

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

02.04 – МР. 175 «с» 2021.02.01 033 ПЗ

**ХОМЕНКО ВЛАДИСЛАВ ПЕТРОВИЧ**

**2021**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
УДК 674.047

**ПОГОДЖЕНО**  
Директор ІНІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження

Каплун В.В.

(підпис)

«      » 2021 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
В.о. завідувача кафедри  
теплоенергетики

Антипов Є.О.

(підпис)

«      » 2021 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: „Модернізація системи енергопостачання споруд Ржищівського  
фахового коледжу будівництва та економіки з використанням  
теплонасосного обладнання”

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

Д.Т.Н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Жильцов А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Шеліманова О.В.

(підпис)

(ПІБ)

**Виконав**

Коменко В.П.

(підпис)

(ПІБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри  
теплоенергетики

к.т.н., доцент.

Антипов Є.О.

(підпис)

2021 р.

ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ

Хоменку Владиславу Петровичу

Спеціальність 141 електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
Тема магістерської кваліфікаційної роботи роботи: „Модернізація системи енергопостачання споруд Ржищівського фахового коледжу будівництва та економіки з використанням теплонасосного обладнання”

затверджена наказом ректора НУБіП України від 1.02.2021 № 175”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15.11.2021

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати сучасний стан енергопостачання об'єкта проєктування
2. Розрахувати теплову потужність комплексу споруд коледжу.
3. Розробити проєкт освітлення для приміщень навчальної майстерні
4. Виконати розрахунок та здійснити вибір обладнання для забезпечення мікроклімату навчальної майстерні
5. Розглянути питання експлуатації теплонасосного обладнання
6. Виконати техніко-економічне обґрунтування проєкту

Дата видачі завдання 02.02.2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Шеліманова О.В.

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

Хоменко В.П.

(підпис)

(ПІБ)

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, термінів.....	2
Вступ.....	2
РОЗДІЛ 1. Характеристика об'єкту проектування.....	4
РОЗДІЛ 2. Розрахунок теплової потужності комплексу споруд будівельного коледжу.....	6
2.1 Вибір системи теплопостачання показниками.....	8
2.2 Розрахунок теплових навантажень.....	
2.3 Вибір джерела теплопостачання.....	
2.4 Регулювання теплових навантажень.....	
РОЗДІЛ 3. Розрахунок освітлення для приміщень навчальної майстерні.....	
3.1 Аналіз об'єкту проектування. Визначення коефіцієнтів відбиття поверхонь в приміщеннях об'єкту проектування.....	
3.2 Вибір джерела світла.....	
3.3 Вибір системи і виду освітлення, норм освітленості, коефіцієнтів запасу використання світлового потоку.....	
3.4 Розрахунок освітлення основного приміщення методом коефіцієнту використання світлового потоку.....	
3.5 Перевірка точковим методом відповідності фактичної освітленості в контрольних в основному приміщенні.....	
3.6 Розрахунок освітлення в допоміжних приміщеннях.....	
3.7 Компоновка освітлювальної та опромінювальної мереж. Вибір та розрахунок проводів, спосіб їх прокладки.....	
3.8 Вибір і розрахунок комунікаційно-захисних апаратів і щитів.....	
РОЗДІЛ 4. Розрахунок та вибір обладнання для забезпечення мікроклімату навчальної майстерні.....	
4.1 Загальні положення розрахунку.....	
4.2 Тепловий баланс навчальної майстерні.....	
4.3 Теплові надходження до будівлі.....	
4.3.1 теплові надходження від людей.....	

4.3.2 теплові надходження від електроосвітлення  
4.4 Теплові втрати будівлі навчальної майстерні  
4.4.1 Теплова потужність систем опалення для підігріву вентиляційного повітря

4.4.2 Витрати вентиляційного повітря  
4.4.3 Теплові витрати через огорожувальні конструкції  
4.4.4 Теплові витрати будівлі на підігрів інфільтрованого повітря  
4.5 Вибір вентилятора для забезпечення припливної примусової вентиляції

4.6 Вибір теплового насосу типу «повітря-повітря».....  
4.7 Основи експлуатації теплонасосного обладнання.....

РОЗДІЛ 5. Економічна ефективність проекту.....  
Висновки.....  
Список використаної літератури.....

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВСТУП

На сьогоднішній день актуальною проблемою для усього світу в цілому є проблема енергоефективності. Особливої уваги ця проблема набуває в нашій країні, де такі питання тісно пов'язані з забезпеченням енергетичної незалежності. Спираючись на це і якщо враховувати важливість спеціалізованих закладів, як осередків підготовки фахівців високо рівня кваліфікації у вирішенні екологічних проблем, створення в Україні «зелених студмістечок» є важливою справою на порядку денному. Подібні студмістечка можуть і мають стати таким собі майданчиком для експериментів, щоб виховати у молоді навички свідомого споживання енергетичних ресурсів, і в тому числі використання «green energy».

Теплонасосні установки (ТНУ), що використовують низькотемпературні вторинні енергоресурси, а також поновлювані природні джерела енергії для перетворення в теплову енергію широко застосовуються сьогодні у світі. Їх робота сприяє економії дефіцитного і дорогого органічного палива, зниженню забруднення довкілля продуктами згорання і покращенню умов життєдіяльності живих організмів.

Основними причинами, що стали сигналом до відставання з впровадженням теплових насосів в Україні це в тому числі і відсутність підтримки від держави по запровадженню технологій для енергозберегання, економічна окупність яких встановить всього декілька років і низькі ціна на енергетичні ресурси, як були більш популярними для використання у минулому. Але на сьогоднішній день, коли наша держава постала перед великим викликом енергетичної залежності, необхідність збереження та доцільного використання ресурсів енергетичних, провадження альтернативних джерел різних типів та видів енергії на заміну викопних видів палива, в тому числі і природного газу усвідомлює кожен відповідальний громадянин. У пропонувані умови широкомасштабне впровадження теплонасосних технологій стає однією з найбільш перспективних альтернатив традиційним теплогенераторам.

## РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Сьогодні Ржищів — місто Київської області з населенням близько 12 тис. осіб, розташоване на високому березі Дніпра при впадінні в нього правої притоки річки Леглич. Ржищів знаходиться за 85 км від Києва та за 25 км від Кагарлика. Знаходиться на перетині головних доріг району: автомобільної дороги державного значення Біла Церква – Кагарлик – Ржищів та автомобільної дороги обласного значення Васильків – Обухів – Канів, а також кількох доріг місцевого значення та поблизу важливого пасажирського транспорту, водна

транспортна артерія, що пролягає по Дніпру. Коли і ким був заснований Ржищів, достеменно невідомо. Якщо це літописне місто Вжище, то воно існувало до 13 століття в дотатарський період. Лаврентій Похилевич вважає, що назва Ржищів була перероблена з польського слова Rzesza – юрба, відповідно вона з'явилася в литовсько-польську добу. У 19 столітті Ржищів був значним торговим центром Київської губернії. На той час населення міста становило 4776 осіб. Майже 70% жителів були євреями.

У 17-18 століттях власниками Ржищева були представники старовинного роду Вороничів. Головною пам'яткою архітектури сучасного Ржищева безперечно є Троїцька церква. В 1790 столітті власницею містечка стала одна з останніх представниць роду – Магдаліна Воронич (за чоловіком Щеновська). Вона передала Ржищів своїй дочці, яка була одружена із белзьким воєводою, генерал-шефом народної кавалерії Гнатом Дзялинським. Хоча існує версія, що Магдаліна Щеновська продала місто Дзялинському.

Головною пам'яткою архітектури Ржищева нині є Троїцька церква збудована у 1853-1860 роках на місці старої дерев'яної. Церква зведена у, так званому, спархіальному стилі, характерному для російських церков 19 століття. Хоча у архітектурі церкви простежуються і риси пізнього класицизму.

Геологічна характеристика Ржищева така: граніти залягають на великій глибині, а корінною породою є дрібно-зернистий пісок, що виходить на

поверхню біля самого Дніпра. Пісчаники покриває червоно-бура глина, а її, в свою чергу, — прісноводні суглинки та лісові відкладення.

Клімат — помірний та сприятливий для вирощування таких сільськогосподарських культур: всі злакові зернові, цукровий та кормовий буряк, овочі. Особливо багато в присадибних ділянках вирощується фруктових дерев.

Загальна площа в межах населеного пункту 3558 га. В основі переважають будівлі індивідуального садибного типу. Основні вулиці та дороги міста заасфальтовані. Ржищев газифікований на 98% із загальною протяжністю

газопроводів понад 370 км. Електропостачання — від Трипільської ДРЕС. У місті є мережа водопостачання та водовідведення.

На території Ржищева знаходяться підприємства, установи, організації, навчальні заклади — всього близько 60. Це своєрідний місцевий центр, окремі

установи та служби якого обслуговують жителів навколишніх населених пунктів.

Ржищів має три спеціальні навчальні заклади. Неподалік від самого міста у мальовничому передмісті Воровського розмістив свої навчальні корпуси Ржищівський будівельний технікум.

Технікум працює з 1929 р. З 1994 р. тут, окрім техніків-будівельників, готують і економістів.

Сьогодні Ржищівський будівельний технікум є державним навчальним закладом першого рівня акредитації. Тут розташована необхідна навчально-матеріальна база, розташована у двох корпусах. Студенти мають 35 аудиторій, лабораторій, кабінетів, спортивних залів, загальною площею 6 тис. кв.

Є 6 студентських гуртожитків на 800 місць, їдальня та буфет.

Поруч є 2 2-поверхові будинки, де проживають викладачі та допоміжний персонал.



Таблиця 1.2

Характеристика опалювальних приміщень

п/п	Назва приміщення	Кількість, шт	Об'єм V, м <sup>3</sup>
1	Навчальний корпус №1	1	2280
2	Навчальний корпус №2	1	8400
3	Гуртожиток №1	1	2160
4	Гуртожиток №2	1	10000
5	Гуртожитки №3, 4, 5	3	7500
6	Навчальна майстерня	1	900
7	<u>Спорт комплекс</u>	1	12600
8	Житловий будинок на 40 мешканців	2	2520
9	Гуртожиток сімейний	1	1470

# НУБІП України

## 2.1 Вибір системи тепlopостачання

Тепlopостачання комплексу будівель Ржищівського будівельного технікуму здійснюється централізовано від опалювальної котельні. Цей спосіб постачання має ряд переваг перед індивідуальним опаленням. Це знижує витрату палива, підвищує надійність і якість тепlopостачання за рахунок автоматизації обладнання, забезпечує найкращі санітарно-гігієнічні умови в приміщеннях і дозволяє успішно вирішувати екологічні проблеми. Ми використовуємо природний газ як вид палива. Переваги: простота горіння, легкість і доступність автоматики, низька токсичність димових газів.

Тепло споживається системою опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Це обумовлює вибір системи водяного опалення. Вибирайте двотрубну систему. Вода подається до споживача по подаючому трубопроводу, а зворотна вода повертається до джерела тепlopостачання по зворотній трубі.

Для забезпечення потреби гарячого водопостачання ми використовуємо відкриту систему з прямим забором гарячої води з теплової мережі.

У житлових і громадських будівлях температура поверхні обігрівачів відповідно до санітарно-гігієнічних норм не повинна перевищувати 95 С, а температура у кранах гарячої води не повинна перевищувати 50-60 С відповідно до вимог комфорту. Вода, що подається в систему гарячого водопостачання, повинна відповідати ГОСТ 2874-82 «Вода питна».

# НУБІП України

## 2.2 Розрахунок теплових навантажень

При відсутності проектів на опалення, вентиляцію та постачання гарячої води, теплові потоки визначаються для підприєметь за укрупненими відомчими нормами, затвердженими в установленому порядку:

$$Q_{o\ max} = g_o V_H (t_{BH} - t_{po}), \text{ Вт} \quad (2.1)$$

$$Q_{b\ max} = g_b V_H (t_{BH} - t_{pb}), \text{ Вт} \quad (2.2)$$

де  $Q_{o\ max}$  – максимальний тепловий потік на опалення і вентиляцію відповідно, Вт;

$g_o, g_b$  – питома опалювальна та вентиляційна характеристики, Вт/м<sup>3</sup>К,

–  $V_H$  – загальний об'єм будівлі, м<sup>3</sup>

$t_{BH}$  – середня температура повітря у приміщенні, °С;

–  $t_{po}, t_{pb}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря та проєктування опалення та вентиляції, °С;  $t_{po} = -22\text{ °С}$ ;  $t_{po} = -10\text{ °С}$  [10].  $t_{pb}$

Річна потреба в теплоті на опалення:

$$Q_o^{pik} = g_o V_H (t_{BH} - t_{cp,o}) \cdot n \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \text{ МВт} \quad (2.3)$$

де  $t_{cp,o}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період,  $t_{cp,o} = -1,8\text{ °С}$  [10]

$n$  – тривалість опалювального періоду, днів,  $n = 192$  доби.

Річна потреба в теплоті на вентиляцію:

$$Q_b^{pik} = g_b V_H (t_{BH} - t_{cp,o}) \cdot n \cdot Z_b \cdot 10^{-6}, \text{ МВт} \quad (2.4)$$

де  $Z_b$  – середня за опалювальний період кількість годин роботи системи вентиляції за 1 добу,  $Z_b = 16$  год.

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.1.

