

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф.
Коц І. В.
“ _____ ” _____ 2019 року

**ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЧНОМУ
КОМБІНАТІ**

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
магістранта 192 – Будівництво та цивільна інженерія
08-12.МКР.001.00.000 ПЗ

Керівник к.т.н., професор Коц І. В.
(науковий ступінь, вчене звання,
ініціали та прізвище)

_____ « ____ » _____ 2019 р.
(підпис)

Розробив студент гр. ТГ-18м

_____ Бадяка О. В.
(підпис, ініціали та прізвище)

Офіційний рецензент _____
(науковий ступінь, вчене звання, кафедра)

(підпис, ініціали та прізвище)
« ____ » _____ 2019 р.

Вінниця – 2019 рік

РЕЗЮМЕ		Бадяка Олег Володимирович	
до магістерської кваліфікаційної роботи магістранта:			
Назва університету	Вінницький національний технічний університет		
Тема	ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЧНОМУ КОМБІНАТІ		
Освітній ступінь	Магістр		
Факультет	Будівництва, теплоенергетики та газопостачання		
Кафедра	Інженерних систем у будівництві		
Спеціальність	192 – Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Теплогазопостачання і вентиляція		
Керівник	к.т.н., проф. Коц І. В.		
Обсяг роботи	Пояснювальна записка, стор.	Розділів	Креслень формату А3
	116	4	10
Розділ 1	Аналітичний огляд сучасного стану використання відомих систем мікроклімату в теплиці		
Розділ 2	ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ		
Розділ 3	Організаційно-технологічне забезпечення запроєктованих рішень		
Розділ 4	Техніко-економічні показники		
Висновки по роботі	<p>1. Проведено порівняння конструктивних особливостей теплиць та інженерного оснащення системи мікроклімату та її компонентів. Складено розрахункову схему теплових потоків та розроблено математичне моделювання основних тепломасообмінних процесів. Описано методику розрахунку ультразвукового розпилення рідини. Проведено обґрунтування вибору котельного обладнання, а саме традиційного твердопаливного котла. Розглянуто питання актуальності акумуляції тепла.</p> <p>2. Розроблено проектне рішення системи мікроклімату. Проведено теплотехнічні розрахунки, моделювання гідравлічного режиму системи, підібрано всі елементи комбінованої системи опалення в теплиці та обладнання.</p> <p>3. В розділі розроблені заходи по організації монтажу системи мікроклімату. Підібрані машини, механізми для виконання робіт та транспортування. Визначено трудомісткість монтажних робіт, на основі якої складено графік виконання робіт. Розглянуто питання техніки безпеки при виконання монтажних робіт, визначені заходи по охороні праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.</p> <p>4. Складено локальні кошториси на проведення робіт по влаштуванню системи опалення і гарячого водопостачання будівлі. Визначені техніко-економічні показники проекту.</p>		
Ключові слова: теплиця, опалення, аерація, зрошення, ультразвукове розпилення, повітряне опалення			

Магістрант: Бадяка О. В. _____ /ЛІБ/

Керівник: Коц І. В. _____ /ЛІБ/

“ ___ ” _____ 2019 р.

summary		Badiaka Oleh	
to undergraduate master's qualification work:			
University name	Vinnitsia National Technical University		
Thema	EFFICIENT SYSTEM OF MICROCLIMATE CREATION IN A GREEN HOUSE		
Educational degree	Master		
Faculty	Faculty for Civil Engineering, Thermal Power and Gas Supply		
Department	Engineering systems in construction		
Specialty	192 – Construction and civil engineering		
Educational program	Heat and gas supply and ventilation		
Head	Ph.D., professor Kots I. V.		
The scope of work	Explanatory note, p.	Sections	Drawings of A3 format
	116	4	10
Section 1	Analytical review of the current state of use of known microclimate systems in the greenhouse		
Section 2	Theoretical substantiation of the made decisions		
Section 3	Organizational and technological support of projected solutions		
Section 4	Technical and economic indicators		
Conclusions on work	<p>1. A comparison of the design features of greenhouses and the engineering equipment of the microclimate system and its components. The calculation scheme of heat fluxes is made and mathematical modeling of the main heat transfer processes is developed. The method of calculation of ultrasonic liquid spraying is described. The substantiation of the choice of boiler equipment, namely the traditional solid fuel boiler, was carried out. The issue of relevance of heat accumulation is considered.</p> <p>2. The design solution of the combined heating system is developed. The heat engineering calculations, modeling of the hydraulic regime of the system were carried out, all elements of the combined heating system in a residential building were selected.</p> <p>3. The section deals with the organization of the installation of the microclimate system. Selected machines, mechanisms for work and transportation. The complexity of the assembly works is determined, on the basis of which the schedule of work execution is made. Issues of safety during installation work are considered, measures of safety and safety in emergencies are defined.</p> <p>4. Local estimates for the works on the arrangement of the system of heating and hot water supply of the building have been drawn up. The technical and economic indicators of the project have been determined.</p>		
Keywords: greenhouse, heating, aeration, irrigation, ultrasonic spraying, air heating			

Master student: Badiaka O. V. / Surname /

Head: Kots I. V. / Surname /

" " _____ 2019

Реферат

Дана робота складається із чотирьох розділів пояснювальної записки з таблицями і розрахунками та графічної частини на листах формату А3 у вигляді плакатів та технічних креслень.

У розділах аналітичного огляду проведено порівняльний аналіз відомих досліджень у галузі опалення, аерації та поливу в теплиці.

У розділі теоретичного обґрунтування проведено такі основні технічні розрахунки, як: теплотехнічний, гідравлічний, розрахунок водоспоживання, на основі чого підібрано відповідне обладнання для системи опалення та аерації.

Наведено технологічний процес монтажу системи та рекомендації з її експлуатації.

У частині з охорони праці та безпеки у НС розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення щодо безпечного виконання робіт, а також проведено оцінку наслідків вибуху пилоповітряної суміші в котельні.

У розділі техніко-економічних показників складено локальний кошторис на проведення монтажу системи мікроклімату.

Annotation

This work consists of four sections of the explanatory note with tables and calculations and a graphic section on A3 sheets in the form of posters and technical drawings.

In the sections of the analytical review, a comparative analysis of known studies in the field of heating, aeration and irrigation in the greenhouse was carried out.

In the section of theoretical substantiation, such basic technical calculations were carried out as: thermal, hydraulic, calculation of water consumption, on the basis of which the appropriate equipment for the heating and aeration system was selected.

The technological process of installation of the system and recommendations for its functioning are given. Shows the technological process of installing the system and recommendations for its use.

With regard to occupational safety and health, technical solutions for occupational hygiene and industrial sanitation, technical solutions for safe performance of works are considered, as well as the consequences of the explosion of the dust-air mixture in the boiler room.

In the section on technical and economic indicators, a local estimate for the installation of the microclimate system is made.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	11
1.1 Аналітичний огляд відомих рішень у оснащенні теплиць інженерними мережами.....	11
1.1.1. Системи опалення та обігріву	11
1.1.2. Система вентиляції.....	13
1.1.3. Система поливу та зрошення.....	15
1.2 Аналітичний огляд конструктивних особливостей теплиці.....	17
1.2.1 Класифікація та характеристика конструкцій теплиць.....	17
1.2.2 Характеристика огорожуючих конструкцій теплиць.....	19
1.3 Обґрунтування особливостей теплопостачання промислових теплиць.....	21
1.3.1 Економічне обґрунтування вибору котельного обладнання.....	21
1.3.2 Піролізні котли.....	22
1.4 Моделювання теплообмінних процесів в середовищі теплиці.....	23
1.5 Методика розрахунку системи туманоутворення з ультразвуковим диспергатором.....	33
1.6 Огляд доцільності використання акумуляції теплоти.....	36
1.7 Температурний режим теплиці.....	37
Висновок до розділу.....	39
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ.....	40
2.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкту, технологічні можливості та економічна доцільність	40
2.2 Обґрунтування чисельності робочих місць	41

2.3	Матеріальна оцінка впливів на навколишнє середовище.....	41
2.4	Визначення теплонадходжень в теплиці.....	41
2.5	Розрахунок установленої теплової потужності системи опалення..	44
2.6	Розрахунок опалювального обладнання та приладів.....	49
2.6.1	Розрахунок трубопроводів ґрунтового опалення.....	49
2.6.2	Розрахунок системи комбінованого шатрового опалення.....	53
2.7	Методика розрахунку системи аерації	59
2.8	Розрахунок системи аерації.....	62
2.9	Методика розрахунку кондиціювання повітря в зимовий період року.....	65
2.10	Розрахунок системи ультразвукового розпилення.....	67
2.11	Підбір котла.....	68
2.12	Моделювання та оцінка надійності системи зрошення.....	69
2.13	Розрахунок економічної ефективності використання теплоаккумулятора з повітряним теплоносієм.....	82
	Висновки до розділу.....	86
3	ОРГАНІЗАЦІЙНО – ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАПРОЄКТОВАНИХ РІШЕНЬ	88
3.1	Аналіз системи, що прийнята до монтажу.....	89
3.2	Отримання об'єкту під монтажні роботи.....	89
3.3	Розрахунок основних та витратних матеріалів.....	89
3.4	Вибір робочих інструментів, машин і механізмів.....	92
3.5	Визначення складу і об'єму робіт.....	94
3.5.1	Визначення складу робіт.....	94
3.5.2	Визначення об'єму робіт.....	95
3.6	Визначення трудомісткості монтажних робіт та складу бригад	98
3.7	Визначення витрати пального та електроенергії.....	100
3.8	Заходи з охорони праці	101
3.8.1	Технічні рішення з безпечної організації робочих місць з	

улаштування теплоізолювальних фасадних систем.....	102
3.8.2 Електробезпека.....	107
3.8.3 Виробниче освітлення.....	109
3.8.4 Виробничий шум.....	110
3.8.5 Виробнича вібрація.....	112
3.6.8 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	113
Висновки до розділу.....	117
4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	119
4.1 Локальний кошторис.....	119
4.2 Загальні техніко-економічні показники.....	119
Висновки до розділу.....	120
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	122
Додаток А Технічне завдання.....	123
Додаток Б Гідравлічні розрахунки систем.....	128
Додаток В Локальний кошторис.....	130
Відомість ВДП до МКР.....	135

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з основних завдань агропромислового комплексу України є забезпечення населення продукцією овочівництва, незалежно від пори року, так як в залежності «попит-пропозиція» для зимового періоду року в більшості випадків спостерігається дефіцит даної продукції. Правильне технічне оснащення культиваційних споруд (парників, теплиць, оранжерей тощо) повинно сприяти ефективному розвитку рослин, комфортним умовам для обслуговуючого персоналу, а також значно впливає на собівартість продукції і як наслідок робить товар даного типу конкурентоспроможним.

Так як теплиці є об'єктами, що характеризуються значним поглинанням ресурсів та великої кількості відходів від вирощування, постає проблема у зменшенні залежності від традиційних джерел енергії та комбінуванні їх з відновлювальними та альтернативними, а також у їх впливі на ціноутворення товару та окупність систем.

Таким чином, актуальною є задача знаходження та аналізу всіх складових системи створення мікроклімату в теплиці, їх енергетична та економічна оцінка.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є вибір компонентів системи створення мікроклімату в теплиці, їх наукове та економічне обґрунтування для ефективного вирощування культур з точки зору продуктивності та енерго- і ресурсоощадності.

Для досягнення заданої мети пропонуються для вирішення такі завдання:

- визначити основні параметри середовища в приміщенні, що впливають на розвиток та продуктивність у вирощуванні певних видів рослин;
- виконати аналіз відомих досліджень та конструктивних особливостей складових системи створення мікроклімату;
- дослідити фактори впливу на внутрішнє середовище та скласти схему формування теплового режиму в приміщенні;

- виконати математичне моделювання тепловологісного режиму в теплиці, взявши до уваги конструктивні особливості огорожуючих конструкцій, а також теплові та конвективні потоки, що створюються складовими системи;
- скласти принципову схему керування та автоматизації тепломасообмінних процесів.

Об’єкт дослідження – тепломасообмінні процеси в ґрунтовому та надземному середовищах вирощування рослин.

Предмет дослідження – режими та параметри обладнання систем підігріву та опалення, зволоження та поливу, вентиляції, підживлення вуглекислим газом.

Наукова новизна одержаних результатів.

У роботі:

- досліджена математична модель теплових балансів у споруді теплиці, в основу якої покладено врахування надходжень і втрат теплової енергії, що виникають в при створені заданих умов тепловологісного режиму, завдяки якій забезпечується вибір раціонального співвідношення параметрів, що сприяють необхідному за функціональним призначенням мікроклімату в приміщенні та енергозбереженню;
- досліджена методика розрахунку системи зрошення та туманоутворення з ультразвуковим диспергатором.

Апробація та публікації.

За тематикою використання альтернативних джерел енергії для потреб теплопостачання та вентиляції, а також за тематикою роботи зроблені 2 доповіді на Всеукраїнській науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» (м. Вінниця, 2018 р.) та на XLVIII науково-технічній конференції ВНТУ (2019 р.); опубліковані тези доповіді у збірнику матеріалів конференції [38].

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ ВІДОМИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦЯХ

1.1 Аналітичний огляд відомих рішень у оснащенні теплиць інженерними мережами

1.1.4. Системи опалення та обігріву

За функціональним призначенням системи опалення бувають наступні [1]:

- ґрунтовий або субстратний обігрів;
- бічний та торцевий обігрів;
- покрівельний та підлотковий обігрів;

Ґрунтовий обігрів призначений для підтримки температурного режиму кореневої зони рослин, а також для компенсації тепловтрат через ґрунт. Влаштовується водяний, повітряний або електрокабельний обігрів ґрунту. Водяний обігрів передбачає передачу теплоти теплоносієм через пластикові гнучкі трубопроводи. Влаштовується за принципом «теплої підлоги» (рис. 1.1)



Рис. 1.1 – Водяний обігрів ґрунту в теплиці

[1].

Перевагами системи водяного обігріву ґрунту є:

- висока надійність за рахунок відсутності вузлів та з'єднань трубопроводів в товщі ґрунту;

- висока теплоємність теплоносія;
- корозійна стійкість пластикових труб до середовища ґрунту;
- низька необхідна температура теплоносія (30-40°C).

Недоліком такої системи є енергозатрати на генерацію теплоти та транспортування теплоносія.

Повітряний обігрів ґрунту передбачає транспортування нагрітого повітря по повітропроводах та передачу теплоти через стінки повітропроводів.

Перевагою такого способу обігріву є доступність теплоносія. Недоліком є значні енергозатрати та необхідність у прокладанні повітропроводів великого поперечного перерізу через низьку теплоємність повітря.

Бічний та торцевий обігрів призначений для компенсації тепловтрат через вертикальні огорожуючі конструкції та підтримки температурного режиму повітряного середовища теплиці [2]. Завдяки цій системі на стінах теплиці не виникає конденсат і зберігається вологість повітря.

Бічний обігрів в більшості випадків влаштовується змійовиком вздовж стіни. Існує варіант радіаторного опалення, проте його недоліком є значна площа затінення: рослини, що вирощуються на відстані до 0,5 м від стіни, не зможуть отримувати оптимальну кількість сонячної радіації для ефективного фотосинтезу.

Системи покрівельного та підлоткового обігріву є обов'язковими для зимових теплиць, оскільки окрім компенсації тепловтрат через покрівлю її призначенням є боротьба зі сніговим покривом [2]. Розрізняють водяний та повітряний обігрів.

Водяний підігрів за рахунок тепловіддачі повітропроводів забезпечує підвищення температури верхньої зони повітря, яке потім за рахунок природної конвекції підіймається догори і сприяє таненню снігу. Повітряний підігрів передбачає собою використання повітряно-опалювальних агрегатів типу АОВ, які складаються з вентилятора, калорифера, жалюзійної решітки та патрубків подавального та зворотнього трубопроводів. Недоліком такого типу

підігріву в порівнянні з водяним є додаткова витрата електроенергії на роботу вентиляторів, а перевагами його є:

- рухливість повітря при вимушеній конвекції більша, ніж при природній;
- можливість регулювати напрямок повітряних потоків за допомогою жалюзійних решіток;
- у літню пору року вентилятори можуть працювати на циркуляцію повітря, коли у довгих багатопролітних теплицях природньої циркуляції недостатньо.

1.1.5. Система вентиляції

В переважній більшості випадків в теплицях влаштовується система аерації - вентиляція з природним спонуканням через стінові прорізи та дахові фрамуги або кватирки (рис. 1.2). Зовнішнє необроблене повітря надходить безпосередньо у теплицю, в якій воно піддається тепловологісній обробці системами опалення, зрошування, туманоутворення.



Рис. 1.2 – Розміщення дахових фрамуг в блочній теплиці

У великогабаритних теплицях для забезпечення ефективної циркуляції повітря у приміщенні додатково розміщуються вентилятори та повітряно-опалювальні агрегати [3].

Використання каналної вентиляції в теплицях недоцільне, так як повітропроводи такої системи зменшують площу освітленості теплиці.

Влітку сонячне світло та парниковий ефект є причиною швидкого зростання температури в теплиці, незважаючи на застосування притінення. Застійне, гаряче і вологе повітря всередині теплиці пригнічує рослини і створює сприятливі умови для розвитку хвороб і шкідників. Для покращення газообміну, підтримання оптимальної температури і вологості необхідна вентиляція.

Провітрювання теплиці поділяється на природне та примусове. При природному провітрюванні вентиляція здійснюється за допомогою фрамуг (віконець), бокових -приточних, верхніх – витяжних. Приточні фрамуги, через холодне повітря потрапляє в теплицю, розташовані на протилежних стінах. Вони бувають звичайного і жалюзного типу, для запобігання виникнення протягів. Для забезпечення ефективної вентиляції приточні фрамуги мають відкриватися і фіксуватися на кут від 0 до 55°.

Витяжні фрамуги, через які виходить гаряче повітря, розташовують в два ряди по обидва боки від гребня теплиці.

Загальна площа вентиляційних отворів має бути не менше 17-20% (1/6-1/5) підлоги теплиці[4]. Кількість фрамуг може бути різною. Вона залежить від величини теплиці та рослин, які культивуються в ній. Фрамуги можуть розміщуватися через кожних 2 м з кожної сторони теплиці, або утворювати суцільний ряд(при вирощуванні альпійських рослин). В теплицях ширше 12 (18) м холодне повітря підіймається вгору, не доходячи до середини, де утворюється зона застійного повітря. Тут необхідно застосувати електровентилятори. Такий тип вентиляції називають комбінованим [3].

Провітрювання теплиць приточними та витяжними вентиляторами або кондиціонерами називається примусовим.

1.1.6. Система поливу та зрошення.

Розрізняють такі системи зрошення та поливу:

- система крапельного поливу;
- система дощування;
- система туманоутворення.

Система крапельного поливу призначена для підживлення кореневої зони рослин водою та розчином мінеральних добрив. При такому способі розчин потрапляє безпосередньо біля пагонів в кореневу зону, при цьому виключаючи фактор перевитрати рідини. Крапельний полив передбачає подачу суміші під низьким тиском по перфорованих трубопроводах та шлангах через отвори або через спеціальні мікродовивпуски. Перевагами такого способу є:

- раціональне та рівномірне витрачення суміші, практично без залишку, який потраплятиме в дренажну систему;
- системі не потрібне штучне нагнітання рідини, достатньо створити гідростатичний тиск завдяки розміщенню резервуара із сумішшю вище відносно рівня поливальних рукавів;
- підходить для всіх вирощуваних культур та стадій їх розвитку.

Недоліком є ймовірність засмічення отворів, тому необхідно контролювати якість води та розчиненість добрив у суміші[5].

Система дощування передбачає подачу води в зону пагонів рослин, і є необхідною складовою системи зрошення у випадку вирощування вологолюбних рослин. Система являє собою мережу трубопроводів, з'єднаних до розчинового вузла та розміщених під покрівлю. Витік відбувається через форсунки, які розпилюють розчин з утворенням крапель діаметром 0,5-3 мм [6].

Переваги системи дощування:

- дощування сприяє підвищенню ефективності розвитку рослин завдяки поглинанню вологи листками та пагонами рослин;
- система підтримує вологісний режим повітря.

– можливість обробки рослин розчином з бактерицидними речовинами.

Недоліками є гідрофобність деяких культур, додаткові витрати електроенергії на роботу насоса і не менш важливим недоліком є те, що не рекомендується використовувати таку систему в період цвітіння рослин, так як відносно великі краплі з великою швидкістю падіння змивають пилок, що скорочує плодоутворення рослин та як наслідок зменшує урожайність, тому є необхідність розпилення крапель води діаметром 40-100 мкм.

Система туманоутворення виконує функції зрошування надґрунтової зони рослин та вологісної обробки повітря. Принцип роботи схожий з роботою системи дощування, а розпилення відбувається через спринклерні форсунки, які забезпечують утворення крапель рідини діаметром 40-80 мкм. Великі краплі за рахунок гравітації досягають зони вирощування культур та беруть участь у зрошуванні та вологопоглинанні рослинами, а менші краплі забезпечують зволоження та випарне адіабатне охолодження повітря [5].

Найбільш поширена система туманоутворення з гідравлічним спонуканням. Рідина під великим тиском, проходить через сопла форсунок діаметром 0,1-0,5 мм, після яких вона перетворюється на дрібнодисперсний аерозоль з діаметром крапель 10-60 мкм [7]. Така система вимагає використання трубопроводів та іншого інженерного обладнання з високим робочим тиском, а також високої якості фільтрації води для уникнення засмічення сопел частинками зрошувальної води.

В цій роботі пропонується використання системи туманоутворення за рахунок ультразвукового розпилення води. Короткий принцип роботи пристрою ультразвукового розпилення: ламінарний потік рідини під низьким тиском проходить через сопло форсунки, після чого потрапляє на коливальну поверхню – випромінювач, який створює вібрацію з діапазоном частот коливання 30-50 кГц[8].

На випромінювачі тонкий шар рідини піддається коливанням, внаслідок якого на поверхні рідини утворюються капілярні стоячі хвилі. У момент

набуття хвилею максимальної амплітуди коливання за рахунок сил поверхневого натягу нижні гребні прямують до утворення рівної поверхні, при цьому відриваючись від верхнього гребня, який в свою чергу і утворює краплю дрібнодисперсного аерозолі.

Використання системи ультразвукового розпилення не вимагає високого тиску рідини та в порівнянні з гідравлічним спонуканням діаметр сопла може бути більшим.

1.3 Аналітичний огляд конструктивних особливостей теплиці

1.3.1 Класифікація та характеристика конструкцій теплиць

Конструкції теплиць класифікуються за такими ознаками:

а) за конструктивно-планувальними рішеннями:

- ангарні;
- блокові;

б) за профілем поперечного перерізу:

- односхилі;
- двосхилі: рівні та нерівні, плоскі та арочні схили[6].

В великих тепличних комбінатах з метою збільшення корисної площі влаштовують блокові теплиці (рис. 1.3), які розміщуються компактно, що

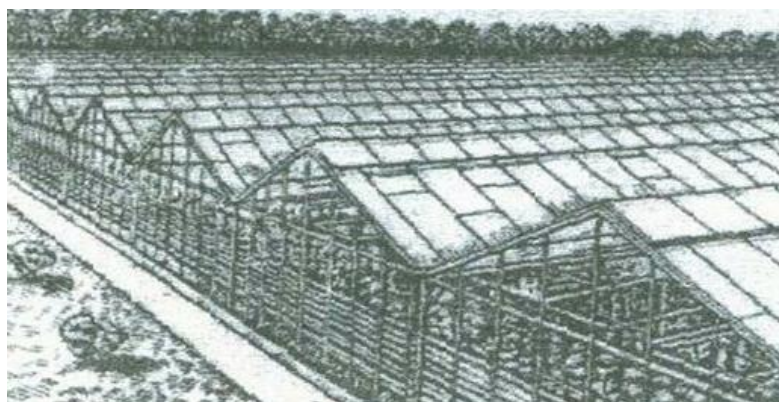


Рис. 1.3 – Загальний вигляд блокових теплиць

дозволяє менше витратити площу території на проїзди. Таке планування має високий коефіцієнт корисної площі, але потребує влаштування системи

дахового водовідведення. Ангарні теплиці являють собою блочну конструкцію та використовуються в невеликих фермерських господарствах (рис. 1.4).



Рис. 1.4 – Загальний вигляд ангарної теплиці

Багатопрогонова блокова теплиця в порівнянні з ангарною характеризується меншим коефіцієнтом огородження, що забезпечує зниження витрат засобів і матеріалів на одиницю площі при будівництві, та економію тепла за рахунок зменшення тепловтрат.

