МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

Ладижинський коледж

Вінницького національного аграрного університету

Циклова комісія *природничо-наукових дисциплін*

РОБОЧИЙ ЗОШИТ

З дисципліни **Основи теплотехніки і гідравліки**

Спеціальність **208 «Агроінженерія»**

Галузь знань **20 «Аграрні науки та продовольства»**

Спеціальність **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

Галузь знань **14 «Електрична інженерія»**

Освітньо-кваліфікаційний рівень **молодший спеціаліст**

Рекомендовано до друку
цикловою комісією природничо-наукових дисциплін
Ладижинського коледжу ВНАУ

Укладач: викладач вищої категорії Прокопенко Н.А.
Рецензент: викладач вищої категорії Тишко С.С.

Інструкційна картка
Практична робота № 1
<u>Тема:</u> Вивчення будови і роботи насосної установки

<u>Мета:</u> Вивчити будову НУ, виконати розрахунок основних характеристик насоса

<u>Теоретичні відомості:</u> Насосами називають машини, призначені для переміщення рідин на різні відстані. Їх обладнують особливими пристроями які створюють розрідження в трубах, що забезпечують процес всмоктування рідини в трубу. Основні вимоги, які ставляться до насосів,— надійність, довговічність та економічність.

Робота насоса характеризується його подачею *Q* напором *H,* висотою всмоктування $h_{вс}$, потужністю двигуна *N* і коефіцієнтом корисної дії (к. к. д.) η.

<u>Завдання роботи:</u> Визначити повний напір Н і споживану потужність N водяного насоса діючої насосної установки, якщо задана подача насоса Q; діаметр всмоктувального патрубка $d_{вс}$; діаметр нагнітального патрубка $d_н$; покази манометра $p_м$; покази вакуумметра $p_в$. Відстань між точками вимірювання Z. К.к.д. насоса 0,6.

<u>Дані до роботи:</u>

Величини	**Номери варіантів**									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Q, л/с	**2**	**3,5**	**4**	**4,5**	**5**	**5,5**	**6**	**2,5**	**2,6**	**2,8**
$d_в$, мм	**45**	**40**	**50**	**50**	**60**	**70**	**75**	**37**	**37**	**37**
$d_н$, мм	**32**	**32**	**45**	**40**	**50**	**50**	**60**	**30**	**30**	**30**
$p_м$, МПа	**0,35**	**0,3**	**0,25**	**0,2**	**0,45**	**0,4**	**0,35**	**0,4**	**0,35**	**0,3**
$p_в$, МПа	**0,06**	**0,05**	**0,04**	**0,04**	**0,05**	**0,04**	**0,03**	**0,05**	**0,04**	**0,06**
Z, м	**0,2**	**0,4**	**0,3**	**0,35**	**0,25**	**0,25**	**0,2**	**0,3**	**0,5**	**0,4**

<u>Хід роботи:</u>

Напір насоса визначають за залежністю, яка виражає сумарний запас енергії, яку надає насос рідині:

$$H = h_м + h_в + Z + \frac{v_н^2 - v_в^2}{2g}, м$$

За даною подачею і діаметрами можна визначити швидкість руху рідини у нагнітальному і всмоктувальному патрубках.

тобто швидкість у нагнітальному патрубку $\upsilon_н = \frac{4Q}{\pi d_н^2}$, м/сек.

для всмоктувального патрубку аналогічно $\upsilon_в = \frac{4Q}{\pi d_в^2}$, м/сек.

Необхідно виразити покази манометра і вакуумметра в м вод. ст.

$$h_м = \frac{p_м}{\rho g}, м$$

$$h_в = \frac{p_в}{\rho g}, м$$

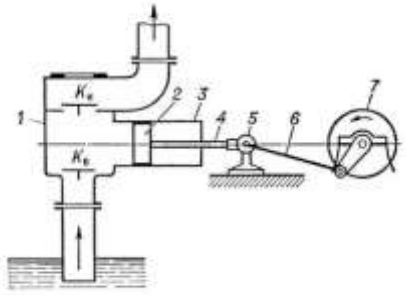
Розрахований напір переводимо в одиниці тиску:

$$H_р = H\rho g, кПа$$

Споживана потужність визначається по формулі:

$$N = \frac{\rho QH}{102\ \eta}, кВт$$

Поясніть принцип дії насосної установки одинарної дії: 1 — робоча камера; 2 — поршень; 3 — циліндр; 4 — шток; 5 — крейцкопф; 6 — шатун; 7 — маховик; Кн — нагнітальний клапан; Кв — всмоктувальний клапан.



<u>Питання для перевірки:</u>

1. Назвіть основні елементи насосної установки по малюнку.
2. Які параметри характеризують роботу насоса ?
3. Що враховує повний к.к.д. насоса ?
4. Які параметри вносять в марку насоса ?
5. Від чого залежить потужність ?
6. Яку роль має створюване в насосі розрідження ?
7. Поясніть принцип роботи шестерінчастого насоса.
8. Що таке кавітація ?
9. Поясніть застосування повітряного ковпака в поршневих насосах ?
10. Принцип роботи гвинтових, осьових, струминних і др. насосів.

Зробити висновки по роботі.

Інструкційна картка
Практична робота № 2

<u>Тема:</u> Визначення параметрів стану робочого тіла в двигунах внутрішнього згоряння.

<u>Мета:</u> Вивчення роботи двигунів внутрішнього згоряння.

<u>Матеріальне забезпечення:</u> інструкційні картки, картки К3, контрольні тести, мікрокалькулятори .

<u>Теоретичні відомості:</u> Ідеальним циклом будь-якої теплосилової установки є цикл Карно, але практично здійснити процес у двигуні внутрішнього згоряння за циклом Карно неможливо. Процес у д.в.з. проходитиме з дуже великим збільшенням тиску і температури. Максимальний тиск може досягнути величини 200...300 МПа, а ступінь стиску - до 400. Це може привести до аварійних

наслідків. Тому д.в.з. працюють не за циклом Карно, а за іншими, менш економічними, але практично здійсненними циклами .

У даний час для двигунів внутрішнього згоряння застосовують три цикли, відмінні від циклу Карно: цикл з підведенням теплоти при V = const; цикл з підведенням теплоти при p = const і цикл із змішаним підведенням теплоти при V = const і p =const. Термічні к.к.д. циклів менше за термічний к.к.д. циклу Карно.

В основі роботи карбюраторних двигунів лежить цикл з ізохорним підведенням теплоти, а в основі роботи сучасних дизельних двигунів - цикл із змішаним підведенням теплоти.

Завдання роботи.

Визначити параметри стану робочого тіла в характерних точках ідеального циклу поршневого двигуна внутрішнього згоряння з ізохорно – ізобарним підведенням теплоти, якщо відомі тиск p_1 і температура t_1 робочого тіла на початку стиснення.

Ступінь стискання E_1,ступінь підвищення тиску λ, ступінь попереднього розширення робочого тіла ρ.

Визначити термічний к.к.д. циклу η_t. За робоче тіло прийняти повітря.

Дані до завдання.

Вели чини	Номери варіантів									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p, МПа	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
t ^oC	8	10	12	14	18	16	22	20	25	24
E	17	16	15	14	13	12	11	9	7	5
λ	1,5	1,0	1,0	1,0	1,4	1,0	1,0	1,3	1,6	1,0
ρ	1,0	1,4	1,3	1,5	1,0	1,6	1,3	1,0	1,0	1,7
k	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29

Хід роботи

ТОЧКА 1. t_1 – початкова температура;

p_1 - початковий тиск.

Початковий об'єм тіла визначаємо за характеристичним рівнянням:

$p_1 \nu_1 = R T_1$ знаходимо $\nu_1 = R T_1 / p_1$, $м^3/кг$

R- питома газова стала робочого тіла, R = 287 кДж/(кгК)

ТОЧКА 2. Температуру робочого тіла в точці 2 визначаємо за рівнянням для процесу

1-2, який є адіабатним, q = 0.

$T_2 = T_1 E^{k-1}$,К

Де $E=\nu_1/\nu_2$-ступінь стискання робочого тіла, звідки знаходимо $\nu_2 = \nu_1/E$

Тиск робочого тіла в т. 2 визначаємо за характеристичним рівнянням для даного стну:

$p\nu_2=RT_2$ знаходимо $p_2 = RT_2/\nu_2$, мПа

ТОЧКА 3. Ступінь підвищення тиску дорівнює: $\lambda = p_3/p_2$ знаходимо p_3, мПа

Для процесу 2-3 (ν=const), $\nu_3=\nu_2$

$\frac{T_3}{T_2} = \frac{P_3}{P_2}$ знаходимо $T_3 = \frac{T_2 P_3}{P_2}$, К

ТОЧКА 4. Процес 3-4 – ізобарний (p=const)

Ступінь попереднього розширення $\rho = \nu_4/\nu_3$ знаходимо ν_4,м^3/кг.