# НУБІП України

Таблиця 2.1

Теплові потоки на опалення та вентиляцію

Споруда	$V_{к,}$ м <sup>3</sup>	$g_{в,}$ Вт/м <sup>3</sup> К	$g_{в,}$ Вт/м <sup>3</sup> К	$t_{в,}$ °С	$Q_{в, макс.}$ Вт	$Q_{в, макс.}$ Вт	$Q_{в, рік,}$ ГДж	$Q_{в, рік,}$ ГДж
Навч. корпус № 1	2280	0,45	0,11	16	38988	6520,8	174,98	19,51
Навч. корпус № 2	8400	0,45	0,11	16	143640	24024	644,66	71,88
Гуртожиток № 1	2160	0,43	-	18	37152	-	166,74	-
Гуртожиток № 2	10000	0,43	-	18	53021,2	-	122,19	-
Гуртожитки №3,4,5	7500	0,43	-	18	172100	-	771,94	-
Навчальна майстерня	140	0,41	0,81	16	3800	1200	62,93	56,71
Спорт. комплекс	12600	0,4	0,29	16	191520	95004	859,54	284,25
Сумарне навантаження					650443,2	144502,8	2802,98	432,35

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання для навчальних приміщень і приміщення загального користування визначається:

$$Q'_{lm} = \frac{1,2m C_{в} W(65 - t_{хв})}{t \cdot 3,6}, \text{Вт} \quad (2.5)$$

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання об'єктів:

$$Q'_{lmax} = 2,4 \cdot Q'_{lm}, \text{Вт} \quad (2.6)$$

де  $m$  – кількість споживачів, чол;

$W$  – норма споживання гарячої води, виходячи з чисельності персоналу, л/доб;

1,2 – коефіцієнт, що враховує тепловіддачу від трубопроводів системи гарячого водопостачання,

$C_{в}$  – теплоємність води, кДж/кг·К,

$t$  – тривалість періоду наявності гарячої води в розбірних кранах, год; для

позмінних об'єктів  $t = 8$  год; інакше  $t = 24$  год [10];

$t_{хв}$  – температура холодної води, приймаємо  $t_{хв} = 5$  °С [10];

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання в неопалювальний період:

$$Q_{hm}^s = Q'_{hm} \frac{65 - t_{хл}}{t_{хз}} \quad (2.7)$$

де  $t_{хл}$ ,  $t_{хз}$  – температура холодної (водопровідної води), взимку  $t_{хз} = 5$  °С та влітку  $t_{хл} = 15$  °С [10].

Річну потребу теплоти на потреби гарячого водопостачання визначаємо:

$$Q_{гв}^{рік} = 1.2 \cdot W_{\Sigma} \cdot C_{в} \cdot 10^{-6} \cdot (65 - t_{хз}) n_o + \beta (350 - n_o) (65 - t_{хл}), \text{ МВт} \quad (2.8)$$

де  $W_{\Sigma}$  – сумарна витрата гарячої води за добу, л/доб;

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує зміни середньої витрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період року по відношенню до опалювального періоду,  $\beta = 0,8$ ;

1,2 – коефіцієнт, що враховує тепловіддачу в приміщенні від трубопроводу

гарячого водопостачання;

350 – кількість днів роботи системи гарячого водопостачання за рік.

Розрахунки заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

## Теплові потоки на гаряче водопостачання

Споруда	Кількість чоловік, т	Норма витрат, л/д	Середній $Q_{пл.}$ Вт	Максималь. $Q_{max.}$ Вт	Річні витрати $Q_{max.}$ , ГДж
Гуртожиток № 1	150	60	26168	62803	8,25
Гуртожиток № 2	200	60	34892	83741	11,0
Гуртожитки №3,4,5	250	60	130844	314026	41,25
Навчальна майстерня	15	11	1100	350	0,64
Спорт. комплекс	-	200	6280	15072	1,98
Сумарне навантаження	-	-	196626	480770	63,12

## 2.3. Вибір джерела тепlopостачання

Для установки в централізовані котли промисловість випускає ряд моделей і модифікацій парових і водогрійних котлів. При заданому типі теплоносія, виду палива і способі згоряння вибір котла залежить від величини теплової потужності, характерної для літнього і зимового сезонів. У холодних

розрахунках теплоємність — це сума максимальної теплової потужності системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Котел підбирається за розрахунковою максимальною тепловою потужністю на зимовий період:

$$Q_{уст} = 1,2 Q_{зп}, \text{ МВт} \quad (2.9)$$

де  $Q_{уст}$  — сумарна теплова потужність всіх котлів, встановлених в котельні, МВт;

$Q_{\text{сп}}$  – сумарне теплопостачання в зимовий період, МВт.

# НУБІП України

Під час вибору котлів керуються наступним:

- число котлів не менше двох та не більше шести;
- рекомендується встановлювати однотипні котельні агрегати з однаковою продуктивністю;
- резервні котли не встановлюються;
- допускається робота котлів з перевантаженням, що не перевищує 25% номінальної потужності.

# НУБІП України

Для початку визначимо загальне максимальне теплове навантаження:

# НУБІП України

$$Q_{\text{сп}} = 0,650 + 0,145 + 0,197 + 0,598 = 1,59 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{уст}} = 1,91 \text{ МВт}$$

# НУБІП України

Джерелом теплопостачання обираємо 2 котли "Факел".

Характеристики котла наведені в таблиці 2.3.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

Технічні характеристики котла «Факел»

Найменування	Од.вим-ня	Показник
Теплопродуктивність	МВт	1,0
Кількість секцій	шт.	20
К.К.Д	%	91
Номінальний тиск газу перед котлом	кПа	2,75
Температура відходячих газів	°С	182
Аеродинамічний опір котла	кПа	300
Розрідження за котлом	Па	30
Габарити	мм	3460 х 1100 х 2200
Маса	кг	4280



## 2.4. Регулювання теплових навантажень

У системах водяного опалення показаний централізований контроль якості з постійним споживанням води. Це спрощує використання та створює постійний гідравлічний режим роботи в теплових мережах

У системі тепlopостачання основним є теплове навантаження системи опалення. На основі цього запропоновано центральне якісне регулювання опалювального навантаження на основі температурних графіків, які показують залежність температури води в трубопроводах системи від температури зовнішнього повітря.

При розрахунку температурних графіків приймають: кінець і початок опалювального періоду при зовнішній температурі  $8^{\circ}\text{C}$  ( $t_{zr} = \pm 8^{\circ}\text{C}$ ) для житлових, громадських і промислових будівель, опалювальне навантаження яких прямо пропорційна різниці між температура повітря в приміщенні і на

вулиці; розрахункову температуру повітря приміщень в житлових будинках і офісних будівлях приймають  $t_{вн} \approx 18^{\circ}\text{C}$ ;

розрахункова температура води в зворотному трубопроводі  $\tau_{2,0} = 70^{\circ}\text{C}$ ;

розрахункова температура води в прямому трубопроводі  $\tau_{1,0} = 90^{\circ}\text{C}$ .

Розраховані температури води відповідають розрахунковій тепловій потужності системи опалення.

На схемі, яка закрита, з'єднання елементів і використання конвективних випромінювальних приладів, розрахунок теплового опалення

графіка виконують за наступними формулами:

$$\tau_{2,0} = t_{вн} + \Delta t'_{o} \cdot \bar{Q}_{o}^{0,8} - 0,5 \Theta \cdot \bar{Q}_{o}$$

де  $\tau_{1,0}$ ,  $\tau_{2,0}$  – температура води в зворотному і подавальному трубопроводі системи опалення,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\bar{Q}_{o}$  – відносне опалювальне навантаження;

$\Delta t'_{o}$  – розрахунковий температурний напір в опалювальних приладах;

$\delta \tau_{o}$

$\Theta$  – розрахункова різниця температур мережної води в трубопроводах;  
 $\Theta$  – розрахункова різниця температур води в опалювальній системі.  
 Температурний напір і різницю температур визначають з урахуванням розрахункових температур води в трубопроводах

$$\Delta t'_o = 0,5 (\tau'_{3,0} + \tau'_{d,0}) - t_{вн}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.14)$$

$$\delta \tau'_o = \tau'_{1,0} - \tau'_{2,0}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.15)$$

$$\Theta' = \tau'_{3,0} - \tau'_{d,0}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.16)$$

де  $\tau'_{3,0}$  – розрахункова температура води в подавальному трубопроводі опалювальної системи.

Для споруд, в яких споживана на опалення потужність прямо пропорційна різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря відносно опалювального навантаження дорівнює

$$\bar{Q}'_o = \frac{t_{вн} - t_n}{t_{вн} - t_{po}} = \frac{18 - (-15)}{18 - (-21)} = 0,825 \quad (2.17)$$

де  $t_n$  – поточна температура зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ .  
 При безпосередньому приєднанні приймається:

$$\delta \tau'_o = \Theta'; \tau_{1,0} = \tau'_{3,0}; \tau_{1,0} = \tau_{3,0}$$

$$\Delta t'_o = 0,5 (95 + 70) - 18 = 64,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\delta \tau'_o = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Theta = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau_{1,0} = 18 + 64,5 \cdot 0,825^{0,8} + (25 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,825 = 83,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{2,p} = 18 + 64,5 \cdot 0,825^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,825 = 62,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

НУБІП України  
 Температурні графіки якісного регулювання опалювального навантаження наведені на рис.2.1.

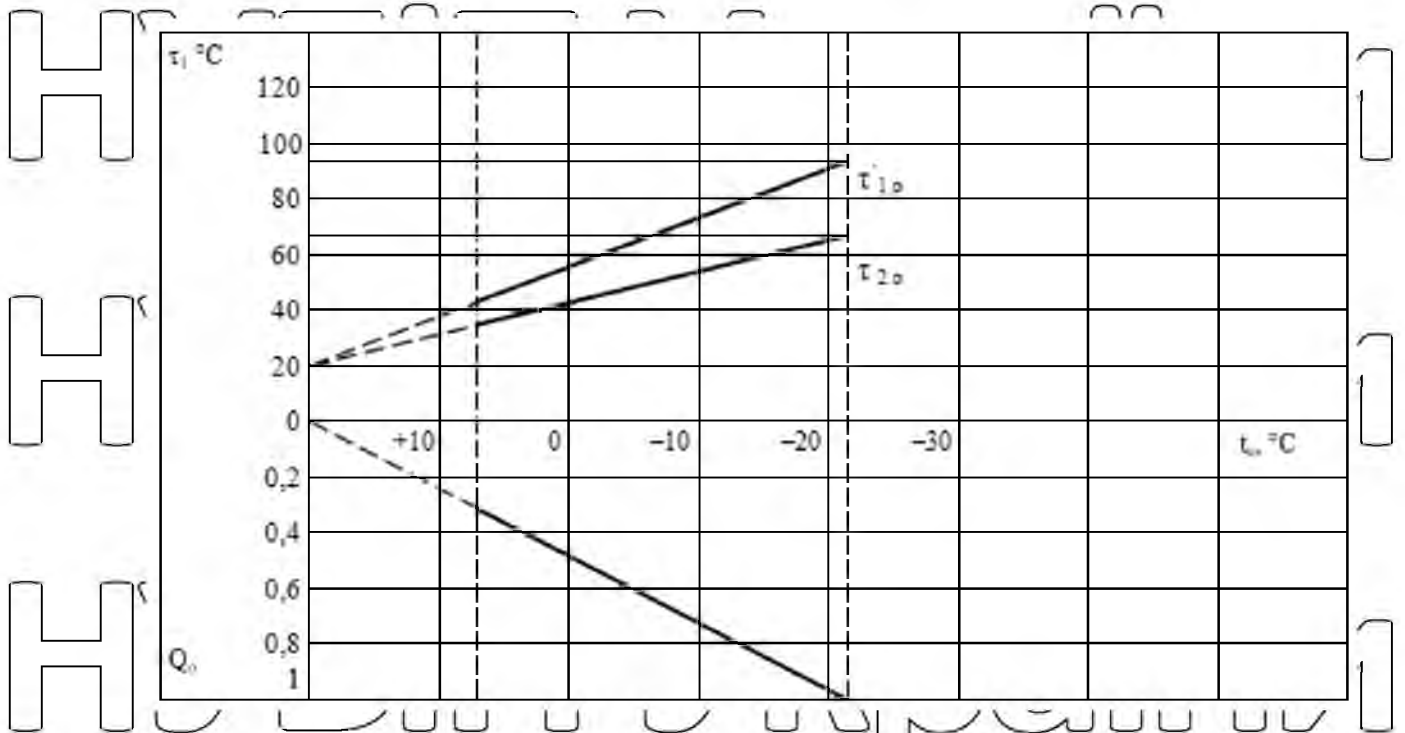


Рис. 2.1 Температурні графіки якісного регулювання опалювального навантаження

НУБІП України  
 Метою розрахунку централізованого якісного опалення є знаходження температури магістральної води у зворотньому та припливному трубопроводі теплової мережі залежно від теплового навантаження.