У порівнянні з ангарною теплицею (проліт – 12 м) коефіцієнт огородження двопрогінної теплиці на 10,5 %, а чотирипрогінної – на 15,5 % менший. Для обігріву двопрогінної теплиці, наприклад, потрібно тепла на 15 % менше, ніж для двох ангарних теплиць з такою ж загальною площею.

Коефіцієнт огородження – відношення площі всіх поверхонь, що обгороджують (покрівлі, стін), до інвентарної площі. Інвентарна площа – це добуток внутрішньої ширини на довжину теплиці. Крім інвентарної площі, існують поняття будівельна і корисна площі теплиць. Будівельна площа – добуток зовнішньої ширини на довжину теплиці, корисна – площа, на якій безпосередньо розміщені рослини, включаючи проходи між грядками.

1.3.2 Характеристика огороджуючих конструкцій теплиць

За типом огороджуючого покриття теплиці бувають:

- плівкові;
- скляні;

– полікарбонатні.

Переваги плівки як покрівельного матеріалу порівняно зі склом полягає в наступному. Перш за все плівка значно легша, має еластичність, гнучкість. Тож для неї не страшні просідання ґрунту. Це стає в пригоді, якщо основа нещільно утрамбована й починає просідати, що призводить до перекосів, тріщин скла через поважчання каркаса, який тримає снігові навантаження, та ще й важке скло. Каркас для плівки можна робити легшим, тож і металоємність конструкції значно менша, теплиця обійдеться дешевше від скляної [9].

По-друге, плівка дешевша як матеріал, простіший і монтаж, за лічені хвилини можна швидко вкрити кілька квадратних метрів споруди, тоді як кожний лист скла слід вирізати.

По-третє, звичайне скло затримує частину сонячних променів, від яких залежить уміст у продукції вітаміну С.

Серед основних недоліків – це, насамперед, її недовговічність. Максимальний термін служби, який заявляють сучасні виробники - п'ять років. Але при експлуатації вплив навколишнього середовища і погодні умови (сильний вітер, град, пил тощо) значно зменшують строк служби такого покриття і знижують його світлопроникність. Крім того, на внутрішній стороні плівки накопичується конденсат, який сприяє поширенню шкідливих мікроорганізмів, що викликають хвороби рослин.

Сьогодні все частіше використовують для улаштування покриттів теплиць сотовий полікарбонат, який має незаперечні переваги перед іншими матеріалами [10].

Сотовий полікарбонат — полімерний лист з внутрішньою структурою, яка являє собою дво-, триабо чотиришарову конструкцію, заповнену великою кількістю поздовжніх перемичок (ребер жорсткості). Ребра жорсткості можуть утворювати квадрати, трикутники, хрестові структури. Пластичність полікарбонату дозволяє формувати стільникові листи різної конфігурації (зигзаго- і хвилеподібні), а також профільовані листи.

Сотовий полікарбонат має наступні характеристики: світлопроникність – висока; прозорість для видимого випромінювання (80-86%); мала питома вага (1200 кг/м^3); високі теплоізоляційні властивості (коефіцієнт тепловіддачі - $205 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$); стійкість до атмосферних впливів; висока ударна в'язкість ($250\dots500 \text{ кДж/м}^2$); висока міцність (при статичному вигині $77\text{-}120 \text{ МН/м}^2$), що в 200 разів вище, ніж для скла та у 8 разів міцніше акрилових пластиків і ПВХ; морозостійкість (до $-40 \text{ }^\circ\text{C}$); теплостійкість (до $120 \text{ }^\circ\text{C}$); стійкий до дії кислот, розчинів солей, окислювачів; відноситься до категорій негорючих матеріалів. Широке впровадження в практику будівництва визначило вирішення проблеми захисту полікарбонату від руйнівного впливу сонячного ультрафіолетового випромінювання[10].

Недоліком полікарбонату як і будь-якого полімерного матеріалу є високий коефіцієнт температурного розширення, і внаслідок безпосереднього стикування листів через підвищення температури можливі деформації згину. Тому при монтажі полікарбонатних листів стики оснащують полімерно-гумовими підкладками, які мають високу пружність та забезпечують більшу щільність конструкції.

1.3 Обґрунтування особливостей теплопостачання промислових теплиць

Зимові теплиці є об'єктом надзвичайно високого рівня енергоспоживання. Теплопостачання повинно здійснюватись від індивідуальних джерел генерації тепла або від вторинних енергоресурсів підприємств, електростанцій та теплоелектроцентралей[4]. Найпоширенішим джерелом теплопостачання є блочна модульна котельня зі споживанням електроенергії або теплоти спалювання твердого палива.

Велику роль при виборі типу котла грає територіальне розташування споруди відносно населених пунктів. В приміській місцевості підключення котельні до енергетичних мереж міста (електро- та газопостачання) повинно бути економічно обґрунтованим, та в більшості випадків мережі не

розраховуються на підприємства такого енергоспоживання, і як наслідок це призводить до додаткових витрат ресурсів на проведення нової мережі, а на споживання від вторинних ресурсів інших промислових підприємств також впливає комерційний фактор через поширення приватизації даних підприємств.

1.3.1 Економічне обґрунтування вибору котельного обладнання

Прийmemo теплоспоживання теплиці $Q=400$ кВт.

Середній ККД твердопаливного котла становить 0,8-0,82.

Добове споживання теплової енергії:

$$Q_{\text{доб}}=Q \cdot 3600 \cdot 24 / 1000 = 400 \cdot 3600 \cdot 24 / 1000 = 34560 \text{ МДж/добу.}$$

Питома теплота згоряння сухих дров становить $q_r=13$ МДж/кг.

Витрата дров:

$$V = Q_{\text{доб}} / (q_r \cdot \eta) = 34560 / (13 \cdot 0,86) = 3091 \text{ кг/добу,}$$

або при насипній густині дров $\rho=450$ кг/м³ $V=6,8$ м³/добу.

Середня оптова ціна дров на ринку станом на 2019 рік становить $c=800$ грн/м³

Вартість опалення твердопаливним котлом:

$$C_{\text{ТВ}}=c \cdot V=800 \cdot 6,8=5440 \text{ грн/добу}=5440 \cdot 182=990080 \text{ грн/опал.сезон}$$

Середній ККД електричного котла становить 0,92.

Витрата електроенергії за добу:

$$V = Q_{\text{доб}} / \eta \cdot 3600 = 34560 / 0,92 \cdot 3600 = 10,43 \text{ МВт}\cdot\text{год/добу}$$

Вартість електроенергії для промислових споживачів 1 класу напруги становить 1,68 грн/ кВт·год.

Вартість опалення електричним котлом:

$$C_{\text{ел}}=c \cdot V=1,68 \cdot 10430=17552,4 \text{ грн/добу}=17552,4 \cdot 182=3189077 \text{ грн/опал.}$$

сезон.

Тому приймаємо до розгляду різновиди твердопаливних котлів.

1.3.2 Піролізні котли

Піролізний котел - різновид твердопаливного, як правило, водогрійного котла, в якому паливо (найчастіше, дрова) і виходять з нього летючі речовини, згорають окремо. зазвичай як синонім піролізного, вживається назва

газогенераторний котел [11]. Фактично, піроліз (розкладання і часткова газифікація під дією нагрівання) відбувається при будь-якому способі спалювання твердого органічного палива.

Головна відмінність від традиційних опалювальних котлів на твердому паливі в тому, що в піролізному котлі горить деревний газ, що утворюється і виділяється з палива (дров), в процесі впливу на нього високої температури в умовах нестачі кисню. В підсумку відбувається процес розкладання деревини на дві фракції - летучу частину, деревний (піролізний) газ, і твердий залишок у вигляді деревного вугілля (коксу). Як тільки виділився газ, він починає змішуватися з повітрям, насиченим киснем в спеціальній камері (для цих цілей практично всі піролізні котли забезпечені спеціальним вентилятором), виникає процес горіння і, як наслідок, утворення теплової енергії.

Переваги газогенераторного котла:

- робота на одному завантаженні до 12 годин. У звичайних дров'яних котлів близько 3-4 годин;
- за допомогою додаткових вузлів автоматики можна забезпечити автоматичне регулювання параметрів, повний контроль підтримки режиму горіння;
- повне згоряння палива;
- зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- економічність палива піролізних котлів може бути вище на 4-7%, в порівнянні зі звичайними твердопаливними котлами;
- ККД на рівні 85-92%.

Недоліки газогенераторного котла:

- висока необґрунтована вартість;
- енергозалежність (в деяких випадках витрата електроенергії перевищує економію палива);
- вимогливість до вологості палива;

- температура зворотної води повинна бути не менше 50°C , щоб уникнути випадання в газовому тракті конденсату і низькотемпературної корозії;
- відсутність автоматичної подачі палива.

1.4 Моделювання теплообмінних процесів в середовищі теплиці [12]

При створенні розрахункової схеми (рис.1.5) енергетичного режиму теплиці прийняті наступні припущення[12]:

- нічний режим споруди;
- тепломасообмінні процеси відбуваються лише в робочій зоні;
- рослини як негативний випадок з точки зору енергетичної забезпеченості споруди не враховують, так як при наявності екрану знизиться променевий потік від ґрунту до огороження;
- вплив продуктів життєдіяльності рослин на вологісний режим в будівлі також не враховують, оскільки вночі транспірація рослин наближена до нуля;
- величини температур поверхонь огороження, ґрунту, шарів повітря потоків тепла і маси усереднені;
- умови протікання процесів тепломасообміну в споруді та ззовні стаціонарні.

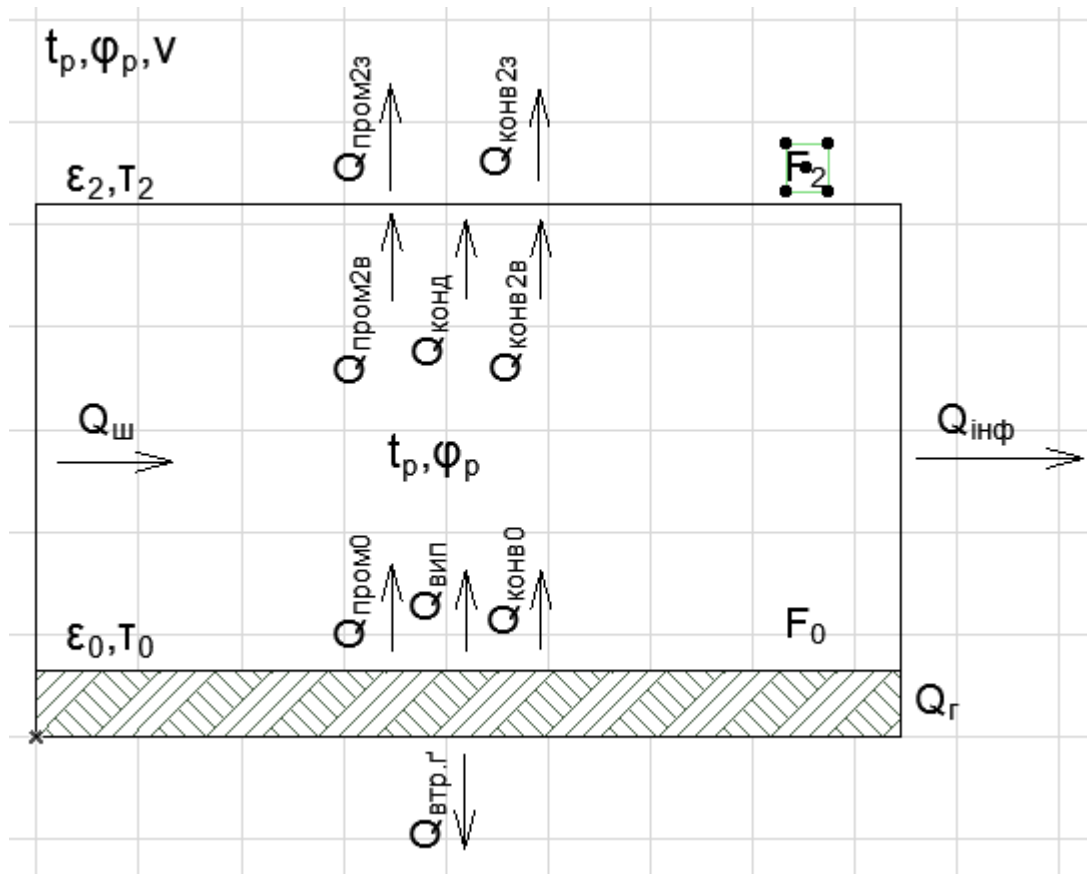


Рис. 1.5 – Розрахункова схема теплових потоків

На основі прийнятої розрахункової схеми енергетичного режиму теплиці складають системи рівнянь теплового балансу, в яких враховуються потоки двох категорій.

До першої категорій відносяться змінні потоки тепла та маси, які регулюються опалювально-вентиляційним устаткуванням. В систему рівнянь балансу вони входять як невідомі величини, які потрібно визначити.

Другу категорію становлять потоки, що характеризують тепломасообмін на поверхнях ґрунту, огороження та в об'ємі теплиці, пов'язані з фазовими перетвореннями, конвективним та променевим теплообміном, теплопровідністю ґрунту. Їх чисельно виражають через параметри, що визначають енергетичний стан системи: геометричні та фізичні сталі, параметри зовнішнього та внутрішнього повітря. Теплицю розглядають як простір, заповнений однорідним газом.

Рівняння теплового балансу для теплиці в цілому:

$$Q_{ш} + Q_{г} = Q_{втр.г} + Q_{інф} + Q_{конв2з} + Q_{пром2з} \quad (1.1)$$

де $Q_{ш}$ і $Q_{г}$ – установлений тепловий потік відповідно систем шатрового та ґрунтового обігріву, Вт;

$Q_{втр.г}$ і $Q_{інф}$ – теплові потоки втрат відповідно в ґрунтовий масив та на інфільтрацію, Вт;

$Q_{конв2з}$ – конвективний тепловий потік від зовнішньої поверхні огороження о навколишнє повітря, Вт;

$Q_{пром2з}$ – променевий тепловий потік від зовнішньої поверхні огороження.

Рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту в теплиці:

$$Q_{г} = Q_{втр.г} + Q_{конв0} + Q_{пром0} + Q_{вип} \quad (1.2)$$

де $Q_{конв0}$ – конвективний тепловий потік від ґрунту в повітря в робочій зоні теплиці, Вт;

$Q_{пром0}$ – променевий тепловий потік від поверхні ґрунту в теплиці, Вт;

$Q_{вип}$ – тепловий потік, що характеризує витрату теплоти на випаровування вологи з ґрунту, Вт.

Рівняння теплового балансу на поверхні огороження теплиці:

$$Q_{конд} + Q_{конв2вн} + Q_{пром2вн} = Q_{конв2з} + Q_{пром2з} \quad (1.3)$$

де $Q_{конв2вн}$ – тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією внутрішньої поверхні огороження з повітрям в робочій зоні, Вт;

$Q_{пром2вн}$ – променевий тепловий потік від внутрішньої поверхні огороження, Вт;

$Q_{конд}$ – тепловий потік, що характеризує виділення тепла при конденсації пари на внутрішній поверхні огороження, Вт.

Вираження теплових потоків через параметри, що визначають їх, для теплиці з полікарбонатним огороженням:

$$Q_{\text{втр. г}} = \frac{t_{\text{уз}} - t_{\text{зов}}}{R_0^{\text{сп}}} \quad (1.4);$$

де $t_{\text{уз}}$ та $t_{\text{зов}}$ – температура відповідно узагальнена та зовнішнього повітря, °С;

$R_0^{\text{сп}}$ – середньозважена по площі величина термічного опору ґрунту.

$$t_{\text{уз}} = \frac{133,9 - C_{\text{пр}} \left(55 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right)}{C_{\text{пр}} + 8,6} \approx \frac{133,9 - C_{\text{пр}} (55 - (0,814\tau_2 + 55,55))}{C_{\text{пр}} + 8,6} \quad (1.5)$$

де $C_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт випромінювання;

τ_2 – температура поверхні огороження теплиці, °С.

$$C_{\text{пр}} = \frac{5,67}{\frac{1}{\varepsilon_0} + \frac{F_0}{F_2} + \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (1.6)$$

де ε_0 і ε_2 – ступінь чорноти відповідно ґрунту та огороження;

F_2 – поверхня огороження, м²;

$$R_0^{\text{сп}} = \frac{2F_{1,0} \cdot 2,14 + 2F_{2,0} \cdot 4,3 + 2F_{3,0} \cdot 8,6 + F_{4,0} \cdot 14,2}{F_0} \quad (1.7)$$

де $F_{1,0}$ – поверхня ґрунту в теплиці, що примикає до зовнішнього огороження та має ширину 2 м, м²;

$F_{2,0}$, $F_{3,0}$ – те ж, віддалена від повздовжнього зовнішнього огороження відповідно на 2 і 4 м, м²;

$F_{4,0}$ – площа решти поверхні ґрунту, віддалена на 6 м від повздовжніх зовнішніх огорожень, м².

$$Q_{\text{ко}} = A_3 m \sqrt{|\tau_0 - \tau_p|} (\tau_0 - \tau_p) F_0 \quad (1.8)$$

де A_3 – коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну (являється функцією температур поверхні теплообміну і навколишнього середовища);

m – коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну, становить 1,3 при $\tau_0 > \tau_p$ та 0,7 при $\tau_0 < \tau_p$;

τ_0, τ_p – температура відповідно поверхні ґрунту та повітря в робочій зоні, °С.

$$Q_{\text{пр.0}} = C_{\text{пр}} \left(\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right) F_0 \approx 0.814 C_{\text{пр}} (\tau_0 - \tau_2) \quad (1.9)$$

де τ_2 – температура поверхні огороження теплиці, °С.

$$Q_{\text{вип}} = r_c \eta^3 (c_0^{\text{п}} - \varphi_p c_{\tau_p}^{\text{п}}) \frac{760}{P_6} F_0 \quad (1.10)$$

де $r_c = 693 - 0.66 t_{\text{рід}}^0$ – питома теплота випаровування, Вт·год/кг ($t_{\text{рід}}^0$ – температура рідини, °С);

$\eta = 0,8$ – коефіцієнт неповноти водності;

β – коефіцієнт масообміну, м/год;

$c_0^{\text{п}}$ – концентрація пари при 100%-му насиченні і температурі поверхні ґрунту, кг/м³;

φ_p – відносна вологість повітря в робочій зоні, %;

$c_{\tau_p}^{\text{п}}$ – концентрація водяної пари насиченого повітря в робочій зоні при температурі τ_p , кг/м³;

P_6 – барометричний тиск, мм. рт. ст.;

$$\beta=0,66 \frac{D}{L_1} \left(\frac{gL_1^3}{v^2} - \frac{\gamma_{t_p} - \gamma_{\tau_0}}{\gamma_{t_p}} \frac{v}{D} \right)^{0.26} \quad (1.11)$$

де D – коефіцієнт дифузії, м²/год;

L_1 – визначаючий розмір, м;

g – прискорення вільного падіння, м²/с;

v – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с;

γ_{t_p} і γ_{τ_0} – густина повітря при температурі відповідно в робочій зоні і на поверхні ґрунту, кг/м³;

$$D=0,0754 \left(\frac{t_{\text{визн}}+273}{273} \right)^{1,89} \frac{760}{P_6} \quad (1.12)$$

де $t_{\text{визн}}$ – визначаюча температура, °С;

$$t_{\text{визн}} = \frac{\tau_0 + t_p}{2} \quad (1.13)$$

$$\gamma_{\tau_0} = 1,293 \frac{273}{\tau_0 + 273} \left(\frac{P_6}{760} - 0,378 \frac{e_{\tau_0}^{\text{п}}}{760} \right) \quad (1.14)$$

$$\gamma_{t_p} = 1,293 \frac{273}{t_p + 273} \left(\frac{P_6}{760} - 0,378 \frac{e_{t_p}^{\text{п}}}{760} \right) \quad (1.15)$$

де $e_{\tau_0}^{\text{п}}$ і $e_{t_p}^{\text{п}}$ – парціальний тиск насиченої водяної пари при температурі відповідно τ_0 та t_p , мм рт ст.

$$Q_{\text{конв2вн}} = (F_{\text{в2}} + 0,7F_{\text{пox2}}) A'_3 \sqrt[3]{|\tau_p - \tau_0|} (\tau_p - \tau_0) \quad (1.16)$$

де $F_{в2}$ і $F_{пox2}$ – площа відповідно вертикальних і похилих огорожень теплиці, м²;

A'_3 – коефіцієнт, що залежить від температури $(t_p + \tau_2)/2$;

τ_2 – температура зовнішнього огороження, °С.

$$Q_{\text{пром2вн}} = C_{\text{пр}} k_{\text{п}} \left(\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right) F_0 \approx 0.814 C_{\text{пр}} k_{\text{п}} (\tau_0 - \tau_2) \quad (1.17)$$

де $k_{\text{п}}$ – коефіцієнт поглинання довгохвильового випромінювання, становить 0,88 для теплиць і 0,93 для парників і малогабаритного укриття.

$$Q_{\text{конд}} = r_c \cdot 2,2 \cdot 10^{-6} (0,5t_p + 0,5\tau_2 + 273)^{0,42} \cdot \sqrt[3]{\frac{t_p - \tau_2}{v^2}} \Delta\varepsilon^{1,4} F_2 \quad (1.18)$$

де $\Delta\varepsilon$ – різниця об'ємного вмісту пари в повітрі, %;

v – приймають при $(t_p + \tau_2)/2$;

F_2 – поверхня зовнішнього огороження теплиці, м²;

$$\Delta\varepsilon = 100 \left(\frac{\varphi_p c_{t_p}^{\text{п}} - e_{\tau_2}^{\text{п}}}{P_6} \right) \quad (1.19)$$

де $e_{\tau_2}^{\text{п}}$ – парціальний тиск насиченої водяної пари при температурі відповідно τ_2 , мм рт ст.

$$Q_{\text{конв2з}} = \alpha_{k2} (\tau_2 - t_{\text{н}}) F_2 \quad (1.20)$$

де α_{k2} – розрахунковий коефіцієнт тепловіддачі конвекцією зовнішнього огороження теплиці, Вт/м²К;

$$\alpha'_{k2} = 3,7 \frac{(v\gamma_{\text{н}})^{0,8}}{L^{0,2}} \quad (1.21)$$

де α'_{k2} – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для похилої ділянки огороження, Вт/м²К;

v – швидкість вітру, м/с;

L – найменший розмір будівлі в плані, м;

$$\alpha''_{k2} = 10\sqrt{v} \quad (1.22)$$

де α''_{k2} – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для вертикальної ділянки огороження, Вт/м²К;

$$\alpha_{k2} = \frac{\alpha'_{k2}F_{\text{пох}2} + \alpha''_{k2}F_{\text{верт}2}}{F_{\text{п}2}} \quad (1.23)$$

$$Q_{\text{пром}23} = Q_{\text{еф}} + Q_{\text{навк}} \quad (1.24)$$

де $Q_{\text{еф}}$ – ефективне випромінювання зовнішньої поверхні огороження в навколишній простір, Вт;

$Q_{\text{навк}}$ – променевий теплообмін зовнішньої поверхні огороження з навколишніми ґрунтом та спорудами, Вт;

$$\begin{aligned} Q_{\text{еф}} &= 5,67\varepsilon_2 \left(\frac{t_{\text{н}} + 273}{100} \right)^4 (0,27 - 0,007\varphi_{\text{н}}e_{t_{\text{н}}}^{\text{н}}) \cdot (1 - c'n_0^2)\psi_1(\alpha) \\ &+ \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{н}} + 273}{100} \right)^4 \cdot \psi_2(\theta)F_2 \\ &\approx 5,67\varepsilon_2\psi_2(\theta)F_2((0,814t_{\text{н}} + 55,55) \\ &\cdot (0,27 - 0,007\varphi_{\text{н}}e_{t_{\text{н}}}^{\text{н}})(1 - c'n_0^2)\psi_1(\alpha) + 0,814(\tau_2 - t_{\text{н}})) \end{aligned} \quad (1.25)$$

де $\psi_1(\alpha)$ – функція, що враховує орієнтацію огороження;

ε_2 – ступінь чорноти огороження теплиці;

$\varphi_{\text{н}}$ – відносна вологість зовнішнього повітря;

$e_{\text{ш}}^{\text{п}}$ – парціальний тиск насиченої водяної пари при температурі $t_{\text{ш}}$, мм. рт. ст.;

c' – коефіцієнт, що залежить від широти місцевості;

n_0 – хмарність в долях одиниці;

$\psi_2(\theta) = 1$ – функція, що враховує взаємне розташування теплиці та навколишніх споруд, для окремо розташованої споруди:

$$\psi_1(\alpha) = \frac{\delta_{\text{л}} F_{\text{в2}} + \cos\alpha F_{\text{пох2}}}{F_2} \quad (1.26)$$

де $\delta_{\text{л}} = 0,5$ для хмарного неба і $0,35$ для ясного;

α – кут нахилу покрівлі теплиці ($\alpha \leq 30^\circ$);

$$Q_{\text{навк}} = 5,67 \varepsilon_2 \varepsilon_0 \left(\left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{ш}} + 273}{100} \right)^4 \right) \varphi_{\text{о.п}} F_2$$

$$\approx 5,67 \varepsilon_2 \varepsilon_0 \varphi_{\text{о.п}} F_2 0,814 (t_2 - t_{\text{ш}}) \quad (1.27)$$

де ε_0 – ступінь чорноти поверхні ґрунту;

$\varphi_{\text{о.п}}$ – коефіцієнт опромінення системи «огороження – ґрунт і будівля»;

$$\varphi_{\text{о.п}} = 0,5 \frac{F_{\text{в2}}}{F_2} \quad (1.28)$$

$$Q_{\text{інф}} = (\gamma_{t_{\text{ш}}} - \gamma_{t_{\text{п}}}) (Q_{\text{пг}} + Q_{\text{конв2з}} + Q_{\text{пром2з}}) \quad (1.29)$$

де $\gamma_{\text{ш}}$ – густина зовнішнього повітря.