$\frac{T_4}{T_3} = \frac{\nu_4}{\nu_3}$ визначаємо $T_4 = \frac{T_3 \nu_4}{\nu_3}$, К

ТОЧКА 5. Процес 5-1 ізохорний , то $\nu_5 = \nu_1$.

Тиск робочого тіла в т. 5 адіабатного процесу 4-5 визначаємо:

$\frac{P_5}{P_4} = (\frac{\nu_4}{\nu_5})^{\kappa}$ знаходимо $P_5 = P_4 (V_4/V_5)^k$, мПа.

Для процесу 5-1 (ν=const)

$\frac{T_5}{T_1} = \frac{P_5}{P_1}$ знаходимо $T_5 = \frac{T_1 P_5}{P_1}$

Термічний к.к.д. циклу:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda\rho^{\kappa} - 1}{(\lambda - 1) + \kappa\lambda(\rho - 1)} \cdot \frac{1}{E^{\kappa - 1}} \cdot 100\ \%$$

Параметри	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
p_1, МПа					
ν_1, м^3/кг					
Т,К					

Надати схематичне зображення циклу на pv-координатах.

Питання для перевірки:

1. Які умови приймаються при розгляданні ідеальних циклів двигунів внутрішнього згоряння?
2. Чому у двигунах внутрішнього згоряння не можна здійснити ідеальний цикл Карно?
3. Як зобразити у pv- координатах цикл із змішаним підведенням теплоти і як

описати роботу двигуна за цим циклом ?

4. Як зобразити у pv - координатах цикл з ізохорним підведенням теплоти і як описати роботу двигуна за цим циклом ?
5. Як записати і пояснити формули для визначення термічного К. К. Д. для кожного із циклів?
6. Назвіть основні такти Д.В.З. і поясніть принцип його роботи
7. Чому к.к.д. ДВЗ завжди менше 1?
8. Що таке ступінь стиску і як його визначити ?
9. При яких значеннях λ і ρ цикл із змішаним підведенням теплоти стане циклом з ізохорним підведенням теплоти?
10. Від чого залежить показник адіабати k?

Зробити висновки по роботі.

Лабораторна робота №1

Тема: Вивчення параметрів водяної пари за допомогою IS – діаграми водяної пари.

Мета: Оволодіти методикою розрахунку параметрів водяної пари за допомогою таблиць водяної пари і води.

Ознайомитись з будовою, призначенням і методиками користування Is – діаграми водяної пари.

Матеріальне забезпечення: Таблиця водяної пари і води, Is – діаграма водяної пари, картки КЗ, інструкційні картки.

Теоретичні відомості: Водяну пару використовують як робоче тіло теплових двигунів і як теплоносій в теплообмінних апаратах під таким тиском і при такій температурі, що не дають можливості розглядати її як ідеальний газ. Розрізняють пару ***насичену*** і ***ненасичену***. ***Насиченою*** називається пара, що знаходиться в термічній і динамічній рівновазі з рідиною, з якої вона утворилася. При цьому безупинно одна частина молекул переходить з рідини в пару (випаровування), а інша – з пари в рідину (конденсація). Насичена пара може бути ***вологою*** і ***сухою***. Пара, яка має температуру насичення при даному тиску і не містить рідкої фази, називається ***сухою насиченою парою***. Пара, в якої температура більша за температуру насичення при даному тиску називається ***перегрітою***.

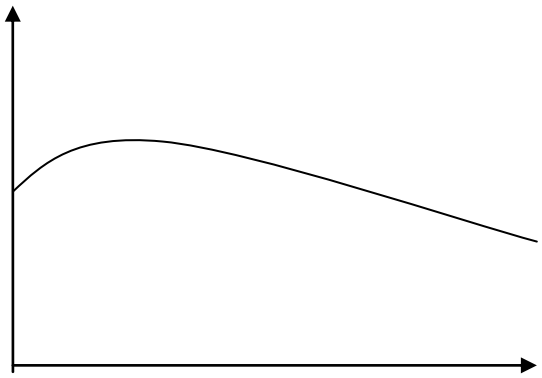
Завдання роботи.

1. Визначити параметри водяної пари за допомогою Is – діаграми.
2. Виконати схематичне зображення на Is – координатах послідовність виконання завдання.
3. Визначити величину роботи, яку виконує водяна пара за даний процес та теплоту процесу
4. За допомогою діаграми знайти температуру сухої насиченої пари і визначити уточнені параметри для стану пари за допомогою таблиць водяної пари і води (дод.1)

Дані до завдання.

Параметри по точкам		Номер варіанту							
		1	2	3	4	5	6	7	8
p_1, бар	ТОЧКА **1**	70		10		30			10
v_1,м^3/кг			5,0		1,8		0,2		
t_1					200	500			400
s_1,кДж/кгК		6,5					3000		
i_1, кДж/кг				3500				2400	
x_1			0,90					0,85	
т/д процес	ТОЧКА **2**	Адіаб.	Ізоб.	Ізохор.	Ізотер.	Адіаб.	Ізох.	Ізоб.	Ізотер.
p_2,бар									
v_2, м^3/кг		0,12							
t_2			100					200	
s_2,кДж/кгК					6,0		6,5		
i_2, кДж/кг									2500
x_2				0,95		0,85			

Дайте схематичне зображення рішення задачі.



За таблицями води і водяної пари (дод. 1)

1. Визначити різницю ентропії при температурі t=235°C
2. Знайти в ізобарному процесі при p=80 бар питому теплоту
3. Чому дорівнює теплота пароутворення при температурі t=150°C
4. Чому дорівнює міра вологості при x=0,7?
5. При атмосферному тиску визначити температуру перегріву, якщо тепература перегрітої пари t=550°C.

Зробити висновки по роботі.

Питання для перевірки:

1. Які види водяної пари ви знаєте?
2. Від чого залежить температура насичення?
3. Яку величину називають мірою сухості і як вона змінюється?
4. Чим відрізняється суха пара від перегрітої?
5. Що таке конденсат?
6. Чому в області перегрітої пари немає ліній мір сухості?
7. Зобразити основні термодинамічні процеси на IS – координатах.
8. Яку величину називають мірою перегріву?
9. Чому водяну пару використовують в якості робочого тіла ?
10. Пояснити призначення та принцип дії паросилової установки.

Інструкційна картка
Лабораторна робота №2

Тема: Спрощене дослідження котельної установки

Мета: Вивчити будову і роботу основних елементів котельної установки.

Матеріальне забезпечення: КУ ДКВР.

Теоретичні відомості: котельні установки призначені для вироблення пари заданих параметрів. В сільському господарстві застосовують котли низької паропродуктивності, розраховані на тиск від 0,25 до 0,7 бар. Сучасні котли мають систему автоматичного регулювання і безпеки його роботи, вторинні прилади системи автоматичного регулювання, розміщені в електрошафах. До технічних характеристик котлів відносять: поверхню нагріву, теплову потужність, ккд, габаритні розміри.

Завдання роботи.

Котельна установка обладнана паровим котлом типу “Е” (ДКВР) продуктивністю D. Тиск пари p_1, температура пари t_1, температура живильної води $t_{жв}$. К.к.д. котельного агрегату $\eta_{ка}$=0,85. Визначити годинну витрату робочого $B^{р}_{год}$ і умовного $B^{у}_{год}$ палива котельною установкою, якщо в топці згоряє паливо з елементарним складом пальної маси.

Скласти тепловий баланс котельної установки.