НУБІП України  
 Як видно з рівняння теплового графіка якісного регулювання, температура магістральної води до системи опалення  $t_{1o}$  і після неї  $t_{2o}$  залежать від теплового навантаження та температури навколишнього середовища. Остання залежність є лінійною, а кут графіка виражається розрахунковою температурою зовнішнього повітря для опалення тп.о. Також близькою до лінійної є залежність температури магістральної води до і після нагрівача від температури зовнішнього повітря. Розрахована температура зовнішнього повітря  $t_{p,o}$  відповідає як максимальному опалювальному навантаженню так і

максимальному значенню температури водопровідної мережі. Однак на практиці графіки температури «зрізаються» до теплової рівноваги ( $t_{вн} = t_{пр} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), оскільки нагрівання припиняється при  $t_{п} = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для забезпечення потреб гарячого водопостачання мінімальна температура магістрального водопроводу не повинна бути нижче  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

3.1 Аналіз об'єкту проектування. Визначення коефіцієнтів відбиття поверхонь в приміщеннях об'єкту проектування

# НУБІП України

За об'єкт нашого проектування обираємо пункт технічного обслуговування. Довжина такого пункту складає 6,8 м., а ширина 6,8 м. Висота стелі 3 м. Він має три приміщення, характеристики яких приведені в таблиці

# НУБІП України

Таблиця 3.1

Специфікація приміщень

№ приміщення	Назва приміщення	к-сть	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Площа, м <sup>2</sup>	Освітленість, Лк
1	Ремонтне приміщення	1	6	4	3	24	50
2	Побутове приміщення	1	1,5	2	3	3	10
3	Інвентарна	1	4	2	3	8	20

Коефіцієнти відбиття поверхонь в проєктованих приміщеннях :

– стеля 50 % ;

– стіни 30 % ;

– підлога 10 % ;

# НУБІП України



Рис. 3.1 Схеми вентиляції навчальної майстерні.

1 – ремонтне приміщення, 2 – робоче приміщення, 3 – інвентарна.

### 3.2. Вибір джерела світла

На сьогоднішній день виробництво має різноманітний вибір світильників. Люмінесцентні лампи та лампи розжарювання є найбільш поширеними лампами. При утриманні сільськогосподарських тварин і птиці рекомендується використовувати газорозрядні лампи, лампи розжарювання для приміщень, де утримуються вівці, а також для допоміжних приміщень. Лампи розжарювання також можуть використовуватися в основних промислових цехах.

Що стосується газорозрядних ламп, то зараз широкого поширення набули люмінесцентні лампи низького тиску. Їх основні переваги: висока світловіддача, тривалий термін служби і широкий діапазон випромінювання. З приводу недоліків слід згадати: високу вартість, наявність баласту, залежність

лампи від якості напруги живлення, а також чутливість до температури і вологості.

Лампи розжарювання випускаються в широкому асортименті, прості в конструкції, дешеві і надійні в експлуатації. Недоліки: обмежений термін служби і низька світловіддача.

Такі лампи переважні при рівнях нормованої освітленості до 50 люкс. Джерела світла та інші освітлювальні вироби підбираються відповідно до чинних стандартів на напругу мережі 220 В.

3.3. Вибір системи і виду освітлення, норм освітленості, коефіцієнтів запасу використання світлового потоку

В основному приміщенні обираємо таку систему загального освітлення, яка характеризується рівномірним і локалізованим розміщенням світильників.

У всіх освітлювальних установках існують такі види освітлення: чергове, робоче, охоронне, аварійне, декоративне, архітектурне та інше.

Для чергового освітлення беремо 10% світильників із всієї кількості світильників в окремій групі. Джерелом світла вибираємо лампу розжарювання освітлювальну норму в пункті технічного обслуговування – 50 Лк.

В нашій вибраній будівлі приміняємо лише робоче та вуличне освітлення. Світлотехнічна арматура є частиною світильника, яка слугує для перерозподілу світла лампи, живлення, для її кріплення та від ізоляції її від навколишнього середовища.

Сам світильник складається із арматури і лампи, тому при комплектних поставках обираємо тип світильника під лампу.

Тип світлотехнічної арматури (світильника) обирають, враховуючи клас світлорозподілу (або криву сили світла) та умови навколишнього середовища.

Для даної будівлі приймаємо світильники класу прямого світла (П), для яких найменша відносна відстань між світильниками має найменше значення. При

тому збільшується кількість світильників в приміщенні і зменшується їх  
одинична потужність.

Світильники з лампами розжарювання можна використовувати в  
основних виробничих приміщеннях висотою 2,7 м. У допоміжних виробничих  
приміщеннях можна використовувати лампи з лампами розжарювання і  
люмінесцентні лампи.

Розрахунок освітленості приміщення проводиться за методом  
використання світлового потоку, який використовується при розрахунках  
загальної рівномірної освітленості горизонтальної поверхні в приміщенні. Все

це перевіряємо точковим методом. Господарство та інвентар розраховують за  
методом питомої потужності.

Коефіцієнт запасу вибирається в залежності від характеристик  
приміщення і типу джерела світла за галузевими стандартами освітлення,  
спеціальними довідниками. При розрахунку освітленості в будь-якій точці ми

враховуємо світлові потоки ламп, які розташовані найближче. Для врахування  
дії віддалених один від одного ламп і відбитих потоків у формулі розрахунку  
використовуємо коефіцієнт додаткової освітленості. Величина цього

коефіцієнта залежить від коефіцієнтів відбиття стелі та стін будівлі та від  
світлорозподілу світильників, тобто від їх типу. Для освітлювальних установок  
сільськогосподарських приміщень з лампами розжарювання коефіцієнт запасу  
дорівнює 1,15

### 3.4. Розрахунок освітлення основного приміщення за методом використання світлового потоку

Особливості номеру:

Довжина ремонтного приміщення -  $A = 6$  м, ширина -  $B = 4$ ,  
площа -  $S = 24$  м<sup>2</sup>, висота -  $H = 3$  м.

Коефіцієнти відбиття -  $\square_c = 50\%$ ;  $\square_s = 30\%$ ;  $\square_n = 10\%$ .



Навколишнє середовище нормальне.

Приймається система загального рівномірного освітлення.

Тип освітлення - робоче.

Коефіцієнт запасу -  $k = 1,15$ , коефіцієнт нерівномірного освітлення -

$Z \leq 1,15$ .

Лампи з лампами розжарювання НСП 01 x 150.

Світильники та їх кількість у приміщенні вибираються з умови оптимальної відносної відстані між ними за відомими раніше параметрами будівлі:

передбачуваною висотою, шириною, довжиною.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

За формулою 3.1 визначимо розрахункову висоту:

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (3.1)$$

де  $H_p$  — розрахункова висота, м;

$H$  — висота приміщення, м;

$h_c$  — відстань від стелі до світлового центру світильника;

$h_p$  — рівень робочої поверхні над підлогою, м

$$H_p = 3 - 0,35 - 0 = 2,75 \text{ м}$$

Для обраного типу світильника характерна крива сили світла (КСС). За цієї кривою силою світла обираємо найвигіднішу відстань між світильниками  $\lambda$  і визначаємо розрахункову відстань між світильниками  $L$ ,

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (3.2)$$

де  $L$  — відстань між світильниками, м;

$\lambda$  — найвигідніша відносна відстань.

$\lambda$  для даного типу світильника має наступні значення:  $\lambda = 1,4 \div 1,6$ ;

Вибираємо  $\lambda = L / H_p = 1,5$ .

$$L = (1,4 \div 1,6) \cdot 2,75 = 2,6 \text{ м}$$

Беремо  $L = 2,6$  м.

В одному ряду кількість світильників становить:

$$N_a = \frac{A}{L}; \quad (3.3)$$

де  $A$  — довжина приміщення, м;

$L$  — відстань між світильниками, м

НУБІП України  $N_a = \frac{6}{2,6} = 2,3 \approx 2$   
Беремо  $N_a = 2$  шт

Вираховуємо кількість рядів світильників:

НУБІП України  $N_B = \frac{B}{L} = \frac{4}{2,6} = 1,4$  (3.4)  
Приймаємо  $N_B = 1$  шт

Кількість світильників в приміщенні визначаємо за формулою:

НУБІП України  $N = N_a \cdot N_B = 2 \cdot 1 = 2$  шт

Розрахунковий світловий потік лампи визначаємо:

НУБІП України  $\Phi_{\text{л}} = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot z}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta}$  (3.5)  
де  $E_n$  – нормована освітленість у приміщенні,  $E_n = 50$  Лк;

$S$  – площа приміщення,  $S = 24$  м<sup>2</sup>;

НУБІП України  $K_z$  – коефіцієнт запасу,  $K_z = 1,15$ ;  
 $z$  – коефіцієнт нерівномірності світлового потоку для світильників з  
лампами розжарювання :  $z = 1,15$ ;

НУБІП України  $\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.  
Щоб визначити  $\eta$  обираємо коефіцієнт відбиття світлового потоку  
задаємо відповідно до даних в таблиці [Л.1, дод. 5]

Індекс приміщення визначається за формулою:

НУБІП України  $i = \frac{S}{H_p \cdot (A+B)} = \frac{24}{2,75 \cdot (6+4)} = 0,9$  (3.6)

Отже коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,41\%$

Дані, які отримали, вносимо в формулу:

$$\Phi_{л} = \frac{50 \cdot 24 \cdot 1,15 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,41} = 1983 \text{ лм}$$

По [Л.1 дод.1] обираємо лампу світловим потоком наближаючи до розрахункового

Беремо лампу Б 215 – 225 – 150,  $P_{л} = 150 \text{ Вт}$

$$\Phi_{л} = 2100 \text{ лм}$$

Фактичну освітленість визначаємо за формулою:

$$E_{\phi} = E_{н} \cdot \frac{\Phi_{л} \cdot n}{\Phi} \quad (3.7)$$

де  $n$  – кількість ламп у світильнику

$$E_{\phi} = 50 \cdot \frac{2100 \cdot 1}{1983} = 52,5 \text{ лк}$$

Відхилення освітленості розраховуємо:

$$E \% = \frac{E_{\phi} - E_{н}}{E_{н}} \cdot 100\% = \frac{52,5 - 50}{50} \cdot 100 = 5\% \quad (3.8)$$

Відхилення фактичної освітленості від нормованої в межах  $-10\%$   $+20\%$ , отже розрахунки виконані вірно.

Встановлена потужність освітлювальних установок становить:

$$P_{уст} = P_{л} \cdot N = 150 \cdot 2 = 300 \text{ Вт} \quad (3.9)$$

Питома потужність становить:

$$P_{\text{пит.}} = \frac{P}{S} = \frac{300}{24} = 12,5 \text{ Вт/м}^2 \quad (3.10)$$

3.5. Перевірка точковим методом відповідності фактичної освітленості в контрольних в основному приміщенні

При розрахунку локалізованого, вуличного, та місцевого освітлення, а також загального рівномірного освітлення світильниками прямого світла та негоризонтальних площин використовуємо точковий метод.

В контрольній точці проводимо перевірку освітленості

Формула для розрахунку:

$$E = \sum_{x=i}^n e_i \quad (3.11)$$

$$E_i = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{H_p^2} \quad (3.12)$$

де  $E$  – горизонтальна освітленість в точці розрахунку, лк;

$I_{\alpha}$  – сила світла від світильника в напрямку до точки розрахунку, кд;

$\alpha$  – кут між віссю симетрії світильника та напрямком до точки розрахунку, град;

$n$  – кількість світильників, освітленість від яких враховується в даній точці поверхні.

$E_i$  – освітленість у даній точці, створена від  $i$ -го світильника.

$H_p$  – розрахункова висота підвісу світильника, м.

Тангенс кута падіння світлового променя в точку розрахунку становить:

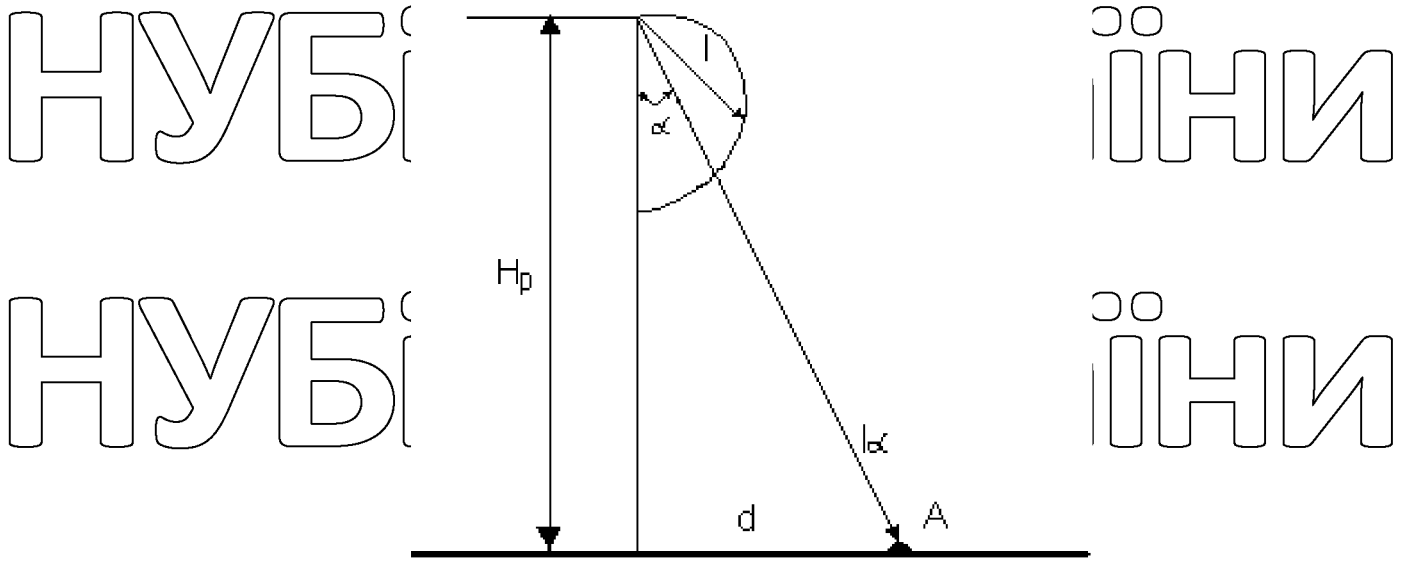


Рис. 3.2 Розрахункова схема кута падіння світлового променя.

$$\operatorname{tg} \alpha = d / H_p, \quad (3.13)$$

де  $d$  – відстань від точки розрахунку до проекції осі симетрії світильника на площину, яка їй перпендикулярна і проходить через точку розрахунку, м.