Розрахунок сумарних теплових втрат для теплиці з полікарбонатним огороженням, покритим конденсатом. Визначають коефіцієнт теплопередачі через застелення теплиці:

$$k_0^{\text{ст}} = \left(\frac{Q_{\text{п}} + Q_{\text{ш}}}{(1 + \gamma_{t_{\text{ш}}} - \gamma_{t_{\text{п}}}) (t_{\text{п}} - t_{\text{ш}})} - \frac{F_0}{R_0^{\text{сп}}} \right) \frac{1}{F_2}$$

(1.30)

Коефіцієнт теплопередачі через одинарне покриття, покрите конденсатом:

$$k_0^{\text{пл}} = 1,1k_0^{\text{ст}} \quad (1.31)$$

Потрібна кількість теплоти на обігрів теплиці:

$$Q'_{\text{п}} + Q'_{\text{ш}} = (k_0^{\text{пл}}F_2 + \frac{F_0}{R_0^{\text{сп}}})(t_{\text{р}} - t_{\text{н}})(1 + 0,8(t_{\text{р}} - t_{\text{н}})) \quad (1.32)$$

Встановлені теплові потужності ґрунтового опалювального приладу $Q'_{\text{п}}$ та шатрового $Q'_{\text{ш}}$ визначаються з наступних виразів:

$$Q'_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{п}} + Q_{\text{ш}}}(Q'_{\text{п}} + Q'_{\text{ш}}) \quad (1.33)$$

$$Q'_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{Q_{\text{п}} + Q_{\text{ш}}}(Q'_{\text{п}} + Q'_{\text{ш}}) \quad (1.34)$$

1.5 Методика розрахунку системи туманоутворення з ультразвуковим диспергатором [13]

Для отримання аерозолі рідини необхідно забезпечити повне покриття поверхні випромінювача[13]. Для розрахунку поверхні розпилення диспергатора необхідні такі вихідні дані:

- тип рідини;
- середній діаметр краплі аерозолі;
- необхідна продуктивність диспергатора.

В залежності від виду розпилюваної рідини та частотою коливань середній діаметр краплі аерозолі становитиме:

$$d_k = \alpha \sqrt[3]{\frac{8\pi\sigma}{\rho f_k^2}}$$

(1.35)

де α – коефіцієнт поглинання звукової енергії (приймається 0,3);

σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини, Н/м;

ρ – густина рідини, кг/м³;

f_k – частота акустичних коливань, Гц.

Згідно ефекту Фарадея, необхідна резонансна частота збудження коливання диспергатора становить $f=2f_k$.

За період коливання T_k з площі S буде розпилено такий об'єм рідини:

$$V_S = \frac{8}{3}\pi d_k^3 \quad (1.36)$$

Тоді витрата рідини при розпиленні з площі S :

$$Q_S = \frac{V_S}{T_k} \quad (1.37)$$

або

$$Q_S = V_S f_k \quad (1.38)$$

З урахуванням загальної продуктивності диспергатора Q необхідні кількість площ S на поверхні розпилення визначається:

$$n_S = \frac{Q}{Q_S} \quad (1.39)$$

У випадку плоского виконання поверхні розпилення діаметр поверхні розпилення визначається:

$$d_{pn} = 2\sqrt{\frac{S_{pn}}{\pi}} \quad (1.40)$$

В даному випадку отримується щільний вузький факел розпилення (рис.



1.5).

Для отримання конусоподібного розширеного факела (рис. 1.6) слід скористатись формулою:

$$d_{pn} = \frac{2S_{pn}}{\pi h} \quad (1.41)$$

де h – висота конусності поверхні розпилення.

В разі виконання поверхні розпилення у вигляді зворотного конуса з метою отримання парасолькового факелу аерозолі (рис. 1.7) ,розміри поверхні визначаються залежністю:

$$S_{pn} = \frac{\pi}{2} \left[\frac{1}{2} (d_{pn}^2 + d_{\text{трш}}^2) + l(d_{pn}^2 + d_{\text{трш}}^2) \right] \quad (1.42)$$

Рис. 1.5 – Щільний вузький факел розпилення

де $d_{трш}$ – діаметр ступені малої площі трансформатора коливальної швидкості;

l – довжина бічної сторони конуса.



Рис. 1.6 – Розширений конусний факел розпилення



Рис. 1.7 – Розпилення факела у вигляді зворотного конуса

1.6 Огляд доцільності використання акумуляції теплоти

Необхідність акумуляції теплової енергії полягає в компенсації добових температурних перепадів. В світлу пору доби надлишок тепла від сонячної

радіації накопичується в теплоаккумуляторі, а в нічну пору доби накопичена теплота подається в приміщення теплиці.

Основним показником теплоакмулюючої здатності матеріалу є його теплоємність. Найбільш поширеним теплоакмулюючим матеріалом є вода, питома теплоємність якого становить $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, що є одним з найвищих показників. Однак в більшості випадків буферні ємності для компенсації дефіциту сонячної радіації мають об'єм не менше 15м^3 , що займає велику площу, а також є необхідність контролю за якістю матеріалу.

В теплицях та зимових садах широкого використання набувають кам'яні теплоаккумулятори із гравію, щебеню, гальки або цегляного бою. Гравій в порівнянні з водою має меншу теплоємність ($0,8\text{-}1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$), проте його можна використати в якості підґрунтового шару всередині приміщення, не потребує додаткового обладнання та стійкий до різних зовнішніх чинників.

Оскільки теплове навантаження опалення максимальне в грудні - січні, а надходження сонячної енергії в цей період мінімальне, для забезпечення теплоспоживання (Q) необхідно вловлювати сонячної енергії більше, ніж потрібно в даний момент, а її надлишок накопичується в аккумуляторі теплоти. Запас енергії в аккумуляторі може бути розрахований на кілька годин або діб при короткостроковому акумулюванні і на кілька місяців - при сезонному акумулюванні. Слід зазначити, що застосування сезонних акумуляторів поки економічно недоцільно. В цілому ж застосування ТА підвищує ефективність геліосистеми.

Низькотемпературні системи акумулювання теплоти охоплюють діапазон температур від 30 до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ і використовуються в системах повітряного ($30 \text{ }^\circ\text{C}$) і водяного ($30 - 90 \text{ }^\circ\text{C}$) опалення та ГВП ($45 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$). Система акумулювання теплоти, як правило, містить резервуар, ТАМ, за допомогою якого здійснюється накопичення і зберігання теплової енергії, теплообмінні пристрої для підведення і відведення теплоти, при зарядці і розрядці ТА і теплову ізоляцію.

Акумулятори можна класифікувати за характером фізико-хімічних процесів, що протікають в ТАМ: ТА ємнісного типу, в яких використовується теплоємність нагрівається (охолоджується) акумулюючого матеріалу: без зміни його агрегатного стану (природний камінь, галька, вода, водні розчини солей); ТА фазового переходу речовини; в яких використовується теплота плавлення (затвердіння) речовини;

В ТА першої групи відбуваються послідовно або одночасно процеси нагрівання та охолодження теплоакумулюючого матеріалу або безпосередньо за рахунок сонячної енергії, або через теплообмінник. Цей спосіб акумулювання теплової енергії; найбільш широко поширений. Основним їх недоліком є їх велика маса і як наслідок цього - потреба у великих, площах і будівельних обсягах в розрахунку, на 1 ГДж акумульованої теплоти.

1.7 Температурний режим теплиці

Температура, при якій в рослинах найбільш інтенсивно йдуть процеси життєдіяльності і накопичення органічної речовини, вважається оптимальною (сприятливою) [6]. Оптимальна температура для різних культур також неоднакова. Рослини південного походження в порівнянні з рослинами півночі, мають більш високі значення кардинальних точок температури. Підтримка оптимальних температурних режимів для рослин залежить від географічної зони, типу теплиць (ангарні, блокові, плівкові), джерела теплопостачання, сонячної інсоляції, герметичності огороження, складових основи ґрунту, культури, фази розвитку, типу теплиць.

У блокових теплицях через великий обсяг, кращих освітленості, тепловіддачі та герметичності легше підтримувати оптимальний тепловий режим, ніж в ангарних. Тому в ангарних, як правило, передбачається більш потужний теплоносій, ніж в блокових [6].

Для культури огірка рекомендуються і орієнтовно встановлені такі оптимальні температури: до плодоношення в сонячну погоду - 22-25, вночі - 17-18, в хмарну (похмуру) погоду вдень - 20-22, вночі - 16-17 °С. Після висадки

рослин і до їх приживання температуру підвищують на 2-3 °С. У період плодоношення оптимальна температура в сонячні дні - 24-25, вночі - 20-21, в похмуру погоду вдень - 22-24, вночі - 18-19°С [6].

Температура ґрунту повинна бути не нижче 20 °, причому зміну денної і нічної температур слід проводити поступово. Різкі коливання температури призводять до ослаблення і захворювання рослин. Для нормального росту і розвитку культури томатів оптимальна температура - 18-24 ° С. При температурі вдень нижче 14 ° С і вище 30 ° С зростання рослин припиняється, а пилок стає нежиттєздатною. Вночі ріст рослин припиняється при температурі 12 ° С. При цьому знижується і температура ґрунту, що призводить до пригніченого стану кореневої системи і появи вірусних та інших захворювань.

Висновки до розділу

В даному розділі роботи проведено порівняння конструктивних особливостей теплиць та інженерного оснащення системи мікроклімату та її компонентів: систем опалення, вентиляції, поливу та зрошення. Складено розрахункову схему теплових потоків та розроблено математичне моделювання основних тепломасообмінних процесів. Описано методику розрахунку ультразвукового розпилення рідини. Проведено обґрунтування вибору котельного обладнання, а саме традиційного твердопаливного котла. Розглянуто питання актуальності акумуляції тепла. Розглянуто основні вимоги до параметрів мікроклімату.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

2.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкту, технологічні можливості та економічна доцільність

В даній роботі розглядається вибір та розрахунок систем опалення, вентиляції, поливу та зрошення тепличного комбінату, який являє собою дві групи чотирьохпролітних теплиць з різним функціональним призначенням. Кожен блок має габарити 54х8м. Географічне розташування – Черкаська область.

Загальна площа тепличної забудови – 3904 м², висота до гребня покрівлі – 4,5 м, об'єм забудови – 11712 м³.

Система підтримки мікроклімату включає в себе такі складові:

- система ґрунтового обігріву;
- система шатрового та підлоткового обігріву;
- система торцевого обігріву;
- система повітряного опалення;
- система автоматичного відкривання кватирок та фрамуг;
- система крапельного поливу;
- система туманоутворення;
- система дренажу та водовідведення.

Всі складові керуються автоматизованою системою управління мікрокліматом, в залежності від режиму дня, пори року, виду вирощувальних культур.

До блоків теплиць примикають тамбурні приміщення, в яких розташовуються розчинові вузли та вузли керування мікрокліматом.

На території комбінату влаштована блочна котельня на систему теплопостачання на всі опалювальні контури.

Запланована теплоізоляція підґрунтового шару та цокольної поверхні огорожуючих конструкцій. Покрівля блоків – плоска двосхила, в якості огорожуючого матеріалу використовуються полікарбонатні листи.

2.2 Обґрунтування чисельності робочих місць

Так як регулювання мікроклімату здійснюється системою автоматизованого управління, постійного перебування персоналу не передбачено. В комбінаті розміщується 2 вузла керування, за кожним з яких працює по 3 оператора, працюючи позмінно через 12 годин.

В зоні вирощування кількість обслуговуючого персоналу відрізняється в різні періоди вирощування. Найменша кількість осіб при одночасному перебуванні – 2 чол. в розрахунку на 1 блок (період огляду та профілактичних заходів), найбільша кількість – 12 чол. в розрахунку на 1 блок (період збору урожаю).

2.3 Матеріальна оцінка впливів на навколишнє середовище

Для комфортного перебування обслуговуючого персоналу та ефективного розвитку рослин в приміщеннях забезпечується необхідна температура, яка контролюється встановленими регулювальними приладами.

Опалювальні та вентиляційні прилади, арматура та трубопроводи відповідають усім сучасним технологічним, санітарно-гігієнічним, техніко-економічним, архітектурно-будівельним та монтажним умовам. А отже, в приміщеннях теплиці відсутні шкідливі впливи на організм людини та навколишнє середовище.

2.4 Визначення теплонадходжень в теплиці.

Основну частину теплонадходжень становить сонячна радіація. Надходженням тепла від персоналу, обладнання та штучного освітлення можна знехтувати, оскільки її кількість незначна в порівнянні з інсоляцією та варіюється в залежності від режиму дня.

Для розрахунку теплонадходження приймаємо 2 показники інсоляції [14]:

- у липні – для подальшого розрахунку системи аерації;
- у січні – при розрахунку системи опалення та проектуванні теплового акумулятора.

Теплонадходження в Вт, яка надходить в приміщення за рахунок сонячної радіації, визначається за формулою:

$$Q = (q_1 F_{01} + q_2 F_{02}) \beta_{c.n} k_0 + \frac{t_3 - t_a}{R_0} \cdot F_0$$

де: F_{01} – площа покриття, яке опромінюється прямою сонячною радіацією, m^2 ;

F_{02} – площа покриття, яка не опромінюється прямою сонячною радіацією, m^2 ;

$\beta_{c.n} = 1$ – коефіцієнт теплопропускання сонцезахисних пристроїв;

$k_0 = 0,6$ – коефіцієнт, який залежить від типу покриття;

$R_0 = 0,42 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$ – опір теплопередачі матеріалу покриття – сотовий полікарбонат 6 мм;

t_3 та t_a – розрахункова температура зовнішнього та внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$F_0 = F_{01} + F_{02}$ – площа покриття, що визначається за її найменшими розмірами (в світлі), m^2 ;

q_1 , q_2 – відповідно кількість теплоти, яка надходить через одинарне застелення світлових проїм в Вт/м при прямому та непрямому опроміненні сонячною радіацією.

Для вертикального огородження:

$$q_1 = (q_{v.p.} + q_{v.n.}) k_1 k_2$$

$$q_2 = q_{v.p.} k_1 k_2$$

Для горизонтального та похилого огородження:

$$q_2 = q_{g.p.} k_1 k_2$$

де $q_{v.n.}$ – надходження теплоти в Вт/м^2 через одинарне застелення від прямої радіації;

$q_{v.p.}$ – надходження теплоти в Вт/м^2 через вертикальне застелення від розсіяної сонячної радіації;

$k_1 = 0,85$ – коефіцієнт, який враховує затемнення проїм віконними рамами (незабруднена атмосфера);

$k_2 = 0,95$ – коефіцієнт, який враховує забрудненість скла.

2.3.1 Розрахунок теплонадходжень від сонячної радіації у липні.

Вихідні дані:

- площі вертикального огороження, орієнтованих на:

1) південь та північ – 324 м^2

2) захід та схід – не враховується, так як огороження із вказаними орієнтаціями межують з тамбурними приміщеннями.

- площа проекції похилих огорожень на горизонтальну площину – 3456 м^2

- середньодобова енергетична освітленість поверхонь у липні з орієнтацією на [15]:

1) північ – $q_{пв}=17 \text{ Вт/м}^2$, $q_{рв}= 42 \text{ Вт/м}^2$;

2) південь – $q_{пв}=82 \text{ Вт/м}^2$, $q_{рв}= 56 \text{ Вт/м}^2$

3) горизонтальну поверхню - $q_{пг}=236 \text{ Вт/м}^2$, $q_{рг}= 80 \text{ Вт/м}^2$

Розрахунок для південної сторони:

$$q_1=(82+56)*0,85*0,95 =111,4 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2=56*0,85*0,95=45 \text{ Вт/м}^2;$$

$$Q=(111.4*324)*1*0,6=21655 \text{ Вт}$$

Розрахунок для північної сторони:

$$q_1=(17+42)*0,85*0,95 =47,6 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2=42*0,85*0,95=34 \text{ Вт/м}^2;$$

$$Q=(34*324)*1*0,6=6609 \text{ Вт}$$

Розрахунок для похилої поверхні:

$$q_1=(236+80)*0,85*0,95=255 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q=(255*3456)*1*0,6=529120 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження від сонячної радіації в липні:

$$Q_{\text{сон. VII}} = 21655+6609+529120=557385 \text{ Вт}$$

2.3.2 Розрахунок теплонадходжень від сонячної радіації у січні.

Вихідні дані:

- середньодобова енергетична освітленість поверхонь у липні з орієнтацією на [15]:

4) північ – $q_{пв}=0 \text{ Вт/м}^2$, $q_{рв}= 16 \text{ Вт/м}^2$;

5) південь – $q_{пв}=143 \text{ Вт/м}^2$, $q_{рв}= 35 \text{ Вт/м}^2$

б) горизонтальну поверхню - $q_{\text{пр}}=46 \text{ Вт/м}^2$, $q_{\text{пр}}= 23 \text{ Вт/м}^2$

Розрахунок для південної сторони:

$$q_1=(143+35)*0,85*0,95 =143,7 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2=35*0,85*0,95=28,3 \text{ Вт/м}^2;$$

$$Q=(144*324)*1*0,6=27935 \text{ Вт}$$

Розрахунок для північної сторони:

$$q_1=(0+16)*0,85*0,95 =12,9 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2=16*0,85*0,95=12,9 \text{ Вт/м}^2;$$

$$Q=(12,9*324)*1*0,6=2508 \text{ Вт}$$

Розрахунок для похилої поверхні:

$$q_1=(46+23)*0,85*0,95=55,7 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q=(55,7*3456)*1*0,8=10828 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження від сонячної радіації в січні:

$$Q_{\text{сон.І}} = 27935+2508+10828=41271 \text{ Вт.}$$

2.5 Розрахунок установленної теплової потужності системи опалення

Необхідно розрахувати установлену теплову потужність нагрівальних приладів для підігріву ґрунту і шатра теплиці, розташованій в Черкаській області. Розрахунок ведеться для одної групи теплиць.

Вихідні дані:

- зовнішня температура повітря $t_{\text{зов}} = -24^\circ\text{C}$ [15];
- температура повітря в робочій зоні $t_p=+15^\circ\text{C}$;
- температура поверхні ґрунту $t_0=+20^\circ\text{C}$;
- відносна вологість повітря в робочій зоні $\varphi_p=70\%$;
- відносна вологість зовнішнього повітря $\varphi_{\text{зов}}=85\%$ [15];
- середня швидкість вітру $v=2,6\text{м/с}$ [15];
- ступінь чорноти ґрунту $\varepsilon_0=0,96$;
- ступінь чорноти огороження $\varepsilon_2=0,42$;
- площа ґрунту $F_0=1424 \text{ м}^2$;

- загальна площа огороження $F_2=2378 \text{ м}^2$;
- площа вертикального огороження $F_{в2}=564 \text{ м}^2$;
- площа похилого огороження $F_{пох2}=1814 \text{ м}^2$;
- найменша довжина будівлі $L=32\text{м}$;
- визначаючий розмір $L_1=37,7 \text{ м}$.

Розв'язання:

- 1) Приведений коефіцієнт випромінювання (ф.1.6):

$$C_{\text{пр}} = \frac{5,67}{\frac{1}{\epsilon_0} + \frac{F_0}{F_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} = \frac{5,67}{0,96 + \frac{1424}{2378} \left(\frac{1}{0,42} - 1 \right)} = 5,21$$

- 2) Узагальнена температура (ф.1.5):

$$t_{\text{уз}} = \frac{133,9 - C_{\text{пр}} \left(55 - \left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 \right)}{C_{\text{пр}} + 8,6} = \frac{133,9 - 5,21 \left(55 - \left(\frac{-7 + 273}{100} \right)^4 \right)}{5,21 + 8,6} = 7,8^\circ\text{C}$$

- 3) Середньозважений опір теплопередачі ґрунту (ф.1.7):

$$R_0^{\text{ср}} = \frac{2F_{1,0} \cdot 2,14 + 2F_{2,0} \cdot 4,3 + 2F_{3,0} \cdot 8,6 + F_{4,0} \cdot 14,2}{F_0} = \frac{2 \cdot 108 \cdot 2,14 + 2 \cdot 108 \cdot 4,3 + 2 \cdot 108 \cdot 8,6 + 776 \cdot 14,2}{1424} = 10,01$$

$\text{м}^2\text{К/Вт}$

- 4) Тепловий потік в ґрунтовий масив (ф.1.4):

$$Q_{\text{втр. г}} = \frac{t_{\text{уз}} - t_{\text{зов}}}{R_0^{\text{ср}}} = \frac{7,8 - (-24)}{10,01} \cdot 1424 = 4523 \text{ Вт}$$

- 5) Конвективний тепловий потік з ґрунту в повітря робочої зони (ф. 1.8)

$$Q_{\text{кв}} = A_3 m^3 \sqrt{|\tau_0 - \tau_p|} (\tau_0 - \tau_p) F_0 = 1,375 \cdot 1,3^3 \sqrt{|20 - 15|} (20 - 15) \cdot 1424 = 48094 \text{ Вт}$$

- 6) Променевий тепловий потік від поверхні ґрунту (ф. 1.9):

$$Q_{\text{пр.0}} = C_{\text{пр}} \left(\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right) F_0 = 5,21 \cdot \left(\left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{-7 + 273}{100} \right)^4 \right) 1424 = 175359 \text{ Вт}$$

- 7) Коефіцієнт дифузії (ф. 1.12):

$$D = 0,0754 \left(\frac{t_{\text{визн}} + 273}{273} \right)^{1,89} \frac{p_6}{p_6} = 0,0754 \left(\frac{17,5 + 273}{273} \right)^{1,89} \frac{760}{745} = 0,086 \text{ м}^2/\text{с}$$

- 8) Густина повітря на поверхні ґрунту (ф. 1.14):

$$\gamma_{\tau_0} = 1,293 \frac{273}{\tau_0 + 273} \left(\frac{p_6}{760} - 0,378 \frac{e_{\tau_0}^{\text{п}}}{760} \right) = 1,293 \frac{273}{20 + 273} \left(\frac{745}{760} - 0,378 \frac{7,5}{760} \right) = 1,25 \text{ кг/м}^3$$

- 9) Густина повітря в робочій зоні (ф. 1.15):

$$\gamma_{t_p} = 1,293 \frac{273}{t_p + 273} \left(\frac{P_6}{760} - 0,0378 \frac{e_{t_p}^{\text{II}}}{760} \right) = 1,293 \frac{273}{15 + 273} \left(\frac{745}{760} - 0,0378 \frac{12}{760} \right) = 1,19 \text{ кг/м}^3$$

10) Коефіцієнт масообміну (ф. 1.11):

$$\beta = 0,66 \frac{D}{L_1} \left(\frac{gL_1^3}{v^2} - \frac{\gamma_{t_p} - \gamma_{\tau_0}}{\gamma_{t_p}} \frac{v}{D} \right)^{0,26} = 0,66 \frac{0,086}{37,7} \left(\frac{9,8 \cdot 37,7^3}{(14,5 \cdot 10^{-5})^2} - \frac{1,25 - 1,19}{1,25} \frac{2,6}{0,086} \right)^{0,26} = 1,38$$

