

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



Зімін О.В., Томчик О. М.

**ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА
І ТЕХНОЛОГІЯ**

Посібник до лабораторних занять

Одеса 2021

Зімін О.В., Томчик О. М. Холодильна техніка і технологія: Посібник до лабораторних занять. Одеська національна академія харчових технологій, 2017. – 30 с.

Посібник до лабораторних занять призначено для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування», галузі знань 14 «Електрична інженерія»

Рецензент: д-р технічних наук, завідувач кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря М. Г. Хмельнюк

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря.

Протокол № 7 від 26.02.2021 р.

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні Ради зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія»

Протокол № 6 від 26 лютого 2021 р.

ВСТУП

Лабораторні роботи є невід'ємною частиною дисципліни «Холодильна техніка і технологія».

Метою лабораторних робіт є практичне закріплення знань з дисципліни, ознайомлення з холодильним устаткуванням і практичними схемними рішеннями холодильних установок, тепло- і пароізоляційними матеріалами, а також з контрольно-вимірювальними приладами і методами проведення експериментальних досліджень холодильних установок.

Усі роботи виконуються в лабораторіях фреонових і аміачних установок ОНАПТ.

До початку лабораторних робіт студенти повинні ознайомитися з правилами техніки безпеки.

При підготовці до лабораторної роботи студент повинний вивчити методичні вказівки з її проведення і підготувати таблиці вимірюваних величин.

Безпосередньо перед початком роботи викладач, що веде заняття, перевіряє підготовленість студентів до її проведення.

Виконання кожної лабораторної роботи оформляється студентом у вигляді звіту на аркушах формату А4. Звіт пишуть пастою чи чорнилом чорного, синього чи фіолетового кольору з однієї сторони листа.

На першій сторінці звіту вказуються назва ВНО, кафедри, прізвище, ініціали студента, номер навчальної групи, номер лабораторної роботи і її назва, а також дата проведення.

У звіті обов'язково повинні бути відбиті розділи «Мета роботи», «Зміст роботи», «Результати вимірів і обробка отриманих даних», «Висновки». Необхідні схеми, малюнки і графіки вичерчують олівцем.

Схеми холодильних установок у лабораторних роботах № 1 і № 5 виконують на аркушах формату А2.

Не пізніше, ніж через тиждень після проведення кожної лабораторної роботи, оформлені звіти повинні бути здані викладачу, що веде заняття, що проставляє студентам оцінки, що враховують виявлені ними знання при опитуванні і якість оформлення звіту з лабораторної роботи.

У лабораторних роботах № 1 і № 5 студенти захищають їх після оформлення, тобто показують знання під час опитування по виконаних схемах холодильних установок.

Нижче приведений перелік лабораторних робіт.

№ лаб. роботи	Назва роботи	Обсяг, годин	Лабораторія
1	Зняття схеми фреонової холодильної установки	5	023
2	Визначення конструктивних характеристик і теплового навантаження камерних батарей	2	023
3	Визначення конструктивних характеристик і теплового навантаження повітроохолоджувачів	2	023
4	Вивчення особливостей холодильної ізоляції	2	023
5	Зняття схеми аміачної холодильної установки	6	50
6	Дослідження холодильної камери з пристінною батареєю	4	023
7	Дослідження холодильної камери зі стельовою батареєю	4	023
8	Дослідження холодильної камери з повітроохолоджувачем	4	023

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Зняття схеми фреонової холодильної установки

1. Мета роботи.

- 1.1. Ознайомлення з устаткуванням лабораторної фреонової холодильної установки двоступінчастого стиску.
- 1.2. Вивчення монтажною схемою лабораторної установки.
- 1.3. Ознайомлення з позначеннями, застосовуваними при складанні принципів схем.
- 1.4. Одержання навичок у складанні ізометричних схем холодильних установок.

2. Порядок проведення роботи.

- 2.1. Ознайомитися з будовою і визначити характеристики фреонового, водяного і ропного холодильного устаткування. Записати паспортні дані компресорів, насосів, основних і допоміжних апаратів.

2.2. Ознайомитися з особливостями монтажною схемою лабораторної холодильної установки, можливими варіантами її роботи в режимах одно- і двоступінчатого тиску.

2.3. Скласти ізометричну схему лабораторної фреонової холодильної установки.

2.4. Намалювати цикли роботи лабораторної холодильної установки в режимах одно- і двоступінчатого тиску в $h - \lg P$ чи $S - T$ діаграмах. Пояснити всі робочі процеси, показані в цих циклах.

3. Методичні вказівки по проведенню роботи.

3.1. При визначенні характеристик холодильного устаткування вказати:

- для компресорів – тип, холодопродуктивність при стандартних умовах, частоту обертання вала, потужність електродвигуна;
- для насосів – тип, продуктивність, напір, частоту обертання вала, потужність електродвигуна;
- для теплообмінних апаратів – тип, напрямки руху середовищ, що обмінюються теплотою, величину теплообмінної поверхні;
- для допоміжних апаратів – призначення апарата, відмінні риси.

3.2. Рекомендований наступний порядок складання ізометричної схеми лабораторної холодильної установки.

3.2.1. Усе холодильне устаткування умовне розділити на 4 блоки:

- блок високого тиску (компресор ФУБС-15, конденсатор, що знаходиться під ним, і лінійний ресивер),
- блок середнього тиску (компресор ФУУБС-18, конденсатор, що знаходиться під ним, і між ступеневий охолоджувач пари з малим фільтром - осушувачем),
- блок низького тиску (випарник, теплообмінник, великий фільтр – осушувач і регулююча станція),
- блок насосний (водяники і ропний насоси, градирня, водяний бак, камерна батарея, бак для розведення розсолу і розширювальний бак).

3.2.2. Для кожного блоку скласти попередню ізометричну схему розміщення холодильного устаткування (з досить великими відстанями між устаткуванням).

3.2.3. Виконати обв'язку отриманих схем перших трьох блоків фреоновими трубопроводами й арматурою.

3.2.4. Виконати обв'язку всіх блоків водяними і ропними трубопроводами й арматурою.

3.2.5. На базі отриманих попередніх ізометричних схем розведення трубопроводів усіх блоків скласти остаточну загальну схему фреонової холодильної установки. При цьому варто коректувати відстань між устаткуванням так, щоб забезпечити рівномірну щільність прокладки трубопроводів на кресленні.