Цю відстань вимірюють на плані будівлі з врахуванням масштабу.

$H_p$  – розрахункова висота підвісу, м.

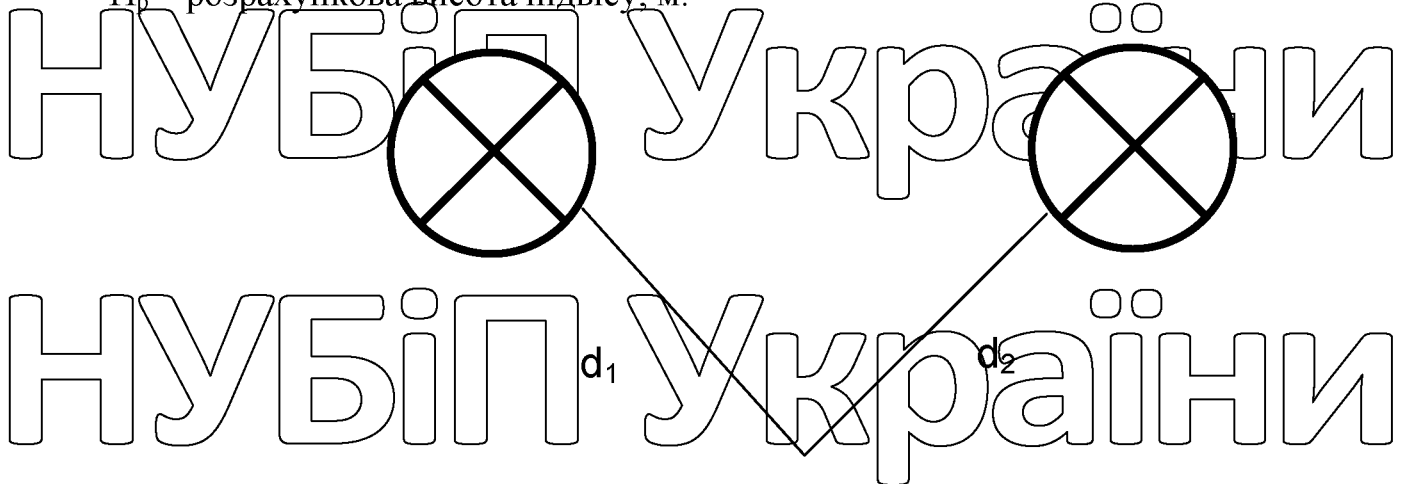


Рис 3.3 Схема розрахунку кута падіння світлового променя.

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2 = 2 / 2,75 = 0,73,$$

По тангенсу, який був знайдений, визначаємо:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 36,03$$

$\cos^3 \alpha$  визначаємо по знайденому куту  $\alpha$ :

$$\cos^3 \alpha_1 = \cos^3 \alpha_2 = 0,529$$

Сила світла :

$$I_{\alpha} = (I_{\alpha})_T \cdot \Phi_{\text{л}} / 1000, \quad (4.14)$$

де  $(I_{\alpha})_T$  – сила світла світильника з умовною лампою 1000 лм,  $(I_{\alpha})_T = 195$

кд

$\Phi_{\text{л}}$  – світловий потік вибраної лампи, лм.

$$I_{\alpha 1} = I_{\alpha 6} = 195 \cdot (2100 / 1000) = 409,5 \text{ кд}$$

Освітленість визначаємо за формулою (4.12):

$$e_1 = e_2 = 23,5 \text{ лк}$$

Сумуючи освітленість кожного світильника, визначаємо загальну освітленість в розрахунковій точці:

$$E = e_1 + e_2 = 23,5 + 23,5 = 47 \text{ лк}$$

Під час проведення перевірки, результати нашого розрахунку приблизно співпали, що означає про правильність розрахунків і вибору світильників.

### 3.6. Розрахунок освітлення в допоміжних приміщеннях

**Розрахунок освітлення для приміщення №2 (побутове приміщення) .**

Параметри обраного приміщення:

Нормована освітленість  $E_H = 20$  лк.

Ширина приміщення  $A = 2$  м, довжина приміщення  $B = 1,5$  м, площа -  $S = 3$  м<sup>2</sup>, висота -  $H = 3$  м.  
Коефіцієнти відбиття -  $\rho_{\text{п}} = 50\%$ ;  $\rho_{\text{с}} = 30\%$ ;  $\rho_{\text{р}} = 10\%$ .

Навколишнє середовище – нормальне.

Прийнята система загального рівномірного освітлення.

Вид освітлення - робоче.

За формулою нижче визначаємо розрахункову потужність лампи:

$$P = \frac{P_{\text{пт}} \cdot S}{n \cdot N} \quad (4.15)$$

де  $S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$P_{\text{пт}}$  – питома потужність, Вт/м<sup>2</sup>;

$n$  – кількість світильників, шт;

$N$  – кількість ламп у світильнику, шт.

$$P_{\text{р}} = \frac{6,3 \cdot 1}{1} = 18,9 \text{ Вт}$$

Приймаємо  $P_{\text{р}} = 18$  Вт

Вибираємо світильник люмінесцентний типу ОРК-120/1x20 [1].

Обираємо тип люмінесцентної ртутної лампи низького тиску Philips 18/54 TLD.

$\Phi_{\text{л}} = 1350$  Лм.

**Розрахунок освітлення для приміщення №3 (інвентарна).**

Нормована освітленість  $E_{\text{н}} = 20$  лк. Довжина приміщення -  $A = 4$  м, ширина -  $B = 2$  м, площа -  $S = 8$  м<sup>2</sup>, висота -  $H = 3$  м.



Коефіцієнти відбиття:  $\rho_{\text{л}} = 50\%$ ;  $\rho_{\text{с}} = 30\%$ ;  $\rho_{\text{р}} = 10\%$ .

Навколишнє середовище – нормальне.

Прийнята система загального рівномірного освітлення.

Вид освітлення - робоче.

За формулою нижче визначаємо розрахункову потужність лампи:

$$P_p = \frac{11,3 \cdot 8}{1} = 90,3 \text{ Вт}$$

Приймаємо  $P_p = 100 \text{ Вт}$

Обираємо світильник типу НСП01-100;

З вибираємо тип лампи розжарювання: БК 215-220-100.

$\Phi_{\text{л}} = 975 \text{ Лм}$ .

Для освітлення на вулиці, обираємо led-світильники. Світильники світлодіодні – це нове покоління освітлення, Під час використання такого виду

ламп - вони різняться довготривалими експлуатаційними і економічними

властивостями. Світильники на світлодіодах використовують електроенергію в декілька разів менше, ніж звичайні лампи розжарювання. Додатково слід

зазначити, що такі ж світильники безперервно можуть працювати до 50 тис.

годин. Вони мають міцний корпус, а освітлення їх відрізняється високою

яскравістю. LED-світильники витривалі до різноманітних атмосферних явищ,

тому їх має сенс використовувати для вуличного освітлення.

Спираючись на наші потреби - вибираємо консольний вуличний світлодіодний світильник LL-ДКУ-02-095-65Д, технічні характеристики якого

показані в таб. 4.4. Вибір такого світильника є економічною заміною вуличного

світильника з лампами ДРЛ 250. Джерелом світла використовуються світлодіоди з великою яскравістю Nichia або Semileds, робочий ресурс яких більше 50 тис.

годин. Корпус світильника зроблений з міцного алюмінієвого профілю

Пофарбований корпус порошковою фарбою, що забезпечує ефективне тепловідведення.

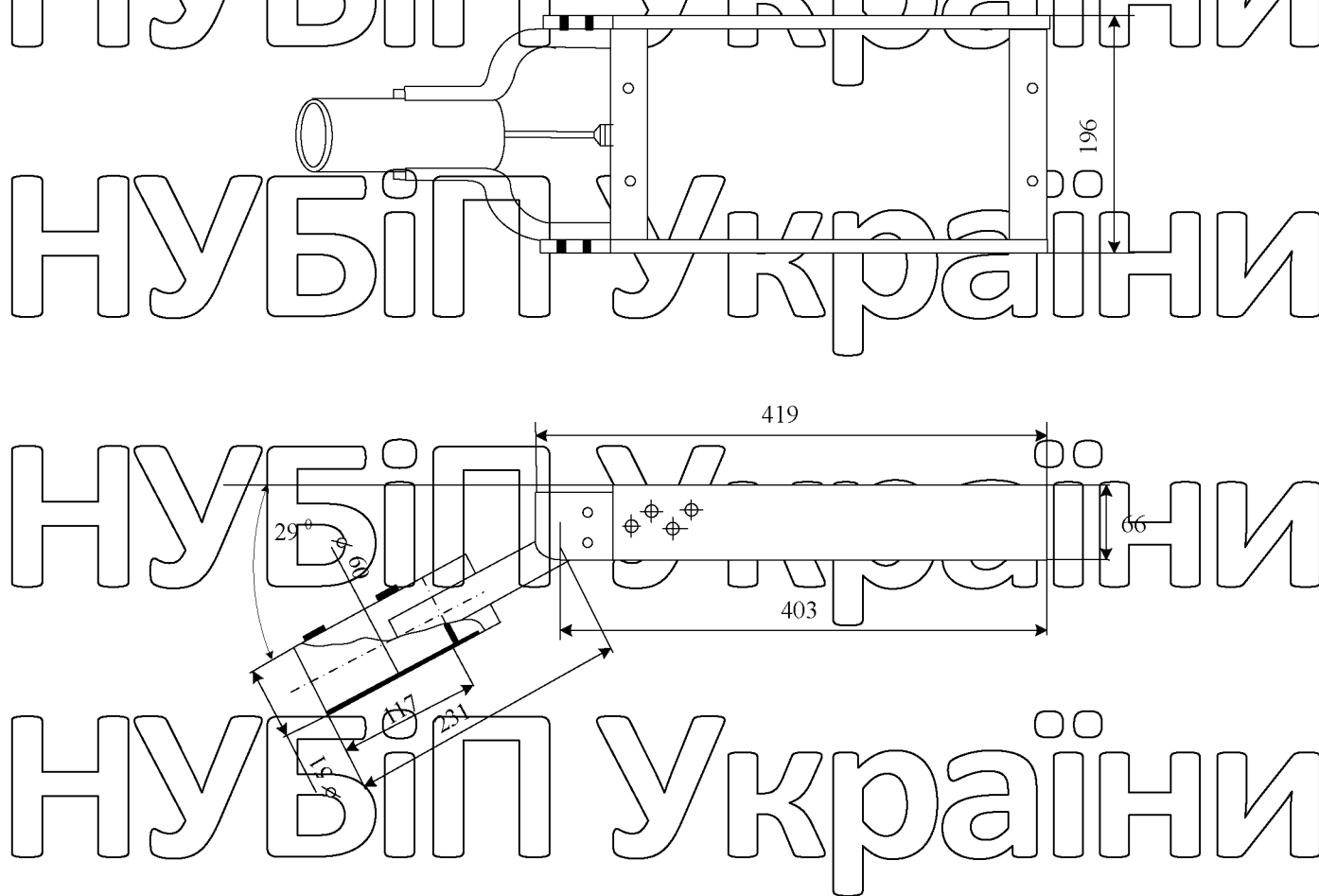


Рис. 3.4 Зовнішній вигляд світильника LL-ДКУ-02-095-65Д

Переваги використання LL-ДКУ-02-095-65Д:

- економічна ефективність електроенергії більш як в три рази в порівнянні із лампами ДРЛ 250;
- додаткового обслуговування не потребують;
- спеціальної утилізації не потребують;
- прості у монтажі за рахунок кріплення на стандартні кронштейни вуличного освітлення;
- високий індекс кольоропередачі;
- робочий ресурс світильника - більше 50 тис. годин
- при низьких температурах гарантоване миттєве вмикання;

вся планка світодіодів захищена діодами Зенера. Це гарантує безперебійну роботу світильника, навіть при перегоранні будь-якого із діодів; співвідношення ціна/якість є оптимальне

# НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.2.¶

Технічна специфікація світильника LL-ДКУ-02-095-65Д¶

Типα	LL-ДКУ-02-095-65Дα
Напруга живлення, В/діапазон частот, Гцα	176-264/50α
Ступінь захисту від впливу навколишнього середовища, IPα	65α
Колір корпусα	Сірий, RAL 7039α
Габаритні розміри світильникаα	66×196×620α
Маса світильника, кгα	5,2α
Споживана потужність, Втα	95α
Світловий потік, лмα	6800α
Клас світлорозподілу по ГОСТ-17677α	Пα
Крива сили світла по ГОСТ-17677α	Дα
Індекс кольоропередачі, Raα	>75α
Температура кольору, Кα	4700-6500α
Колір світінняα	Деннийα
Ресурс роботи світильника, год.α	50·000α
Переріз проводів, мм <sup>2</sup> α	3·0,75α
Діапазон робочих температур, °Сα	-45...50α