м/год

11) Витрата теплоти на випаровування вологи з ґрунту (ф. 1.10):

$$Q_{\text{вип}} = r_c \eta^3 (c_0^{\text{II}} - \varphi_p c_{t_p}^{\text{II}}) \frac{760}{P_6} F_0 = 647 \cdot 0,8 \cdot 1,38 (17,2 \cdot 10^{-3} - 0,7 \cdot 7,7 \cdot 10^{-3}) \frac{760}{745} 1424 = 12254$$

Вт

12) Конвективний тепловий потік внутрішньої поверхні огороження з повітрям в робочій зоні (ф. 1.16):

$$Q_{\text{конв2вн}} = (F_{\text{в2}} + 0,7 F_{\text{пox2}}) A'_{\text{з}} \sqrt[3]{|\tau_p - \tau_0| (\tau_p - \tau_0)} =$$

$$(564 + 0,7 \cdot 1814) 1,455 \sqrt[3]{|15 - (-7)| (15 - (-7))} = 164479 \text{ Вт}$$

13) Променевий тепловий потік від внутрішньої поверхні огороження (ф. 1.17):

$$Q_{\text{пром2вн}} = C_{\text{пр}} k_{\text{п}} \left(\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right) F_0 = 5,21 \cdot 0,93 \left(\left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{-7 + 273}{100} \right)^4 \right) 1424 = 163084$$

Вт

14) Різниця об'ємного вмісту пари в повітрі (ф. 1.19):

$$\Delta \varepsilon = 100 \left(\frac{\varphi_p c_{t_p}^{\text{II}} - e_{\tau_2}^{\text{II}}}{P_6} \right) = 100 \left(\frac{0,7 \cdot 7,7 \cdot 10^{-3} - 2,27}{745} \right) = 0,3 \%$$

15) Виділення тепла при конденсації пари на внутрішній поверхні огороження:

$$Q_{\text{конд}} = r_c \cdot 2,2 \cdot 10^{-6} (0,5 t_p + 0,5 \tau_2 + 273)^{0,42} \cdot \sqrt[3]{\frac{t_p - \tau_2}{v^2}} \Delta \varepsilon^{1,4} F_2 =$$

$$647 \cdot 2,2 \cdot 10^{-6} (0,5 \cdot 15 + 0,5 \cdot (-7) + 273)^{0,42} \cdot \sqrt[3]{\frac{15 - (-7)}{(13,2 \cdot 10^{-6})^2}} 0,003^{1,4} 1424 = 45215 \text{ Вт}$$

16) Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для похилої ділянки огороження (ф. 1.21):

$$\alpha'_{k2} = 3,7 \frac{(v\gamma_H)^{0,8}}{L^{0,2}} = 3,7 \frac{(2,6 \cdot 1,36)^{0,8}}{32^{0,2}} = 5,08 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

17) Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для вертикальної ділянки огороження (ф.1.22):

$$\alpha''_{k2} = 10\sqrt{v} = 10\sqrt{2,6} = 16,12 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

18) Розрахунковий коефіцієнт тепловіддачі зовнішнього огороження (ф.1.23):

$$\alpha_{k2} = \frac{\alpha'_{k2}F_{\text{пох}2} + \alpha''_{k2}F_{\text{верт}2}}{F_{\text{п}2}} = \frac{5,08 \cdot 1814 + 16,12 \cdot 564}{2378} = 7,70 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

19) Конвективний тепловий потік від зовнішньої поверхні огороження в зовнішнє повітря (ф. 1.20):

$$Q_{\text{конв}23} = \alpha_{k2}(\tau_2 - t_H)F_2 = 7,7 \cdot ((-7) - (-24)) \cdot 2378 = 311280 \text{ Вт}$$

20) Показник взаємного розташування теплиці (ф.1.26):

$$\psi_1(\alpha) = \frac{\delta_L F_{\text{в}2} + \cos\alpha F_{\text{пох}2}}{F_2} = \frac{0,35 \cdot 564 + 0,866 \cdot 1814}{2378} = 0,74$$

21) Коефіцієнт опромінення системи «огороження – ґрунт і будівля» (ф. 1.28):

$$\varphi_{\text{о.п}} = 0,5 \frac{F_{\text{в}2}}{F_2} = 0,5 \cdot \frac{564}{2378} = 0,118$$

22) Ефективне випромінювання зовнішньої поверхні огороження в навколишній простір (ф. 1.25):

$$\begin{aligned} Q_{\text{эф}} &= 5,67\varepsilon_2 \left(\left(\frac{t_H + 273}{100} \right)^4 (0,27 - 0,007\varphi_H e_{t_H}^H) \cdot (1 - c'n_0^2) \psi_1(\alpha) + \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_H + 273}{100} \right)^4 \right) \cdot \psi_2(\theta) F_2 \\ &= 5,67 \cdot 0,42 \left(\left(\frac{-24 + 273}{100} \right)^4 (0,27 - 0,007 \cdot 0,85 \cdot 1,4) \cdot (1 - 0) \cdot 0,74 + \left(\frac{-7 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{-24 + 273}{100} \right)^4 \right) \cdot 1 \cdot 2378 \\ &= 123254 \text{ Вт} \end{aligned}$$

23) Променевий теплообмін зовнішньої поверхні з навколишніми ґрунтом і будівлями (ф. 1.27):

$$Q_{\text{навк}} = 5,67 \varepsilon_2 \varepsilon_0 \left(\left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_H + 273}{100} \right)^4 \right) \varphi_{0,п} F_2 = 5,67 \cdot 0,96 \cdot 0,42 \left(\left(\frac{-7 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{-24 + 273}{100} \right)^4 \right) \cdot 0,12 \cdot 2378 = 7582 \text{ Вт}$$

24) Втрати теплоти на інфільтрацію (ф. 1. 29):

$$Q_{\text{інф}} = (\gamma_{t_H} - \gamma_{t_p}) (Q_{\text{пг}} + Q_{\text{конв2з}} + Q_{\text{пром2з}}) = (1,36 - 1,23)(4523 + 311280 + 123254 + 7582) = 58063 \text{ Вт}$$

25) Променевий тепловий потік від зовнішньої поверхні в навколишнє середовище (ф. 1.24):

$$Q_{\text{пром2з}} = Q_{\text{еф}} + Q_{\text{навк}} = 123254 + 7582 = 130836 \text{ Вт}$$

26) Тепловий потік ґрунтового підігріву (ф.1.2):

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{втр.г}} + Q_{\text{конв0}} + Q_{\text{пром0}} + Q_{\text{виш}} = 4523 + 48094 + 175359 + 12254 = 240230 \text{ Вт}$$

27) Теплове навантаження ґрунтового та шатрового підігріву (ф. 1.1):

$$Q_{\text{ш}} + Q_{\text{г}} = Q_{\text{втр.г}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{конв2з}} + Q_{\text{пром2з}} = 4523 + 311280 + 58063 + 130836 = 504702 \text{ Вт}$$

28) Коефіцієнт теплопередачі через огороження теплиці (ф. 1.30):

$$k_0^{\text{ст}} = \left(\frac{Q_{\text{п}} + Q_{\text{ш}}}{(1 + \gamma_{t_H} - \gamma_{t_p})(t_p - t_H)} - \frac{F_0}{R_0^{\text{сп}}} \right) \frac{1}{F_2} = \left(\frac{240230 + 504702}{(1 + 1,36 - 1,23)(15 - (-24))} - \frac{1424}{10,01} \right) \frac{1}{2378} = 7,04 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

29) Необхідна кількість теплоти на підігрів теплиці (ф. 1.32):

$$Q'_{\text{п}} + Q'_{\text{ш}} = \left(k_0^{\text{пл}} F_2 + \frac{F_0}{R_0^{\text{сп}}} \right) (t_p - t_H) (1 + 0,8(t_p - t_H)) = (7,04 \cdot 1,1 \cdot 2378 + 1424) \cdot 10,0115 - (-24) \cdot 1 + 0,81,23 - 1,36 = 648472 \text{ Вт}$$

30) Установлена теплова потужність ґрунтових опалювальних приладів (ф. 1.33):

$$Q'_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{п}} + Q_{\text{ш}}} (Q'_{\text{п}} + Q'_{\text{ш}}) = \frac{240230}{504702} \cdot 648472 = 308662 \text{ Вт}$$

31) Установлена теплова потужність шатрових опалювальних приладів:

$$Q'_{ш} = \frac{Q_{ш}}{Q_{п} + Q_{ш}} (Q'_{п} + Q'_{ш}) = \frac{504702 - 240230}{504702} \cdot 648472 = 339810 \text{ Вт}$$

В перерахунку на питомі теплові потужності:

- ґрунтовий підігрів $q_{г} = 217 \text{ Вт/м}^2$;
- шатровий підігрів $q_{ш} = 238 \text{ Вт/м}^2$.
-

2.6 Розрахунок опалювального обладнання та приладів

Для шатрового та підлоткового підігріву теплиць проєктується комбінована система опалення з використанням опалювально-вентиляційних калориферів та гладкотрубною системи. Ґрунт підігривається шляхом пропускання гарячої води по пластикових трубах, розташованих в товщі ґрунту.

2.6.1 Розрахунок трубопроводів ґрунтового опалення [16].

Необхідна площа поверхні опалювальних трубопроводів ґрунтового підігріву визначається за номограмою на рисунку 2.1

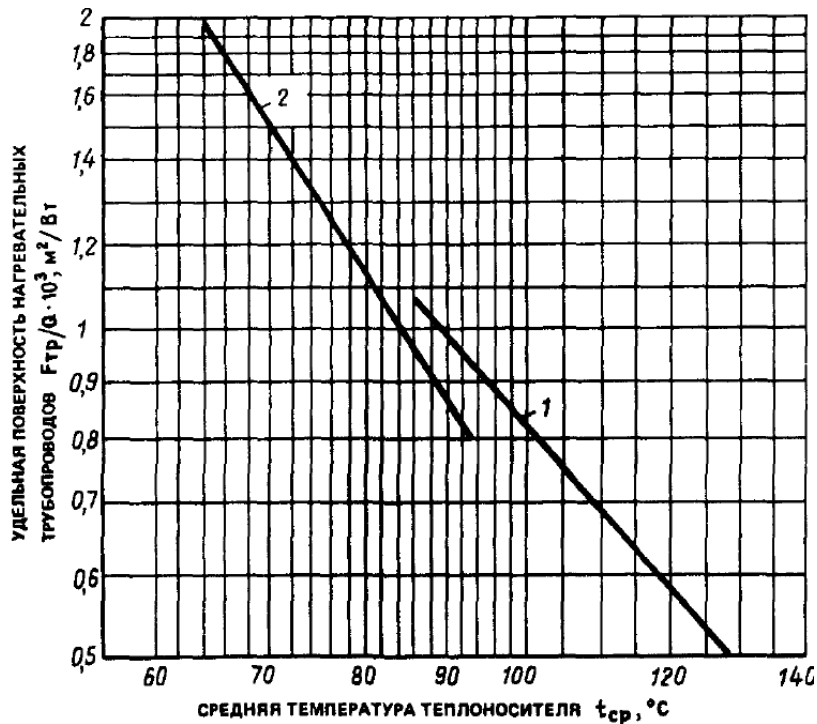


Рис. 2.1 – Номограма для визначення необхідної площі поверхні опалювальних трубопроводів ґрунтового обігріву: 1 - $t_{п} = 90^\circ\text{C}$, 2 - $t_{п} = 70^\circ\text{C}$

Приймаємо температуру теплоносія на подачі $t_{п} = 90^\circ\text{C}$, на звороті - 70°C .

Тоді необхідна питома площа нагрівальних трубопроводів[16]:

$$f_{\text{тр.г}}=1,1 \cdot q_{\text{г}} \cdot 10^{-3}=1,1 \cdot 217 \cdot 10^{-3}=0,239 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Розрахунок проводимо для одного ґрунтового прогону. Його площа становить 175 м^2 . Прийmemo опалення одного ґрунтового прогону двома вітками трубопроводів, які під'єднані до вузлів керування в тамбурних приміщеннях, тобто одна вітка опалює половину ґрунтового прогону. Таким чином площа опалювальних трубопроводів для одної вітки опалення ґрунтового прогону становитиме:

$$F_{\text{тр}}=f_{\text{тр.г}} \cdot F_{\text{гр}}=175 \cdot 0,239/2=20,92 \text{ м}^2$$

Для системи ґрунтового опалення використовуємо пластикові труби для підігріву підлоги перерізом $32 \times 3 \text{ мм}$. Площа поверхні 1 пог. м труби становитиме:

$$F_{\text{тр.1}}=l_1 \cdot \pi \cdot d=1 \cdot 3,14 \cdot 0,032=0,1 \text{ м}^2$$

Розрахована довжина трубопроводів для опалення половини грядки:

$$l=F_{\text{тр}}/F_{\text{тр.1}}=20,92/0,1=208 \text{ пог. м.}$$

Приймаємо до монтажу спіралеподібне прокладання трубопроводів (рис. 2.2).

Тоді інтервал прокладання становитиме:

$$b=\frac{B}{2 \frac{l}{L}}=\frac{3,25}{2 \cdot \frac{208}{27}}=0,21 \text{ м}$$

де B – ширина одної грядки, м;

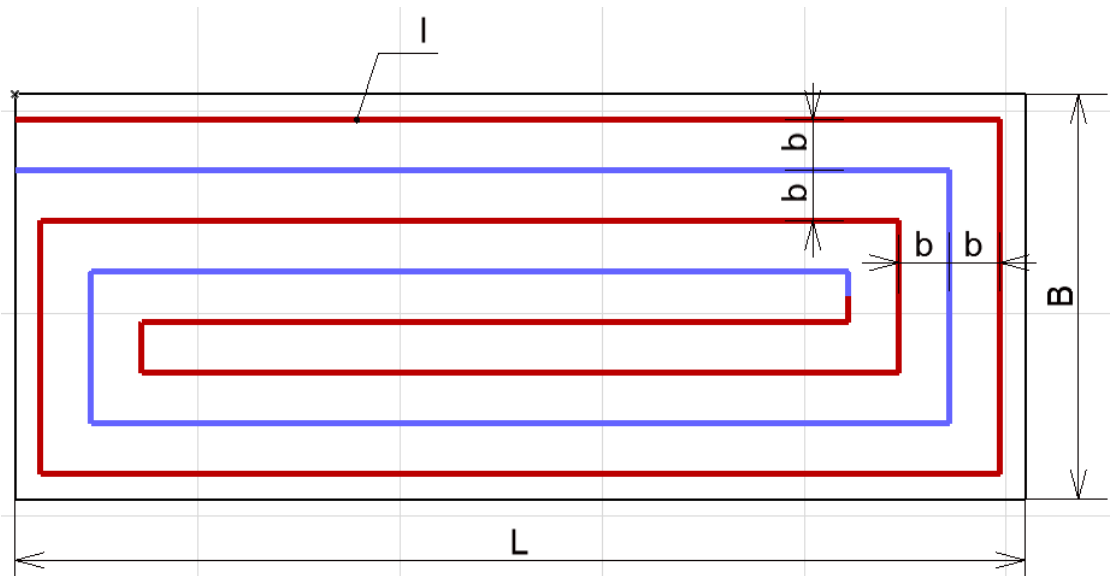


Рис. 2.2 – Схема для розрахунку розташування трубопроводів ґрунтового опалення: В - ширина грядки, L – довжина грядки, l – загальна довжина опалювального трубопроводу, b – інтервал між ділянками трубопроводів

l – розрахована довжина подавальних ділянок трубопроводів, м;

L – довжина половини грядки, м.

Дільник 2 пояснюється тим, що між подавальними ділянками розташовуються ділянки звороту.

Оскільки стандартні бухти трубопроводів мають обмежену довжину 50, 70, 100 та 150 м [17], то приймаємо, що на половину грядки буде прокладено 4 вітки по 104 м. Виходячи з цього, одна вітка займатиме 1/8 площі грядки, тобто:

$$F_0^{1 \text{ віт}} = B \cdot L / 8 = 3,25 \cdot 54 / 8 = 21,9 \text{ м}^2$$

Теплове навантаження на цю ділянку становитиме:

$$Q^{1 \text{ віт}} = F_0^{1 \text{ віт}} \cdot q_r = 21,9 \cdot 217 = 4752 \text{ Вт}$$

Приймаємо температуру теплоносія на подавальній ділянці - 70°C, а на зворотній - 50°C. Масова витрата теплоносія на одну вітку становитиме [14]:

$$G^{1 \text{ віт}} = \frac{3,6 Q^{1 \text{ віт}}}{c(t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 4752}{4,2 \cdot 20} = 203 \text{ кг/год}$$

Швидкість руху теплоносія в трубопроводі:

$$v = \frac{G^1_{\text{віт}}}{3600\rho S} = \frac{203}{3600 \cdot 1000 \cdot 5,3 \cdot 10^{-4}} = 0,11 \text{ м/с}$$

Для підбору циркуляційного насоса необхідно знайти втрати тиску, для чого необхідно виконати гідравлічний розрахунок. Підбір насоса здійснюється за величиною втрат тиску на найбільш завантаженому циркуляційному кільці та сумарної витрати на розподільчій гребінці [14]. Оскільки всі вітки мають однаковий діаметр, матеріал та характеристики розташування, в якості головного циркуляційного кільця вибираємо найдовшу вітку, якою є ділянка 1 (див. Арк. 2).

За номограмою (Додаток Г) питомі втрати тиску в трубопроводі $R=11$ Па/м. Виходячи з цього, втрати тиску по довжині однієї вітки трубопроводу становлять:

$$\Delta P_1^1_{\text{віт}} = R \cdot l = 11 \cdot 124 = 1366 \text{ Па}$$

Так як на ділянках відсутні фітингові з'єднання, а повороти пластикових трубопроводів можна прийняти плавними, то місцевими втратами тиску можна знехтувати.

Результати гідравлічного розрахунку для системи ґрунтового підігріву описані в Додатку В.

Втрати тиску на умовних відгалуженнях не повинні відрізнятись більше ніж на 15% від втрат тиску головного кільці, тобто повинна виконуватись умова:

$$(\Delta P_{\text{гол.кіль.}} - \Delta P_{\text{відгал.}}) / \Delta P_{\text{гол.кіль.}} \leq 0,15$$

Для перевірки приймемо ділянку відгалуження 8, яка є найкоротшою. Підставивши значення у вираз, отримаємо:

$$(1366 - 1213) / 1366 = 0,11 \leq 0,15,$$

тобто балансування системи підігріву ґрунту непотрібне.

За даними розрахунками виконано робочі креслення (див. Арк. 2, 3, 8).

2.6.2 Розрахунок системи комбінованого шатрового опалення [16].

Задача полягає у розрахунку площ нагрівальних трубопроводів та доцільність влаштування комбінованої системи опалення з використанням опалювально-вентиляційних установок або тепловентиляторів[16].

За номограмою (рис. 2.3) знаходимо необхідну площу опалювальних трубопроводів шатрового підігріву.

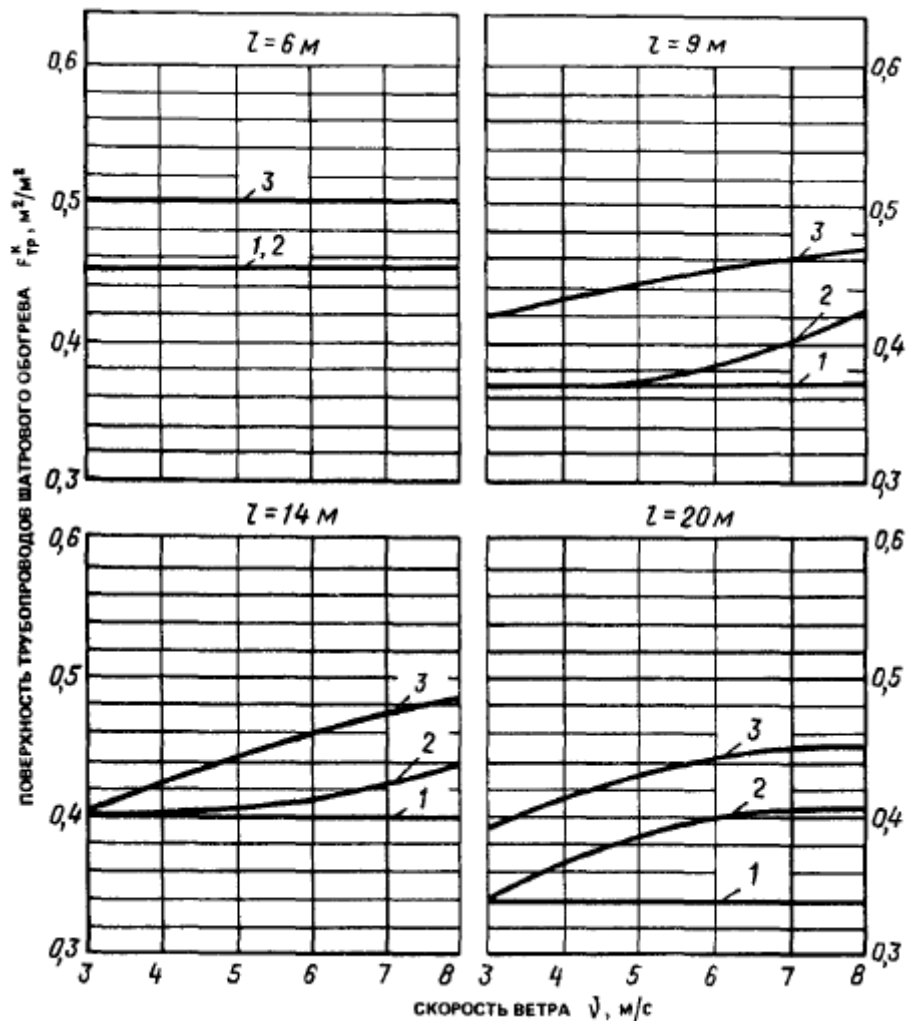


Рис. 2.3 – Номограма визначення поверхні трубопроводів шатрового підігріву: 1 – $t_{зов} = -20^{\circ}\text{C}$, 2 – $t_{зов} = -30^{\circ}\text{C}$, 3 – $t_{зов} = -40^{\circ}\text{C}$.

При $t_{зов} = -25^{\circ}\text{C}$ та швидкості вітру $v = 2,6$ м/с $F_{тр} = 0,37$ м²/м², або в перерахунку на 1 проліт теплиці:

$$F_{тр.ш} = F_{тр} \cdot F_0 = 0,37 \cdot 432 = 160 \text{ м}^2$$

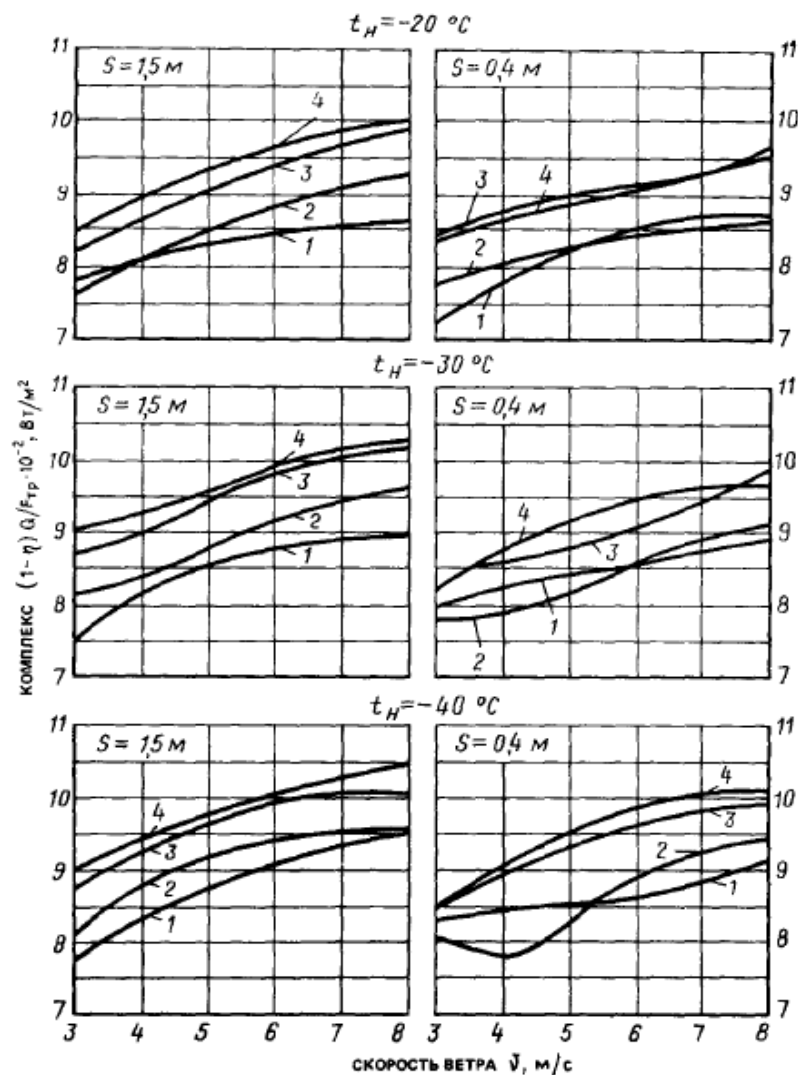


Рис. 2.4 – Графік для визначення частки теплової потужності, яку займає опалювально-вентиляційне обладнання.