Величини	Номери варіантів									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D, т/год	3,5	3,0	4,5	4,0	5,5	5,0	6,5	6,0	7,5	7,0
P_1, МПа	0,5	0,7	1,0	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
t_1, $°C$	150	160	170	190	195	220	220	230	250	260
$t_{жв}$, $°C$	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100
C^n, %	83	75	72	77	93,5	91	73,5	82,5	88,5	67,5
H^n, %	5,1	5,5	5	4	1,8	3,5	4,7	5,8	4,2	5
S^n, %	4,8	5,9	0,9	1	2	2,5	1,1	0,7	3,3	6,1
O^n, %	5,6	12	20,8	17,2	1,7	1,7	19,8	8,3	2,5	20,1
N^n, %	1,5	1,6	1,3	0,8	1,0	1,3	0,9	2,7	1,5	1,3
A^p, %	18,8	19,6	10,6	11,9	13,3	15,1	17	10,9	15,2	23,5
W^p. %	6	13	32	21	5	5,5	26	9	5	33

<u>Хід роботи</u>

1. Перерахуємо склад палива з пальної маси на робочу, для цього визначаємо перерахунковий коефіцієнт:

$K = \frac{100 - (A^p + W^p)}{100}$ тоді:

$C^p = C^n K$; $H^p = H^n K$; $S_л^p = S_л^n K$; $N^p = N^n K$; $O^p = O^n K$

2. Для перевірки точності підрахунків визначаємо суму:

$C^p + H^p + S_Л^P + O^p + N^p + A^P + W^P = 100\%$

3. Визначаємо нижчу теплоту згорання 1 кг робочої маси даного палива за формулою Д. І. Менделєєва:

$Q_н^p = 338C^p + 1025H^p - 108,5(O^p - S_л^p) - 25W^p$, кДж/кг

4. Тепловий еквівалент даного палива:

$E = \frac{Q_н^p}{Q_у}$

5. Годинну витрату палива котельною установкою визначаємо за формулою:

$B_{год.} = \frac{D(i_п - i_{жв})}{Q_н^p \eta_{ка}}$, $кг/год$

де $i_п$ -ентальпія пари, кДж/кг (визначаємо по таблицям води і водяної пари за заданою температурою пари, (дод №1)

$i_{жв}$ -ентальпія живильної води, кДж/кг , визначається за формулою:

$i_{жв} = c_p\, t_{жв}$, де c_p=4,19 кДж/(кг град) - масова ізобарна теплоємність води.

6. Визначаємо годинну витрату умовного палива:

$B_{угод} = B_{год}^p E$, $кг/год.$

7. Складіть тепловий баланс для даної КУ

Зробити висновки по роботі.

Питання для перевірки:

1. З яких елементів складається сучасна котельна установка і яке їх призначення ?
2. Запишіть і поясніть рівняння теплового балансу котельної установки.
3. Як визначити коефіцієнт корисної дії котельної установки ?
4. Поясніть як і для чого проводять підготовку живильної води ?
5. Які прилади автоматики застосовують в роботі КУ ?
6. Поясніть способи очищення димових газів ?
7. Де і для чого можна використати теплоту димових газів ?
8. Як визначити годинну витрату палива КУ ?
9. Назвіть основні вимоги до циркуляційного контуру КУ
10. Назвіть альтернативні способи отримання теплової енергії.

Інструкційна картка
Практична робота № 3

Тема: **Визначення потрібного повітрообміну в сільськогосподарському приміщенні.**

Мета: Ознайомлення з методикою розрахунку повітрообміну.

Матеріальне забезпечення: Інструкційні картки, id-діаграми вологого повітря, додатки з таблицями, картки КЗ.

Теоретичні відомості: Без створення мікроклімату важко одержати високу продуктивність тварин. При пониженій температурі і високій вологості повітря на 20% збільшуються витрати кормів, на 10% зменшуються надої молока.

Природній повітрообмін не може забезпечити оптимальних параметрів, тому тваринницькі приміщення обладнують системами вентиляції. Повітря, яке утримує в собі шкідливі домішки, концентрація яких перевищує допустимі норми, видаляється з приміщення і замінюється чистим атмосферним повітрям.

По призначенню вентиляційні системи діляться на витяжні, приточні і приточно-витяжні. По способу переміщення повітря вентиляція може бути природною і штучною, а по організації повітрообміну в приміщеннях – загальною, місцевою і змішаною. Подачу вентиляторів приймають на 10 – 15% більшою за необхідний повітрообмін.

Тепловіддача калориферів повинна бути на 10 – 20% більшою за розрахункову кількість теплоти, необхідної для нагрівання вентиляційного повітря.

Повітрообмін тваринницьких приміщень розраховують по теплоті та кількості надлишкової вологи з перевіркою на вуглекислоту.

Завдання роботи.

Визначити необхідний повітрообмін в приміщенні для утримання тварин на **n** голів з середньою живою масою **m**, кг.

Внутрішні розміри приміщення для тварин **a-b-c** (довжина, ширина, висота)

Розрахункові параметри зовнішнього і внутрішнього повітря: температура $t_в$, $t_з$ ^oC; відносна вологість повітря $\varphi_в$, $\varphi_з$ %. Тиск атмосферного повітря 760 мм рт. ст.

$q_в$ – питома вентиляційна характеристика будівлі, Вт/(м^{3}К),

c' – об'ємна теплоємність повітря, прийняти 1,2 кДж/(м^{3}К)

Дані до завдання.

Параметри	в а р і а н т и			
	1	2	3	4
кількість тварин	300	350	400	450
тип тварин	корови лактуючі	телята до 1 міс.	телята 3-4 міс.	телята 4 міс.
середня маса, кг	600	50	150	180
розміри приміщення, м	40 28 2,6	38 20 2,5	46 25 2,7	45 28 2,6
температура зовнішнього повітря $t_з$	Дод. 4	Дод.4	Дод.4	Дод.4
відносна вологість зовнішнього повітря $\varphi_з$	45	40	35	50
температура внутрішнього повітря $t_в$	Дод. 2	Дод. 2	Дод. 2	Дод. 2
відносна вологість внутрішнього повітря $\varphi_в$	80	70	70	60
Місце розташування	По варіанту	По варіанту	По варіанту	По варіанту
питома вентиляційна характеристика будівлі, $q_в$ Вт/(м^{3}К)	1,147	1,048	1,251	1,231

Хід роботи

Повітрообмін для видалення надлишкової теплоти визначають за формулою:

$$L_Q = \frac{3,6}{c'}\left(\frac{nq}{t_в - t_з} - V_{пр}\, q_в\right),\ м^3/год$$

c` – об'ємна теплоємність повітря, прийняти рівною 1,3 кДж/(кгК);
q – виділення вільної теплоти однією твариною (дод. 3);
$V_{пр}$ –об'єм приміщення , м^3;
n – кількість тварин;
$q_в$ –питома вентиляційна характеристика будівлі, Вт/(м^{3}К)

Повітрообмін для видалення надлишкової вологи:

$$L_w = \frac{1,1W\ n}{(d_в - d_з)\rho},\ м^3/год$$

W –кількість вологи, яку виділяє одна тварина (дод.3);
Випаровування вологи з мокрих поверхонь приміщення складає 10% від загальних вологовиділень тварин.

$d_з$, $d_в$ - вологовміст зовнішнього і внутрішнього повітря визначаємо по id – діаграмі вологого повітря при температурі і відносній вологості повітря.

Густина повітря при атмосферному тиску визначаємо за формулою:

$$\rho = \frac{346}{273 + t_в}, кг / м^3$$

Визначення повітрообміну по вуглекислоті:

$$L_{co_2} = \frac{V_{co_2} n}{c_в - c_з}, м^3 / год$$

V_{co} – об'єм вуглекислоти, який виділяє одна тварина (дод.3);
$c_в$ - допустима концентрація CO_2 в тваринницькому приміщенні, 2,5 л/м^3;
$c_з$ – вміст CO_2 в зовнішньому повітрі, приймаємо рівним 0,3 л/м^3;
n – кількість тварин.

Повітрообмін приймається найбільшим серед отриманих результатів і по ньому розраховують кратність повітрообміну, яка повинна бути в межах від 3 до 5.

$$m = \frac{L_{max}}{V_{пр}}, год^{-1}$$

$V_{пр}$ – об'єм приміщення.

Зробити висновки по роботі.

<u>Питання для перевірки:</u>

1. Що потрібно змінити, якщо кратність повітрообміну не лежить в заданих межах ?
2. Що таке мікроклімат, його параметри.
3. Наведіть класифікацію вентиляції.
4. Охарактеризуйте природні види вентиляції.
5. Як визначити необхідний повітрообмін в с.г. приміщенні ?
6. Поясніть принцип користування діаграмою вологого повітря.
7. Дайте визначення, що таке вологе повітря і як визначають його вологовміст ?
8. Що таке повітрообмін, в яких одиницях вимірюють його ?
9. В яких межах повинна бути кратність повітрообміну в с. г. приміщеннях ?
10. Наведіть приклад ВОУ і поясніть принцип її роботи.