3.3. Компресори, насоси й апарати на ізометричній проекції варто зображувати так, щоб вони були пізнавані, а відносні розміри різних видів устаткування на схемі приблизно відповідали відносним розмірам реального устаткування.

3.4. Схему фреонової холодильної установки переважніше виконувати багатобарвною з дотриманням прийнятих у холодильній техніці позначень кольорів трубопроводів. При цьому холодильне устаткування, арматуру і контрольно-вимірювальні прилади позначають чорним кольором.

Позначення трубопроводів у кольорових схемах:

червоний – фреонові парові трубопроводи високого тиску, нагнітальний трубопровід й аварійний викид;

синій – фреонові парові трубопроводи низького тиску і усмоктувальний трубопровід;

сріблястий – фреонові рідинні трубопроводи (можна на схемах позначати їх жовтим кольором);

зелений – водяні трубопроводи;

сірий – ропні трубопроводи.

3.5. При складанні чорно-білої схеми фреонової холодильної установки варто використовувати спеціальні умовні позначення, що застосовують в холодильній техніці.

Позначення трубопроводів у чорно-білих схемах:

—▷— 18п — парові нагнітальні й усмоктувальні фреонові трубопроводи;

—➔— 18ж — рідинні фреонові трубопроводи;

—▷— 18а — трубопроводи аварійного викиду фреону;

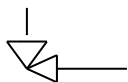
—➔— 1 — водяники трубопроводи;

—➔— 28 — ропні трубопроводи.

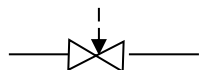
3.6. Позначення арматури і контрольне – вимірювальних приладів:



вентиль прохідний;



вентиль кутовий; засувка;



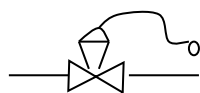
вентиль регулюючий;



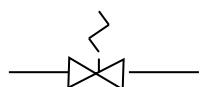
вентиль триходовий;



вентиль соленоїдний;



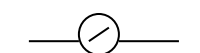
вентиль теплорегулюючий;



клапан запобіжний;



оглядове скло;



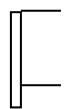
витратомір;



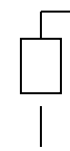
термометрова гільза;



манометр, мановакууметр;



візуальний показчик рівня;



поплавковий показчик рівня.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Визначення основних характеристик камерної батареї

1. Мета роботи і її особливості.

1.1. Визначення площі зовнішньої теплопередавальної поверхні камерної батареї.

1.2. Визначення коефіцієнта оребрення камерної батареї.

1.3. Визначення теплового навантаження камерної батареї.

1.4. Одержання початкових навичок складання ескізів апаратів.

Зазначені вище характеристики визначаються на чотирьох секціях батарей різних конструкцій: «И», «ИРСН», двохтрубних і трьохтрубних секціях ропної батареї. Тому студентів, що виконують роботу, поділяють на чотири групи, кожна з яких визначає характеристики секції окремої батареї.

2. Порядок проведення роботи.

2.1. Скласти характеристику теплообмінної секції: тип трубного пучка (однорядний, дворядний, шаховий, коридорний), число труб по ширині і глибині пучка, тип ребер (кручені, пластинчасті, трапецієподібні і т.п.), матеріал труб і ребер, напрямок руху робочого тіла.

2.2. За допомогою мірятьних інструментів виміряти основні конструктивні характеристики батареї відповідно до таблиці № 1.

2.3. Намалювати ескіз секції батареї (у двох проекціях). Вимірити габаритні і приєднувальні розміри секції і позначити на ескізі.

2.4. Намалювати ескіз оребреного елемента і проставити на ньому розміри.

3. Вказівки щодо обробки даних вимірювань

3.1.1. Визначити коефіцієнт оребрення:

$$\beta = \frac{f_p + f_{mp}}{\pi d_n u_p},$$

де f_p – площа поверхні ребра;

f_{mp} – площа поверхні ділянки труби між сусідніми ребрами.

Величину f_p можна розрахувати залежно від форми ребра.

Для трапецієподібних пластинчастих ребер:

$$f_p = 2,5(b_{op} + b_{ep})h_p - \frac{\pi d_n^2}{2}.$$

Таблиця № 1. Конструктивні характеристики батареї

Характеристики батареї	Позначення	Величина	Розмірність
Сумарна довжина оребреної частини труб	l_{op}		м
Сумарна довжина прямих ділянок гладкої частини труб	$l_{гл}$		м
Зовнішній діаметр труб.....	d_n		м
Зовнішній діаметр труби калача	d_k		м
Число калачів	n_k		
Крок труб по ширині	S_1		м
Крок ребер	u_p		м
Товщина ребра	δ_p		м
Для батареї типу «ИРСН»:			
крок труб по глибині	S_2		м
висота ребра	h_p		м
ширина ребра у підставі	b_{op}		м
ширина ребра у вершині	$b_{вр}$		м
Для батареї типу «И»:			
ширина ребра, рівна ширині батареї	Y		м
Для секцій ропної батареї:			
висота ребра	h_p		м

Для прямокутних пластинчастих ребер:

$$f_p = 2S_1 B - \frac{\pi d_n^2}{2} .$$

Для кручених ребер:

$$f_p = (2h_p + \delta_p) l_p ;$$

$$\text{де } l_p = \sqrt{(\pi(2h_p + d_n))^2 + u_p^2} .$$

Площа поверхні ділянки труби між сусідніми ребрами:

для прямокутних і трапецієподібних пластинчастих ребер:

$$f_{mp} = \pi d_n (u_p - \delta_p) ;$$

для кручених ребер:

$$f_{mp} = \pi d_n u_p - \delta_p l_p .$$

3.1.2. Визначити площу зовнішньої теплопередавальної поверхні одного погонного метра оребреної труби

$$F_1 = \pi d_H \beta.$$

3.2. Визначити загальну площу зовнішньої теплопередавальної поверхні батареї

$$F_H = F_{pT} + F_{гT},$$

де F_{pT} – сумарна площа поверхні оребреної частини труб батареї;

$F_{гT}$ – сумарна площа поверхні гладкої частини труб батареї.

Величину F_{pT} визначити з виразу: $F_{pT} = F_1 l_{op}$.

Величину $F_{гT}$ обчислити як

$$F_{гT} = \pi(d_H l_{гT} + 0,5 \pi S_1 d_K n_K).$$

3.3. Визначити теплове навантаження батареї

$$Q_6 = k_H F_H \theta,$$

де k_H – коефіцієнт теплопередачі батареї, віднесений до зовнішньої поверхні;

θ – різниця між температурами повітря камери і робітника тіла.