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

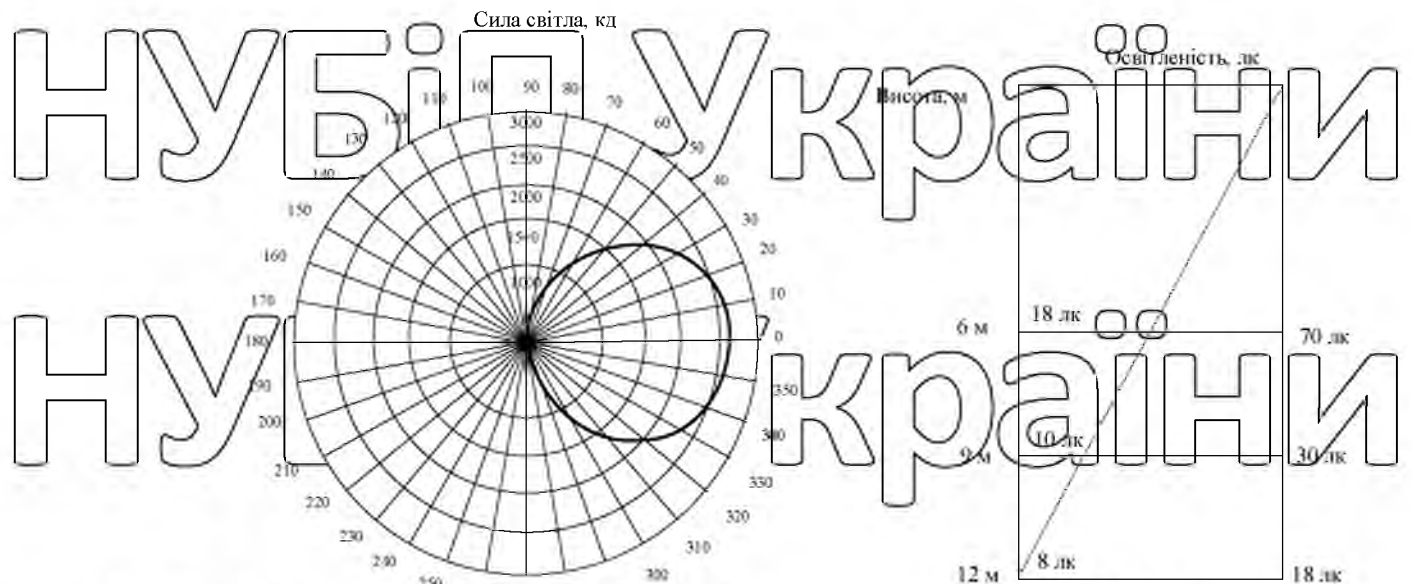


Рис 4.5 Крива розподілу світлового потоку і графік залежності освітленості від відстані

Таблиця 3.3.4

Специфікація на світлотехнічне обладнання

Приміщення	Тип світильника	Кількість	Тип лампи	Світловий потік, лм
Ремонтне приміщення	НСП-01 х 150	2	Б-215-225-150	2100
Побутове приміщення	ОРК-120/1х20	1	Philips 18/54 TLD	975
Інвентарна	НСП-01 х 100	1	БК-215-220-100	1350
Вуличне освітлення	LL-ДКУ-02-095-65Д	2	Nichia	6800



Рис. 3.6 Принципова схема освітлення навчальної майстерні

3.7. Схема розведення освітлювальних та опромінювальних мереж. Вибір і розрахунок проводів, спосіб їх прокладки

Освітлювальними установками в сільськогосподарських об'єктах є трансформаторні підстанції 10/0,4 кВ, які живляться від електростанцій або від енергосистеми. Для їх живлення напругу бере трипровідна мережа 220 В нейтраль, яка глухо замикається і заземлюється.

Падіння напруги в найбільш віддалених лампах при нормальному режимі роботи ліній не повинно перевищувати 7,5% від номінального.

За умовами нижче виберіть перетин проводів для освітлювальної мережі:

- за навантаженням (тривалий нагрів);
- забезпечена достатня міцність від механічних пошкоджень.

Додатково враховуються втрати в лінії, які в освітлювальній мережі не повинні перевищувати 2,5%.

Перетин дроту вибирають виходячи з умови.

$$I_{\text{роб.}} \leq I_{\text{дов.доп.}}$$

де

$I_{\text{роб.}}$  - робоча сила струму освітлювальної мережі, А;

$I_{\text{дов.доп.}}$  - довгострокова допустима сила струму для перерізу проводів, А.

Робочий струм групи для однофазної мережі визначається за формулою:

$$I_{\text{роб.}} = P / U_{\phi} \cos \varphi \quad (4.16)$$

де  $U_{\phi}$  - фазна напруга,

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності.

Втрати напруги в освітлювальній мережі визначають за формулою:

$$\Delta U = \frac{\sum P L}{c S} \quad (4.17)$$

де  $S$  - переріз проводу, мм<sup>2</sup>;

$\sum P$  - сумарна електрична потужність, кВт;

$L$  - довжина ділянки освітлювальної лінії, м;

$c$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу проводу і схеми живлення.

В ремонтному приміщенні розміщуємо живильні щитки.

В цій будівлі все освітлення розбите на 3 групи:

1 група складає 2 світильники з лампами розжарювання ремонтного приміщення;

2 група складає 2 світильники з люмінесцентними лампами і лампами розжарювання інвентарної і побутового приміщення;

3 група складає 2 світильники зовнішнього освітлення;

Вибір марки проводів, способів прокладки мережі та розрахунок перетину проводів.

Враховуючи малу потужність і малу довжину лінії для всіх приміщень, вибираємо мінімальний для освітлення переріз проводів ВВГПнг (3 × 1,5) з В = 16А. Спосіб укладання: під штукатурку.

У приміщеннях сільського господарства лінії електропередач освітлення прокладають відкритим і закритим способом на кабелях, в сталевих і пластикових трубах, в каналах будівельних конструкцій на стінах або стелі.

Захищені кабелі та проводи допускається прокладати безпосередньо на поверхні стін і стелі за допомогою монтажних металевих стрічок товщиною 0,8 мм. і шириною 16 мм. які кріпляться до стіни (стелі) дюбелями на відстані 50 см між точками кріплення.

У пази укладають плоскі дроти, які замурують розчином цементу або шаром мокрої штукатурки. Плоскі дроти, що мають розподільну ізоляційну основу, закріплюють за допомогою клею, цвяхів або спеціалізованих скоб. У тих місцях, де є підведення, повинен бути запас дроту довжиною не менше 5 см.

### 3.8. Вибір і розрахунок комунікаційно-захисних апаратів і щитів

Щоб захиститись від короткого замикання освітлювальних мереж застосовують автоматичні вимикачі. Щоб обрати електромагнітні установки вимикачі (QF) для захисту мережі від короткого замикання, скористаємось умовою:

$$I_{уст} \geq I_{роб},$$

де  $I_{уст}$  – номінальний струм плавкої вставки запобіжника або уставки автоматичного вимикача, А;

$I_{роб}$  – розрахунковий струм освітлювальної лінії, А.

Обираємо розподільчий освітлювальний щит R5CDE42120C з габаритами 400x200x120.  
Вимикач автоматичного типу для захисту освітлювальної мережі від перевантаження і струмів короткого замикання приймаємо:

✓ для групи №1 - ВА 2000 1р/16 А В16  
✓ для групи №2 - ВА 2000 1р/16 А В16  
✓ для групи №3 - ВА 2000 1р/16 А В16

Характеристики автоматичного вимикача наведені в таблиці 4.3.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Технічні характеристики автоматичного вимикача

Тип	ВА 2000
Час спрацювання електромагнітного захисту, с	$5I_n \geq 0.1$
	$8I_n \geq 0.1$
Кількість полюсів	1
Номинальний струм $I_n$ , А	16
Напруга комутації $U_n$ , В	220
Частота мережі $f_n$ , Гц	50
Комутаційна зносостійкість, циклів	6000
Ступінь захисту IP	20
Температурний коефіцієнт, $\% \cdot I_n \cdot x \cdot ^\circ C$	1,02
Струмочасова характеристика, тип	B

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ НАВЧАЛЬНОЇ МАЙСТЕРНІ

### 4.1 Загальні положення розрахунку

Максимальну потужність системи опалення та вентиляції навчальної майстерні визначають розрахунками повітрообміну та теплового балансу приміщення для холодного, перехідного та теплого періодів року залежно від нормативних параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря, кількість теплоти, вуглекислого газу, водяної пари, які виділяють люди.

Згідно норми проектування систем опалення [5, 7], місце розташування будівлі (Київської області) відноситься до кліматичної зони, параметри зовнішнього повітря якої наведені в таблиці 4.1.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря при проектуванні систем опалення та вентиляції будівель для Київської області [5]¶

Найменування параметруα	Період рокуα	
	теплійα	холоднийα
Географічна широта, град. с. ш.α	51α	
Барометричний тиск, ГПаα	990α	
Зона кліматуα	нормальнаα	
Тривалість опалювального періоду, добаα	187α	
Середня температура за опалювальний період, °Сα	-1,1α	
Параметр А:¶	α	α
--> температура, °Сα	23,7α	-10α
--> тепломісткість, кДж/кгα	53,6α	-6,7α
--> швидкість вітру, м/сα	1,0α	5,3α
Параметр Б:α	α	α
--> температура, °Сα	28,7α	-22α
--> тепломісткість, кДж/кгα	56,1α	-20,7α
--> швидкість вітру, м/сα	1,0α	4,2α

Розрахункові параметри зовнішнього повітря приймаються згідно з чинними нормами [5],

при проектуванні опалення - параметри В;

при проектуванні вентиляції:

на холодний період - параметри В - у свинарниках для районів з температурою найхолодніших п'яти днів нижче - 10 оС; в цих будівлях, які призначені для інших кліматичних регіонів - параметри А;

для теплого періоду - параметри А;

на перехідний період:

температура повітря 10 оС;

відносна вологість 70%.

Розрахункові параметри всередині приміщення, тис. тис., вологість і газ приймаються відповідно до норм технологічного проектування

адміністративно-виробничих приміщень [58]. Відхилення від розрахункових температур допускається в межах  $\pm 2\text{оС}$ .

Приміщення пункту технічного обслуговування повинно бути обладнане вентиляцією, яка забезпечує такі норми (мінімальний) повітрообмін [58]:

при об'ємі кімнати  $< 20 \text{ м}^3 / 1 \text{ особа } 10\text{-}12 \text{ год-}1$ ;

при об'ємі приміщення  $> 20 \text{ м}^3 / 1 \text{ особа } 8\text{-}10 \text{ год-}1$ ;

Нормовані значення температури і відносної вологості повітря в ядрі виробничих приміщень для табл. 4.1, а нормування величини шкідливих виділень істоти приміщення - в табл. 4.2.

У робочій зоні слід забезпечити оптимальні параметри повітря в середині приміщення. Для точки обслуговування беремо 2м.

Нормовані значення параметрів мікроклімату в таблиці 4.2 наведені для холодного та перехідного періодів року (при температурі зовнішнього повітря

нижче  $+10 \text{ оС}$ ). У теплу пору року ( $+10 \text{ оС}$  і вище) температура повітря в приміщенні не повинна перевищувати  $5\text{оС}$ , щоб перевищувати розрахункову літню температуру зовнішнього повітря для розрахунку вентиляції.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.2

Виділення теплоти, вологи та вуглекислого газу дорослими людьми залежно від категорії робіт [5]

Категорія робіт	Тепловий потік явних тепловиділень, Вт	Волого виділення, г/год	Виділення CO <sub>2</sub> , л/год
У стані спокою	87,5	40	23
При легкій роботі	98,8	75,0	25,0
При середньо-важкій роботі	105,0	140,0	35,0
При важкій роботі	128,0	240,0	45,0

Мінімальне значення відносної вологості повітря має скласти 40%; а також необхідно підтримувати і решту нормованих параметрів повітря всередині приміщення

#### 4.2 Тепловий баланс навчальної майстерні

Розрахунок потужності систем теплоспоживання будівлі проводиться для системи водяного опалення.

Вихідні дані для розрахунку потужності системи опалення та вентиляції приміщення приймаємо:

- тип будівлі - пункт обслуговування;
- вид роботи - легкий;
- кількість осіб - 5;
- тип системи опалення - водяний;

технічні параметри будівлі:  
 робочий об'єм будівлі – 140 м<sup>3</sup>;  
Поверхня площа – 46,7 м<sup>2</sup>;

висота стелі – 3,0 м;

розрахункові параметри зовнішнього повітря:

температура  $t_o = 22$  оС;  
 відносна вологість  $\phi_o = 70\%$ ;

розрахункові параметри повітря в приміщенні:

температура  $t_v = 20$  оС;

відносна вологість  $\phi_v = 70\%$ .