Інструкційна картка
Практична робота №4

Тема: Розрахунок теплових втрат сільськогосподарського приміщення.

Мета: Знайомство з принципом і порядком визначення теплових втрат приміщення для подальшого розрахунку та підбору системи опалення.

Матеріальне забезпечення: інструкційні картки, додатки, питання КЗ.

Теоретичні відомості: Теплова потужність опалювальних приладів визначається на основі рівняння теплового балансу приміщення: **Qопал.=Q втрат.**

Теплові втрати визначають як суму втрат теплоти через зовнішні огородження (стіни, стелю, підлогу, вікна, двері). Додаткові витрати тепла через зовнішні стіни і вікна складають 25% від загальних (15% на вітер і 10% на етажність будівлі). Витрати через підлогу визначаються за окремими зонами - смугами по двом паралельним зовнішнім стінам. Формуються зони, починаючи від стін. Втрати теплоти не враховуються, якщо різниця температур складає не більше 5°С.

Завдання роботи: Визначити теплові втрати сільськогосподарського приміщення по відповідним даним:

№	Вихідні дані до роботи	1 варіант	2 варіант	3 варіант
1.	Призначення приміщен.	Майстерня	Склад	Контора
2.	Місце розташування	За варіантом	За варіантом	За варіантом
3.	Розміри будівлі	5 х 10 х 4 м	10 х 20 х 3м	6 х 4 х 2,5 м
4.	Товщина зовнішньої стіни і штукатурки	З глиняної цегли 510 мм штукатурка - 20 мм з однієї сторони	З силікатної цегли 510 мм штукатурка по 20 мм з обох сторін	З силікатної цегли 410 мм штукатурка по 25 мм з обох сторін
5.	Товщина підлоги	Бетон на гравії 0,2 м	Бетон на гравії 30 см	Бетон на гравії 0,3 м
6.	Товщина стелі	Керамзитобетон 0,3 м	Керамзитобетон 40 см	Керамзитобетон 0,4 м
7.	Температура зовнішнього повітря	З додатка 4	З додатка 4	З додатка 4
8.	Температура внутрішнього повітря	З додатка 2	З додатка 2	З додатка 2
9.	Розміри та кількість вікон	1,7х1,9м - 3 штуки подвійним склінням в дерев'яних рамах	1,0х0,5м – 5 штук подвійним склінням в металевих рамах	1,5х1м – 2 штуки з подвійним склінням в металевих рамах

Хід роботи:

Визначаємо втрати теплоти через всі городжуючи поверхні

Qвтр.= Qстіни + Qвікна + Qстелі + Qпідлоги

По умові завдання визначаємо термічні опори всіх огороджуючих поверхонь.

Для зовнішньої стіни:

$$Rc = Rв + \frac{\delta ц}{\lambda ц} + \frac{\delta ш}{\lambda ш} + Rз, \frac{м^2 \ град}{Вт}$$

$R_в$,- термічний опір внутрішньої поверхні стінки (додаток 5)

$\delta_ц$, $\delta_ш$- товщина цегли і штукатурки, м

$R_З$ термічний опір зовнішньої поверхні стінки (додаток 5)

$\lambda ц$,$\lambda ш$ – коефіцієнти теплопровідності цегли і штукатурки, (додаток 6) Вт/(м град)

Через внутрішні стінки втрати теплоти не враховуються, із-за невеликого перепаду температур (не більше 5 С °)

Для розрахунку термічного опору підлоги:

$$R_п = Rв + \frac{\delta}{\lambda} + Rз, \frac{м^2 \ град}{Вт}$$

$R_в$, $R_З$ – термічний опір поверхні підлоги вибираємо з додатка.

Опір теплопередачі стелі:

$$R = Rв + \frac{\delta}{\lambda} + Rз \ \frac{м^2 \ град}{Вт}$$

$R_в$, $R_З$ з додатку 5

Опір теплопередачі вікон $R_{вікна}$ підбираємо за додатком 5 по відповідній умові.

Визначаємо основні втрати теплоти огороджуючих поверхонь:

Визначаємо А – площу огороджуючих поверхонь, $м^2$ по даним варіанту і підставляємо в розрахунок основних втрат.

Для зовнішньої стіни:

$$Q = \frac{A_{ст}}{R_{ст}} (t_В - tз), \text{ Вт}$$

Для підлоги:

$$Q = \frac{A_{підл}}{R_{підл}} (t_В - tз), \text{ Вт}$$

Для стелі:

$$Q = \frac{A_{ст}}{R_{ст}} (t_В - tз), \text{ Вт}$$

Для вікон:

$$Q = \frac{Авік}{R_{вік}} (t_В - tз), \text{ Вт}$$

$t_в$,- внутрішня температура в приміщенні; $t_з$ - зовнішня температура самої холодної п’ятиденки року даного регіону;

А – площа огороджуючої поверхні, $м^2$.

R- термічний опір теплопередачі, ($м^2$град)/Вт

Втрати теплоти приміщення:

$Q_{пр}=Q_{ст} + Q_{стелі} + Q_{вік} + Q_{підл.}$

Суму основних втрат збільшуємо на величину втрат теплоти на інфільтрацію повітря, які складають 25 % від повних втрат

$Q_{інф}=0,25Q_{пр}$

При оцінюючих розрахунках витрати повітря на вентиляцію можна визначити за кратністю повітрообміну:

$m = \frac{L_{max}}{V_{пр}}$ знаходимо $L_{max} = m\ V_{пр}$

Для тваринницьких приміщень кратність повинна лежати в межах m=[3…5]. Вибираємо будь-яке значення та визначаємо максимальний повітрообмін L_{max}, $м^3$/год.

Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря для холодного періоду року визначають за формулою:

$Q_т=0,278L_{max}\rho \times c(t_в- t_з)$

де L_{max} – максимальний повітрообмін $м^3$/год

ρ – густина зовнішнього повітря, яка залежить від температури, кг/$м^3$ $\rho=346/(273+t_з)$

с – питома об'ємна теплоємність повітря, прийняти рівною 1,3 Дж/(кг град)

Повні втрати теплоти:

$Q=Q_{пр}+Q_{інфр}+Q_т$

Зробити висновки по роботі.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке мікроклімат ?
2. В яких межах повинна бути кратність повітрообміну для с.г. приміщень ?
3. Які теплоносії найбільше використовують в системах опалення ?
4. Яка система опалення являється найпоширенішою ?
5. Як визначити основні втрати теплоти з приміщення ?
6. Від чого залежить зовнішня температура для розрахунку теплових втрат ?
7. Які втрати відносять до додаткових ?
8. Що таке інфільтрація і як її можна зменшити ?
9. Як можна зменшити втрати теплоти в приміщенні ?
10. Поясніть поняття «тепловізійне обстеження» ?

Інструкційна картка
Лабораторна робота №3

Тема: Визначення параметрів конвективного сушіння.

Мета: Оволодіти методикою визначення параметрів конвективного сушіння.

Матеріальне забезпечення:: інструкційні картки, пакет Id – діаграм для вологого повітря, додатки з параметрами сушки, картки КЗ.

Теоретичні відомості: Сушіння – це процес видалення вологи з матеріалу. У сільському господарстві найбільш поширений конвективний спосіб сушіння, при якому сушка матеріалу виконується за допомогою сушильного агенту. Сушильним агентом служить нагріте в теплогенераторі повітря (або суміш повітря з димовими газами), яке надходить одночасно з продуктами сушіння в сушильні камери. При нагріві продукт втрачає певну кількість вологи, яка з агентом сушіння видаляється із сушильної камери. Далі просушений продукт надходить до охолоджуючої камери, в якій під дією холодного атмосферного повітря охолоджується і виходить із сушарки.

Тепловий розрахунок конвективної сушарки включає в себе: визначення початкових параметрів сушильного агенту; кількість випаруваної вологи; втрати на нагрівання продукту; витрати сушильного агенту; теплоти на сушіння; кількості повітря для охолодження.