Наближені значення k_H і θ дані в таблиці № 2

Таблиця № 2

Робоче тіло	$k_H, \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$	$\theta, \text{К}$
R22	3,5...5,0	10...15
CaCl ₂	3,0...4,5	8...10...10

Обчислити наближені межі зміни Q_6 для різних умов роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Визначення основних характеристик повітроохолоджувача

1. Мета роботи і її особливості.

1.1. Визначення площі зовнішньої теплопередавальної поверхні і площі «живого перетину» повітроохолоджувача.

1.2. Визначення коефіцієнта оребрення повітроохолоджувача.

1.3. Визначення теплового навантаження повітроохолоджувача.

1.4. Одержання навичок складання ескізів апаратів.

Зазначені вище характеристики визначають на чотирьох повітроохолоджувачах різних конструкцій: «СТЕ29М6», «ЕР-300», «ВОП2Н-14-2-3Е» і «У-16». Тому студентів, що виконують роботу, поділяють на чотири групи, кожна з яких визначає характеристики одного окремого повітроохолоджувача.

2. Порядок проведення роботи.

2.1. Записати паспортні дані повітроохолоджувача.

2.2. Скласти характеристику теплообмінної поверхні повітроохолоджувача: тип трубного пучка (шаховий, коридорний), число труб по ширині (n_b) і глибині (n_h) пучка, тип ребер, матеріал труб і ребер, напрямок руху робочого тіла.

2.3. За допомогою вимірювальних інструментів вимірити основні конструктивні характеристики теплообмінної поверхні повітроохолоджувача відповідно до таблиці № 1.

2.4. Намалювати ескіз повітроохолоджувача (у трьох проекціях). Вимірити габаритні і приєднувальні розміри апарата і проставити їх на ескізі.

Примітка: для повітроохолоджувача з подвійним кроком ребер по ходу повітря замість величини u_p вимірити u_{p1} – крок рідко розташованих ребер і u_{p2} – крок часто розташованих ребер. Замість величини n_h – підрахувати n_{h1} – число рядів труб із кроком ребер u_{p1} і n_{h2} – число рядів труб із кроком ребер u_{p2} .

Таблиця № 1

Конструктивні характеристики теплообмінної поверхні
повітроохолоджувача

Характеристики пучка труб	Обозначение	Величина	Розмірність
Зовнішній діаметр труб	d_n		м
Крок труб по ширині	S_1		м
Крок труб по глибині	S_2		м
Розміри ребра:			
ширина	b_p		м
висота	h_p		м
товщина	δ_p		м
Крок ребер	u_p		м
Довжина орєбреної частини однієї теплообмінної труби	l		м

2.5. Намалювати ескіз трубного пучка повітроохолоджувача (у трьох проекціях). Вимірити габаритні і приєднувальні розміри пучка і проставити їх на ескізі.

2.6. Намалювати ескіз орєбреного елемента і проставити на ньому розміри.

3. Вказівки щодо обробки даних вимірювань.

3.1. Визначити коефіцієнт оребрення.

Для повітроохолоджувача з постійним кроком ребер

$$\beta = \frac{f_p + f_{mp}}{\pi d_H u_p},$$

де f_p – площа поверхні ребра;

f_{mp} – площа поверхні ділянки труби між сусідніми ребрами

$$f_{mp} = \pi d_H (u_p - \delta_p).$$

Величину f_p можна розрахувати залежно від форми ребра.

Для повітроохолоджувача з подвійним кроком ребер по ходу повітря

$$\beta_1 = \frac{f_p + f_{mp1}}{\pi d_H u_{p1}};$$

$$\beta_2 = \frac{f_p + f_{mp2}}{\pi d_H u_{p2}};$$

$$f_{mp1} = \pi d_H (u_{p1} - \delta_p);$$

$$f_{mp2} = \pi d_H (u_{p2} - \delta_p).$$

3.2. Визначити площу зовнішньої теплопередавальної поверхні одного погонного метра оребреної труби.

Для повітроохолоджувача з постійним кроком ребер

$$F_1 = \pi d_H \beta.$$

Для повітроохолоджувача з подвійним кроком ребер по ходу повітря

$$F_1' = \pi d_H \beta_1;$$

$$F_1'' = \pi d_H \beta_2.$$

3.3. Визначити загальну площу активної зовнішньої теплопередавальної поверхні апарата.

Для повітроохолоджувача з постійним кроком ребер

$$F_H = n_B n_H l F_1$$

Для повітроохолоджувача з подвійним кроком ребер по ходу повітря

$$F_H = n_B l (n_{h1} F_1' + n_{h2} F_1'').$$

Для підвісного повітроохолоджувача, що нагнітає повітря в протилежні сторони і має дві теплообмінні секції, обчислене значення F_H потрібно подвоїти.

3.4. Визначити загальну площу «живого перетину» апарата, тобто площу самого вузького перетину для проходу повітря.

Для повітроохолоджувача з постійним кроком ребер

$$F_{\text{жс}} = \frac{f_{\text{жс}} n_{\text{в}} l}{u_{\text{р}}},$$

де $f_{\text{жс}} = (S_1 - d_{\text{н}})u_{\text{р}} - 2h_{\text{р}}\delta_{\text{р}}$.

Для повітроохолоджувача з подвійним кроком ребер по ходу повітря

$$F_{\text{жс1}} = \frac{f_{\text{жс1}} n_{\text{в}} l}{u_{\text{р1}}};$$

$$F_{\text{жс2}} = \frac{f_{\text{жс2}} n_{\text{в}} l}{u_{\text{р2}}};$$

$$f_{\text{жс1}} = (S_1 - d_{\text{н}})u_{\text{р1}} - 2h_{\text{р}}\delta_{\text{р}};$$

$$f_{\text{жс2}} = (S_1 - d_{\text{н}})u_{\text{р2}} - 2h_{\text{р}}\delta_{\text{р}}.$$

3.5. Визначити загальну площу внутрішнього поперечного перетину повітряного каналу повітроохолоджувача без врахування пучка оребрених труб

$$F_{\text{с}} = n_{\text{в}} l S_1.$$

3.6 Визначити коефіцієнт звуження поперечного перетину повітряного каналу

$$\epsilon_{\text{с}} = \frac{F_{\text{жс}}}{F_{\text{с}}}.$$

Якщо апарат має нагнітальний (усмоктувальний) повітряний канал, то площу поперечного перетину каналу визначають, попередньо вимірявши його розміри.