Теплова потужність системи опалення  $Q_o$ , кВт, з допомогою рівняння теплового балансу для даної в холодний період року

$$Q_o = Q_{т.втр} + Q_v + Q_{inf} - Q_l - Q_{осв} \quad (4.6)$$

де  $Q_{т.втр}$ , кВт – теплові втрати приміщення через огорожувальні будівельні конструкції;

$Q_v$ , кВт – тепловий потік, що витрачається на підігрів припливного повітря;

$Q_{вип.}$ , кВт – тепловий потік на випаровування вологи з відкритих та змочених

поверхонь;

$Q_{inf}$ , кВт – тепловий потік на підігрів інфільтрованого повітря;

$Q_l$ , кВт – тепловий потік, який виділяється людьми;

$Q_{осв}$ , кВт – тепловий потік від освітлювальних приладів;

НУБІП України

НУБІП України

### 4.3 Теплові надходження до будівлі

#### 4.3.1 Теплові надходження від людей

Теплові надходження, що виділяються людьми  $Q_{л}$ , кВт, в холодний період року обумовлюються вільними тепловиділеннями і визначаються з формули

$$Q_{л} = q \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (4.7)$$

де  $q$ , Вт – тепловий потік явних тепловиділень 1-го людини; згідно табличних даних 3.2;

$n$  – кількість людей;  $n = 5$ .

$$Q_{л} = 98,8 / 5 \cdot 10^{-3} = 0,494 \text{ кВт.}$$

#### 4.3.2 Теплові надходження від електроосвітлення

Теплові надходження від електроосвітлювальних приладів  $Q_{осв}$ , кВт, приймаємо відповідно до даних [58]:

$$Q_{осв} = 1000 N a_{ел} \quad (3.8)$$

де  $N$  – потужність освітлювальних приладів, кВт;

$a_{ел}$  – коефіцієнти, що враховують тип арматури [8];

$$Q_{осв} = 0,99 \text{ кВт}$$

#### 4.4 Теплові втрати будівлі навчальної майстерні

# НУБІП України

#### 4.4.1 Теплова потужність систем опалення для підгріву вентиляційного повітря

# НУБІП України

Теплова потужність систем опалення для підгріву вентиляційного повітря

$Q_v$ , Вт, визначимо з формули

$$Q_v = 0,278 \cdot c_p \cdot \rho \cdot L_v (t_v - t_o), \quad (4.9)$$

# НУБІП України

де  $c_p$ , кДж/(кг·К) – питома ізобарна теплоємність повітря; приймаємо  $c_p = 1,0$  кДж/(кг·К)

$\rho$ , кг/м<sup>3</sup> – густина внутрішнього повітря;

$L_v$ , м<sup>3</sup>/год – витрати вентиляційного повітря;

# НУБІП України

$t_v$ ,  $t_o$ ,  $t_e$  – розрахункові температури припливного (підігрітого) та зовнішнього повітря.

#### 4.4.2. Витрати вентиляційного повітря

# НУБІП України

Витрати вентиляційного повітря  $L_v$ , м<sup>3</sup>/год, визначимо за умовою видален з приміщення

# НУБІП України

– водяної пари

$$L_v = \frac{W}{\rho \cdot c_p \cdot (d_e - d_o)}, \quad (4.10)$$

де  $W$ , г/год – сумарні вологовиділення в середині приміщення;

# НУБІП України

$\rho$ , кг/м<sup>3</sup> – густина внутрішнього повітря;  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;



$d_v, d_o, \text{г/(кг с.п.)}$  – вологовміст внутрішнього та зовнішнього повітря, визначаємо за  $h - d$  діаграмою вологого повітря:

$$d_v = 5 \text{ г/(кг с.п.)};$$

$$d_o = 0,5 \text{ г/(кг с.п.)}.$$

Витрати вентиляційного повітря, які потрібні для видалення з приміщень водяної пари, становлять

$$L_v = \frac{0,021}{1,29 \cdot (5 - 0,5)} = 0,0036 \text{ м}^3/\text{с};$$

– вуглекислого газу

$$L_v = \frac{V_{CO_2}}{C_{гр} - C_o} \quad (4.11)$$

де  $C_{гр}, \text{л/м}^3$  – гранична концентрація вуглекислого газу в приміщенні; згідно [58]  $C_{гр}$  приймаємо  $C_{гр} = 2 \text{ л/м}^3$ ;

$C_o, \text{л/м}^3$  – концентрація вуглекислого газу в приливному повітрі;

$$C_o = 0,3 \text{ л/м}^3 \text{ [58]}.$$

$L_v = \frac{75}{2 - 0,3} = 0,01 \text{ м}^3/\text{с}.$

Витрати вентиляційного повітря при надлишкових виділення

теплоти:

$L_q = \frac{Q_y}{\rho c_p (t_v - t_3)}$

де  $Q_y$  - виділення в приміщенні явної теплоти, Вт;

$L_q = \frac{98,8}{1,29 \cdot 1,0 \cdot (20 - (-10))} = 0,00255 \text{ м}^3/\text{с}.$

Витрати вентиляційного повітря згідно норми мінімального повітрообміну розраховуємо за формулою

$$L_v = V_{\text{прим}} \cdot n, \quad (4.12)$$

де  $V_{\text{прим}}$  – об'єм приміщення за зовнішнім обміром,  $\text{м}^3$ ;

$n$  – кратність повітрообміну,  $\text{год}^{-1}$ , яка визначається для різних типів приміщення згідно з нормами повітрообміну.

$$L_v = 0,129 \text{ м}^3/\text{с}$$

З розраховуваних величин витрати вентиляційного повітря приймаємо найбільшу:

$$L_v = 464,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З формули (3.3) визначимо теплову потужність системи підігріву вентиляційного повітря

$$Q_v = 4,6 \text{ кВт}$$

#### 4.4.3 Теплові втрати через огороджувальні конструкції

Тепловтрати через огороджувальні конструкції розраховуються відповідно до технічних характеристик будівлі майстерні:

розміри технологічного приміщення (за зовнішніми вимірами): 46,7  $\text{м}^2$ ;

об'єм приміщення: 140  $\text{м}^3$ ;

зовнішні несучі огороджувальні конструкції: кладка черепашника з внутрішньою штукатуркою;

□ підлога: дерев'яна на залізобетонному каркасі (збірні ребристі залізобетонні плити) з пароізоляцією (один шар руберойду) та теплоізоляцією (мінеральна вата);

□ покрівля: азбестоцементні шиферні листи на дерев'яний настил та дерев'яні крокви (двосхили);

□ підлога: керамзитобетон товщиною 0,15 м;  
□ віконні блоки: склопакети, площа одного блоку - 1,8 та 3,6 м<sup>2</sup>.

Тепловтрати  $Q_{твтр.}$ , кВт, розраховуються для кожної огорожувальної конструкції приміщення за формулою

$$Q_{твтр.} = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot 10^{-3} \quad (4.13)$$

де  $A$ , м<sup>2</sup> – площа поверхні огорожувальної конструкції;

$R$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт – термічний опір конструкції;

$t_{вн}$ ,  $t_{зовн}$  – розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря;  
 $n$  – коефіцієнт, який залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря; визначаємо за даних [58];

$\beta$  – додаткові теплові втрати (у відсотках до основних теплових втрат), які враховуються для зовнішніх вертикальних та похилих поверхонь відповідно до даних [8].

Термічний опір огороження  $R$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, визначається з формули

$$R_o^{ут} = R_o^{існ} + \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}} + \frac{\delta_{пш}}{\lambda_{пш}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} \quad (4.14)$$

де  $R_o^{існ}$ , (м<sup>2</sup>·K)/Вт – термічний опір існуючої огорожувальної

конструкції;  $\delta_{ц}$ ,  $\delta_{пш}$ ,  $\delta_{шт}$ , м – товщина прошарків цементного розчину, плити з утеплювача та штукатурки, відповідно;  $\lambda_{ц}$ ,  $\lambda_{пш}$ ,  $\lambda_{шт}$ , Вт/(м·K) – теплопровідність цих же прошарків, відповідно.

Втрати тепла через неутеплену підлогу визначаємо по окремих зонах – смугами шириною 2 м, які паралельні зовнішнім стінам.

Сумарні втрати через підлогу  $Q_{п}$ , кВт, розраховуються за формулою

$$Q_{п} = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} (t_{в} - t_{о}) \cdot 10^{-3}, \quad (4.14)$$

де  $F_i, \text{ м}^2$  – площа однієї зони;

$R_i, (\text{ м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$  – опір теплопередачі відповідних зон; для першої зони  $R=2,1$

$(\text{ м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , для другої –  $R = 4,3 (\text{ м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , для третьої –  $R = 8,6 (\text{ м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ,

для решти підлоги –  $R = 14,2 (\text{ м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ;

$n$  – кількість зон.

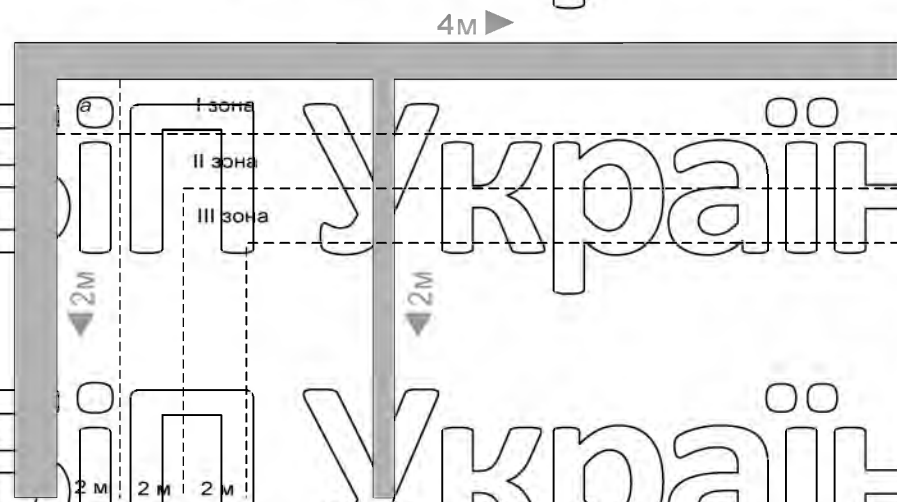


Рис. 4.1 Поділ площі на зони

– Вихідні дані для розрахунку теплових втрат технологічних приміщень господарства наведено в табл. 4.3, а остаточні розрахункові втрати тепла, визначені обома методами, в табл. 4.4.

– Маємо майстерні для одноповерхового будинку;

– □ загальна площа будівлі - 46,7 м<sup>2</sup> (за зовнішніми вимірами);

– □ тепловтрати будівлі -  $Q_{т.вр.} = 4,8 \text{ кВт}$

Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі  
ферми

Найменування та умовне позначення огорожувальної конструкції та її складові	Параметри		
	$\delta_i, \text{м}$	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	$\delta_{\Sigma}, \text{м}$
Зовнішня стіна (ЗС): --> кладка з ракушняку на важкому цементному розчині --> внутрішня штукатурка	0,510 0,015	0,410 0,930	0,525
Перекриття (СТ): --> залізобетонна плита --> настил з дощок --> пароізоляція з рубероїду --> утеплювач – мінеральна вата	0,35 0,25 0,015 0,140	1,630 0,170 0,170 0,070	0,200
Підлога (ПЛ): --> плита керамзитобетонна	0,150	0,350	0,350
Вікно у дерев'яній коробці (ВП): --> подвійне застління	0,050		0,050

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## Розрахункові теплові втрати будівлі через огорожувальні конструкції

№	Позначення конструкції	$R_{0, \text{м}^2 \cdot \text{К}} / \text{Вт}$	$n$	$N$	$Q_{\text{дод.}} \cdot \%$		$Q_{\text{ог.кон.}} \cdot \text{кВт}$
					вітер	напряма	
1	ЗС	0,804	1,0		5	0	0,716
2	ЗС	0,804	1,0		5	10	1,28
3	СТ	2,43	0,9		-	-	0,57
4	Двері (Д)	0,5	1,0		0	0	0,62
5	ВП	0,345	1,0		5	5	1,09
6	ПЛ:						
	I зона	2,1					
	II зона	4,3	1,0		-1	-	0,526
	III зона	8,6					
ВСЬОГО:							4,8

## 4.4.4 Теплові втрати будівлі на підігрів інфільтрованого повітря

За нормами проектування теплові втрати будівлі на підігрів інфільтрованого повітря  $Q_{\text{інф}}$ , кВт, приймаємо на рівні 25% від теплових втрат через огорожувальні конструкції:

$$Q_{\text{інф}} = 0,25 \cdot Q_{\text{ог.кон.}} = 1,2 \text{ кВт.} \quad (4.15)$$

Розрахунки, виконані вище, засвідчили, що теплохисний стан існуючих зовнішніх конструкцій (найбільш відповідальних в балансі теплових втрат споруди) незадовільний і не відповідають діючим нормам з енергозаощадження.

#### 4.5 Вибір вентилятора для забезпечення припливної примусової вентиляції

Припливна примусова вентиляція здійснюється за допомогою відцентрових вентиляторів, підбір яких здійснюється за продуктивністю вентилятора та необхідним повним натиском повітря.

Визначаємо діаметр повітропроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4L'}{\pi\omega}} \quad (4.16)$$

де  $L'$  - витрати вентиляційного повітря одного вентилятора за секунду,  
 $L = 0,129 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$\omega$  - швидкість руху повітря, приймаємо 6 м/с.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,129}{\pi \cdot 6}} = 0,16 \text{ м}$$

Напір вентилятора повинен бути достатнім для подолання сумарних опорів вентиляційної системи:

$$H_b = H_r + H_{mo} \quad (4.17)$$

де  $H_r$  - втрати напору натерття по довжині трубопровода, Па;

$H_{mo}$  - втрати напору від місцевих опорів, Па.