Завдання роботи

Визначити кількість випаруваної вологи із продукту, витрату сушильного агенту, витрату теплоти на сушку по заданим даним:

Параметри сушки	варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 4	варіант 5	варіант 6
Культура	Пшениця	Ячмінь	Гречка	Горох	Кукурудза	Жито
M_1, т/год	5	5	5	5	5	5
ω_1, %	20	25	20	30	25	20
ω_2, %	15	10	15	20	15	10
t_0, ^oC	10	15	20	15	10	20
φ_0,%	40	50	45	55	60	65
t_3,^oC	30	60	45	35	40	35
t_1,^oC	70	120	100	90	80	70
$Q_н^р$, МДж/кг	20	22	25	30	28	23
η_t	0,7	0,8	0,7	0,65	0,75	0,65

Де M_1 – масова витрата культури; ω_1, ω_2 – вологість культури на вході і виході із сушарки; φ_0 – відносна вологість зовнішнього повітря; t_0 – температура зовнішнього повітря; t_1 – температура агента сушіння в сушарці; t_3 – температура повітря на виході із охолоджуючої камери; η_t – коефіцієнт корисної дії; $Q^р_н$ – робоча теплота згоряння палива.

Хід роботи

1.**Визначення кількості випаруваної вологи.**

Маса вологи дорівнює різниці між масою продукту до і після сушки:

$$W = M_1 - M_2$$

Маса сухого продукту в процесі сушки не змінюється:

$$M_2 = \frac{M_1(100 - \omega_1)}{100 - \omega_2}, кг / год$$

Кількість випаруваної вологи, виражена через абсолютну вологість:

$$W = M_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1}, кг / год$$

Відносна втрата в масі продукту:

$$Y = \frac{(M_1 - M_2)100\ \%}{M_1}$$

2. Визначення витрати сушильного агенту.

Кількість вологи, яка випаровується у сушарці, визначають за кількістю і характеристикою повітря, що надходить в сушарку і виходить з неї.

Кількість сушильного агенту:

$$L = \frac{1000\ W}{d_2 - d_1}, кг /(кг год)$$

де d_1, d_2 – вологовміст агента сушки до і після сушильної камери, г/кг, який знаходиться по hd-діаграмі вологого повітря по заданим температурі і відносній вологості (додаток 9)

Витрата повітря на випаровування 1 кг вологи:

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_0}, кг / кг$$

При використанні нагрітого повітря $d_0 = d_1$, тобто вологовміст до і після калорифера однаковий.

3. Визначення витрати теплоти на сушіння.

Витрати теплоти знаходять по формулі:

$$Q = Wq, кДж / год,$$

де q – питома витрата теплоти, кДж/кг:

$$q = l(i_1 - i_0),$$

де i_1, i_0 – ентальпії (тепловміст) вологого повітря до і після процесу сушіння, кДж/кг Тепловміст знаходять по hd – діаграмі вологого повітря (додаток 9), відповідно до температури і відносної вологості кДж/кг.

Знаходимо годинну витрату палива:

$$B_{год} = \frac{Q}{Q_н^р \eta_t}, кг / год$$

Зробити висновки по роботі.

Питання для самоперевірки

1. Який процес називається сушінням, яке значення має цей процес для с.г.?
2. Перелічіть основні форми зв'язку вологи з матеріалом.
3. Що таке агент сушіння і якими параметрами він характеризується?
4. Які властивості вологого матеріалу потрібно знати для організації процесу сушіння?
5. Перелічіть способи сушіння. Які з них найбільше використовуються в с.г.?
6. Що таке активне вентилювання і коли його застосовують?
7. В чому суть конвективної сушки?
8. Наведіть класифікацію сушильних установок.
9. Пояснити принцип роботи конвективної сушарки типу АВМ.
10. Поясніть принцип користування id- діаграмою вологого повітря.

Інструкційна картка
Лабораторна робота №4

Тема: Вивчення будови та роботи компресійної холодильної установки

Мета: **Виконання калоричного розрахунку холодильника, для визначення добової витрати холоду.**

Завдання роботи: вивчити будову та роботу парової компресійної холодильної установки, провести калоричний розрахунок холодильника.

Теоретичні відомості: Холодильна машина призначення для відведення теплоти від охолоджуваного об'єкту (тіла з більш низькою температурою) і передачі її навколишнє середовище з більш високою температурою (повітря, воду і т.п.).

Кожна речовина може знаходитися в трьох агрегатних станах: твердому, рідкому і газоподібному. Для переведення із одного стану в інший до речовини необхідно підвести необхідну кількість теплової енергії. Так, для того щоб заморозити 1 кг води, або розтопити 1 кг льоду, необхідно відповідно відвести або підвести 335,2 кДж. Теплової енергії. Аналогічне явище спостерігається при переході рідини в газоподібний стан і під час перетворення газу в рідину (при конденсації). Кількість теплоти, необхідної для здійснення цих процесів, також є величиною постійною і для 1 кг води при нормальному атмосферному тиску рівна близько 2259 кДж.

Температура кипіння рідини змінюється в залежності від тиску. Чим вищий тиск, тим вища температура при якій рідина кипить або конденсується.

Відомо також, що теплота завжди переходить від тіла з високою температурою до тіла з більш низькою температурою. Перехід теплоти від холодного тіла до теплого можливий лише тоді, коли на це витрачається підведена зовні деяка кількість енергії.

Всі перераховані вище властивості використані в техніці для отримання штучного холоду.

Принцип дії холодильної установки визначається основним законом термодинаміки. В парокомпресійній холодильній установці для перенесення

теплоти Q_0 від більш холодного тіла (холодного джерела з температурою $T_{х.д}$) в навколишнє середовище з більш високою температурою ($T_{н.с}$) потрібно затратити роботу $L_к$ (в даному випадку робота компресора). Робоче тіло холодильної машини (холодильний агент) виконує замкнутий цикл, періодично повертаючись в першопочатковий стан.

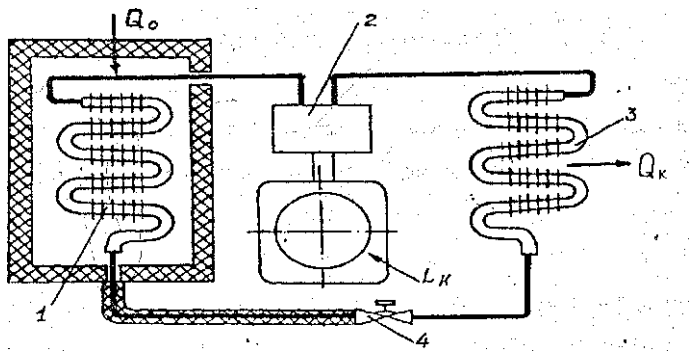
В цьому коловому процесі теплота $Q_к$ віддається навколишньому середовищу. На сонові першого закону термодинаміки рівняння теплового балансу холодильної машини пишеться:

$$\mathbf{Q_к = Q_0 + L_к}$$

$Q_к$ – теплота, що віддається конденсатором в навколишнє середовище;
Q_0 - теплота відведена від охолоджуваного об'єкту ;
$L_к$ – робота компресора.

Будова та принцип роботи холодильної машини

Кожна холодильна машина складається з чотирьох частин: випарника 1, компресора 2, конденсатора 3 і регулюючого вентиля (дроселя) 4, з'єднаних між собою трубопроводами. По замкнутому контуру цієї системи циркулює холодний агент – речовина, здатна кипіти при низьких температурах. В процесі циркуляції вона змінює свій агрегатний стан, періодично перетворюючись у пару або рідину.



Мал.1. Схема парової компресійної машини: 1 - випарник; 2 - компресор; 3 - конденсатор; 4 - дросель.

У випарнику 1 рідкий холодильний агент при порівняно низькому тиску, поглинаючи теплоту від охолоджувального продукту, перетворюється у пару. Температура рідкого холодильного агента змінюється в залежності від тиску випаровування. Для отримання холоду необхідно у випарнику підтримувати такий тиск, при якому температура кипіння холодильного агента була б нижчою температури охолоджуваного об'єкта.

Компресор 2 відсмоктує пару із випарника і стискає її. Робота, затрачена на стискання, перетворюється у теплоту, тому поряд із збільшенням тиску підвищується і температура пари. Із компресора стиснена пара спрямовується в конденсатор 3. Так як пара знаходиться під високим тиском вона може

конденсуватися при відносно високій температурі. Обдуваючи зовнішню поверхню конденсатора повітрям, її заставляють конденсуватись. Для охолодження конденсатора можна використовувати воду або інші речовини.

Утворений в конденсаторі рідкий холодильний агент спрямовується в регулювальний вентиль (дросель) 4. Тут, проходячи через отвір невеликого діаметру і отримуючи великій гідравлічний опір, рідина дроселюється, тобто її тиск різко падає. Потрапляючи потім у випарник, вона при низькому тиску отримує здатність кипіти. Утворена в результаті цього пара знову засмоктується компресором, потім потрапляє в конденсатор, дросель, випарник і т.д. В процесі отримання штучного холоду кількість холодильного агента не змінюється – він безперервно циркулює по замкнутій системі, відводячи теплоту від охолоджуваного об'єкта, проходячи через випарник, і віддає теплоту навколишньому середовищу через конденсатор.