3.7. Визначити теплове навантаження повітроохолоджувача

$$Q_{\text{во}} = k_{\text{н}} F_{\text{н}} \theta_{\text{м}},$$

де $k_{\text{н}}$ – коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувача, віднесений до зовнішньої теплопередавальної поверхні; приблизно

$$k_{\text{н}} = 10,8 \sqrt{w} e^{0,01t_0},$$

де w – швидкість повітря в «живому перетині»;

t_0 – температура кипіння фреону;

$\theta_{\text{м}}$ – середній температурний напір в апараті між повітрям і киплячим фреоном.

3.8. Обчислити наближені значення $Q_{\text{во}}$ для умов: $w = 4$ м/с, $\theta_m = 10$ К, $t_0 = (-10, -20, -30, -40)$ °С.

Побудувати графік залежності $Q_{\text{во}} = f_1(t_0)$.

3.9. Обчислити наближені значення $Q_{\text{во}}$ для умов: $t_0 = -30$ °С, $\theta_m = 10$ К, $w = (2, 3, 4, 5)$ м/с.

Побудувати графік залежності $Q_{\text{во}} = f_2(w)$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Вивчення властивостей холодильної ізоляції

1. Мета роботи.

1.1. Вивчити фізичні властивості й особливості тепло- і пароізоляційних матеріалів.

1.2. Визначити області раціонального застосування тепло- і пароізоляційних матеріалів.

1.3. Оцінити коефіцієнти теплопередачі наявних елементів ізоляційних конструкцій.

1.4. Визначити залежність коефіцієнта теплопередачі ізоляційної конструкції від виду ізоляційного матеріалу і його товщини.

2. Порядок проведення роботи.

2.1. Ознайомитися з зовнішнім виглядом і основними характеристиками тепло- і пароізоляційних матеріалів, представлених на стендах, що мають у лабораторії.

2.2. З наявних на стендах теплоізоляційних матеріалів виписати назви матеріалів, класифікуючи їх:

- за ефективністю (від високоефективних матеріалів до низкоефективних);
- за походженням (неорганічні, органічні, композитні; природні і штучно отримані);
- за зовнішнім виглядом (тверді, гнучкі, сипучі).

2.3. Оцінити зволоженість теплоізоляційних матеріалів, розташовуючи їхньої назви в порядку зростання коефіцієнта паропроникості.

2.4. Оцінити морозовитривалість теплоізоляційних матеріалів, виділивши матеріали, що не відповідають цій вимозі.

2.5. Виписати назви пароізоляційних матеріалів у порядку зростання їхньої ефективності.

2.6. Вказати які з наявних ізоляційних матеріалів раціонально використовувати для ізоляції: стін і стель, підлог, трубопроводів і апаратів.

2.7. Вказати області раціонального застосування наявних пароізоляційних матеріалів.

2.8. Визначити коефіцієнт теплопередачі (k) для наявних фрагментів ізоляційних конструкцій огорожень.

2.9. Вибрати три ізоляційних матеріали, що знаходяться в різних групах за їх ефективністю.

Для кожного ізоляційного матеріалу знайти залежність зміни коефіцієнта теплопередачі зовнішнього огороження (k_H) холодильної камери від товщини ізоляційного матеріалу (δ_3).

Приймати $\delta_3 = 50, 100, 150$ і 200 мм.

2.10. Визначити щільність теплового потоку (q_H) через огороження для кожного випадку розрахунку в п. 2.9.

2.11. Побудувати графічні залежності

$$k_H = f_1(\delta_{из}), \quad q_H = f_2(\delta_{из})$$

для кожного ізоляційного матеріалу.

3. Вказівки до проведення роботи

3.1. Для виконання п.п. 2.1. ... 2.7. використовувати зразки ізоляційних матеріалів, що знаходяться на трьох навчальних стендах лабораторії фреонових холодильних установок.

3.2. У п. 2.8. коефіцієнт теплопередачі визначити з виразу

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_K}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де α_H – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішнього повітря до поверхні огороження; зазвичай $\alpha_H = (15 \dots 25) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\alpha_{до}$ – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні огороження до повітря камери; зазвичай $\alpha_{до} = (7 \dots 11) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_3 – сумарна товщина шару теплової ізоляції, м.;

λ_3 – коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\sum \frac{\delta}{\lambda}$ – сума термічних опорів інших шарів ізоляційної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Товщини (δ_i) окремих шарів варто вимірити, а коефіцієнти теплопровідності (λ_i) знайти з літератури по проектуванню холодильних установок, наприклад, [2].

3.3. Для виконання розрахунків за п. 2.9. і п. 2.10. задаємося типовою будівельно-ізоляційною конструкцією зовнішньої стіни холодильної камери. Характеристики її окремих шарів, розташованих послідовно від теплої до холодної сторони огороження, наведені в таблиці №1.

Таблиця № 1

Характеристики шарів будівельно-ізоляційної конструкції зовнішньої стіни холодильника

№ шару	Матеріал шару	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
1	Штукатурка складним розчином	0,020	0,93
2	Кладка цегельна на цементному розчині	0,380	0,81
3	Штукатурка цементно-піщана	0,020	0,93
4	Два шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30
5	Теплоізоляційний матеріал	задатися	залежить від матеріалу
6	Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,020	0,098

Величину коефіцієнта теплопередачі визначати відповідно до п.3.2.

Щільність теплового потоку

$$q = k(t_n - t_k),$$

де t_n – розрахункова температура зовнішнього повітря; для України $t_n = (29... 34)^\circ\text{C}$;

t_k – температура повітря в холодильній камері; $t_k = (+2...-25)^\circ\text{C}$.

Конкретні значення величин α_n , $\alpha_{до}$, t_n , t_k із пропонованих діапазонів задає викладач, що проводить заняття.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Зняття схеми аміачної холодильної установки

1. Мета роботи.

1.1. Ознайомлення з устаткуванням аміачної холодильної установки двоступінчастого стиску.

1.2. Вивчення монтажної схеми аміачної холодильної установки.

1.3. Одержання навичок у складанні складних монтажних схем холодильних установок.

2. Порядок проведення роботи.