Визначимо частку теплової потужності, що припадає на опалювально-вентиляційне обладнання. За графіком (рис. 2.4) при зовнішній температурі $t_{\text{зов}} = -25^\circ\text{C}$ та швидкості вітру $v = 2,6$ м/с знаходимо значення виразу:

$$(1-\eta)Q/F_{\text{тр}} \cdot 10^{-2} = 7,85 \text{ Вт/м}^2$$

де η – частка повітряного опалення від загального підігріву.

Розв'язавши рівняння, отримуємо:

$$\eta = 1 - (7,85 \cdot 0,37 \cdot 10^2 / 454) = 0,36 = 36\%$$

Згідно ДБН В.2.2-2-95 «Будинки і споруди. Теплиці і парники» рекомендована частка повітряного опалення на загальну теплову потужність становить 20-40%.

Отже теплова потужність повітряного опалення становить:

$$Q_{\text{ов}}=Q \cdot \eta=454 \cdot 0,36=163 \text{ кВт};$$

а теплова потужність опалювальних трубопроводів шатрового підігріву:

$$Q_{\text{тр.ш}}=Q'_{\text{ш}} - Q_{\text{ов}}=340-163=177 \text{ кВт}$$

1) Розрахунок опалювальних трубопроводів шатрового підігріву.

Розрахунок проводимо для половини прольоту, умовно поділеного по осі 11 теплиці ($F_{\text{прог}}=216 \text{ м}^2$). Площа опалювальних трубопроводів на прольоті становить 80 м^2 . Теплова потужність в цій області становить $22,12 \text{ кВт}$. Прокладання трубопроводів здійснюватиметься у верхній частині теплиці, причому найбільше їх зосередження біля зовнішніх поздовжніх огорожень для компенсації тепловтрат через них та поблизу водостічних лотків для видалення снігового покриття з покрівлі.

Для системи шатрового підігріву використовуємо сталеві оцинковані труби перерізом 50 мм . Площа поверхні 1 пог. м труби становитиме:

$$F_{\text{тр.ш1}}=l_1 \cdot \pi \cdot d=1 \cdot 3,14 \cdot 0,05=0,157 \text{ м}^2$$

Розрахунковий крок труб змійовика:

$$n= F_{\text{тр}}/ F_{\text{тр.ш1}}= 2 \text{ труби на } 1 \text{ м}^2,$$

або 16 труб на проліт теплиці.

Приймаємо для прольотів між осями А-Б, Г-Д, Е-Ж та К-Л розташування 6 труб на в зоні шириною $1,5 \text{ м}$ біля зовнішніх поздовжніх огорожень, 4 труб в зоні шириною $1,5 \text{ м}$ біля лотків та решти 6 труб в середній частині прольоту, а для прольотів між осями Б-В, В-Г, Ж-З та З-К розташування 4 труб в зонах шириною $1,5 \text{ м}$ біля лотків та решти 8 труб в середній частині прольоту.

Питоме теплове навантаження:

$$q_{\text{тр.ш}}= q_{\text{ш}} \cdot (1 - \eta)=238 \cdot (1-0,36)=152 \text{ Вт/м}^2$$

Теплова потужність одної труби:

$$Q_{\text{тр}}^1= q_{\text{тр.ш}} \cdot l/n=152 \cdot 27/2=2052 \text{ Вт.}$$

Приймаємо температуру теплоносія на подавальній ділянці 70°C , а на зворотній - 55°C . Масова витрата теплоносія на одну трубу становитиме:

$$G^{1 \text{ вiт}} = \frac{3,6Q^{1 \text{ вiт}}}{c(t_1 - t_2)} = \frac{3,6 \cdot 2052}{4,2 \cdot 15} = 117 \text{ кг/год}$$

Змійовик бокового підігріву складається з 6 труб, тому витрата в ньому становитиме:

$$G_{\text{бок}} = 117 \cdot 6 = 702 \text{ кг/год}$$

До змійовика підводимо трубопровід з $d_y = 40 \text{ мм}$. Швидкість руху теплоносія в трубопроводі:

$$v = \frac{G^{1 \text{ вiт}}}{3600\rho S} = \frac{702}{3600 \cdot 1000 \cdot 12,5 \cdot 10^{-4}} = 0,15 \text{ м/с}$$

Змійовики лоткового підігріву між осями А-Б складаються з 4 труб, тому витрата в ньому становитиме:

$$G_{\text{бок}} = 117 \cdot 4 = 468 \text{ кг/год}$$

До змійовика підводимо трубопровід з $d_y = 40 \text{ мм}$. Швидкість руху теплоносія в трубопроводі:

$$v = \frac{G^{1 \text{ вiт}}}{3600\rho S} = \frac{468}{3600 \cdot 1000 \cdot 12,5 \cdot 10^{-4}} = 0,1 \text{ м/с}$$

Змійовик стельового підігріву між осями А-Б складається з 6 труб, тому витрата в ньому становитиме:

$$G_{\text{бок}} = 117 \cdot 6 = 702 \text{ кг/год}$$

До змійовика підводимо трубопровід з $d_y = 40 \text{ мм}$. Швидкість руху теплоносія в трубопроводі:

$$v = \frac{G^{1 \text{ вiт}}}{3600\rho S} = \frac{702}{3600 \cdot 1000 \cdot 12,5 \cdot 10^{-4}} = 0,15 \text{ м/с}$$

Змійовик стельового підігріву між осями Б-В складається з 8 труб, тому витрата в ньому становитиме:

$$G_{\text{бок}} = 117 \cdot 8 = 936 \text{ кг/год}$$

До змійовика підводимо трубопровід з $d_y = 40 \text{ мм}$. Швидкість руху теплоносія в трубопроводі:

$$v = \frac{G^{1 \text{ вiт}}}{3600\rho S} = \frac{936}{3600 \cdot 1000 \cdot 12,5 \cdot 10^{-4}} = 0,21 \text{ м/с}$$

Змійовики бокового, стельового та лоткового підігріву складають одну мережу. Прийmemo за головне циркуляційне кільце лінцюг 1-2-3-4-5-6-6*-6а-5а-4а-3а-2а-1а. Результати гiдравлічного розрахунку показано в Додатку В.

На зворотніх трубопроводах відгалужень за результатами гiдравлічного розрахунку встановлюються балансувальні вентиля [19].

Ділянка 8а – балансувальний вентиль HERZ STROMAX DN40 (n=2,5);

Ділянка 9а - балансувальний вентиль HERZ STROMAX DN40 (n=3);

Ділянка 3а - балансувальний вентиль HERZ STROMAX DN65 (n=6,5);

Ділянка 11а - балансувальний вентиль HERZ STROMAX DN40 (n=1,5).

За даними розрахунками розроблені креслення (див. Арк. 4, 5, 9).

2) Розрахунок опалювально-вентиляційного обладнання

Теплова потужність опалювально-вентиляційних установок в розрахунку на один проліт теплиці становить:

$$Q_{ov}^1 = 163/4 = 40,75 \text{ кВт}$$

Сумарна витрата повітря для повітряного опалення:

$$L_{\text{сум1}} = \frac{3600 Q_{ov}^1}{\rho c \Delta t} = \frac{3600 \cdot 40,75}{1,26 \cdot 1,006 \cdot (18-10)} = 14500 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо на 1 проліт 8 комплектів тепловентиляторів АОВ-20 з продуктивністю 1680 м³/год [18].

Теплова потужність одного вентилятора:

$$Q_{\text{вент}} = \frac{L_{\text{вент}} \rho c_{\text{п}} \Delta t}{3600} = \frac{1680 \cdot 1,26 \cdot 1,006 \cdot (18-10)}{3600} = 4,73 \text{ кВт}$$

Витрата теплоносія в калорифері одного вентилятора:

$$G_{\text{вент}} = \frac{3600 Q_{\text{вент}}}{c_{\text{в}} \Delta t} = \frac{3600 \cdot 4,73}{4,2 \cdot (90-70)} = 202 \text{ кг/год}$$

До калорифера підводимо пластиковий трубопровід з 26x3 мм. Швидкість руху теплоносія в трубопроводі:

$$v = \frac{G^1_{\text{віт}}}{3600 \rho S} = \frac{202}{3600 \cdot 1000 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}} = 0,18 \text{ м/с}$$

Балансування відгалуження 4-5-5а-4а здійснено підбором меншого діаметра трубопроводу.

Згідно здійснених розрахунків розроблено креслення системи повітряного опалення (див. Арк. 6, 7, 10).

2.7 Методика розрахунку системи аерації [20]

Аерація розраховується із забезпеченням видалення теплонадлишків в теплий період року, більшу частину яких становить сонячна радіація [9]. Так як сонячна радіація розподілена рівномірно по всіх прольотах теплиці, а інших джерел шкідливих тепловиділень немає, то розрахунок проводиться як для однопролітної будівлі [20].

Температура повітря в робочій зоні, °С:

$$t_{pz} = t_{зов} + \Delta t_p \quad (2.1)$$

де $t_{зов}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

Δt_p – підвищення температури, приймається 1-2 °С.

Масова витрата повітря для забезпечення необхідної температури в робочій зоні, кг/с:

$$G = \frac{Q_{надл}}{c_p \Delta t_p} \quad (2.2)$$

де $Q_{надл}$ – кількість надлишкової теплоти, кВт,

c_p – питома масова теплоємність повітря, приймається 1,006 кДж/кг·°С.

Температура повітря, що видаляється, °С:

$$t_{вид} = t_{pz} + H \Delta t_h \quad (2.3)$$

де H – висота між центрами прорізів, м;

Δt_h – температурний перепад, приймається 2°С/м.

Аерація відбувається із забезпеченням різниці тисків повітря в зонах притоку та видалення повітря (рис. 2.5).

На рівні витяжних прорізів створюється надлишковий тиск, а на рівні припливних прорізів створюється розрідження. Значення різниці тисків на висоті H , Па:

$$\Delta P = Hg(\gamma_{пр} - \gamma_{вид}) \quad (2.4)$$

де H – висота між центрами припливних та витяжних прорізів;

g – прискорення вільного падіння = $9,8 \text{ м/с}^2$;

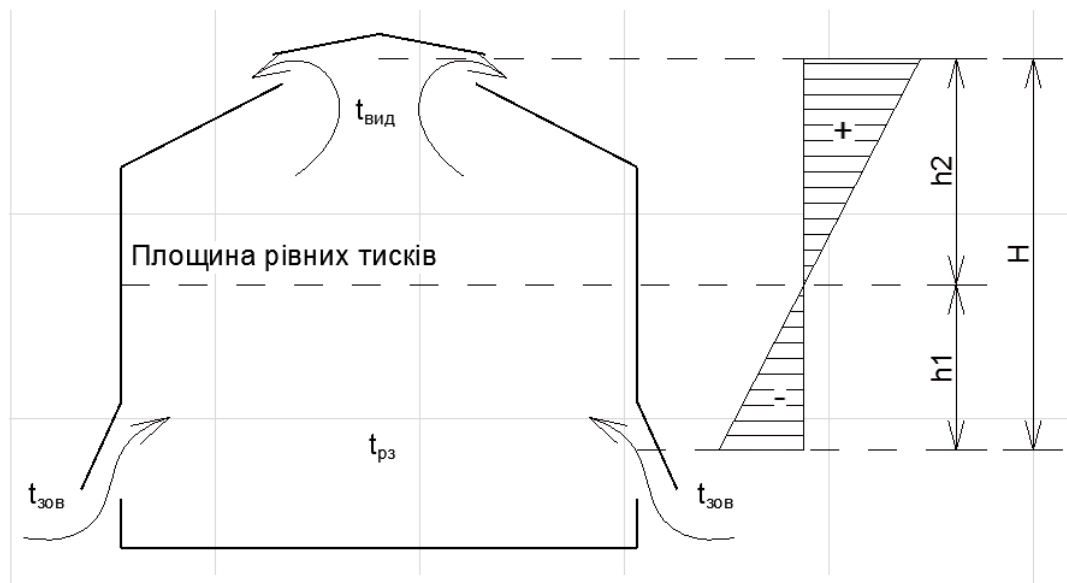


Рис. 2.5 – Принципова схема аерації будівлі

$\gamma_{\text{пр}}$ – густина приточного повітря, кг/м^3 ;

$\gamma_{\text{вид}}$ – густина витяжного повітря, кг/м^3 .

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{353}{t_{\text{пр}} + 273} \quad (2.5)$$

$$\gamma_{\text{вид}} = \frac{353}{t_{\text{вид}} + 273} \quad (2.6)$$

Втрати тиску на проходження повітря через припливні прорізи, Па:

$$\Delta p_1 = \beta \Delta P \quad (2.7)$$

де β – частка різниці тисків, що витрачається на проходження повітря через припливні прорізи.

Площа припливних прорізів по можливості повинна бути більшою, що забезпечить відносно невелику швидкість потоку повітря і стійкість конвективних потоків. З цією метою приймають $\beta=0,1-0,4$.

Площа припливних отворів, м^2 :

$$F_1 = \frac{G}{\sqrt{2\gamma_{\text{зов}} \frac{\Delta p_1}{\xi_1}}} \quad (2.8)$$

Площа витяжних отворів, м²:

$$F_2 = \frac{G}{\sqrt{2\gamma_{\text{вид}} \frac{\Delta p_2}{\xi_2}}} \quad (2.9)$$

де ξ_1 та ξ_2 – коефіцієнти місцевих опорів відповідно припливних та витяжних прорізів;

Δp_2 – втрати тиску на проходження повітря через витяжні прорізи, Па:

$$\Delta p_2 = \Delta P - \Delta p_1 \quad (2.10)$$

2.8 Розрахунок системи аерації

Вихідні дані:

- температура зовнішнього повітря $t_{\text{зов}} = 23^\circ\text{C}$ [15];
- кількість надлишкової теплоти $Q_{\text{надл}} = 278,7$ кВт;
- висота між центрами прорізів $H = 3,5$ м;
- коефіцієнт місцевого опору припливного прорізу $\xi_1 = 6,9$ (створка одинарна, $h/b = 0.5$, $\alpha = 30^\circ$) [20];
- коефіцієнт місцевого опору витяжного прорізу $\xi_2 = 16$ (створка одинарна, $h/b = 1$, $\alpha = 15^\circ$) [20];

Температура повітря в робочій зоні (ф. 2.1):

$$t_{\text{рз}} = t_{\text{зов}} + \Delta t_p = 23 + 2 = 25^\circ\text{C}$$

Масова витрата повітря для забезпечення необхідної температури в робочій зоні (ф. 2.2):

$$G = \frac{Q_{\text{надл}}}{c_p \Delta t_p} = \frac{278,7}{1,006 \cdot 2} = 138,5 \text{ кг/с}$$

Температура повітря, що видаляється з верхньої зони (ф. 2.3):

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{прз}} + H\Delta t_h = 25 + 3,5 \cdot 2 = 32^\circ\text{C}$$

Густина припливного повітря (ф. 2.5):

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{353}{t_{\text{пр}} + 273} = \frac{353}{23 + 273} = 1,192 \text{ кг/м}^3$$

Густина витяжного повітря (ф. 2.6):

$$\gamma_{\text{вид}} = \frac{353}{t_{\text{вид}} + 273} = \frac{353}{32 + 273} = 1,157 \text{ кг/м}^3$$

Різниця тисків (ф. 2.4):

$$\Delta P = Hg(\gamma_{\text{пр}} - \gamma_{\text{вид}}) = 3,5 \cdot 9,8(1,192 - 1,157) = 1,2 \text{ Па}$$

Втрати тиску на проходження повітря через припливні отвори (ф. 2.7):

$$\Delta p_1 = \beta \Delta P = 0,3 \cdot 1,2 = 0,36 \text{ Па}$$

Втрати тиску на проходження повітря через витяжні прорізи (ф. 2.10):

$$\Delta p_2 = \Delta P - \Delta p_1 = 1,2 - 0,36 = 0,84 \text{ Па}$$

Площа припливних прорізів (ф. 2.8):

$$F_1 = \frac{G}{\sqrt{2\gamma_{\text{зов}} \frac{\Delta p_1}{\xi_1}}} = \frac{138,5}{\sqrt{2 \cdot 1,192 \cdot \frac{0,36}{6,9}}} = 392,7 \text{ м}^2$$

Площа витяжних прорізів (ф. 2.9):

$$F_2 = \frac{G}{\sqrt{2\gamma_{\text{вид}} \frac{\Delta p_2}{\xi_2}}} = \frac{138,5}{\sqrt{2 \cdot 1,157 \cdot \frac{0,84}{16}}} = 397,3 \text{ м}^2$$

Оскільки за конструктивними особливостями неможливо досягнути розрахованої площі припливних прорізів, приймається подача частини припливного повітря штучним спонуканням за допомогою осьових вентиляторів. Максимально можлива площа припливних прорізів:

$$F_1^{\text{прийн}} = 2Lh = 2 \cdot 54 \cdot 1,5 = 162 \text{ м}^2$$

Згідно ф. 2.8 перераховуємо витрату повітря через припливні прорізи:

$$G_{\text{аер}} = F_1^{\text{прийн}} \sqrt{2\gamma_{\text{зов}} \frac{\Delta p_1}{\xi_1}} = 162 \cdot \sqrt{2 \cdot 1,192 \frac{0,36}{6,9}} = 57,2 \text{ кг/с}$$

Витрата повітря, що спонувається припливними осьовими вентиляторами:

$$G_{\text{вент}} = G - G_{\text{аер}} = 138,5 - 57,2 = 81,3 \text{ кг/с} = 236000 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо до установки 16 вентиляторів ВОИР №6,3 з такими характеристиками [21]:

- продуктивність – 14500 м³/год;
- створюваний тиск – 142 Па;
- діаметр робочого колеса – 620 мм;
- частота оборотів – 1500 хв⁻¹;
- потужність двигуна – 1,5 кВт;
- маса з двигуном – 34 кг.

Вентилятори встановлюються по 2 комплекти на один фронтон прольоту.

2.9 Методика розрахунку кондиціювання повітря в зимовий період року

Кондиціювання полягає у підтримці необхідної температури, вологості та концентрації вуглекислого газу у внутрішньому повітрі. Так як повітрообмін в теплиці в зимовий період року нерегулярний, то задача розрахунку полягає у створенні певних режимів обробки внутрішнього об'єму повітря, тривалості їх дії та витрати ресурсів. Обробка повітря відбувається всередині теплиці за

допомогою припливної вентиляції, системи зрошення та внаслідок нагрівальних процесів від системи опалення та сонячної радіації.

На I-d діаграмі вологого повітря позначається точка оптимального стану внутрішнього повітря в холодний період року (т. А), що має параметри : $t_A=18^{\circ}\text{C}$, $\varphi_A=60\%$. Позначається точка стану зовнішнього повітря (т. З) з параметрами: $t_3=-23^{\circ}\text{C}$, $\varphi_3=86\%$.

Далі по лінії $d=\text{const}$ проводиться відрізок А-В, причому $t_B=32^{\circ}\text{C}$, як максимально можливої температури. Процес А-В характеризує нагрівання повітря за рахунок сонячної радіації.

Від точки А проводиться відрізок по лінії $I=\text{const}$ до перетину з відрізком В-З і на перетині маємо точку С, що характеризує параметри внутрішнього повітря після підмішування його з частиною зовнішнього повітря. Процес С-А характеризує адіабатне зволоження за рахунок системи туманоутворення.

Загальний цикл обробки повітря має наступні елементи:

- нагрів від сонячної радіації (А-В);
- зниження температури за рахунок припливу частини зовнішнього повітря (В-С);
- адіабатне зволоження системою туманоутворення (С-А).

Значення середнього підвищення температури всього об'єму повітря теплиці за рахунок сонячної радіації в січні:

$$\Delta t = \frac{3600Q_{\text{сон}}^I}{V_{\text{рс}}} = \frac{3600 \cdot 41,2}{6048 \cdot 1,2 \cdot 1,006} = 20,2^{\circ}\text{C}/\text{год} \quad (2.11)$$

Тоді тривалість нагрівання повітря:

$$T_{\text{А-В}} = \frac{t_B - t_A}{\Delta t} = \frac{32 - 18}{20,2} = 0,69 \text{ год} = 41 \text{ хв} \quad (2.12)$$

Об'єм зовнішнього повітря, що заміщує аналогічний об'єм повітря в приміщенні в одному циклі визначається з наступного співвідношення:

$$\frac{L_3}{V} = \frac{l_{B-C}}{l_{3-C}} \quad (2.13)$$

звідки:

$$L_3 = \frac{V l_{B-C}}{l_{3-C}} = \frac{6048 \cdot 2,68}{10,46} = 1550 \text{ м}^3$$

Приплив здійснюється за допомогою торцевих припливних вентиляторів загальною продуктивністю $L=232000 \text{ м}^3/\text{год}$.

Тривалість притоку повітря становить:

$$T_{B-C} = \frac{L_3}{L} = \frac{1550}{232000} = 0,006 \text{ год} = 24 \text{ с}$$

Витрата води на адіабатне зволоження системою туманоутворення:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V \rho (d_A - d_C)}{1000} = \frac{6048 \cdot 1,2 \cdot (8,6 - 7,1)}{1000} = 10,9 \text{ кг} \quad (2.14)$$

2.10 Розрахунок системи ультразвукового розпилення

Приймаємо середній діаметр краплі туману $d_k = 20 \text{ мкм} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}$

Згідно ф. 1.35 визначаємо необхідну частоту коливань:

$$f_k = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{8\alpha^3 \pi \sigma}{\rho d_k^3}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{8 \cdot 0,3^3 \cdot 3,14 \cdot 0,073}{1000 \cdot (20 \cdot 10^{-6})^3}} = 39300 \text{ с}^{-1}$$

Елементарна площа випромінюючої поверхні, яку займає один гребінь хвилі (ф. 1.36):

$$s = \left(\frac{8\pi\sigma}{\rho f_k^3} \right)^2 = \left(\frac{8 \cdot 3,14 \cdot 0,073}{1000 \cdot (3,93 \cdot 10^4)^3} \right)^2 = 1,11 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$$

Період коливання:

$$T_k = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{3,93 \cdot 10^4} = 2,54 \cdot 10^{-5} \text{ с}$$

Об'єм рідини, що розпилюється з площі s за період T_k :

$$V_s = \frac{8}{3} \pi d_k^3 = \frac{8}{3} \cdot 3,14 \cdot (20 \cdot 10^{-6})^3 = 6,7 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$$

Витрата води з площі s :

$$Q_s = V_s f_k = 6,7 \cdot 10^{-14} \cdot 3,93 \cdot 10^4 = 26,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/\text{с}$$

Кратність елементарних площ на поверхні розпилення форсунки:

$$n_s = \frac{Q}{Q_s} = \frac{1,4 \cdot 10^{-4}}{26,3 \cdot 10^{-10}} = 5,3 \cdot 10^4$$

Площа поверхні розпилення форсунки:

$$S_{pn} = n_s s = 5,3 \cdot 10^4 \cdot 1,11 \cdot 10^{-8} = 5,89 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 5,89 \text{ см}^2$$

2.11 Підбір котла

Загальне теплове навантаження для всього комплексу теплиць становить:

$$Q_{\text{заг}} = 2(Q_r + Q_{\text{ш}}) = 2 \cdot (308,66 + 339,81) = 1296,94 \text{ кВт} \quad (2.15)$$

Розрахункова теплова потужність котельної установки з урахуванням надходження сонячної радіації:

$$Q_{\text{кот}} = Q_{\text{заг}} - Q_{\text{сон}}^I = 1296,94 - 41,2 = 1255,4 \text{ кВт} \quad (2.16)$$

Приймаємо до монтажу 2 твердопаливні котли традиційного горіння BRS 700 кВт Comfort КЗТО із вбудованим економайзером [22].