Втрати напору від тертя визначають за формулою:

$$H_r = \lambda_r \frac{l}{d} \rho \frac{\omega^2}{2}, \quad (4.18)$$

де  $\lambda_r$  - коефіцієнт шляхових втрат,  $\lambda_r = 0,032$  (м);

$l$  - довжина повітропроводу, м;

$\rho$  - густина повітря при заданій температурі приміщення,  $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $d$  - діаметр повітропроводу, м;  
 $\omega$  - швидкість руху повітря в повітропроводі, м/с.

$$H_T = 0,032 \frac{9,5}{0,16} 1,29 \frac{6^2}{2} = 44,1 \text{ Па}$$

Втрати напору на подолання місцевих опорів:

$$H_{\text{мо}} = \sum_1^n \xi_i \rho \frac{\omega^2}{2} \quad (4.19)$$

де  $\sum_1^n \xi_i$  - сумарний коефіцієнт місцевих опорів окремих ділянок повітропроводу складається:

- раптове звуження при переході повітря з вихідного патрубку вентилятора до магістрального повітропроводу
- переходу повітря із магістрального в розподільчий повітропровод;
- виходи потоку через отвори перфорації.

$$H_{\text{мо}} = (0,6 + 6(0,51 + 0,4) + 2 \cdot 0,4) 1,29 \frac{6^2}{2} = 159,2 \text{ Па}$$

Сумарний опір:

$$H_p = 44,1 + 159,2 = 203,4 \text{ Па}$$

#### 4.6 Вибір теплового насоса повітря-повітря

Одним із способів економії енергії є використання теплових насосів (теплових насосів) для опалення та гарячого водопостачання. Тепловий насос (ТН) - це, навпаки, холодильник. Якщо останній забирає холод із теплового повітря приміщення, то тепловий насос отримує тепло із зовнішнього холодного середовища (рис. 4.2)

НУБІП України

НУБІП України



НУБІ

НУБІ

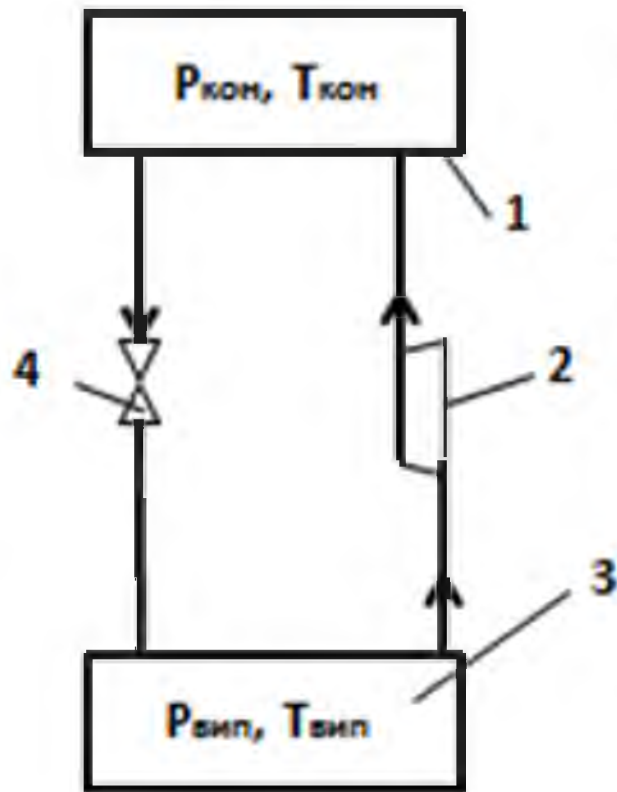
НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ



НИ

НИ

НИ

НИ

НИ

НИ

НИ

Рис.4.2. Принципова схема теплового насоса

1 - конденсатор; 2 - компресор; 3 - випарник; 4 - регулюючий вентиль

Теплота  $Q_0$ , взята при низькому температурному рівні (теплота випарюваних газів або навколишнього середовища), за рахунок роботи компресора, що споживає електроенергію  $N$ , передається більш високому (що забезпечує нагрів об'єкта). в результаті споживається енергія  $Q_1$ , що дорівнює сумі низькопотенційної теплоти  $Q_0$  і електричної потужності  $N$ . (рис.4.3).

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

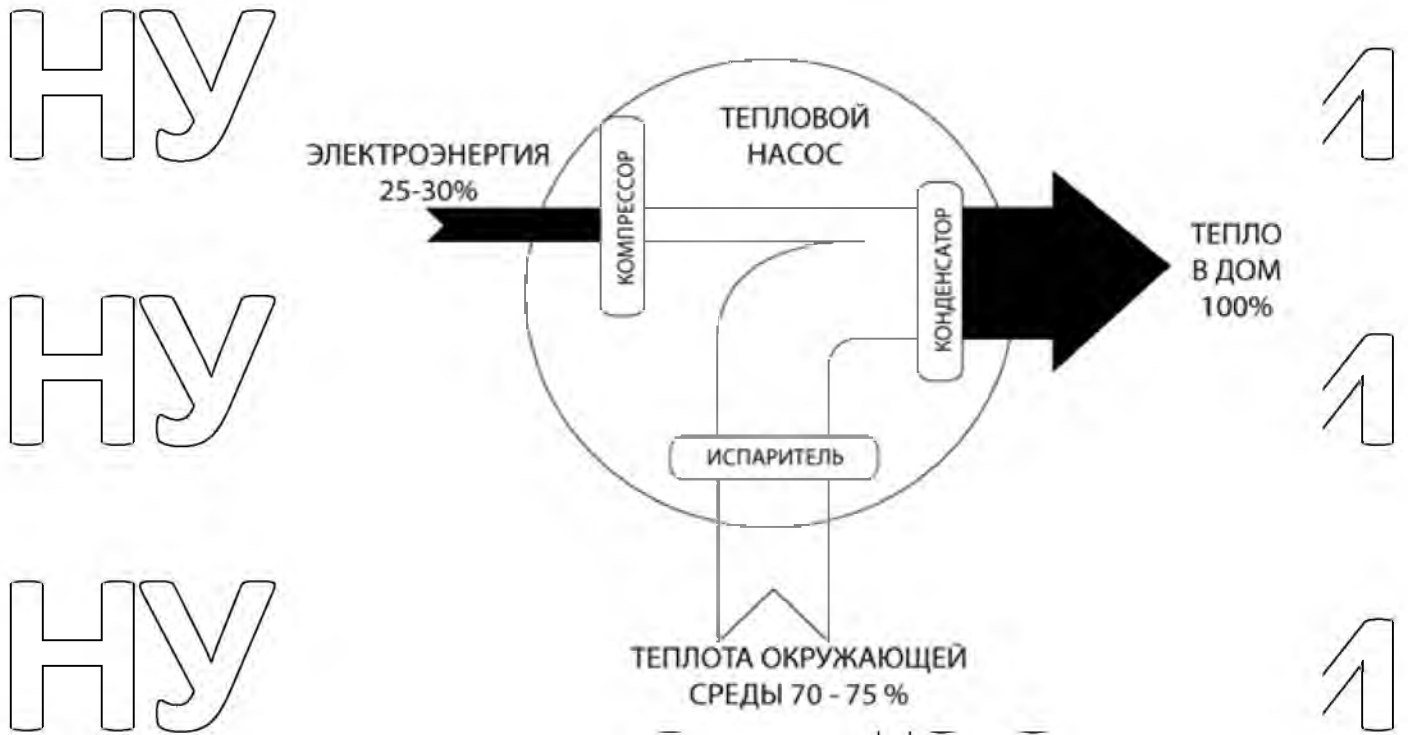


Рис. 4.3. Схема энергопотоків у тепловій pompі

Тепловий насос працює наступним чином (рис. 4.2). Охолоджений рідкий теплоносіє фреонового типу надходить у випарник 3, де нагрівається водою, повітрям або іншою речовиною, закипає і переходить у газоподібний стан. Потім надходить в компресор 4, де стискається з виділенням значної кількості тепла. Цей гарячий реагент надходить у конденсатор 1, де охолоджується шляхом нагрівання теплоносія системи опалення і переходить у рідкий стан. Після розширювального клапана 2 тиск рідини падає, а температура значно знижується. Описаний вище цикл повторюється. Такі теплові імпульси нагрівають систему опалення.

Тепловий насос може приймати енергію (рис.4.4.):  
з верхнього шару ґрунту;

з колодязя;

з води (підземних або поверхневих вод);

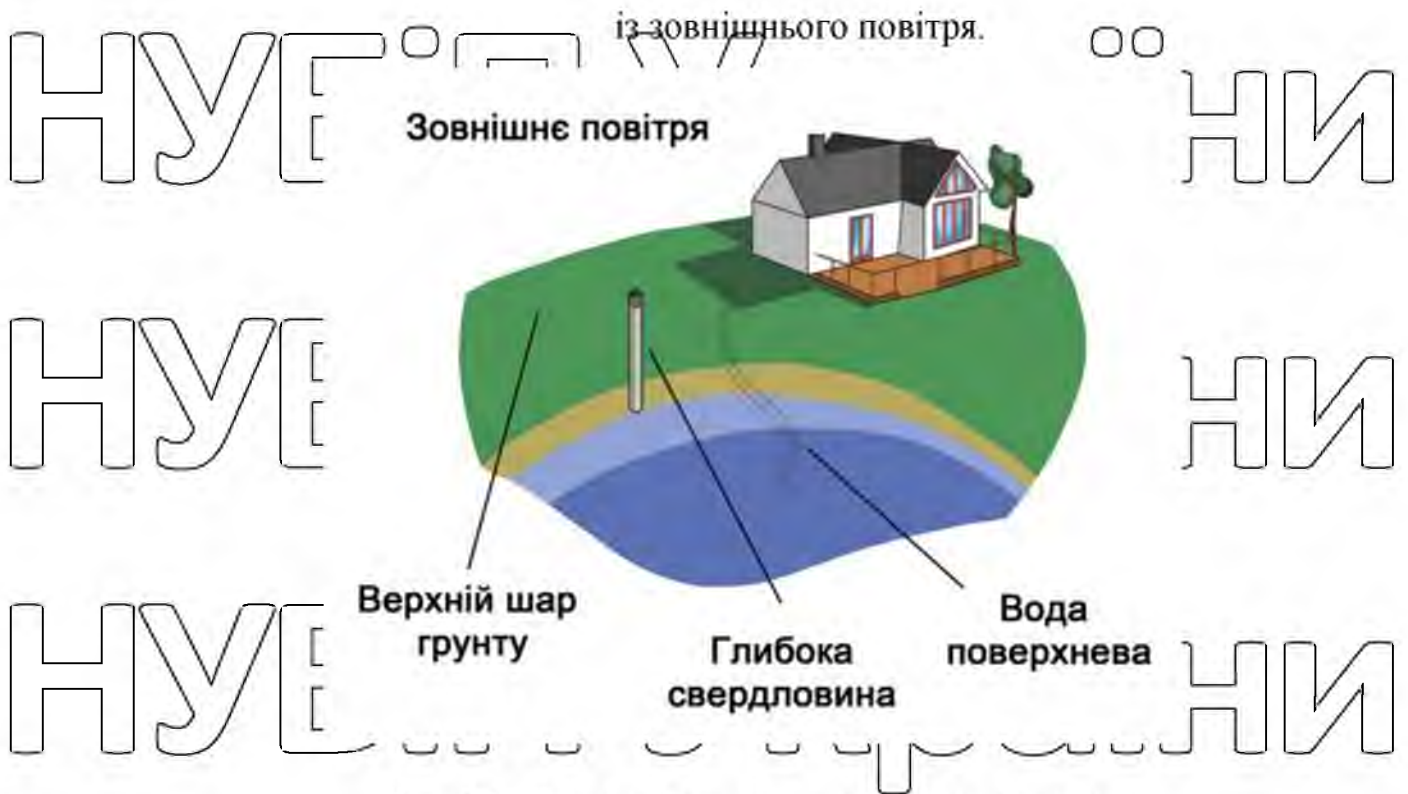


Рис. 4.4. Джерела теплоти для теплової помпи

У разі теплого насоса повітря-повітря тепло відбирається із зовнішнього повітря і передається повітрю в приміщенні (рис. 4.6). Теплові насоси такого типу є найдешевшими та найпростішими в установці та обслуговуванні. Зазвичай вони схожі на побутовий кондиціонер (рис. 4.5)



Рис.4.5. Зовнішній вигляд теплового насоса типу «повітря-повітря».