2.1. Ознайомитися з пристроєм і визначити характеристики аміачного холодильного устаткування.

2.2. Ознайомитися з особливостями монтажної схеми аміачної холодильної установки, можливими варіантами її роботи в режимах одно- і двоступінчатого тиску.

2.3. Скласти плоску принципovu схему аміачної холодильної установки (кольорову чи чорно-білу).

2.4. Намалювати цикли роботи холодильної установки в режимах одно- і двоступінчатого стиску в $h - lg P$ чи $S - T$ діаграмах. Пояснити всі робочі процеси, показані в цих циклах.

3. Методичні вказівки по проведенню роботи.

3.1. При визначенні характеристик холодильного устаткування вказати:

- для компресорів – тип, холодопроизводительность при стандартних умовах, частоту обертання вала, потужність електродвигуна;
- для насосів – тип, продуктивність, напір, частоту обертання вала, потужність електродвигуна;
- для теплообмінних апаратів – тип, напрямки руху середовищ, що обмінюються теплотою, величину теплообмінної поверхні;
- для допоміжних апаратів – призначення апарата, відмінні риси.

3.2. При складанні схеми аміачної холодильної установки варто використовувати наступні позначення, застосовувані в холодильній техніці.

Позначення трубопроводів у кольорових схемах:

червоні – аміачні парові трубопроводи високого тиску, нагнітальні й аварійний викид;

сині – аміачні парові трубопроводи низького тиску і усмоктувальні;

жовті – аміачні рідинні трубопроводи;

зелені – водяні трубопроводи;

коричневі – масляні трубопроводи.

Позначення трубопроводів у чорно-білих схемах:

—▷— 11п — парові аміачні трубопроводи;

- ▶— 11ж — рідинні аміачні трубопроводи;
- ▶— 11про — трубопроводи «гарячої пари» аміаку;
- ▶— 11д — дренажні аміачні трубопроводи ;
- ▶— 11а — трубопроводи аварійного викиду аміаку;
- ▶— 1 — водяні трубопроводи;
- ▶— 14 — масляні трубопроводи.

Позначення арматури і контрольно-вимірювальних приладів такі ж самі, як на схемах фреонових холодильних установках (див. лабораторну роботу № 1).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Дослідження холодильної камери з пристінною батареєю

1. Мета роботи

1.1. Одержання навичок з вимірювання режимних параметрів працюючого холодильного устаткування в умовах нестаціонарного режиму.

1.2. Зняття схеми і побудова дійсного циклу холодильної машини.

1.3. Оцінка зміни в часі основних режимних параметрів холодильної установки з моменту її включення.

1.4. Оцінка температурного поля в об'ємі камери.

2. Опис лабораторної холодильної установки і контрольно-вимірювальних приладів.

Лабораторна холодильна установка містить компресорно-конденсаторний агрегат марки МВВЗ-2-2 з теплообмінником «труба в трубі», регулююче пускозахистне устаткування і контрольно-вимірювальні прилади, а також праву секцію трьохкамерного блоку, всередині якої у зовнішньої стіни установлена трьохсекційна однорядна батарея типу «И» із пластинчастим оребрением.

Працює установка в такий спосіб. Стиснена пара R22 з компресора 1П10-2-02 нагнітається в конденсатор з повітряним охолодженням. Рідкий холодоагент після конденсатора надходить до лінійного ресивера, і далі, через фільтр-осушувач і теплообмінник «труба в трубі», надходить до терморегулюючого вентиля (ТРВ), чуттєвий балон якого встановлений на усмоктувальному трубопроводі перед теплообмінником. Проходячи через ТРВ, холодоагент дроселюється до тиску кипіння і надходить зверху до пристінної батареї, розташованої в холодильній камері. Пара R22, що

виходить з неї, перегрівається в теплообміннику, потім усмоктується компресором, і цикл повторюється.

Внутрішня висота камери дорівнює 2170 мм. Батарея розташована на висоті від 735 до 1900 мм від рівня підлоги камери.

Для проведення досліджень лабораторна холодильна установка оснащена наступними контрольно-вимірювальними приладами:

- манометром для визначення тиску нагнітання компресора, приблизно рівного тиску конденсації P_k ;
- мановакууметром для визначення тиску усмоктування компресора, приблизно рівного тиску кипіння P_0 ;
- дистанційним лазерним інфрачервоним вимірювачем температури для вимірювання температур нагнітання й усмоктування компресора;
- термопарною установкою з мідь-константовими термопарами і цифровим мікрвольтметром для визначення температур повітря камери і холодильного агента (див. табл. № 1).

Таблиця № 1

Схема розташування термопар у досліджуваній камері

№ термо-пари	Вимірювана величина	Висота розташування від підлоги, мм.
1	Температура повітря в центрі камери	2085
2	Температура повітря в центрі камери	1705
3	Температура повітря в центрі камери	1190
4	Температура повітря в центрі камери	670
5	Температура повітря в центрі камери	140
6	Температура R22 після ТРВ	-
7	Температура R22 після батареї	-
8	Температура R22 перед ТРВ	-
9	Температура повітря камери біля передньої стіни	920
10	Температура повітря камери біля задньої стіни	920

3. Порядок проведення роботи

Робота розрахована на 4 години. У перші 2 години студенти проводять виміри режимних параметрів холодильної установки і знімають її схему. У наступні 2 години проводиться обробка одержаних даних, їх аналіз і обговорення.

Дослідження камери проводять в нестационарному режимі, починаючи з моменту пуску холодильної машини.

Увага! Загальна тривалість вимірів у даній роботі складає 70 хв. Тому починати вимірювання треба не пізніше, ніж через 10 хв. після дзвоника до початку занять.

Безпосередньо перед пуском компресора потрібно зробити початкове вимірювання термоелектрорушійних сил (ТЕДС) термопар E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 за допомогою мікрівольтметра, а також за температурними шкалами манометра і мановакууметра визначити значення температур конденсації (t_k) і випару (t_0), що відповідають тискам P_k і P_0 .

Друге вимірювання зазначених вище параметрів слід зробити негайно після пуску компресора. Потім ці вимірювання проводять через наступні проміжки часу: 2; 3; 5; 5; 5; 10; 10; 10 хв. Результати вимірювань слід занести до таблиці 2.