Ефективність роботи холодильної машини оцінюється холодильним коефіцієнтом, який визначається із співвідношення:

$$E = \frac{Q_0}{L_k}$$

E – холодний коефіцієнт;
Q_0 – теплота, відведена від охолоджуваного об'єкта
L_k - робота компресора.

Щоб збільшити ефективність холодильних машин і підвищити надійність, в їх схему включають додаткові ємності і апарати (теплообмінник, ресивер і ін.). Прилади автоматики і контролю полегшують обслуговування і забезпечують безпечну роботу холодильних машин.

Для отримання холоду в холодильних машинах застосовують речовини (робочі тіла), які називають холодоагентами. Найбільш розповсюджені серед них - фреони і аміак.

Фреони – похідні метану і етану. Із групи фреонів найбільш розповсюджений фреон – 12 ($CF_2 Cl_2$). Фреон – 12 не шкідливий для здоров'я людини, не горить, розчиняє гуму. Фреон – 12 має велику текучість, що дає змогу йому проникати через найменші нещільності і навіть пори металу, розчиняючи неметалеві включення, він не має запаху, тому його витікання через нещільності важко виявляти.

Фреон – 12 застосовують у великих, середніх і малих компресійних холодильних машинах з температурою випаровування до – 70^0 і температурою конденсації до 60^0.

Аміак - (NH_3) – безколірний газ із сильним ядучим (задушливим) характерним запахом. На мідь і її сплави він чинить руйнівну дію, він вибухонебезпечний при певних концентраціях в атмосферному повітрі, шкідливо діє на організм людини. Аміак застосовують в холодильних машинах великої і середньої холодопродуктивності с температурою випаровування до – 70^0

Завдання роботи

Виконати калоричний розрахунок холодильної установки

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вид тари	дерево	картон	картон	залізо	пласт.	картон	пласт.	картон	дерево	залізо
Маса продукту, кг	150	350	500	130	150	190	300	100	100	340
Вид продукту	плоди	риба	Свинина	яловичина	Свинина	яловичина	Свинина	плоди	плоди	Свинина
$\varphi_к$	70	65	90	90	70	75	70	85	80	80
$\varphi_{пр.}$	60	50	75	80	65	55	60	65	70	55
$t_{з.п.}$	10	25	20	15	20	15	15	10	25	25
$t_{х.к.}$	0	-1	-3	-5	-2	-1	-3	-5	1	-2

Добова витрата холоду визначається з виразу

$$\mathbf{Q = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + Q_3 + Q_4;\ кДж/добу}$$

Де Q – добова витрата холоду кДж/добу;

Q_1 - витрати холоду через огородження холодильника кДж/добу;

ΣQ_2 - витрати холоду на термообробку (охолодження та моржування) продукту і тари кДж/добу;

Q_3 – витрати холоду на вентиляцію холодильної камери кДж/кг;

Q_4 – експлуатаційні витрати холоду, кДж/кг.

Витрати холоду через огородження холодильника визначається формулою:

$$\mathbf{\Sigma Q_1 = 3.6 \cdot 24 \cdot кF\ (T_п - T_к)}$$

Де: к – коефіцієнт теплопередачі через огородження холодильника, Вт/(м^{2}К)

F – площа огородження, м^2;

$T_п$ – температура повітря в приміщенні, ^{0}К

$T_к$ – температура повітря в холодильній камері, ^{0}К

При визначенні площі поверхні холодильної камери слід користуватись об'ємом охолоджуваного продукту. Об'ємна вага продуктів приведена в таблиці (додаток 8) .

Коефіцієнт теплопередачі визначається з виразу

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

a_1 - коефіцієнт тепловіддачі повітря до зовнішньої стінки холодильника, Вт /(м^{2}К);
a_2 - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої стінки холодильника до повітря його камери, Вт /(м^{2}К);
$б_i$ – товщина i –того шару стінки холодильника, м;
λ_i – коефіцієнт теплопровідності i – того шару стінки холодильника, Вт /(мК).

Коефіцієнт тепловіддачі a_1 і a_2 можна прийняти рівними:

$$a_1 = 15 \text{ Вт/(м}^2\text{ К)}; \; a_2 = 6 \text{ Вт/(м}^2\text{ К)}$$

Стінка досліджуваної холодильної камери має 3 шари:

зовнішній шар виконаний із стального листа товщиною

$$б_{ст} = 1{,}5 \text{ мм}, \lambda_{ст} = 50 \text{ Вт / Вт/(м К)}$$

внутрішній шар виконаний з теплоізоляційного матеріалу товщиною

$$б_1 = 60 \text{ мм}, \lambda_1 = 0{,}05 \text{ Вт/(м К)}$$

третій шар виконаний з пластику товщиною

$$б_{пл} = 3{,}5 \text{ мм}, \lambda_{пл} = 0{,}3 \text{ Вт/(мК)}$$

Витрата холоду на термообробку продукту і тари буде рівнятися:

$$\Sigma Q_2 = m\,(i^n_n - i^n_к) + M_т \cdot c_т\,(T_п - T_к)$$

Де: **m** – кількість продуктів що піддаються термообробітку на протязі доби, кг;
i^n_n - ентальпія продукту на початку охолодження кДж/кг
$i^n_к$ – ентальпія продукту в кінці охолодження кДж/кг, ентальпію продукту визначати з таблиці (додаток 8)
$M_т$ – маса тари, кг (масу тари приймають в процентному відношенні від добового поступлення продуктів у камеру. Для дерев'яної тари її можна прийняти рівною 15%, металевої - 25 %, скляної – 100%, картонної – 10%, пластмасової – 12%).
$C_т$ – теплоємність тари, кДж/кг ^{0}К (дерево – 2,5, метал – 0,46, скло – 0,84, картон - 1,5, пластмаса – 1,8)

Витрати холоду на вентиляцію холодильної камери визначається з виразу:

$$Q_3 = a\backslash 24\, V \cdot \rho\, (i_п - i_к)$$

a – кратність повітрообміну в камері (a = 2…3)
V - об'єм камери, м^3

ρ - густина повітря при температурі камери, кг/м^3
i_n - тепловміст зовнішнього повітря, кДж/кг
$i_к$ – тепловміст повітря в камері кДж/кг

Тепловміст повітря, в залежності від його температури і відносної вологості , визначається з діаграми$_1$ (додаток 9)

Густина повітря визначається за формулою:

$$\rho = 0{,}465\ P_{бар} / T_к$$

Де: $P_{бар}$ – барометричний тиск,760 мм. рт. ст..
$T_к$ – температура повітря в камері, ^{0}К
Експлуатаційні втрати холоду становлять 10-40 % від ΣQ_1;
$Q_4 = (0{,}1\ldots0{,}4)\ \Sigma Q_1$
Підставивши отримані значення втрат холоду ΣQ_1; ΣQ_2; Q_3; Q_4

Визначаємо добову витрату холоду досліджуваним холодильником.
$Q = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + Q_3 + Q_4$; кДж/добу

<u>Питання для перевірки:</u>

1. Які типи холодильників ви знаєте?
2. Що таке холодильний коефіцієнт?
3. Які вам відомі робочі речовини, що використовують в холодильних установках, крім фреону і аміаку?
4. З якою ціллю і де у сільськогосподарському виробництві використовуються холодильні установки?
5. Яка різниця між холодильником та тепловим насосом?