2.12 Моделювання та оцінка надійності системи зрошення

Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на технічний стан системи зрошення, виконано їх класифікацію [37] (рис. 2.6).

Розглядаючи цей процес на системному рівні, лінгвістичну змінну A_{c3} , що характеризує вплив на технічний стан системи зрошення, можна представити у вигляді співвідношення:

$$A_{c3} = f(X;Y;Z), \quad (2.17)$$

де X – лінгвістична змінна (ЛЗ), що характеризує рівень проектних рішень; Y – ЛЗ, що характеризує якість виконання будівельно-монтажних робіт; Z – ЛЗ, що описує умови експлуатації системи.

Лінгвістична змінна, що характеризує проектні рішення, виражається функцією:

$$X = f_x(x_1;x_2;x_3), \quad (2.18)$$

де x_1 – ЛЗ «помилки у гідравлічних розрахунках», x_2 – ЛЗ «помилки у підборі обладнання», x_3 – ЛЗ «помилки у розрахунку процесів зрошення».

Лінгвістичну змінну, що характеризує якість будівельно-монтажних робіт, можна представити у вигляді виразу:

$$Y = f_y(y_1;y_2;y_3) \quad (2.19)$$

де y_1 – ЛЗ «пошкодження при транспортуванні обладнання», y_2 – ЛЗ «нещільність фітингових з'єднань», y_3 – ЛЗ «помилки монтажу та закріплення трубопроводів».

Лінгвістична змінна, що характеризує експлуатацію системи, представляється у вигляді виразу:

$$Z = f_z(z_1;z_2;z_3;z_4), \quad (2.20)$$

де z_1 – ЛЗ «засміченість форсунок», z_2 – ЛЗ «збої в електрифікації обладнання», z_3 – ЛЗ «ремонт системи», z_4 – ЛЗ «дотримання програми зрошення».

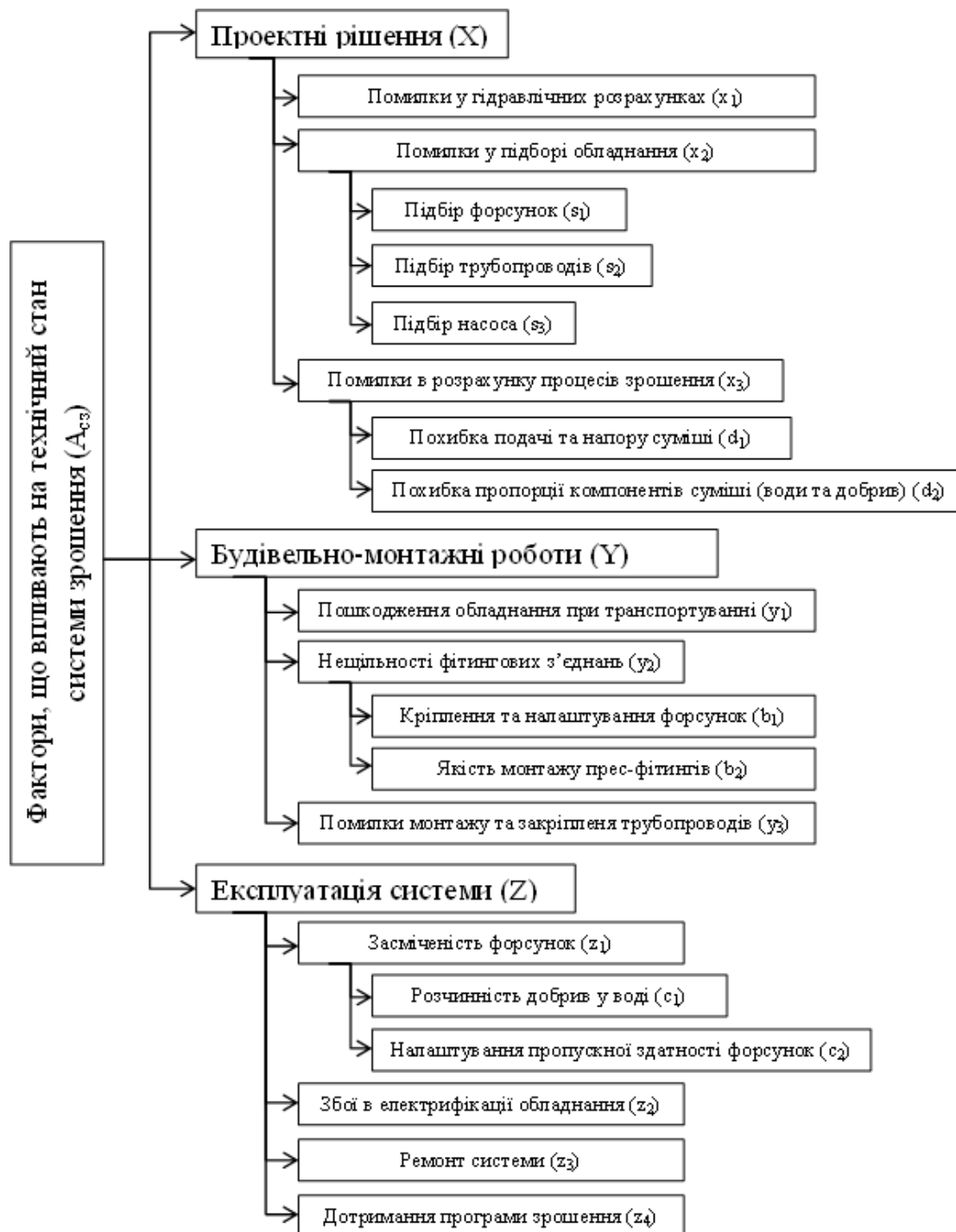


Рис. 2.6 – Класифікація факторів, що впливають на систему зрошення
Рівняння 2 містить у собі змінні x_2 та x_3 , які в свою чергу виражаються

такими залежностями:

$$x_2 = f_{x_2}(s_1; s_2; s_3), \quad (2.21)$$

$$x_3 = f_{x_3}(d_1; d_2), \quad (2.22)$$

де s_1 – ЛЗ «підбір форсунок», s_2 – ЛЗ «підбір трубопроводів», s_3 – ЛЗ «підбір насоса», d_1 – ЛЗ «похибка подачі та напору суміші», d_2 – ЛЗ «похибка пропорції компонентів суміші».

В рівнянні 3 містяться змінна y_2 , яка виражається залежністю:

$$y_2 = f_{y_2}(b_1; b_2), \quad (2.23)$$

де b_1 – ЛЗ «кріплення та налаштування форсунок», b_2 – ЛЗ «якість монтажу прес-фітингів».

Рівняння 4 містить змінну z_1 , що в свою чергу залежить від інших факторів:

$$z_3 = f_{z_3}(c_1; c_2), \quad (2.24)$$

де c_1 – ЛЗ «розчинність добрив у воді», c_2 – ЛЗ «налаштування пропускної здатності форсунок».

Значення лінгвістичних змінних, які наведені в рівняннях 2.17-2.24, осінуються за допомогою системи якісних термінів: Н – низька, нС – нижче середнього, С – середня, вС – вище середнього, В – висока. Кожен з цих термінів являє собою відповідну нечітку множину, яка є певною властивістю, що виражається як лінгвістичний терм. Для лінгвістичних змінних оціночні терми наведені в таблиці 2.1.

Табл. 2.1 – Фактори впливу як лінгвістичні змінні

Позначення та назва змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
x_1 – помилки у гідравлічних розрахунках	1..3 бали	грубі, вище середніх, середні, нижче середніх, відсутні
s_1 – підбір форсунок	1..3 у. о.	невірно, частково вірно, вірно
s_2 – підбір трубопроводів	1..3 у. о.	невірно, частково вірно, вірно
s_3 – підбір насоса	1..3 у. о.	невірно, частково вірно, вірно
d_1 – похибка подачі та напору суміші	0..15 %	точна, середня, груба
d_2 – похибка пропорції компонентів суміші (води та добрив)	0..30 %	точна, середня, груба
u_1 – пошкодження обладнання при транспортуванні	0..15 %	відсутні, частково присутні, присутні
b_1 – кріплення та налаштування форсунок	0..30 %	якісне, частково якісне, неякісне
b_2 – якість монтажу прес-фітингів	0..30 %	якісне, частково якісне, неякісне
u_3 – помилки монтажу та закріплення трубопроводів	0..15 %	відсутні, частково присутні, присутні
c_1 – розчинність добрив у воді	60..100 %	погана, задовільна, добра
c_2 – налаштування пропускної здатності форсунок	70..100 %	мала, задовільна, оптимальна
z_2 – збої в електрифікації обладнання	0..10 %	відсутні, середні, часті
z_3 – ремонт системи	10..100 %	відсутні, частково присутні, присутні
z_4 – дотримання програми зрошення	1..3 бали	відсутнє, середнє, оптимальне

За класифікованими факторами впливу на технічний стан системи зрошення побудоване дерево логічного висновку (рис. 2.7)

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між факторами, що впливають на технічний стан системи зрошення (A_{c3}) з проектними рішеннями (X), будівельно-монтажними роботами (Y) та експлуатацією системи (Z), виконується з використання системи терм-множини.

$T(A_{c3}) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle;$

$T(X) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle;$

$T(Y) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle;$

$T(Z) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle.$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для залежності 2.17 наведено в табл. 2.2.

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 3, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(Ac3) = \mu_H(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_H(X) \wedge \mu_{HC}(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_H(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_{HC}(Z); \quad (2.25)$$

$$\mu_{HC}(Ac3) = \mu_H(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_{HC}(X) \wedge \mu_{HC}(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_{HC}(Z); \quad (2.26)$$

$$\mu_C(Ac3) = \mu_C(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_{HC}(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{HC}(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_{VC}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_{HC}(Z); \quad (2.27)$$

$$\mu_{VC}(Ac3) = \mu_{VC}(X) \wedge \mu_{VC}(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_{VC}(Z) \vee \mu_{VC}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_{VC}(Z); \quad (2.28)$$

$$\mu_V(Ac3) = \mu_V(X) \wedge \mu_V(Y) \wedge \mu_{VC}(Z) \vee \mu_V(X) \wedge \mu_{VC}(Y) \wedge \mu_V(Z) \vee \mu_V(X) \wedge \mu_V(Y) \wedge \mu_V(Z). \quad (2.29)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між факторами, що впливають на рівень проектних рішень(X) з помилками у гідравлічних розрахунках (x_1), помилками в підборі обладнання (x_2) та помилками в розрахунку процесів зрошення (x_3), виконується з використання системи терм-множини.

$T(X) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle;$

$T(x_1) = \langle \text{грубі, вище середнього, середній, нижче середнього, відсутні} \rangle;$

$T(x_2) = \langle \text{грубі, вище середнього, середній, нижче середнього, відсутні} \rangle;$

$T(x_3) = \langle \text{грубі, вище середнього, середній, нижче середнього, відсутні} \rangle.$

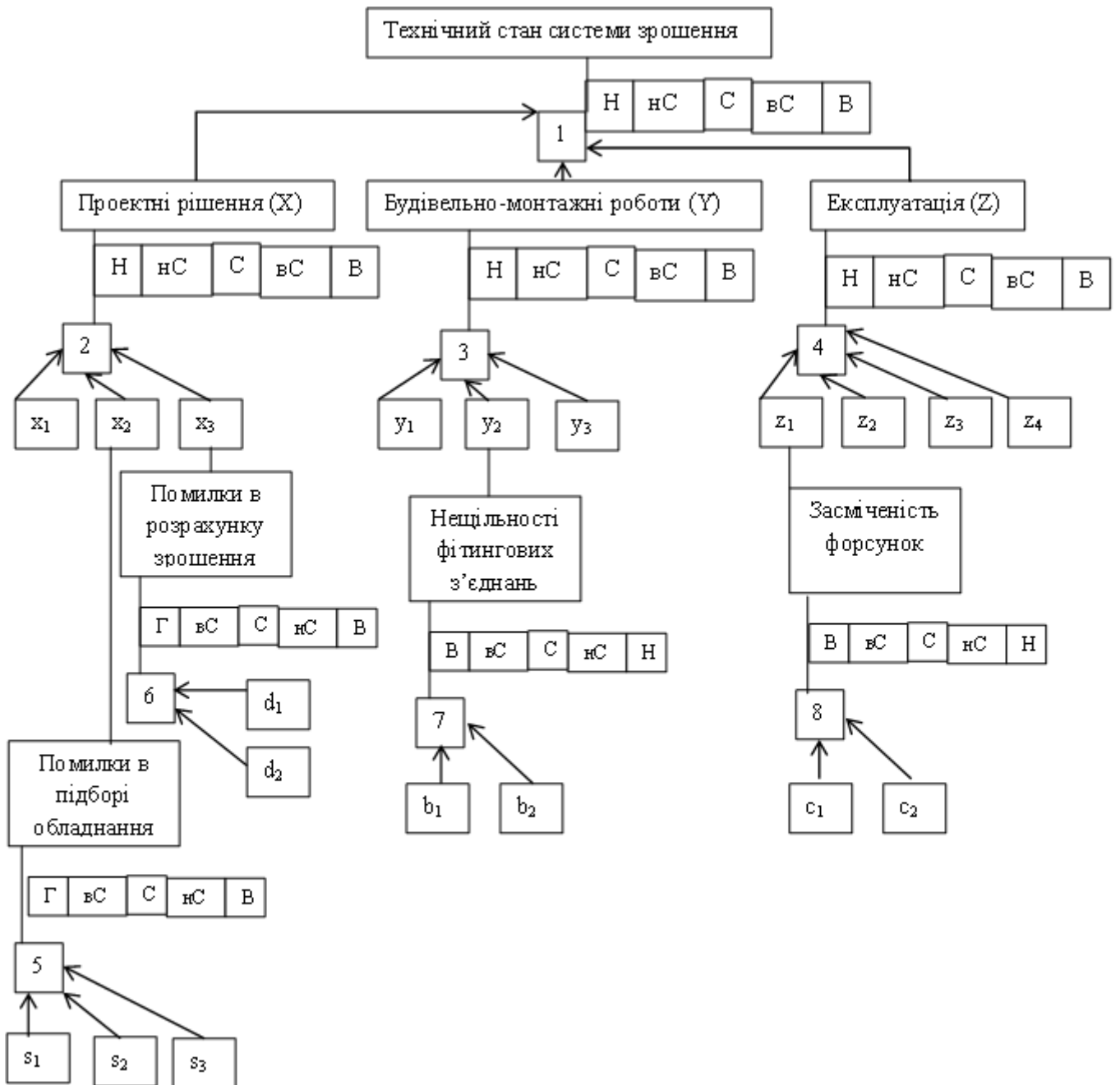


Рис. 2.7 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на систему зрошення.

Таблиця 2.2 – Матриця знань залежності 2.17

ЯКЩО			ТО
Проектні рішення (X)	Будівельно-монтажні роботи (Y)	Експлуатація системи (Z)	Технічний стан системи зрошення (A _{сз})
Низькі (Н)	Низькі (Н)	Низька (Н)	Низький (Н)
Низькі (Н)	Нижче середнього (нС)	Низька (Н)	
Низькі (Н)	Низькі (Н)	Нижче середнього (нС)	
Низькі (Н)	Середні (С)	Середня (С)	Нижче середнього (нС)
Нижче середнього (нС)	Нижче середнього (нС)	Низька (Н)	
Середні (С)	Низькі (Н)	Нижче середнього (нС)	
Середні (С)	Середні (С)	Нижче середнього (нС)	Середній (С)
Середні (С)	Нижче середнього (нС)	Середня (С)	
Вище середнього (вС)	Середні (С)	Середня (С)	
Вище середнього (вС)	Вище середнього (вС)	Середня (С)	Вище середнього (вС)
Середні (С)	Середні (С)	Вище середнього (вС)	
Вище середнього (вС)	Середні (С)	Вище середнього (вС)	
Високі (В)	Високі (В)	Вище середнього (вС)	Високий (В)
Високі (В)	Вище середнього (вС)	Висока (В)	
Високий (В)	Високі (В)	Висока (В)	

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для залежності 2.18 наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Матриця знань залежності 2.18

ЯКЩО			ТО
Помилки у гідравлічних розрахунках (x ₁)	Помилки у підборі обладнання (x ₂)	Помилки у розрахунку процесів зрошення (x ₂)	Проектні рішення (X)
Грубі (Г)	Грубі (Г)	Грубі (Г)	Низькі (Н)
Вище середнього (вС)	Грубі (Г)	Грубі (Г)	
Вище середнього (вС)	Грубі (Г)	Вище середнього (вС)	
Вище середнього (вС)	Вище середнього (вС)	Вище середнього (вС)	Нижче середнього (нС)
Середні (С)	Вище середнього (вС)	Середні (С)	
Середні (С)	Вище середнього (вС)	Вище середнього (вС)	

Середні (С)	Середні (С)	Середні (С)	Середні (С)
Нижче середнього (нС)	Середні (С)	Середні (С)	
Середні (С)	Середні (С)	Нижче середнього (нС)	
Нижче середнього (нС)	Нижче середнього (нС)	Нижче середнього (нС)	Вище середнього (вС)
Нижче середнього (нС)	Нижче середнього (нС)	Відсутні (В)	
Відсутні (В)	Нижче середнього (нС)	Нижче середнього (нС)	
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Відсутні (В)	Високі (В)
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Нижче середнього (нС)	
Нижче середнього (нС)	Відсутні (В)	Відсутні (В)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.2, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(X) = \mu_{\Gamma}(x_1) \wedge \mu_{\Gamma}(x_2) \wedge \mu_{\Gamma}(x_3) \vee \mu_{\text{вС}}(x_1) \wedge \mu_{\Gamma}(x_2) \wedge \mu_{\Gamma}(x_3) \vee \mu_{\text{вС}}(x_1) \wedge \mu_{\Gamma}(x_2) \wedge \mu_{\text{вС}}(x_3); \quad (2.30)$$

$$\mu_{\text{нС}}(X) = \mu_{\text{вС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{вС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{вС}}(x_3) \vee \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{вС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \vee \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{вС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{вС}}(x_3); \quad (2.31)$$

$$\mu_{\text{С}}(X) = \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{вС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \vee \mu_{\text{нС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \vee \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{нС}}(x_3); \quad (2.32)$$

$$\mu_{\text{вС}}(X) = \mu_{\text{нС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{нС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{нС}}(x_3) \vee \mu_{\text{нС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{нС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3) \vee \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{нС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{нС}}(x_3); \quad (2.34)$$

$$\mu_{\text{В}}(X) = \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3) \vee \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{нС}}(x_3) \vee \mu_{\text{нС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3). \quad (2.35)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між факторами, що впливають на якість будівельно-монтажних робіт (Y) з пошкодженням при транспортуванні обладнання (y1), нещільностями фітингових з'єднань (y2) та помилками в монтажу та закріпленні трубопроводів (y3), виконується з використання системи терм-множини.

$$T(Y) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle;$$

$$T(y1) = \langle \text{присутні, частково присутні, відсутні} \rangle;$$

$$T(y2) = \langle \text{присутні, частково присутні, відсутні} \rangle;$$

$T(y_3) = \langle \text{присутні, частково присутні, відсутні} \rangle$.

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для залежності 2.17 наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Матриця знань залежності 2.19

ЯКЩО			ТО
Пошкодження при транспортуванні обладнання (y_1)	Нещільності фітингових з'єднань (y_2)	Помилки монтажу та закріплення трубопроводів (y_2)	Будівельно-монтажні роботи (Y)
Присутні (П)	Присутні (П)	Присутні (П)	Низькі (Н)
Присутні (П)	Присутні (П)	Частково присутні (чП)	
Частково присутні (чП)	Частково присутні (чП)	Присутні (П)	Нижче середнього (нС)
Присутні (П)	Частково присутні (чП)	Частково присутні (чП)	
Частково присутні (чП)	Частково присутні (чП)	Відсутні (В)	Середні (С)
Частково присутні (чП)	Відсутні (В)	Частково присутні (чП)	
Відсутні (В)	Частково присутні (чП)	Частково присутні (чП)	Вище середнього (вС)
Відсутні (В)	Частково присутні (чП)	Відсутні (В)	
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Відсутні (В)	Високі (В)
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Частково присутні (чП)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.3, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(Y) = \mu_P(y_1) \wedge \mu_P(y_2) \wedge \mu_P(y_3) \vee \mu_P(y_1) \wedge \mu_P(y_2) \wedge \mu_{чП}(y_3); \quad (2.36)$$

$$\mu_{нС}(Y) = \mu_{чП}(y_1) \wedge \mu_{чП}(y_2) \wedge \mu_P(y_3) \vee \mu_P(y_1) \wedge \mu_{чП}(y_2) \wedge \mu_{чП}(y_3); \quad (2.37)$$

$$\mu_C(Y) = \mu_{чП}(y_1) \wedge \mu_{чП}(y_2) \wedge \mu_V(y_3) \vee \mu_{чП}(y_1) \wedge \mu_V(y_2) \wedge \mu_{чП}(y_3); \quad (2.38)$$

$$\mu_{вС}(Y) = \mu_V(y_1) \wedge \mu_{чП}(y_2) \wedge \mu_{чП}(y_3) \vee \mu_V(y_1) \wedge \mu_{чП}(y_2) \wedge \mu_V(y_3); \quad (2.39)$$

$$\mu_V(Y) = \mu_V(y_1) \wedge \mu_V(y_2) \wedge \mu_V(y_3) \vee \mu_V(y_1) \wedge \mu_V(y_2) \wedge \mu_{чП}(y_3); \quad (2.40)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між факторами, що впливають на рівень експлуатації системи (Z) з засміченістю

форсунок (z_1), збоями в електрифікації обладнання (z_2), ремонтом системи (z_3) та дотриманням програми зрошення (z_4), виконується з використання системи терм-множини.

$T(Z) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle;$

$T(z_1) = \langle \text{присутня, частково присутня, відсутня} \rangle;$

$T(z_2) = \langle \text{часті, середні, відсутні} \rangle;$

$T(z_3) = \langle \text{присутні, частково присутні, відсутні} \rangle;$

$T(z_4) = \langle \text{відсутнє, середнє, оптимальнє} \rangle.$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для залежності 2.19 наведено в табл.2.5.

Таблиця 2.5 – Матриця знань залежності 2.19

ЯКЩО				ТО
Засміченість форсунок (z_1)	Збої в електрифікації обладнання (z_2)	Ремонт системи (z_3)	Дотримання програми зрошення (z_4)	Експлуатація системи (Z)
Присутня (П)	Часті (Ч)	Відсутній (В)	Відсутнє (В)	Низькі (Н)
Присутня (П)	Часті (Ч)	Відсутній (В)	Середнє (С)	
Частково присутня (чП)	Часті (Ч)	Відсутній (В)	Середнє (С)	Нижче середнього (нС)
Присутня (П)	Часті (Ч)	Частково присутній (чП)	Середнє (С)	
Частково присутня (чП)	Середні (С)	Частково присутній (чП)	Середнє (С)	Середні (С)
Частково присутня (чП)	Середні (С)	Присутній (П)	Середнє (С)	
Частково присутня (чП)	Відсутні (В)	Частково присутній (чП)	Оптимальнє (О)	Вище середнього (вС)
Частково присутня (чП)	Відсутні (В)	Присутній (П)	Середнє (С)	
Відсутня (В)	Відсутні (В)	Присутній (П)	Оптимальнє (О)	Високі (В)
Відсутня (В)	Відсутні (В)	Присутній (П)	Середнє (С)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.4, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_N(Z) = \mu_P(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \wedge \mu_B(z_4) \vee \mu_P(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \wedge \mu_C(z_4); \quad (2.41)$$

$$\mu_{nC}(Z) = \mu_{чП}(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \wedge \mu_C(z_4) \vee \mu_P(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_{чП}(z_3) \wedge \mu_C(z_4); \quad (2.42)$$

$$\mu_C(Z) = \mu_{\text{чП}}(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_{\text{чП}}(z_3) \wedge \mu_C(z_4) \vee \mu_{\text{чП}}(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_{\text{П}}(z_3) \wedge \mu_C(z_4); \quad (2.43)$$

$$\mu_{\text{вС}}(Z) = \mu_{\text{чП}}(z_1) \wedge \mu_{\text{В}}(z_2) \wedge \mu_{\text{чП}}(z_3) \wedge \mu_{\text{О}}(z_4) \vee \mu_{\text{чП}}(z_1) \wedge \mu_{\text{В}}(z_2) \wedge \mu_{\text{П}}(z_3) \wedge \mu_C(z_4); \quad (2.44)$$

$$\mu_{\text{В}}(Z) = \mu_{\text{В}}(z_1) \wedge \mu_{\text{В}}(z_2) \wedge \mu_{\text{П}}(z_3) \wedge \mu_{\text{О}}(z_4) \vee \mu_{\text{В}}(z_1) \wedge \mu_{\text{В}}(z_2) \wedge \mu_{\text{П}}(z_3) \wedge \mu_C(z_4). \quad (2.45)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між факторами, що впливають на помилки в підборі обладнання (x_2) з підбором форсунок (s_1), підбором трубопроводів (s_2) та підбором насоса (s_3), виконується з використання системи терм-множини.