Через 60 хв. після пуску компресора виміряти ТЕДС усіх термопар: E_1, E_2, \dots, E_{10} , а також значення P_k і P_0 і відповідні їм температури t_k і t_0 . Дистанційним лазерним інфрачервоним приладом виміряти температури нагнітання (t_H) і усмоктування ($t_{вс}$) компресора. Результати цієї серії вимірів занести до таблиці № 3.

Для одержання якісних експериментальних даних усі зазначені вище вимірювання з моменту пуску компресора необхідно проводити швидко, через строго зазначені інтервали часу. При цьому слід дотримуватися початкової послідовності вимірювань зазначених параметрів.

4. Таблиці вимірів.

Таблиця № 2

Зміна в часі основних параметрів холодильної установки

Інтервал часу	Початок	Пуск КМ	2 хв.	3 хв.	5 хв.	5 хв.	5 хв.	10 хв.	10 хв.	10 хв.
Час вим.										
E_1 , мкВ										
E_2 , мкВ										
E_3 , мкВ										
E_4 , мкВ										
E_5 , мкВ										
$E_{ср}$, мкВ										
$t_{кам.ср}$, °C										
t_k , °C										
t_0 , °C										

Кінцеві параметри холодильної установки

Параметри	Температура повітря камери							Темп-ра R22			
	№ термоп.	1	2	3	4	5	9	10	6	7	8
E, мкВ											
t, °C											

Продовження таблиці № 3

E _{ср} , мкВ	t _{кам.ср} , °C	P _к , бар	P ₀ , бар	t _к , °C	t ₀ , °C	t _н , °C	t _{вс} , °C

5. Вказівки щодо обробки дослідних даних

5.1. Одержати середні значення ТЕДС групи термопар 1...5 (табл. № 2 і табл. № 3) для кожного виміру як:

$$E_{\text{ср}} = 0,2 (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)$$

і занести обчислені значення E_{ср} до табл. № 2 і табл. № 3.

5.2. За допомогою градуовальної таблиці, перевести усереднені значення E_{ср} в температури t_{кам.ср}, а також перевести в температури значення ТЕДС термопар, занесені до табл. № 3.

5.3. В координатах «ентропія – температура» (S – T) побудувати цикл холодильної машини, на якому вказати значення температур (в °C) у вузлових крапках, отримані дослідним шляхом.

5.4. В координатах «час – температура» (τ – t) побудувати за дослідними даними криві залежностей: t_к = f₁(τ); t_{кам.ср} = f₂(τ); t₀ = f₃(τ).

5.5. В координатах «температура камери – висота від підлоги камери» (t_{кам} – h_{кам}) побудувати за дослідними даними епюру зміни температур повітря по висоті камери. Розташування термопар по висоті камери надане в табл. № 1. Нанести на побудований графік оцінки стелі камери, верха і низу пристінної батареї.

6. Висновки.

6.1. Оцінити нерівномірність температурного поля камери (порівняно з температурою геометричного центра камери). Дати пояснення отриманим результатам.

6.2. Оцінити вплив теплового навантаження холодильної машини на температуру конденсації R22.

6.3. Оцінити зміну за часом температурного напору (t_{кам.ср} – t₀).

Дати пояснення отриманим результатам.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Дослідження холодильної камери зі стельовою батареєю

1. Мета роботи.

1.1. Одержання навичок з вимірювання режимних параметрів працюючого холодильного устаткування в умовах нестационарного режиму.

1.2. Зняття схеми і побудова дійсного циклу холодильної машини.

1.3. Оцінка зміни в часі основних режимних параметрів холодильної установки з моменту її включення.

1.5. Оцінка температурного поля в об'ємі камери.

2. Опис лабораторної холодильної установки і контрольно-вимірювальних приладів.

Лабораторна холодильна установка містить компресорно-конденсаторний агрегат марки MBV3-2-2 з теплообмінником «труба в трубі», регулююче пускозахистне устаткування і контрольно-вимірювальні прилади, а також ліву секцію трьохкамерного блоку, всередині якої уздовж стіни встановлена двохсекційна однорядна батарея типу «И» із пластинчастим оребренням.

Працює установка в такий спосіб. Стиснена пара R22 з компресора 1П10-2-02 нагнітається в конденсатор з повітряним охолодженням. Рідкий холодоагент після конденсатора надходить до лінійного ресивера, і далі, через фільтр-осушувач і теплообмінник «труба в трубі», надходить до терморегулюючого вентиля (ТРВ), чуттєвий балон якого встановлений на усмоктувальному трубопроводі перед теплообмінником. Проходячи через ТРВ, холодоагент дроселюється до тиску кипіння і надходить до стельової батареї, розташованої в холодильній камері. Пара R22, що виходить з неї, перегрівается в теплообміннику, потім усмоктується компресором, і цикл повторюється.

Внутрішня висота камери дорівнює 2170 мм. Батарея розташована на висоті від 1940 до 2040 мм від рівня підлоги камери. Секції батареї завширшки 315 мм кожна, розташовані на відстані 105 мм одна від одної симетрично подовжньої осі камери.

Для проведення досліджень лабораторна холодильна установка оснащена наступними контрольно-вимірювальними приладами:

- манометром для визначення тиску нагнітання компресора, приблизно рівного тиску конденсації P_k ;

- мановакууметром для визначення тиску усмоктування компресора, приблизно рівного тиску кипіння P_0 ;

- дистанційним лазерним інфрачервоним вимірювачем температури для вимірювання температур нагнітання й усмоктування компресора;
- термопарною установкою з мідь-константовими термопарами і цифровим мікрвольтметром для визначення температур повітря камери і холодильного агента (див. табл. № 1).

Таблиця № 1

Схема розташування термопар у досліджуваній камері

№ термо-пари	Вимірювана величина	Висота розташування від підлоги, мм.
1	Температура повітря в центрі камери	2010
2	Температура повітря в центрі камери	1960
3	Температура повітря в центрі камери	1310
4	Температура повітря в центрі камери	860
5	Температура повітря в центрі камери	220
6	Температура R22 після ТРВ	-
7	Температура R22 після батареї	-
8	Температура R22 перед ТРВ	-
9	Температура повітря камери біля передньої стіни	940
10	Температура повітря камери біля задньої стіни	940

3. Порядок проведення роботи

Робота розрахована на 4 години. У перші 2 години студенти проводять виміри режимних параметрів холодильної установки і знімають її схему. У наступні 2 години проводиться обробка одержаних даних, їх аналіз і обговорення.