НУБІП України

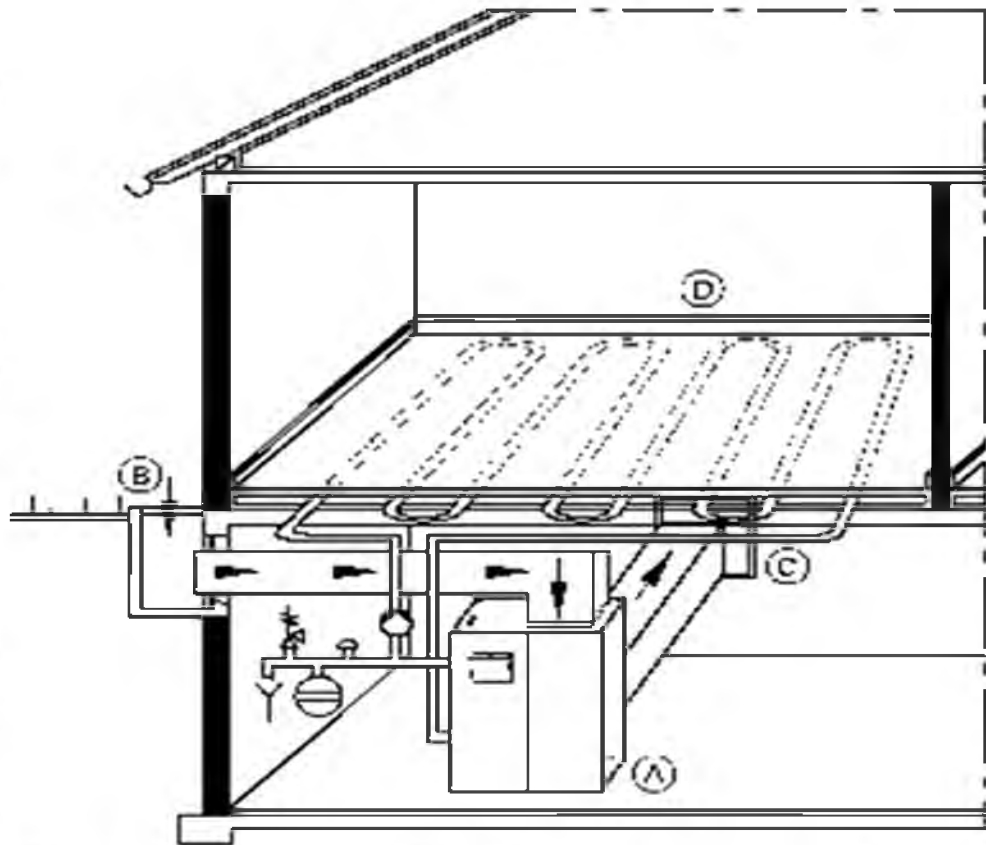


Рис. 4.6 Теплогенерація з навколишнього повітря

A – Тепловий насос

B – Припливний канал

C – Витяжний канал

D – Низькотемпературна опалювальна установка

Незважаючи на різноманітність типів і конструкцій теплових насосів, основним критерієм ефективності їх роботи є коефіцієнт опалення (КОП). COP – відношення відведеної теплоти  $Q_0$  до електричної потужності на приводі компресора  $N$ . Показує, у скільки разів потужність опалення перевищує спожиту електроенергію. Величина COP дорівнює 2,5-4,5 в залежності від температури відведення і подачі тепла, типу і конструкції ТП (рис. 3.7). Отже, якщо ККД ТЕС становить 40%, енергія  $Q_1$  для опалення може майже вдвічі перевищувати теплоту згорання палива, що використовується для виробництва електроенергії  $N$ . Таким чином, економія первинної енергії (палива).

Середньорічна ефективність теплового насоса повітря-повітря знаходиться в межах 2,5...3.



Рис 4.7. Опалювальний коефіцієнт теплового насосу

Повітряний тепловий насос забезпечить опалення та гаряче водопостачання до температури  $-10^{\circ}\text{C}$ . Нижче цієї температури тепловий насос працює в двовалентному режимі в парі з резервним джерелом тепла (електричним або газовим котлом).

Слід зазначити, що тепловий насос вибирається на 50% тепловтрат будинку, решта 30% покривається резервним джерелом. Це економічно виправдано, вартість теплового насоса меншої потужності нижче, а ККД такої системи буде вище, за рахунок роботи теплового насоса в оптимальному режимі.

Отже, згідно розрахунків, обираємо тепловий насос Cooper&Hunter CH-

S12FTXN-NG. : <https://karno.ua/conditioner-cooperamphunter-ch-s12ftxn-ng/>

NORDIC EVO NG інноваційний тепловий насос нового покоління, в преміальній комплектації «GENERATOR V». Адаптований для роботи на тижні

в північних країнах Європи. Працює на найсучаснішому однокомпонентному фреоні R-32.

Основні технічні характеристики наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

#### ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Площа, м <sup>2</sup>	34
Тип кондиціонера	Настінний
Тип роботи	Холод-тепло
Тип компресора	Інверторний <input type="checkbox"/>
Потужність охолодження, Вт	3400
Потужність обігріву, Вт	3600
Електрична потужність, кВт	0.80

Вибір режимів роботи класичний: охолодження / обігрів / вентиляція / осушення, причому в режимі обігріву спліт-система може працювати аж до -25 ° С температури зовнішнього повітря. Діапазон зовнішніх температур при роботі на охолодження - від + 18 ° С до + 48 ° С.

При роботі на опаленні виключається можливість обдування холодного повітря через закримку запуску вентилятора, що гарантує повний комфорт перебування в опалювальному приміщенні. Для інтенсивного охолодження або нагріву повітря в приміщенні досить використовувати режим «ТУРБО», який для більшої зручності виводиться окремою кнопкою на пульті.

Спліт-системи Coorder & Hunter серії Nordic оснащені унікальною системою повного очищення повітря. Комплекс активних фільтрів забезпечує захист від більшості побутових забруднень (пил, запахи, бактерії, віруси) і одночасну іонізацію повітря в приміщенні. Кондиціонер всмоктує забруднене повітря, ретельно відфільтровує шкідливі компоненти і повертає очищене повітря в приміщення.

#### 4.7. Основи експлуатації теплонасосного обладнання

Провідні виробники теплових насосів рекомендують проводити щотижневий огляд. Слід виконати наступні операції:

- перевірити рівень заповнення сіллю в компенсаційному резерві солі;
- огляд вихідного концентрату для засолювання;
- візуальний огляд витоків у ємностях для засолювання та підігріву;
- передача 400-вольтових з'єднань для міцної посадки;
- контроль найважливіших параметрів регуляторів;
- облік машино-годин роботи компресора, додаткового електропідігріву

та приготування гарячої води.

Особливості роботи ГЕС визначаються залежно від режиму роботи теплового насоса та обраного.

Контроль часу включення та вимкнення теплового насоса в режимі опалення здійснюється шляхом розрахунку енергетичного балансу. Регулятор енергетичного балансу працює з погодозалежним регулятором, який розраховує відповідну задану температуру зони подачі відповідно до температури навколишнього середовища.

Енергетичний баланс - це інтеграл від різниці між фактичним і встановленим значеннями температури зони подачі, який розраховується кожну секунду і підсумовується кожну хвилину. При заданому значенні теплового дефіциту запускається тепловий насос. Він знову вимикається лише тоді, коли кількість тепла, що подається, компенсує дефіцит тепла.

Для постійного надходження значень температури до регулятора енергетичного балансу під час опалення постійно працює циркуляційний насос системи опалення.

Якщо при включенні теплового насоса кількість води зменшується (замикання опалювальних контурів) і таким чином температура відсікання досягає встановленого значення на 7 °C, тепловий насос буде негайно вимикатися (до вимкнення). вимкнено регулятором енергетичного балансу).

Якщо через розмикання опалювальних контурів спостерігається значне зниження температури зони подачі, тепловий насос вмикається негайно (не чекаючи необхідного енергетичного балансу).

При роботі ГЕС в режимі приготування гарячої води, якщо температура, виміряна датчиком котла, падає нижче заданої початкової температури гарячої води, тепловий насос включається. Триходовий перемикаючий клапан переводиться в положення режиму гарячої води і починається зарядка (завантаження) котла.

Відключення здійснюється не через датчик котла, а через датчик високого тиску при стабільному тиску, що відповідає температурі припливної секції системи опалення приблизно 62,0С. Гаряча вода нагрівається приблизно до 56,0С. Для досягнення більш високих температур необхідно підключити додаткове електроопалення.

## РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

### Аргументи на користь теплового насосу

У порівнянні з котельним обладнанням немає потреби в паливі (без дров, дизельного палива, тирси, пелет, вугілля чи газу). Є залежність лише від електроенергії, ціна якої вплине на вартість опалення.

У порівнянні з електричними котлами. Електричний котел використовується в комплексі з теплоаккумулятором і зональним теплотічильником (за рахунок роздільного денного і нічного споживання електроенергії). Запрограмувавши нічний режим роботи електродкотла, нагріваємо воду в системі опалення і теплоаккумулятор (буферний бак). Вдень котел не працює, а ви використовуєте гарячу воду для опалення та побутових потреб. Але якщо в домогосподарстві є ліміт електроенергії, цього може бути недостатньо для роботи котла. А також необхідно розмістити в кімнаті буферну ємність (не менше 500 літрів). Тепловий насос «повітря-новітря» потребує менше електроенергії і взагалі не потребує теплового аккумулятора. Згідно даних рис.4.7 COP (coefficient of performance — коефіцієнт перетворення теплоти) для



теплових насосів знаходиться в межах від 3 до 5. Це означає, що при коефіцієнті, наприклад, 4,62 тепловий насос для своєї роботи візьме з мережі 1 кВт електроенергії (для компресорів, вентиляторів та електроніки), перетворить її в теплову енергію (механічна робота компресора), відкачує повітря 3,62 кВт тепла і передасть це тепло ( $1 + 3,46 = 4,62$  кВт) в приміщення. Конкретне значення коефіцієнта перетворення залежить від зовнішньої температури та температури приміщення.

Економія. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) (постанова № 200 від 26.02.2015 р.) встановила такі тарифи на електроенергію для населення для будинків, обладаних електроопаленням: на опалювальний період (з 1 жовтня по 30 квітня) ) при споживанні до 3000 кВт за один місяць вартість одного кіловат - 0,9 грн, при споживанні більше 3000 кВт кожен з них коштуватиме 1,68 грн. В інший час року кількість електроенергії в 0,9 грн обмежена 100 кіловатами.

## ВИСНОВКИ

Випускна робота магістра присвячений питанням економії теплової енергії в системі тепlopостачання комплексу споруд Ржищівського будівельного технікуму..

Потужність систем теплоспоживання споруд технікуму розрахована за укрупненими показниками і складає 1,91 МВт.

Джерелами тепlopостачання є 2 котли "Факел", теплопродуктивністю 1 МВт кожний.

Для об'єкта проектування навчальної майстерні технікуму – виконано розрахунок і вибір освітлювального обладнання: світильник типу НСП01-100 з лампами розжарювання: БК 215-220-100. Для вуличного освітлення обираємо LED-світильники. LL-ДКУ-02-095-65Д:

Проведено розрахунок параметрів мікроклімату в приміщенні майстерні. Розроблено проєкт системи опалення на базі теплового насосу типу «повітря-повітря» Cooper & Hunter CH-S12FTXN-NG. Потужність ТН на обігрів складає 3,6 кВт, що покриває близько 70 % потреб об'єкта на опалення.

Розглянуті питання експлуатації теплонасосного обладнання.

Визначено економічну ефективність проєкту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Н.М. Мкитарян. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: Наук. думка, 2000. – 416 с.

2. Сафіуліна К.Р. Энергозбереження в університетських містечках / Сафіуліна К.Р., Колієнко А.Г., Тормасов Р.Ю. // – К.: ТОВ «Поліграф плюс», 2010. – 328 с.

3. ДБН В.2.2-9-99. Громадські будинки і споруди. Основні положення

4 ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі

5 ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель

6 ДСТУ-Н.Б.А. 2.2.-5:2007. Національний стандарт України.

Проектування. Настапова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції

7 ДСТУ Б В.2.2-19: 2007. Будівлі і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах

8 ДСТУ Б В.2.2-21:2008. Будівлі споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків

9. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование, с изм. 1 и 2.

10 СНиП 2.04.14-66. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов

11 СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции

12 СНиП II-3-79. Строительная техника, с изм. 1.

13 СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация, с изм. 1.

14 Пособие по проектированию систем водяного отопления к СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Изд. КИЕВЗНИИЭП. — 2001.

15 Амерханов Р.А. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат 2005. – 159 с.

16 Гершкович В.Ф. – Особенности проектирования систем энергоснабжения зданий с тепловыми насосами. – Киев ЗНИИЭП, 2009. – 60 с

17. Бондар Е.С. Тепловые насосы. Расчет, выбор оборудования, монтаж. // СЭК. – 2009. – № 4. – С. 32-40.

18. Корчемний М. Федорейко В. Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль, 2001. – 984 с.

19. Рэй Д. Тепловые насосы / Д. Рэй, Д. Макмайл; пер. с англ. М. / : Энергоиздат. – 1982. – 224 с. Альбом рекомендаций по применению современного эффективного оборудования в системах отопления и горячего водоснабжения зданий при централизованном теплоснабжении. — изд. КИЕВ-ЗНИИЭП. — 2003.

20. Савельев С. Н. Использование тепловых насосов как направление энергосбережения / С. Н. Савельев // Пром. энергетика. 1992. – №4. – С. 33-35.

21. <https://karno.ua/conditioner-cooperamphunter-ch-s12ftxn-ng/>

22. “Електричне освітлення та опромінення” методичні рекомендації щодо виконання курсової роботи для студентів вищих навчальних закладів по підготовці молодших спеціалістів із спеціальності 5.091903 „Електрифікація і автоматизація с.г.” 2002р.

23. “Електричне освітлення та опромінення” методичні вказівки для виконання курсової роботи. Київ. Видавництво НАУ 1998.

24. Баев В.И. «Практикум по электрическому освещению и облучению» – М.: Агропромиздат. 1991.

25. Жилинский Ю.М., Кумин В.Д «Электрическое освещение и облучение» – М.: Кцлос 1982 г.