$T(x_2) = \langle \text{грубі, вище середнього, середні, нижче середнього, відсутні} \rangle;$

$T(s_1) = \langle \text{невірно, частково вірно, вірно} \rangle;$

$T(s_2) = \langle \text{невірно, частково вірно, вірно} \rangle;$

$T(s_3) = \langle \text{невірно, частково вірно, вірно} \rangle;$

Таблиця 2.6 – Матриця знань залежності 2.20

ЯКЩО			ТО
Підбір форсунок (z_1)	Підбір трубопроводів (z_2)	Підбір насоса (z_3)	Помилки в підборі обладнання (Z)
Невірно (нВ)	Невірно (нВ)	Невірно (нВ)	Грубі (Г)
Частково вірно (чВ)	Невірно (нВ)	Невірно (нВ)	
Невірно (нВ)	Частково вірно (чВ)	Частково вірно (чВ)	Вище середнього (вС)
Частково вірно (чВ)	Невірно (нВ)	Частково вірно (чВ)	
Вірно (В)	Частково вірно (чВ)	Частково вірно (чВ)	Середні (С)
Вірно (В)	Вірно (В)	Частково вірно (чВ)	
Частково вірно (чВ)	Вірно (В)	Частково вірно (чВ)	Нижче середнього (вС)
Частково вірно (чВ)	Частково вірно (чВ)	Вірно (В)	
Вірно (В)	Вірно (В)	Вірно (В)	Відсутні (В)
Частково вірно (чВ)	Вірно (В)	Вірно (В)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.5, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_{\Gamma}(x_2) = \mu_{\text{нВ}}(s_1) \wedge \mu_{\text{нВ}}(s_2) \wedge \mu_{\text{нВ}}(s_3) \vee \mu_{\text{чВ}}(s_1) \wedge \mu_{\text{нВ}}(s_2) \wedge \mu_{\text{нВ}}(s_3); \quad (2.46)$$

$$\mu_{\text{вС}}(x_2) = \mu_{\text{нВ}}(s_1) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_2) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_3) \vee \mu_{\text{чВ}}(s_1) \wedge \mu_{\text{нВ}}(s_2) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_3); \quad (2.47)$$

$$\mu_{\text{С}}(x_2) = \mu_{\text{В}}(s_1) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_2) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_3) \vee \mu_{\text{В}}(s_1) \wedge \mu_{\text{В}}(s_2) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_3); \quad (2.48)$$

$$\mu_{\text{нС}}(x_2) = \mu_{\text{чВ}}(s_1) \wedge \mu_{\text{В}}(s_2) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_3) \vee \mu_{\text{чВ}}(s_1) \wedge \mu_{\text{чВ}}(s_2) \wedge \mu_{\text{В}}(s_3); \quad (2.49)$$

$$\mu_{\text{В}}(x_2) = \mu_{\text{В}}(s_1) \wedge \mu_{\text{В}}(s_2) \wedge \mu_{\text{В}}(s_3) \vee \mu_{\text{чВ}}(s_1) \wedge \mu_{\text{В}}(s_2) \wedge \mu_{\text{В}}(s_3). \quad (2.50)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між факторами, що впливають на помилки в розрахунку процесів зрошення (x_3) з похибкою подачі та напору суміші (d_1) та похибкою в пропорціях компонентів суміші (d_2), виконується з використання системи терм-множини.

$T(x_3) = \langle \text{грубі, вище середнього, середні, нижче середнього, відсутні} \rangle;$

$T(d_1) = \langle \text{груба, середня, точна} \rangle;$

$T(d_2) = \langle \text{груба, середня, точна} \rangle.$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для залежності 2.21 наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Матриця знань залежності 2.21

ЯКЩО		ТО
Похибка подачі та напору суміші (d_1)	Похибка в пропорціях компонентів суміші (d_2)	Помилки в підборі обладнання (x_3)
Груба (Г)	Груба (Г)	Грубі (Г)
Груба (Г)	Середня (С)	
Середня (С)	Груба (Г)	Вище середнього (вС)
Середня (С)	Середня (С)	Середні (С)
Середня (С)	Точна (Т)	
Точна (Т)	Середня (С)	Нижче середнього (вС)
Точна (Т)	Точна (Т)	Відсутні (В)

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 3, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_{\Gamma}(x_3) = \mu_{\Gamma}(d_1) \wedge \mu_{\Gamma}(d_2) \vee \mu_{\Gamma}(d_1) \wedge \mu_{\text{С}}(d_2); \quad (2.51)$$

$$\mu_{BC}(x_3) = \mu_C(d_1) \wedge \mu_T(d_2); \quad (2.52)$$

$$\mu_C(x_3) = \mu_C(d_1) \wedge \mu_C(d_2) \vee \mu_C(d_1) \wedge \mu_T(d_2); \quad (2.53)$$

$$\mu_{HC}(x_3) = \mu_T(d_1) \wedge \mu_C(d_2); \quad (2.54)$$

$$\mu_B(x_3) = \mu_T(d_1) \wedge \mu_T(d_2). \quad (2.55)$$

2.13 Розрахунок економічної ефективності використання теплоаккумулятора з повітряним теплоносієм

Мета розрахунку полягає у визначенні доцільності використання теплоакumuлюючого пристрою та визначення його економічних характеристик та терміну окупності. Розрахунок теплоаккумулятора проводиться для одної групи теплиць в такій послідовності:

- 1) Знаходження теплонадходження від сонячної радіації в холодний період року та теплоакumuлюючої здатності об'єму ґрунту;
- 2) Розрахунок параметрів системи вентиляції, прийняття схеми та підбір обладнання;
- 3) Розрахунок грошової витрати електроенергії, економії палива та вартості обладнання;
- 4) Знаходження терміну окупності.

Добове надходження сонячної енергії становить:

$$Q_{\text{сон}} = F \cdot q \cdot k = (32 \cdot 54) \cdot 1102 \cdot 0.7 = 1333 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}; \quad (2.56)$$

де F – площа теплиці по ґрунту, м^2 ;

q – енергетична освітленість на горизонтальну поверхню огороження, $\text{Вт}/\text{м}^2$ [15];

k – коефіцієнт пропускання сонячних променів огорожуючою конструкцією [10].

Теплоакumuлююча здатність ґрунту в грядках:

$$Q_{\text{ак}} = V \cdot \rho \cdot C_{\text{гр}} \cdot \Delta t_{\text{гр}} = 453,6 \cdot 1920 \cdot 1,09 \cdot 7 = 1845 \text{ кВт} \cdot \text{год}; \quad (2.57)$$

де V – об'єм ґрунту в грядках теплиці, м^3 ;

ρ – середня щільність ґрунту, кг/м³ [40];

$C_{гр}$ – питома теплоємність ґрунту при стандартній обробці, кДж/кг·К [40];

$\Delta t_{гр}$ – допустимий перепад температури ґрунту в діапазоні 18-25 °С [6].

Оскільки $Q_{ак} < Q_{сон}$, можна зробити висновок, що вся накопичена теплова енергія може накопичуватись у товщі ґрунту.

Продуктивність системи вентиляції при 8-годинному режимі роботи:

$$L=3600Q_{сон}/8C_{пов} \Delta t_{пов}=3600 \cdot 1333/8 \cdot 1,006 \cdot 10=59627 \text{ м}^3/\text{Год}; \quad (2.58)$$

де $C_{пов}$ – питома теплоємність повітря, кДж/кг·К;

$\Delta t_{пов}$ – різниця температур у верхній зоні на вході в систему (35 °С) та на виході з грядки (25 °С).

Перерахувавши вираз 2.58, витрата повітря на один проліт теплиці становитиме 14906 м³/год, а прийнявши 4 системи на один проліт, витрата повітря на систему становитиме 3726 м³/год.

Приймаємо систему з прокладанням трьох пластикових повітропроводів \emptyset 150 мм на половину грядки між осями 1-11 та 11-21 (Арк.).

Швидкість повітря в одному повітропроводі:

$$v=\frac{4L}{3600 \cdot 3 \cdot \pi d^2}=\frac{4 \cdot 3726}{3600 \cdot 3 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2}=4,88 \text{ м/с}; \quad (2.59)$$

де d – внутрішній діаметр повітропроводу, м.

Число Рейнольдса:

$$Re=vd/\nu=4,88 \cdot 0,15/1,5 \cdot 10^{-5}=48800; \quad (2.60)$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с.

Коефіцієнт гідравлячного опору повітропроводу:

$$\lambda=0,11 \left(\frac{k}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \left(\frac{0,0005}{0,15} + \frac{68}{48800} \right)^{0,25} = 0,028; \quad (2.61)$$

де k – коефіцієнт еквівалентної шорсткості повітропроводу, м.

Втрати тиску по довжині:

$$\Delta P_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} = 0,028 \cdot \frac{27}{0,15} \cdot \frac{1,26 \cdot 4,88^2}{2} = 72 \text{ Па};$$

(2.62)

Приймаємо що втрати тиску на місцевих опорах становлять 10% від ΔP_l , тобто:

$$\Delta P_m = 0,1 \cdot \Delta P_l = 0,1 \cdot 72 = 7,2 \text{ Па} \quad (2.63)$$

Необхідний тиск вентилятора з урахуванням 10%-го запасу:

$$P = 1,1 \cdot (\Delta P_l + \Delta P_m) = 1,1 \cdot (72 + 7,2) = 87 \text{ Па} \quad (2.64)$$

Необхідна потужність електродвигуна вентилятора:

$$N = k \frac{LP}{3600 \eta_v \eta_{\pi}} = 2 \cdot \frac{3726 \cdot 87}{3600 \cdot 0,86 \cdot 0,92} = 227 \text{ Вт};$$

(2.65)

де k – коефіцієнт запасу (для N до 1 кВт $k=2$) [41];

η_v – ККД вентилятора [41];

η_{π} – ККД передачі [41].

Витрата електроенергії на 16 вентиляторів групи теплиць:

$$E_v = n \cdot T_{\text{роб}} \cdot N = 16 \cdot 8 \cdot 250 = 32 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}; \quad (2.66)$$

де n – кількість вентиляторів, шт;

$T_{\text{роб}}$ – тривалість циклу роботи вентилятора, год/добу.

Перерахувавши вираз 2.66 в грошовому еквіваленті за тарифом 1,62 грн/кВт·год станом на 2019 рік [42], вартість електроенергії на роботу електровентилятора становитиме 52 грн/добу або 9672 грн/опал. період.

Зекономлена маса дров за добу завдяки теплоаккумуляції:

$$M_{\text{др}}^{\text{ек}} = Q_{\text{ак}} / q_{\text{зг}}^{\text{др}} = 1333 \cdot 3600 / 13000 = 369 \text{ кг} / \text{добу}; \quad (2.67)$$

де $q_{\text{зг}}^{\text{др}}$ – питома теплота згоряння дров, кДж/кг [43].

Об'ємна економія дров:

$$V_{др}^{ек} = M_{др}^{ек} / \rho_{др}^{нас} = 369 / 600 = 0,62 \text{ м}^3/\text{добу}; \quad (2.68)$$

де $\rho_{др}^{нас}$ – насипна щільність дров, $\text{кг}/\text{м}^3$ [43].

Згідно ціни $500 \text{ грн}/\text{м}^3$ дров, економія становить $307 \text{ грн}/\text{добу}$ або $57102 \text{ грн}/\text{опал. пер.}$

Підбираємо вентилятор BSM-350 [44] з такими параметрами:

- витрата $L=3500 \text{ м}^3/\text{год}$;
- потужність $N = 250 \text{ Вт}$;
- вартість – 2563 грн ;
- гарантійний термін експлуатації – 7 років.

Вартість вентиляційного обладнання:

$$C_{в} = n \cdot C_1 = 16 \cdot 2563 = 41008 \text{ грн}$$

Ціна пластикового повітропроводу $\varnothing 150 \text{ мм}$ становить $170 \text{ грн}/\text{м. пог}$ [45], тому загальна вартість повітропроводів:

$$C_{п} = l \cdot C_{1м} = 170 \cdot 648 = 110160 \text{ грн}$$

Термін окупності системи теплоаккумуляції:

$$T_{ок} = (C_{в} + C_{п}) / (C_{др}^{ек} - C_{сл}) = (110160 + 41008) / (57102 - 9672) = 3 \text{ роки } 2 \text{ місяці}$$

Висновки до розділу

В даному розділі проведено аналіз методики розрахунку всіх компонентів системи мікроклімату. Знайдено величини теплонадходжень від сонячної радіації, які становлять $337,4 \text{ кВт}$ для липня та $41,2 \text{ кВт}$ для січня. Теплова потужність ґрунтового опалення $308,7 \text{ кВт}$, а шатрового опалення $339,8 \text{ кВт}$. Частка теплоти, яку виділяє система повітряного опалення становить 163 кВт . Розраховано витрати теплоносія для всіх компонентів системи.

Для літньої пори року проведено розрахунок системи аерації, результатами якого є знайдені площі вентиляційних прорізів: припливних 162 м^2 та витяжних $397,3 \text{ м}^2$. Витрата припливного повітря механічними вентиляторами становить $236 000 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розраховано циклічні режими кондиціювання повітря в об'ємі теплиці. Підібрано 2 котли BRS Comfort КЗТО з тепловою потужністю кожного 700 кВт .

Розраховано параметри системи туманоутворення та проведено його оцінку надійності.

Досліджено доцільність використання теплоаккумуляційного обладнання. Розраховано ґрунтовий теплоаккумулятор з повітряним теплоносієм, в якому накопичується 1333 кВт·год/добу теплової енергії, що надходить з сонячною радіацією. Термін окупності теплоаккумуляційного обладнання становить 3 роки 2 місяці.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАПРОЄКТОВАНИХ РІШЕНЬ

3.1 Аналіз системи, що прийнята до монтажу

Монтажним роботам в тепличному комбінаті підлягають елементи систем опалення, вентиляції, зрошування та тепlopостачання. Тепличний комбінат включає 2 групи чотирьохпролітних блочних теплиць, між якими розміщено технологічний проїзд. Прийняті системи опалення зон ґрунту, лотків, покрівлі, поздовжніх огорожень та повітряного опалення. Вентиляція являє собою систему торцевих осьових, теплових вентиляторів та кватирок в огороженні.

Як теплоносій для системи опалення використовується вода з температурою 90 °С на виході з котлів та 70 °С на зворотній магістралі. Як опалювальні прилади застосовуються змійовикові реєстри з гладких труб Ø 40 та 50 мм, змійовики з труб підігріву підлоги Ø32 мм. Регулювання та балансування систем здійснюється за допомогою регулюючих клапанів HERZ.

Установка котлів та їх обв'язка здійснюється у вже зведеній споруді блочної котельні з виведеним димоходом. Приймаються до установки 2 твердопаливні котли традиційного горіння.

Перед початком робіт здійснено демонтаж старого плівкового покриття. Стан вертикальних металевих конструкцій задовільний, наявне антикорозійне покриття, додаткової обробки не потребує.

До торцевих сторін будівлі примикають тамбурні приміщення, в яких будуть розміщені вузли керування та підготовки живильного розчину рослин.

Загальна теплова потужність системи тепlopостачання становить 1255,7 кВт.

Для трубопроводів шатрового, лоткового та поздовжнього обігріву використовуються труби водогазопровідні сталеві, закріплення здійснюється хомутами з гумовим осердям. З'єднання фасонних частин здійснюється ручним електродуговим зварюванням, зварювання частин труб здійснюється напряду через стакан.

Для трубопроводів системи повітряного опалення використовуються металопластикові труби із закріпленням хомутами. З'єднання фасонних частин здійснюється паянням.

Тепловентилятори закріплюються у висячому положенні до траверс, балок або цоколів. Під осьові припливні вентилятори монтується підсилюючий каркас з кутиків 40х40.

3.2 Отримання об'єкту під монтажні роботи

Підставою для початку монтажних робіт є прийняття об'єкту згідно акту-допуску до виконання будівельно-монтажних робіт.

Перед початком будівельно-монтажних робіт повинні бути вирішені такі загальнобудівельні та організаційні заходи [23]:

- забезпечення приоб'єктного складу будівельних матеріалів та вагончика для відпочинку;
- організація під'їзних доріг та тимчасового огороження;
- забезпечення електропостачання до об'єкта або наявності дизельного генератора у разі неможливості;
- на підставі дефектного акту виконати демонтаж плівкового покриття.

3.3 Розрахунок основних та витратних матеріалів

Основні і допоміжні матеріали та їх кількість зазначені відповідно у таблиці 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Відомість основних матеріалів та виробів

№ п/п	Найменування матеріалу	Од. виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
1	Листи полікарбонатні сотові 6 мм	м2	2378	1,3	3091,4
2	Плити пінополістирольні екструдовані 20 мм	м2	3054	0,8	2443,2
3	Труба із зшитого поліетилену 16x2 мм	м. пог	30200	0,113	3412,6
4	Труба металопластикова 26x3мм	м. пог	460	0,211	97,06
5	Труба металопластикова 32x3мм	м. пог	400	0,323	129,2
6	Труба металопластикова 40x3,5мм	м. пог	300	0,508	152,4
7	Труба сталева водогазопровідна оцинкована $d_y=40$	м. пог	350	3,84	1344
8	Труба сталева водогазопровідна оцинкована $d_y=50$	м. пог	6630	4,88	32354
9	Труба сталева водогазопровідна оцинкована $d_y=65$	м. пог	160	8,34	1334,4
10	Труба сталева водогазопровідна оцинкована $d_y=80$	м. пог	40	12,15	486
11	Труба сталева водогазопровідна оцинкована $d_y=100$	м. пог	15	13,42	201,3
12	Колектор Rossini 8 контурів з підмішувальним насосом	шт	8	3,2	25,6
13	Котли твердопаливні BRS Komfort КЗТО 700 кВт	компл	2	4500	9000
14	Розширювальний бак Zilmet HYDRO-PRO	шт	2	12	24
15	Тепловентилятор Атом АВО-20	компл	64	23	1472
16	Вентилятор ВОИР №6,3	шт	32	34	1088
17	Грязьовики	шт	8	15,2	121,6
Σ					56783

Таблиця 3.2 – Відомість витратних матеріалів та виробів

№ п/п	Шифр ресурсу	Матеріали, деталі та напівфабрикати	Од. вим	К-сть
1	2	3	4	5
1	111-0605	Мастика герметизуюча "Гелан"	т	1,09
2	111-1671	Емаль КЧ-728, біла	т	0,012
3	111-1857	Клямери, марка КЛ-1	шт	7850
4	111-0079	Бітуми нафтові для кровельних мастик, марка БНМ-55/60	т	4,27
5	111-1853	Цвяхи оцинковані будівельні	т	0,23
6	1530-0150	Муфта Ø25 мм	шт	129
7	1530-0151	Муфта Ø32 мм	шт	64
8	1530-0152	Муфта Ø40 мм	шт	48
9	1530-0156	Перехід Ø25/20	шт	25
10	1530-0157	Перехід Ø32x25	шт	16
11	1530-0158	Перехід Ø40/32	шт	12
12	111-0254	Вапно хлорне марки А	т	0,0011
13	1530-0166	Трійник прямий, Ø25	шт	106
14	1530-0167	Трійник прямий, Ø32	шт	68
15	1530-0168	Трійник прямий, Ø40	шт	56
16	1530-0176	Кутник прямий, Ø25	шт	37
17	1530-0177	Кутник прямий, Ø32	шт	32
18	1530-0178	Кутник прямий, Ø40	шт	21
19	1630-0119	З'єднання на згоні сталеві, переходи, Ø25	шт	368
20	1630-0120	З'єднання на згоні сталеві, переходи, Ø32	шт	240
21	1630-0121	З'єднання на згоні сталеві, переходи, Ø40	шт	180
22	1630-0128	Згони сталеві з муфтою і контргайкою, Ø25	шт	184
23	1630-0129	Згони сталеві з муфтою і контргайкою, Ø32	шт	120
24	1630-0130	Згони сталеві з муфтою і контргайкою, Ø40	шт	90
25	1545-0159	Пакля льняна	кг	1,5

Загальна маса всіх транспортованих матеріалів становить 59 т.

3.4 Вибір робочих інструментів, машин та механізмів

Для перевезення вантажів обираємо вантажний автомобіль MAN TGX 18.440 з такими характеристиками [24]:

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики автомобіля MAN TGX 18.440

Характеристики	Числові значення
Повна маса автомобіля, кг	7220
Повна маса автопоїзда, кг	39000
Максимальна швидкість, км/год	90
Витрата пального, л/100 км	15
Вантажопідйомність, кг	18000

Для закріплення кронштейнів та інших елементів трубопроводів використовується акумуляторний шурупверт Hilti SFC 14-A, його технічні характеристики наведені у таблиці 3.4 [25].

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики шурупверта «Hilti SFC 14-A»

НАЙМЕНУВАННЯ	Одиниця виміру	Значення
Діаметр закручування шурупів	мм	10
Потужність електродвигуна	кВт	0,64
Вага	кг	1,5

Отвори для встановлення кронштейнів виконують за допомогою ударно-інерційної дрелі DWT SBM-810 [26], її характеристики наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5– Технічні характеристики ударної дрелі DWT SBM-810

Параметр	Показник
Споживча потужність, Вт	810
Число обертів, об/хв	2800
Маса, кг	2,2

Для монтажу трубопроводів використовуємо агрегат для зварювання труб Odwerk BSG 73, технічні характеристики якого наведені у таблиці 5.8 [27].

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики агрегату Odwerk BSG 73

Характеристики	Значення
Робоча напруга, В	220-240
Частота сили струму, Гц	50
Споживана потужність, Вт	2000
Температура нагрівного елемента, °С	0-300
Діаметри труб, що монтуються, мм	20/25/32/40/50/65
Ножиці для нарізання труб	В комплекті
Маса, кг	2,4

Для зварювання сталевих трубопроводів застосовується зварювальний апарат IGBT Dnipro-M MMA-250 з характеристиками, описаними в табл. 3.7 [28].

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики зварювального апарату IGBT Dnipro-M MMA-250

Характеристики	Значення
Потужність, Вт	6400
Номінальний струм, А	20-250
Кабель тримача електрода, м	2,5
Кабель тримача маси, м	3
Діаметри електродів, мм	1,5-5
Маса, кг	4,2

Вимірювальні інструменти:

- рулетка (стрічка) вимірювальна, 40 м.(ГОСТ 7502-61);

- виски
- лазерний нівелір;
- рівні (ГОСТ 9392-60).

Ударні інструменти:

- молотки слюсарні (ГОСТ 2310-79);
- кувалди;
- зубила слюсарні (ГОСТ 7211-74).

маса 11 кг.

Інструменти для зборки:

- ключі гайкові (ГОСТ 4543-82);
- шуруповерт електричний;
- викрутки (ГОСТ 5423-79);
- плоскогубці (ГОСТ 7236-74).

Для внутрішніх робіт на висоті влаштовується риштування.

3.5 Визначення складу і об'єму робіт

3.5.1 Визначення складу робіт

1. Доставка матеріалів.
2. Застіклення теплиць.
3. Установка вузлів механізмів відкривання кватирок.
4. Теплоізоляція цоколю та ґрунту.
5. Прокладка металопластикових труб Ø26x3.
6. Прокладка металопластикових труб Ø32x3.
7. Прокладка металопластикових труб Ø40x3,5.
8. Прокладка труб ґрунтового опалення Ø32x3.
9. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø40.
10. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø50.
11. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø65.
12. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø80.
13. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø100.

- 14.Прокладка реєстрів зі сталевих гладких труб Ø40.
- 15.Прокладка реєстрів зі сталевих гладких труб Ø50.
- 16.Встановлення водомірних вузлів.
- 17.Встановлення бака акумулятора.
- 18.Встановлення розширювального бака.
- 19.Встановлення колектора.
- 20.Встановлення розподільчих гребінок.
- 21.Встановлення гідророзділювача.
- 22.Встановлення грязевиків.
- 23.Встановлення повітрозбірників.
- 24.Встановлення фільтрів очищення.
- 25.Встановлення манометрів.
- 26.Встановлення осьових вентиляторів.
- 27.Встановлення тепловентиляторів.
- 28.Встановлення зрошувачів із ПВХ труб.
- 29.Гідравлічне випробування трубопроводів систем.
- 30.Теплоізоляція трубопроводів.
- 31.Вивезення обладнання та сміття.