Дослідження камери проводять в нестационарному режимі, починаючи з моменту пуску холодильної машини.

Увага! Загальна тривалість вимірів у даній роботі складає 70 хв. Тому починати вимірювання треба не пізніше, ніж через 10 хв. після дзвоника до початку занять.

Безпосередньо перед пуском компресора потрібно зробити початкове вимірювання термоелектрорушійних сил (ТЕДС) термопар E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 за допомогою мікрвольтметра, а також за температурними шкалами манометра і мановакууметра визначити значення температур конденсації (t_k) і випару (t_0), що відповідають тискам P_k і P_0 .

Друге вимірювання зазначених вище параметрів слід зробити негайно після пуску компресора. Потім ці вимірювання проводять через наступні

проміжки часу: 2; 3; 5; 5; 5; 10; 10; 10 хв. Результати вимірювань слід занести до таблиці 2.

Через 60 хв. після пуску компресора виміряти ТЕДС усіх термопар: E_1, E_2, \dots, E_{10} , а також значення P_K і P_0 і відповідні їм температури t_K і t_0 . Дистанційним лазерним інфрачервоним приладом виміряти температури нагнітання (t_H) і усмоктування (t_{BC}) компресора. Результати цієї серії вимірів занести до таблиці № 3.

Для одержання якісних експериментальних даних усі зазначені вище вимірювання з моменту пуску компресора необхідно проводити швидко, через строго зазначені інтервали часу. При цьому слід дотримуватися початкової послідовності вимірювань зазначених параметрів.

4. Таблиці вимірів.

Таблиця № 2

Зміна в часі основних параметрів холодильної установки

Інтервал часу	Початок	Пуск КМ	2 хв.	3 хв.	5 хв.	5 хв.	5 хв.	10 хв.	10 хв.	10 хв.
Час вим.										
E_1 , мкВ										
E_2 , мкВ										
E_3 , мкВ										
E_4 , мкВ										
E_5 , мкВ										
E_{cp} , мкВ										
$t_{кам.ср}$, °С										
t_K , °С										
t_0 , °С										

Таблиця № 3

Кінцеві параметри холодильної установки

Параметри	Температура повітря камери							Темп-ра R22		
	1	2	3	4	5	9	10	6	7	8
E , мкВ										
t , °С										

E_{cp} , МКВ	$t_{кам.ср}$, °С	P_k , бар	P_0 , бар	t_k , °С	t_0 , °С	t_n , °С	$t_{вс}$, °С

5. Вказівки щодо обробки дослідних даних

5.1. Одержати середні значення ТЕДС групи термопар 1...5 (табл. № 2 і табл. № 3) для кожного виміру як:

$$E_{cp} = 0,2 (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)$$

і занести обчислені значення E_{cp} до табл. № 2 і табл. № 3.

5.6. За допомогою градуювальної таблиці, перевести усереднені значення E_{cp} в температури $t_{кам.ср}$, а також перевести в температури значення ТЕДС термопар, занесені до табл. № 3.

5.7. В координатах «ентропія – температура» ($S - T$) побудувати цикл холодильної машини, на якому вказати значення температур (в °С) у вузлових крапках, отримані дослідним шляхом.

5.8. В координатах «час – температура» ($\tau - t$) побудувати за дослідними даними криві залежностей: $t_k = f_1(\tau)$; $t_{кам.ср} = f_2(\tau)$; $t_0 = f_3(\tau)$.

5.9. В координатах «температура камери – висота від підлоги камери» ($t_{кам} - h_{кам}$) побудувати за дослідними даними епюру зміни температур повітря по висоті камери. Розташування термопар по висоті камери надане в табл. № 1. Нанести на побудований графік оцінки стелі камери, верха і низу стельової батареї.

6. Висновки.

6.1. Оцінити нерівномірність температурного поля камери (порівняно з температурою геометричного центра камери). Дати пояснення отриманим результатам.

6.2. Оцінити вплив теплового навантаження холодильної машини на температуру конденсації R22.

6.3. Оцінити зміну за часом температурного напору ($t_{кам.ср} - t_0$).

Дати пояснення отриманим результатам.

6.4. Зіставити висновки (6.1 і 6.2) даної роботи і відповідні висновки з лабораторної роботи № 6. Зробити порівняльний висновок про технологічні і режимні характеристики випробуваних камер.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Дослідження холодильної камери з повітроохолоджувачем

1. Мета роботи

1.1. Одержання навичок з вимірювання режимних параметрів працюючого холодильного устаткування в умовах нестационарного режиму.

1.2. Зняття схеми і побудова дійсного циклу холодильної машини.

1.3. Оцінка зміни в часі основних режимних параметрів холодильної установки з моменту її включення.

1.6. Оцінка температурного поля в об'ємі камери.

2. Опис лабораторної холодильної установки і контрольно-вимірювальних приладів.

Лабораторна холодильна установка містить компресорно-конденсаторний агрегат марки 22/141–Н1,5РЭ з герметичним компресором ТАJ4519Т (FRANCE), регулююче пускозахистне устаткування і контрольно-вимірювальні прилади, а також середню секцію трехамерного блоку, всередині якої встановлений повітроохолоджувач PELM24E

Працює установка в такий спосіб. Стиснена пара R22 з компресора нагнітається в конденсатор з повітряним охолодженням. Рідкий холодоагент після конденсатора надходить до лінійного ресивера, і далі, через фільтр-осушувач надходить до терморегулюючого вентиля (ТРВ), чуттєвий балон якого встановлений на усмоктувальному трубопроводі перед теплообмінником. Проходячи через ТРВ, холодоагент дроселюється до тиску кипіння і надходить до повітроохолоджувача, що розташований в холодильній камері. Пара R22, що виходить з нього, усмоктується компресором, і цикл повторюється.

Внутрішня висота камери дорівнює 2170 мм. Нагнітальне вікно повітроохолоджувача розташоване по висоті від 2065 до 2155 мм. від рівня підлоги камери. Ширина вікна дорівнює 740 мм. Потік повітря, що виходить з нього, рухається уздовж подовжньої осі камери.

Для проведення досліджень лабораторна холодильна установка оснащена наступними контрольно-вимірювальними приладами:

- манометром для визначення тиску нагнітання компресора, приблизно рівного тиску конденсації P_k ;

- мановакууметром для визначення тиску усмоктування компресора, приблизно рівного тиску кипіння P_0 ;

- дистанційним лазерним інфрачервоним вимірювачем температури для вимірювання температур нагнітання й усмоктування компресора;
- термопарною установкою з мідь-константановими термопарами і цифровим мікровольтметром для визначення температур повітря камери і холодильного агента (див. табл. № 1).