Додаток 1. Параметри води і водяної пари

t, °C	p, бар	v′, м³/кг	v″, м³/кг	i′, кДж/кг	i″, кДж/кг	r, кДж/кг	s′, кДж/кг К	s″, кДж/кгК
0,01	0,006108	0,0010002	206,175	0,00061	2500,64	2500,64	0	9,1544
5	0,008719	0,00100008	147,15	21,0496	2509,98	2488,93	0,0764	9,0242
10	0,012271	0,00100035	106,42	42,0364	2519,24	2477,2	0,1511	8,8996
15	0,017041	0,00100095	77,973	62,9826	2528,44	2465,45	0,2245	8,7803
20	0,023368	0,00100184	57,836	83,9034	2537,58	2453,68	0,2964	8,6662
25	0,031663	0,00100301	43,401	104,809	2546,68	2441,87	0,3671	8,5569
30	0,042418	0,00100442	32,929	125,706	2555,73	2430,02	0,4366	8,4523
35	0,056218	0,00100605	25,245	146,6	2564,74	2418,14	0,5050	8,3520
40	0,07375	0,00100789	19,546	167,495	2573,7	2406,21	0,5722	8,2559
45	0,095818	0,00100993	15,276	188,393	2582,62	2394,23	0,6384	8,1637
50	0,12335	0,0010121	12,045	209,296	2591,48	2382,18	0,7036	8,0752
55	0,1574	0,0010145	9,5779	230,208	2600,28	2370,08	0,7678	7,9902
60	0,19919	0,0010171	7,6775	251,129	2609,03	2357,9	0,8311	7,9085
65	0,25008	0,0010199	6,2012	272,062	2617,7	2345,63	0,8934	7,8299
70	0,3116	0,0010228	5,0453	293,009	2626,29	2333,28	0,9549	7,7543
75	0,38547	0,0010258	4,1332	313,971	2634,8	2320,83	1,0155	7,6815
80	0,47359	0,001029	3,4083	334,952	2643,22	2308,27	1,0753	7,6114
85	0,57803	0,0010324	2,8282	355,953	2651,56	2295,59	1,1344	7,5428
90	0,70109	0,0010359	2,3609	376,977	2659,76	2282,79	1,1926	7,4785
95	0,84527	0,0010396	1,982	398,027	2667,86	2269,84	1,2501	7,4155
100	1,01325	0,0010434	1,673	419,105	2675,84	2256,73	1,3070	7,3546
105	1,208	0,0010474	1,4193	440,21	2683,68	2243,47	1,3631	7,2957
110	1,4326	0,0010515	1,2101	461,36	2691,38	2230,02	1,4186	7,2387
115	1,6905	0,0010558	1,0364	482,54	2698,93	2216,39	1,4734	7,1834
120	1,9854	0,0010603	0,89167	503,76	2706,31	2202,54	1,5277	7,1298
125	2,3208	0,0010649	0,77041	525,03	2713,52	2188,49	1,5814	7,0779
130	2,7011	0,0010697	0,66837	546,35	2720,54	2174,19	1,6345	7,0273
135	3,1306	0,0010747	0,58201	567,72	2727,37	2159,65	1,6870	6,9782
140	3,6136	0,0010798	0,50865	589,15	2733,99	2144,85	1,7391	6,9304
145	4,1549	0,0010851	0,44611	610,64	2740,4	2129,76	1,7906	6,8838
150	4,7597	0,0010906	0,39259	632,19	2746,57	2114,38	1,8417	6,8884
155	5,433	0,0010962	0,34654	653,82	2752,5	2096,69	1,8923	6,7940
160	6,1804	0,0011021	0,30685	675,51	2758,18	2082,66	1,9425	6,7506
165	7,0075	0,0011081	0,27247	697,29	2763,59	2066,3	1,9923	6,7082
170	7,9203	0,0011144	0,24262	719,15	2768,72	2049,56	2,0417	6,6666
175	8,9247	0,0011208	0,21659	741,11	2773,55	2032,45	2,0907	6,6258
180	10,027	0,0011275	0,19385	763,15	2778,09	2014,93	2,1394	6,5868
185	11,234	0,0011344	0,17390	785,30	2782,30	1997,00	2,1877	6,5464
190	12,552	0,0011415	0,15635	807,55	2786,18	1978,63	2,2356	6,5077
195	13,989	0,0011489	0,14088	829,92	2789,72	1939,80	2,2833	6,4695
200	15,550	0,0011565	0,12719	852,41	2792,86	1940,44	2,3307	6,4318
205	17,246	0,0011644	0,11505	852,02	2795,61	1920,59	2,3779	6,3945
210	19,079	0,0011726	0,10427	897,78	2797,98	1900,20	2,4247	6,3576
215	21,062	0,0011812	0,09465	920,67	2799,94	1835,66	2,4714	6,3211
220	23,201	0,0011900	0,08606	913,72	2801,48	1812,93	2,5179	6,2849
225	25,504	0,0011992	0,07838	966,93	2802,59	1789,54	2,5641	6,2400
230	27,979	0,0012087	0,07147	990,32	2803,25	1763,46	2,6103	6,2133
235	30,635	0,0012187	0,06527	1013,89	2803,43	1715,10	2,6562	6,1778
240	33,480	0,0012291	0,05967	1037,66	2803,13	1763,46	2,7021	6,1425
245	36,525	0,0012339	0,05463	1061,63	2802,30	1740,66	2,7479	6,1072
250	39,776	0,0012512	0,05006	1085,84	2800,93	1715,10	2,7936	6,0719

255	43,224	0,0012631	0,04592	1110,28	2799,01	1688,72	2,8392	6,0366
260	46,940	0,0012755	0,04215	1134,99	2796,48	1661,49	2,8849	6,6012
265	50,872	0,0012866	0,03872	1159,98	2793,32	1633,34	2,9306	5,9657
270	55,051	0,0013023	0,0356	1185,26	2789,48	1604,22	2,9764	5,9299
275	59,448	0,0013168	0,03275	1210,87	2784,92	1574,05	3,0223	5,8938
280	64,191	0,0013321	0,03013	1236,83	2779,60	1542,77	3,0683	5,8573
285	69,175	0,0013483	0,02776	1263,18	2773,44	1510,27	3,1143	5,8203
290	74,449	0,0013655	0,02584	1289,94	2766,39	1476,45	3,1610	5,7827
295	80,025	0,0013889	0,02351	1317,17	2758,36	1441,19	3,2078	5,7444
300	85,917	0,0014036	0,02164	1344,94	2749,26	1404,36	3,2349	5,7051
305	92,136	0,0014247	0,01992	1373,20	2738,96	1365,76	3,3026	5,6648
310	98,697	0,0014475	0,01832	1402,13	2727,30	1325,17	3,3508	5,6232
315	105,61	0,0014722	0,01683	1431,76	2714,19	1282,43	3,3996	5,5800
320	112,90	0,0014992	0,01545	1462,21	2699,69	1237,48	3,4493	5,5356
325	120,57	0,0015289	0,01417	1493,57	2683,55	1189,98	3,5001	5,4895
330	128,64	0,0015620	0,01297	1526,01	2665,51	1139,50	3,5520	5,4412
335	137,14	0,0015990	0,01184	1559,73	2645,22	1085,49	3,6034	5,0329
340	146,08	0,0016390	0,01078	1594,88	2622,08	1027,20	3,6606	5,3359
345	155,48	0,0016860	0,00977	1631,86	2595,42	963,560	3,7181	5,2769
350	165,87	0,0017410	0,00881	1671,23	2564,26	893,020	3,7788	5,2119
355	175,76	0,0018070	0,00787	1713,92	2527,05	813,130	3,8441	5,1386
360	186,74	0,0018940	0,00694	1761,54	2481,11	719,560	3,9164	5,3903
365	198,29	0,0020160	0,00600	1817,58	2420,94	603,560	4,0010	4,9463
370	210,52	0,0022250	0,00493	1892,40	2330,73	438,380	4,1137	4,7953
374	220,87	0,0028300	0,00348	2039,00	2151,00	412,000	4,3258	4,5029

Параметри критичної точки: температура 374,116^{o}С, тиск 22,1145 МПа, об’єм 0,003147 м^3/кг, ентальпія 2096,2 кДж\кг, ентропія 4,424 кДж\(кг град).

Додаток 2. Середні значення розрахункових температур внутрішнього повітря

Приміщення	Температура	Відносна вологість, %
Житлові будинки	18	
Учбові заклади, контори	16	
Майстерні	20	
Лікарні	20	
Теплиці	15	
Парники	15	
Корівники, телятники	10	70
Свинарники	16	75
Пташник	14	65
Складське приміщення	14	

У всіх тваринницьких приміщеннях допускається вміст CO_2 до 2,5 л/м^3, NH_3 до 0,5 л/м^3.

В пташниках допустима концентрація CO_2 1,8-2,0 л/м^3, NH_3 0,01мг/л, H_2S 0,005 мг/л.

