомпресійної холодильної машини з регенеративним теплообмінним апаратом, що працює на фреоні R600a (ізобутан) і має холодопродуктивність $\dot{Q}_0 = 150 \text{ кВт}$. В результаті розрахунку було отримано коефіцієнт термотрансформації циклу, який склав $COP = 4,3$.

Після виконання розрахунку холодильної машини по отриманого значення теплового навантаження на конденсатор, яка склала $\dot{Q}_k = 185 \text{ кВт}$, був виконаний тепловий, конструктивний, гідравлічний та міцнісний розрахунки конденсатора пластинчато-ребристого типу. Даний тип теплообмінних апаратів є високо компактним, низько металоємним, надійним та довговічним, що дозволяє отримати високі значення коефіцієнтів тепловіддачі за рахунок турбулізації потоку при його русі в каналах.

Перед тепловим розрахунком був описаний процес виготовлення пластинчато-ребристих теплообмінників і їх основний складової частини - пластинчато-ребристого елемента ПРЕ.

В результаті теплового розрахунку апарату були отримані значення площі теплообміну $307,1 \text{ м}^2$, яка включає $151,0 \text{ м}^2$ зони конденсації і $156,1 \text{ м}^2$ для зони зняття перегріву пари.

В результаті гідравлічного розрахунку апарату були розраховані втрати тиску води в конденсаторі, які склали $\Delta p_g = 451 \text{ Па}$.

В результаті виконання міцного розрахунку була розрахована проставкова пластина апарату як найбільш навантажений елемент розглянутого теплообмінного апарату.

У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» були проаналізовані основні небезпечні та шкідливі фактори, що виникають при роботі парокомпресійних холодильних машин і методи захисту від їх впливу.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Описано небезпечні і шкідливі фактори при роботі персоналу, що експлуатує холодильну машину.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		41

Список літератури

1. 4110 Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалаврів професійного напрямку підготовки 6.050604 "Енергомашинобудування" [Текст] : для студ. напрямів підготовки 6.05060405 "Компресори, пневмоагрегати та вакуумна техніка", 6.05060403 "Холодильні машини і установки" денної та заочної форм навчання / В. М. Арсеньєв, Ю. М. Вертепов. – Суми : СумДУ, 2016. – 15 с.
2. Краткий справочник машиностроителя/ Под ред. С.А. Чернавского. – М.: Машиностроение, 1966. – 788 с.
3. Писаренко Г.С. и др. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1988. – 734 с.
4. Методичні вказівки з курсового і дипломного проектування “Пластинчасто-ребристый конденсатор з повітряним охолодженням парокompресійної холодильної машини” з курсу “Холодильні установки”/ Укладачі: Ю.М Вертепов і С.С. Мелейчук - Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 18 с.
5. Данилова Г.Н. и др. Теплообменные аппараты холодильных установок – Л.: Машиностроение, 1986. – 303 с.
6. Богданов С.Н. и др. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.
7. Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
8. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей : справочник / Н. Б. Варгафтик. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Гос. изд-во физико-матем. л-ры, 1972. – 720 с.

					ХМдн 03.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		