Таблиця № 1

Схема розташування термопар у дослідній камері

№ термо-пари	Вимірювана величина	Висота розташування від підлоги, мм.
1	Температура повітря в центрі камери	2095
2	Температура повітря в центрі камери	1705
3	Температура повітря в центрі камери	1230
4	Температура повітря в центрі камери	680
5	Температура повітря в центрі камери	75
6	Температура R22 після ТРВ	-
7	Температура R22 після батареї	-
8	Температура R22 перед ТРВ	-
9	Температура повітря камери біля передньої стіни	960
10	Температура повітря камери біля задньої стіни	960

3. Порядок проведення роботи

Робота розрахована на 4 години. У перші 2 години студенти проводять виміри режимних параметрів холодильної установки і знімають її схему. У наступні 2 години проводиться обробка одержаних даних, їх аналіз і обговорення.

Дослідження камери проводять в нестационарному режимі, починаючи з моменту пуску холодильної машини.

Увага! Загальна тривалість вимірів у даній роботі складає 70 хв. Тому починати вимірювання треба не пізніше, ніж через 10 хв. після дзвоника до початку занять.

Безпосередньо перед пуском компресора потрібно зробити початкове вимірювання термоелектрорушійних сил (ТЕДС) термопар E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 за допомогою мікровольтметра, а також за температурними шкалами манометра і мановакууметра визначити значення температур конденсації (t_k) і випару (t_0), що відповідають тискам P_k і P_0 .

Друге вимірювання зазначених вище параметрів слід зробити негайно після пуску компресора. Потім ці вимірювання проводять через наступні

проміжки часу: 2; 3; 5; 5; 5; 10; 10; 10 хв. Результати вимірювань слід занести до таблиці 2. Через 60 хв. після пуску компресора виміряти ТЕДС усіх термопар: E_1, E_2, \dots, E_{10} , а також значення P_K і P_0 і відповідні їм температури t_K і t_0 . Дистанційним лазерним інфрачервоним приладом виміряти температури нагнітання (t_H) і усмоктування (t_{BC}) компресора. Результати цієї серії вимірів занести до таблиці № 3.

Для одержання якісних експериментальних даних усі зазначені вище вимірювання з моменту пуску компресора необхідно проводити швидко, через строго зазначені інтервали часу. При цьому слід дотримуватися початкової послідовності вимірювань зазначених параметрів.

4. Таблиці вимірів.

Таблиця № 2

Зміна в часі основних параметрів холодильної установки

Інтервал часу	Початок	Пуск КМ	2 хв.	3 хв.	5 хв.	5 хв.	5 хв.	10 хв.	10 хв.	10 хв.
Час вим.										
E_1 , мкВ										
E_2 , мкВ										
E_3 , мкВ										
E_4 , мкВ										
E_5 , мкВ										
E_{cp} , мкВ										
$t_{кам.ср}$, °C										
t_K , °C										
t_0 , °C										

Таблиця № 3

Кінцеві параметри холодильної установки

Параметри	Температура повітря камери							Темп-ра R22		
	1	2	3	4	5	9	10	6	7	8
E , мкВ										
t , °C										

Продовження таблиці № 3

E_{cp} , мкВ	$t_{кам.ср}$, °C	P_K , бар	P_0 , бар	t_K , °C	t_0 , °C	t_H , °C	t_{BC} , °C

5. Вказівки щодо обробки дослідних даних

5.1. Одержати середні значення ТЕДС групи термопар 1...5 (табл. № 2 і табл. № 3) для кожного виміру як:

$$E_{cp} = 0,2 (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)$$

і занести обчислені значення E_{cp} до табл. № 2 і табл. № 3.

5.2. За допомогою градуовальної таблиці, перевести усереднені значення E_{cp} в температури $t_{кам.ср}$, а також перевести в температури значення ТЕДС термопар, занесені до табл. № 3.

5.3. В координатах «ентропія – температура» ($S - T$) побудувати цикл холодильної машини, на якому вказати значення температур (в °C) у вузлових крапках, отримані дослідним шляхом.

5.4. В координатах «час – температура» ($\tau - t$) побудувати за дослідними даними криві залежностей: $t_k = f_1(\tau)$; $t_{кам.ср} = f_2(\tau)$; $t_0 = f_3(\tau)$.

5.5. В координатах «температура камери – висота від підлоги камери» ($t_{кам} - h_{кам}$) побудувати за дослідними даними епюру зміни температур повітря по висоті камери. Розташування термопар по висоті камери надане в табл. № 1. Нанести на побудований графік оцінки стелі камери, верха і низу нагнітального вікна повітроохолоджувача.

6. Висновки.

6.1. Оцінити нерівномірність температурного поля камери (порівняно з температурою геометричного центра камери). Дати пояснення отриманим результатам.

6.2. Оцінити вплив теплового навантаження холодильної машини на температуру конденсації R22.

6.3. Оцінити зміну за часом температурного напору ($t_{кам.ср} - t_0$).

Дати пояснення отриманим результатам.

6.4. Зіставити висновки (6.1 і 6.2) даної роботи і відповідні висновки з лабораторних робіт №№ 6 і 7. Зробити порівняльний висновок про технологічні і режимні характеристики випробуваних камер.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богданов С. Н., Іванов О. П., Куприянова А. В. Холодильна техніка. Властивості речовин. Довідник. М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.
2. Мнацаканов Г. К. Основи проектування холодильників. Навчальний посібник. – Одеса: Вид. центр ОДАХ, 2004. – 70 с.
3. Мнацаканов Г. К. Холодильна техніка і технологія, частина 1. Конспект лекцій. – Одеса: Изд. центр ОГАХ, 2002. – 76 с.
4. Мнацаканов Г. К. Холодильна техніка і технологія, частина 2. Конспект лекцій. – Одеса: Изд. центр ОГАХ, 2003. – 99 с.
5. Холодильні установки. Підручник. Під заг. ред. І. М. Чумака. – Одеса: «Рефпринтінфо», 2003. – 536 с.
6. Чуклин С.Г., Чумак И. Г. Лабораторний практикум за курсом «Холодильні установки» – М., Харчова промисловість, 1974. – 288 с.