Додаток 3. Норми виділення тваринами теплоти, вуглекислоти і водяних парів

Вид і група тварин	Жива маса, кг	Вільної теплоти, Вт	Вуглекислоти, л/год.	Водяних парів, г/год.
Корови тільні	400 600	640 779	110 138	350 440
Корови лактуючі	300 500 600	543 810 876	96 143 156	307 413 494
Телята до 1 місяця	50 80	144 215	26 38	83 121
Телята 3-4 місяця	90 150	207 321	37 57	118 183
Телята 4 місяця	120 180	270 406	48 71	153 227
Молодняк	50 80	157 220	27 38	77 107
Свині відгодівельні	200 300	358 471	63 83	175 230

Кількість виділень приведено при температурі внутрішнього повітря 10°C і відносної вологості 70 %.

Додаток 4. Температура зовнішнього повітря в окремих населених пунктах для холодного періоду року

Назва населеного пункту	Температура C^0	
	Опалення	Вентиляція
Вінниця	-21	-10
Дніпро	-24	-9
Донецьк	-24	-10
Євпаторія	-16	-3
Житомир	-21	-9
Запоріжжя	-20	-9
Київ	-22	-10
Кропивницький	-21	-9
Кривий Ріг	-17	-8
Луганськ	-26	-10
Луцьк	-23	-7
Львів	-22	-6
Маріуполь	-21	-6
Мелітополь	-19	-8
Миколаїв	-19	-7
Одеса	-16	-6
Полтава	-22	-10
Рівне	-23	-9
Сімферополь	-19	-4
Суми	-26	-11
Тернопіль	-25	-9
Ужгород	-18	-6
Феодосія	-13	-2
Харків	-25	-11
Херсон	-20	-6
Хмельницький	-24	-9
Черкаси	-21	-8
Чернівці	-20	-9
Чернігів	-22	-10
Ялта	-7	+1

Додаток 5. Термічні опори поверхонь

Термічний опір підлоги R, ($м^2$град)/Вт	Термічний опір зовнішньої стіни R, ($м^2$град)/Вт	Термічний опір стелі R, ($м^2$град)/Вт	Термічний опір вікон R, ($м^2$град)/Вт
Внутрішній $R_в$= 8,6	0,115	0,132	В дерев'яних рамах 0,34
Зовнішній $R_з$= 2,1	0,043	0,086	В металевих рамах 0,31

Додаток 6. Коефіцієнти теплопровідності матеріалів

Будівельні матеріали	Коефіцієнти теплопровідності λ, Вт/(м град)
Бетон на гравії	1,45
Керамзітобетон	0,23
Цегляна кладка із глиняної цегли	0,81
Штукатурка із цементно-пісчаного розчину	0,93
Цегляна кладка із силікатної цегли	0,78

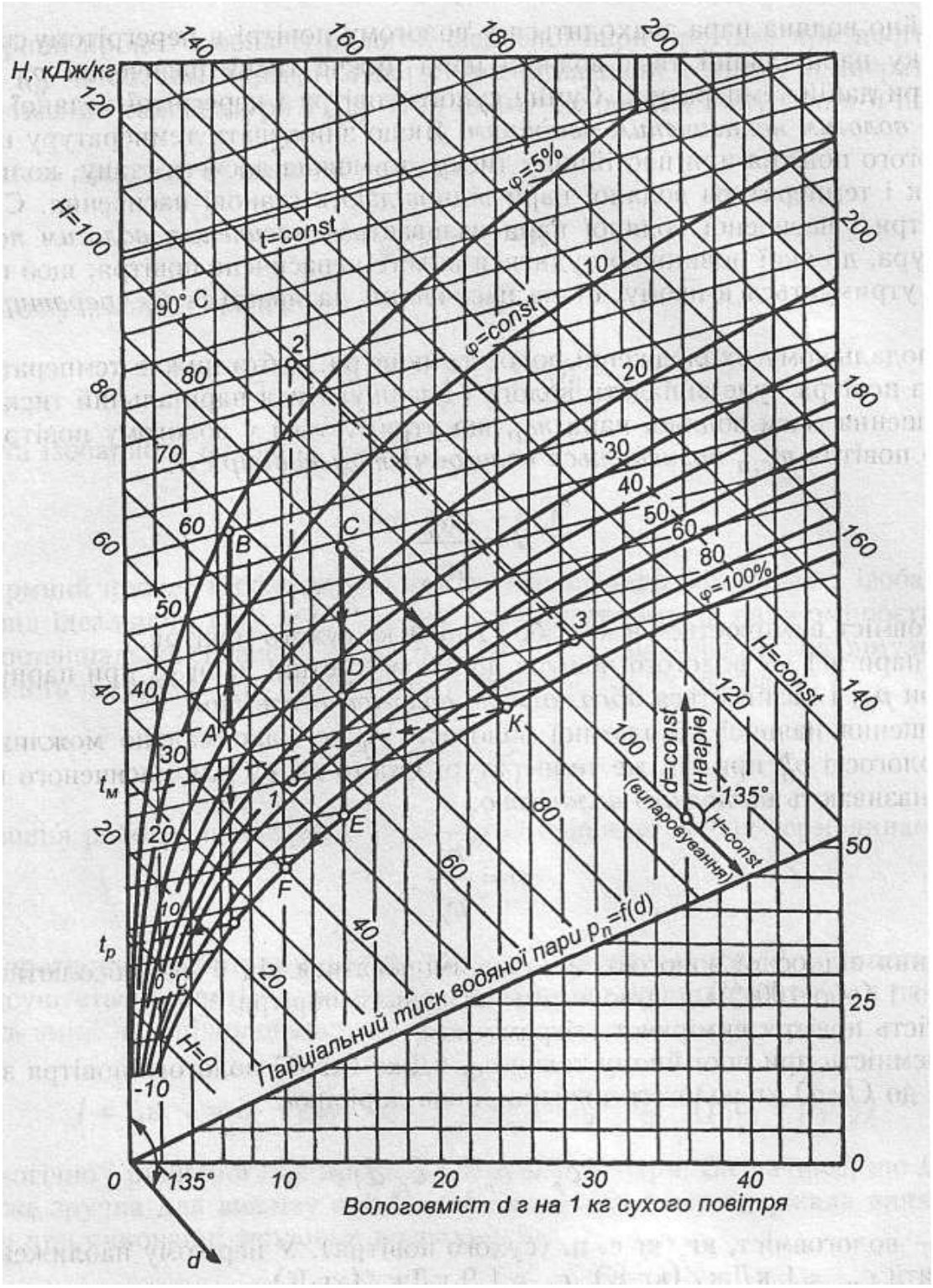
Додаток 7. Об'ємна вага основних сільськогосподарських продуктів л \кг

Яловиччина	0,98
Свинина	0,95
Риба	0,99
Плоди	1,05

Додаток 8. Ентальпія продуктів при різних температурах кДж/кг

Продукти	Температура продукту											
	-10	-5	-4	-3	-2	-1	0	5	10	15	20	25
Яловиччина	30,2	57,4	66,2	75,4	99	186	232	248	64	280	296	13
Свинина	28,9	54,4	62	73,6	91,6	170	212	227	242	257	273	288
Риба	32,7	61,6	71,2	85,6	106	200	250	267	280	295	311	335
Плоди	48,2	90,1	104	139	211	286	311	351	370	389	406	421

Додаток 9. Id – діаграма вологого повітря.



ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт складається на стандартних листах формату А-4.
Звіт повинен складатися з розділів:

- короткий теоретичний огляд;
- принципова схема експериментальної установки та її опис;
- методика виконання роботи;
- результати експериментальних досліджень та їх математичний обробіток.

При складанні звіту необхідно дотримуватись таких вимог:

- розрахунки супроводжувати короткими пояснювальним текстом, яка величина визначається і за якою формулою, які величини використані у формулі;
- обчислення додавати у розгорнутому вигляді;
- розмірності усіх заданих та розрахованих величин підставляти в одиницях СІ;
- графічний матеріал повинен бути виконаний чітко в масштабі на міліметровому папері.

Після розрахунків і виконання графічної частини має бути проведений короткій аналіз отриманих результатів і зроблені відповідні висновки.

Список рекомендованої літератури:

1. Драганов Б.Х Міщенко А.В. Борхаленко Ю.О. Основи теплотехніки і гідравліки. – Київ: «Аграрна освіта» 2011
2. Черняк О.В. Рибчинська Г.Б. Основи теплотехніки і гідравліки. – К: Вища школа 1982
3. Ерохин В.Г. Маханько М.Г. Сборник задач по основам теплотехники и гидравлики. – М: Енергия 1972
4. Драганов Б.Х. Кузнецов А.В. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. – М: 1990
5. Дідур В.А., Стручаєв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в с.г.- Київ: «Аграрна освіта» 2008