3.5.2 Визначення об'єму робіт.

1. Доставка матеріалів. Одиниця виміру в тонах. Загальна маса матеріалів та обладнання становить 59 т. Приймаємо об'єм $V=59$ [29].
2. Застіклення теплиць. Одиниця виміру в 100м^2 . Загальна площа становить 2378 м^2 . Приймаємо об'єм $V=23,8$ [30].
3. Установка вузлів механізмів відкриття кватирок. Одиниця виміру 1 вузол. Загальна кількість становить 132. Приймаємо об'єм $V=132$ [30].
4. Теплоізоляція цоколю та ґрунту. Одиниця виміру в 1м^3 . Загальний об'єм становить $61,08\text{ м}^3$. Приймаємо об'єм $V=61,1$ [31].
5. Прокладка металопластикових труб Ø26x3. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 460 м. Приймаємо об'єм $V=4,6$ [32].

6. Прокладка металопластикових труб $\text{Ø}32 \times 3$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 400 м. Приймаємо об'єм $V=4,0$ [32].

7. Прокладка металопластикових труб $\text{Ø}40 \times 3,5$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 300 м. Приймаємо об'єм $V=3$ [32].

8. Прокладка труб ґрунтового опалення $\text{Ø}32 \times 3$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 30200 м^2 . Приймаємо об'єм $V=302$ [30].

9. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих $\text{Ø}40$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 350 м. Приймаємо об'єм $V=3,5$ [32].

10. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих $\text{Ø}50$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 6630 м. Приймаємо об'єм $V=66,3$ [32].

11. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих $\text{Ø}65$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 160 м. Приймаємо об'єм $V=1,6$ [32].

12. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих $\text{Ø}80$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 400 м. Приймаємо об'єм $V=0,4$ [32].

13. Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих $\text{Ø}100$. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 15м. Приймаємо об'єм $V=0,15$ [32].

14. Встановлення водомірних вузлів. Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 2 шт. Приймаємо об'єм $V=2$ [34].

15. Встановлення бака акумулятора. . Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 2 шт. Приймаємо об'єм $V=2$ [33].

16. Встановлення розширювального бака. Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 2 шт. Приймаємо об'єм $V=2$ [33].

17. Встановлення колектора. . Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 16 шт. Приймаємо об'єм $V=16$ [34].

18. Встановлення розподільчих гребінок. . Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 16 шт. Приймаємо об'єм $V=16$ [34].

19. Встановлення гідророзділювача. . Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 1 шт. Приймаємо об'єм $V=1$ [34].
20. Встановлення грязевиків. . Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 2 шт. Приймаємо об'єм $V=2$ [34].
21. Встановлення повітрозбірників. Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 32 шт. Приймаємо об'єм $V=32$ [34].
22. Встановлення фільтрів очищення. Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 10 шт. Приймаємо об'єм $V=10$ [34].
23. Встановлення манометрів. Одиниця виміру 1 шт. Загальна кількість становить 2 шт. Приймаємо об'єм $V=2$ [34].
24. Встановлення осьових вентиляторів. Одиниця виміру 1 компл. Загальна кількість становить 32 компл. Приймаємо об'єм $V=32$ [35].
25. Встановлення тепловентиляторів. Одиниця виміру 1 компл. Загальна кількість становить 32 компл. Приймаємо об'єм $V=32$ [35].
26. Встановлення зрошувачів із ПВХ труб. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 1600 м. Приймаємо об'єм $V=16$ [30].
27. Гідравлічне випробування трубопроводів систем. Одиниця виміру в 100м. Загальна довжина становить 38555 м. Приймаємо об'єм $V=385,6$ [32].
28. Теплоізоляція трубопроводів. Одиниця виміру в 10м. Загальна довжина становить 1850 м. Приймаємо об'єм $V=185$ [31].
29. Вивезення обладнання та сміття. Загальна маса інструментів становить 46,5 кг, а сміття – 1,5 т. Приймаємо $V=1,6$

3.6 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складу бригад

Норма часу виконання монтажних та пусконаладжувальних робіт, H_u , визначаємо згідно [29-35].

Трудомісткість робіт обчислюємо за формулою:

$$Q = \frac{V \cdot H_u}{k}, \quad (3.1)$$

де V – об'єм робіт;

k – коефіцієнт перевиконання ($k = 1 \dots 1,3$), приймаємо $k = 1,2$.

Тривалість виконання робіт

$$T = \frac{Q}{8 \cdot n}, \quad (3.2)$$

де n – кількість робітників.

Знайдені значення заносимо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт

№ п/п	Найменування робіт	Од. вимір	Об'єм робіт V	Норма часу Нч, люд*год	Трудомісткість Q, люд*дні	Склад бригади	к-сть осіб	Тривалість T, дні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка матеріалів [29]	1т	59	2,1	103,25	Монт 3 р. -10 Водій - 4	14	0,9218 8
2	Застіклення теплиць [30]	100м2	23,8	48,19	955,76833	Монт 3 р. -12	12	9,9559 2
3	Установка вузлів механізмів відкривання кватирок [30]	1 вузол	132	0,58	63,8	Монт 3р - 4	4	1,9937 5
4	Теплоізоляція цоколю та ґрунту [31]	1м3	61,1	25,92	1319,76	Монт 3 р. - 8 Монт 4 р. - 2	10	16,497

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Прокладка металопластикових труб Ø26x3 [32]	100м	4,6	211,56	810,98	МОНТ 3 р. - 10 МОНТ 4 р. - 4	14	7,2408 9
6	Прокладка металопластикових труб Ø32x3[32]	100м	4	172,2	574	МОНТ 3 р. - 10 МОНТ 4 р. - 4	14	5,125
7	Прокладка металопластикових труб Ø40x3,5 [32]	100м	3	229,6	574	МОНТ 3 р. - 10 МОНТ 4 р. - 4	14	5,125
8	Прокладка труб ґрунтового опалення Ø32x3 [30]	100м	302	31,92	8033,2	МОНТ 3 р. - 20 МОНТ 4 р. - 8	28	35,862 5
9	Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø40 [32]	100м	3,5	55,27	161,20417	МОНТ 3 р. - 10 МОНТ 4 р. - 4	14	1,4393 2
10	Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø50 [32]	100м	66,3	71,01	3923,3025	МОНТ 3 р. - 20 МОНТ 4 р. - 8	28	17,514 7
11	Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø65 [32]	100м	1,6	91,02	121,36	МОНТ 3 р. - 10 МОНТ 4 р. - 4	14	1,0835 7
12	Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø80 [32]	100м	0,4	91,02	30,34	МОНТ 3 р. - 10 МОНТ 4 р. - 4	14	0,2708 9
13	Прокладка труб сталевих водогазопровідних оцинкованих Ø100 [32]	100м	0,15	113,16	14,145	МОНТ 3 р. - 5 МОНТ 4 р. - 2	7	0,2525 9
14	Встановлення водомірних вузлів [34]	1шт	2	21,48	35,8	МОНТ 4 р. - 2	2	2,2375
15	Встановлення бака акумулятора [33]	1шт	2	23,94	39,9	МОНТ 3 р. - 5 МОНТ 4 р. - 2	7	0,7125
16	Встановлення розширювального бака [33]	1шт	2	5,95	9,9166667	МОНТ 4 р. - 2	2	0,6197 9
17	Встановлення колектора [34]	1шт	16	2,45	32,666667	МОНТ 4 р. - 2	2	2,0416 7
18	Встановлення розподільчих гребінок[34]	1шт	16	11,25	150	МОНТ 3 р. - 5 МОНТ 4 р. - 2	7	2,6785 7

19	Встановлення гідророзділювача[34]	1шт	1	5,87	4,8916667	Монт 4 р. - 2	2	0,3057 3
20	Встановлення грязевиків[34]	1шт	2	4,33	7,2166667	Монт 4 р. - 2	2	0,4510 4

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Встановлення повітрярозбірників[34]	1шт	32	1,82	48,5333333	Монт 3 р. - 5 Монт 4 р. - 2	7	0,8666 7
22	Встановлення фільтрів очищення[34]	1шт	10	18,2	151,66667	Монт 3 р. - 5 Монт 4 р. - 2	7	2,7083 3
23	Встановлення манометрів[34]	1шт	2	1,28	2,13333333	Монт 4 р. - 2	2	0,1333 3
24	Встановлення осьових вентиляторів [35]	1 компл	32	10,2	272	Монт 3 р. - 20 Монт 4 р. - 8	28	1,2142 9
25	Встановлення теплоventиляторів[35]	1 компл	32	12,75	340	Монт 3 р. - 20 Монт 4 р. - 8	28	1,5178 6
26	Встановлення зрошувачів із ПВХ труб [30]	100м	16	83,27	1110,2667	Монт 3 р. - 20 Монт 4 р. - 8	28	4,9565 5
27	Гідравлічне випробування трубопроводів систем [32]	100м	385,6	8,22	2641,36	Монт 3 р. - 20 Монт 4 р. - 8	28	11,791 8
28	Теплоізоляція трубопроводів [31]	10м	185	4,96	764,66667	Монт 3 р. - 10 Монт 4 р. - 4	14	6,8273 8
29	Вивезення обладнання та сміття	1т	1,6	2,1	2,8	Монт 3 р. - 2 Водій - 1	3	0,1166 7

Згідно знайдених значень трудомісткості виконано календарний графік (див. Арк. 13) та знайдені такі показники:

- загальна трудомісткість – 22305 люд.-днів;
- тривалість монтажних робіт – 65,5 днів;
- середня кількість робітників – 37 чол.;
- максимальна кількість робітників – 84 чол.

3.7 Розрахунок витрат пального та електроенергії

Витрати пального на доставлення матеріалів, інструментів, обладнання та виробів на відстань 18 км складатимуть

$$V=Ql=4*14/100*18=10,08 \text{ л}$$

Витрати пального на вивезення будівельного сміття на відстань 12 км складатимуть

$$V=Ql=14/100*12=1,68 \text{ л}$$

Загальні витрати пального

$$V=10,08+1,68=11,76$$

Витрати електроенергії розраховуються за формулою:

$$E = P \times \tau \times k, \quad (3.3)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год, (див. графік руху машин та механізмів, додаток Б, аркуш 7);

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [39]

Витрата електроенергії шурупвертом Hilti SFC 14-A:

$$E_1=0,64*56*8*0,45=129,02 \text{ кВт*год}$$

Витрата електроенергії дреллю DWT SBM-810:

$$E_2=0,81*31*8*0,4=80,35 \text{ кВт*год}$$

Витрата електроенергії агрегатом для зварювання труб Odwerk BSG 73:

$$E_3=2*46*8*0,2=147,2 \text{ кВт*год}$$

Сумарні витрати електроенергії на період монтажу:

$$E=E_1+ E_2+ E_3=129,02+80,35+147,2=356,57 \text{ кВт*год}$$

3.8 Заходи з охорони праці

На будівельно-монтажний персонал, який здійснює опоряджувальні роботи та улаштування теплоізолювальних фасадних систем, за ГОСТ 12.0.003-74 впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена рухливість повітря;

психофізіологічні небезпечних та шкідливих виробничих фактори:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

3.8.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць з улаштування теплоізолювальних фасадних систем

Фасадні системи за конструктивним рішенням і класифікацією повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-34. Суміші та мастики під час виконання опоряджувальних робіт необхідно готувати, як правило, централізовано. Приготування їх, а також розчинової суміші за ДСТУ Б В.2.6-36 на будівельному майданчику необхідно здійснювати у приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією для запобігання перевищенню

граничнодопустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Робочі місця для виконання опоряджувальних робіт, улаштування фасадних систем на висоті повинні бути обладнані засобами підмоцвання і сходами-драбинами для піднімання на них. Засоби підмоцвання, що застосовуються під час штукатурних, малярних робіт, улаштування фасадних систем у місцях, під якими виконуються інші роботи чи є прохід, повинні бути з настилами без зазорів. Внутрішні штукатурні роботи, а також монтаж збірних карнизів і ліпних елементів внутрішніх приміщень необхідно виконувати тільки з помостів або пересувних столиків, встановлених на підлогу, або на суцільні настили. Зовнішні штукатурні роботи необхідно виконувати з інвентарних вертикальних або підвісних риштовань.

Під час виконання робіт на внутрішніх сходових клітках необхідно застосовувати спеціальні помости (столики) з різною довжиною опорних підпорок, які встановлюються на сходинок. Робочий настил повинен бути горизонтальним та мати парапетні огорожі.

Персонал, який експлуатує засоби механізації, оснащення, пристрої та ручні машини, до початку робіт повинен бути навчений безпечним методам та способам робіт відповідно до інструкцій заводу-виробника та інструкції з охорони праці.

Робочі місця, засоби підмоцвання (риштовання, помости, робочі площадки тощо, які забезпечують безпеку виконання робіт на висоті) повинні відповідати вимогам цього розділу, розділу 6 цих норм, ГОСТ 24258, ГОСТ 26887, ГОСТ 27321, ГОСТ 28012.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт необхідно застосовувати переважно інвентарні засоби підмоцвання. В окремих випадках допускається застосування неінвентарних засобів підмоцвання, конструкція яких визначена у ПВР.

Поверхню ґрунту, на яку встановлюються засоби підмоцвання, необхідно спланувати (вирівняти, утрамбувати) та забезпечити відведення з неї поверхневих вод. За неможливості виконання цих вимог засоби підмоцвання

повинні бути обладнані опорами, що регулюються (домкратами), для забезпечення їх горизонтального виставлення, або повинні бути встановлені тимчасові опорні споруди, що забезпечують горизонтальність виставлення засобів підмоцвання.

Риштовання, конструкція яких не забезпечує власної стійкості, необхідно прикріпити до споруди засобами, зазначеними у технічній документації заводу-виробника, або в проектно-технологічній документації на встановлення риштовання.

За відсутності вказівок щодо закріплення риштовань їх кріплення до стін споруди необхідно здійснювати не менше ніж через один ярус для верхніх стояків, через два прогони для верхнього ярусу й одного кріплення на кожних 50 м² проекції поверхні риштовань на фасад споруди.

Не допускається кріплення риштовань до парапетів, карнизів, балконів, інших виступних частин споруди. Риштовання, розташовані поблизу проїзду транспортних засобів, повинні бути огороженні колесовідбійними брусами на відстані не менше ніж 0,6 м від габаритів транспортних засобів.

Монтаж (демонтаж) інвентарних риштовань необхідно здійснювати у послідовності та відповідно до вимог, зазначених у технічній документації на риштовання. Робочі навантаження на риштовання в процесі виконання робіт не повинні перевищувати визначених технічною документацією. За необхідності передавання на риштовання додаткових навантажень (від підйомників, вантажопідіймальних площадок тощо) їх конструкцію необхідно перевірити на ці навантаження.

У місцях піднімання людей на риштовання повинні бути вивішені плакати, на яких зазначено схеми навантажень, їх величини, а також схеми евакуації працівників на випадок аварійних ситуацій.

Засоби підмоцвання повинні бути зроблені з рівних робочих настилів із зазором між дошками не більше ніж 5 мм, а у разі розміщення настилу на висоті 1,3 м та вище встановлювати огорожі з суцільною бортовою обшивкою по низу. Висота огорожі повинна бути не менше ніж 1,1 м, бортові обшивки –

не менше ніж 0,15 м, відстань між горизонтальними елементами огорожі – не більше ніж 0,5 м.

Засоби підмоцнування, які використовуються під час штукатурних або малярних робіт у місцях, під якими здійснюються інші роботи або є прохід, необхідно виконувати настилами без зазорів. З'єднання щитів настилів внапуск допускається тільки по їх довжині, причому кінці елементів, що стикаються, повинні бути розміщені на опорі та перекривати її не менше ніж на 0,2 м у кожний бік.

Риштовання та помості висотою до 4 м допускаються в експлуатацію після їх приймання керівником робіт (виконробом або майстром) та реєстрації в журналі робіт, а вище ніж 4 м – після приймання комісією, призначеною особою, яка відповідає за забезпечення охорони праці в організації, та оформлення відповідного акта.

Під час приймання риштовань та підмостей повинні бути перевірені: наявність кріплень, що забезпечують їх стійкість, вузли кріплення окремих елементів, робочі настили та огородження, вертикальність стояків, надійність опорних площадок та заземлення (для металевих риштовань).

Під час виконання робіт із риштовань висотою понад 6 м і більше повинно бути улаштовано не менше ніж два настили: робочий (верхній) і захисний (нижній); кожне робоче місце на риштованнях, що прилягає до будинку чи споруди, повинно бути захищене зверху настилом, розташованим на висоті не вище ніж 2 м від робочого настилу. Якщо під час виконання робіт рух людей чи транспорту під риштованнями і поблизу від них не передбачається, улаштування захисного (нижнього) настилу не обов'язкове.

Якщо передбачається пересування людей у безпосередній близькості від риштовань, місця пересування людей повинні бути обладнані суцільним захисним навісом, а фасад риштовань закритий захисною сіткою з вічками розміром не більше ніж (5 x 5) мм.

Зазори між стіною споруди і робочим настилом риштовань, які встановлюються біля неї, не повинні перевищувати 50 мм у разі кам'яного

мурування та 150 мм у разі виконання опоряджувальних та ремонтних робіт.

Під час виконання теплоізоляційних робіт зазор між поверхнею, що ізолюється, і робочим настилом не повинен перевищувати двох товщин ізоляції плюс 50 мм. Зазори розміром більше ніж 50 мм у разі, коли роботи не виконуються, необхідно закривати знімними елементами.

Керівник робіт повинен не рідше ніж через кожних 10 днів оглядати засоби підмоцнування в процесі експлуатації та результати огляду фіксувати у журналі виконання робіт.

Засоби підмоцнування, з яких впродовж місяця та більше робота не виконувалась, перед поновленням робіт необхідно приймати в експлуатацію. Додатковому огляду підлягають засоби підмоцнування після дощу, вітру, грози, відлиги, землетрусу, що можуть негативно позначитися на несучій здатності основи під ними, якщо вони деформувались. Ці несправності та порушення повинні бути ліквідовані, а засоби підмоцнування повторно прийняті в експлуатацію. Місця, над якими виконуються скляні чи облицювальні роботи, повинні бути огорожені. Заборонено скління або облицювальні роботи на кількох ярусах по одній вертикалі одночасно.

У разі застосування повітрянагрівачів (електричних або таких, що працюють на рідкому паливі) для просушування приміщень будинків і споруд необхідно дотримуватися вимог ДБН В.1.1-7. Заборонено обігрівати та сушити приміщення жаровнями та іншими пристроями, що виділяють у приміщення продукти згоряння палива.

Переносні струмоприймальники (інструмент, машини, світильники тощо), що використовуються для виконання штукатурних робіт, повинні бути розраховані на напругу не більше ніж 25 В. Під час виконання робіт із приготування і нанесення фарбувальних сумішей, включаючи імпорتنі, необхідно дотримувати вимоги інструкцій підприємств-виробників з безпеки праці. Для вентиляторів необхідно застосовувати електродвигуни у вибухобезпечному виконанні, а вимикачі виносити в безпечне місце.

Вогневі роботи (зварювальні тощо) необхідно проводити на відстані не

ближче ніж 15 м від відчинених отворів приміщень, в яких виконуються роботи із застосуванням лакофарбових матеріалів, що містять у собі леткі органічні розчинники. Фарборозпилювачі та шланги в кінці робочої зміни повинні бути очищені й промиті від залишків лакофарбових матеріалів.

Електроінструмент, переносні лампи, знижувальні трансформатори і перетворювачі частоти струму необхідно перевіряти один раз на місяць на відсутність замикання на корпус, цілісність заземлювального контуру, цілісність ізоляції живильних проводів та відсутність оголених струмопровідних частин. Переносні трансформатори необхідно перевіряти також на відсутність замикання між обмотками високої і низької напруги.

Під час улаштування теплоізолювальних фасадних систем параметри технологічного процесу і обладнання для його реалізації повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002, СП 1042, НПАОП 40.1.-1.32. Технологічне обладнання повинно бути заземлене відповідно до ГОСТ 12.1.030, комунікації заземлити від статичної електрики згідно з вимогами ГОСТ 12.4.124. Технічна експлуатація електроустановок під час монтажу фасадних систем повинна здійснюватись відповідно до ГОСТ 12.1.018, ДСТУ 7237 і Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Мінпаливенерго України від 25.07.06 № 258, зареєстрованих у Мін'юсті України від 25.10.06 № 1143/13017.

Під час улаштування фасадних систем виробничі ділянки повинні бути забезпечені знаками безпеки згідно з ДСТУ ISO 6309 та ГОСТ 12.4.026.

3.8.2 Електробезпека [49]

Для живлення технологічного обладнання та системи освітлення на будівництві об'єкту використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у будівлі є струмопровідною.

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні

здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ від 25.07.2006 № 258 Мінпаливенерго України), Правил улаштування електроустановок (наказ від 28.08.2006 № 305 Мінпаливенерго України), НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32. Електробезпека на будівельному майданчику повинна забезпечуватися відповідно до вимог ГОСТ 12.1.013.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Розведення тимчасових електромереж напругою до 1000 В, що використовуються для електрозабезпечення об'єктів будівництва, необхідно виконати ізольованими проводами чи кабелями на опорах або конструкціях, розрахованих на відповідну механічну міцність під час прокладання по них проводів і кабелів на висоті над рівнем землі та настилу не менше ніж, м: 2,5 – над робочими місцями; 3,5 – над проходами; 6,0 – над проїздами.

Світильники загального освітлення напругою 127 В і 220 В необхідно встановлювати на висоті не менше ніж 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу. За висоти підвішування менше ніж 2,5 м необхідно згідно з ПУЕ (наказ Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305) використовувати напругу не вище ніж 25 В. Живлення світильників напругою до 25 В повинно здійснюватися від знижувальних трансформаторів, машинних перетворювачів, акумуляторних батарей. Застосовувати для зазначених цілей автотрансформатори, дроселі та реостати забороняється. Корпуси знижувальних трансформаторів і їх вторинні обмотки слід заземлити. Переносні світильники мають бути тільки промислового виготовлення. Інші світильники застосовувати в якості переносних забороняється.

Вимикачі, автомати та інші комутаційні електричні апарати, що застосовуються на відкритому повітрі або у вологих цехах, повинні бути у пожежо- вибухозахищеному виконанні. Усі електропускові пристрої слід розміщувати так, щоб унеможлиблювався пуск машин, механізмів і

устаткування сторонніми особами. Забороняється вмикання декількох струмоприймачів одним пусковим пристроєм. Розподільні щити і рубильники необхідно закривати на замок.

Штепсельні розетки на номінальні струми до 20 А, призначені для живлення переносного електроустаткування і ручного електроінструменту, що застосовуються поза приміщеннями, повинні бути обладнані пристроями захисного відключення (ПЗВ) зі струмом спрацьовування не більше ніж 30 мА або кожна розетка повинна живитися від індивідуального розподільного трансформатора з напругою не більше ніж 25 В.

Металеві будівельні риштування, металеві огорожі місць, де виконуються роботи, полиці та лотки для прокладання кабелів і проводів, рейкові колії вантажопідіймальних кранів і транспортних засобів з електричним приводом, корпуси устаткування, машин і механізмів з електроприводом необхідно заземлювати відповідно до Правил улаштування електроустановок одразу після їх встановлення на місце до початку виконання будь-яких робіт.

Штепсельні розетки й вилки, що застосовуються у мережах напругою до 25 В, повинні мати таку конструкцію, що унеможливило б вмикання у розетки вилки напругою більше ніж 25 В.

Струмовідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огорожені чи розміщені в місцях, недоступних для випадкового дотику до них. Захист електричних мереж і електроустановок від несанкціонованого втручання на виробничій території необхідно забезпечити за допомогою запобіжників з каліброваними плавкими вставками або автоматичних вимикачів відповідно до НПАОП 40.1-1.32.

Допуск персоналу будівельно-монтажних організацій до робіт у діючих установках і охоронній зоні ліній електропередачі повинен здійснюватися відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32 а також наказів Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 та від 28.08.2006 № 305.

Підготовка робочого місця і допуск до роботи персоналу, який працює за

відрядженням, здійснюються завжди персоналом організації, що експлуатує електротехнічне устаткування.

3.8.3 Виробниче освітлення [46]

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (ϵ). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та сумісному освітленнях.

Характеристика зорової роботи - роботи середньої точності;

Розряд - IV;

Підрозряд зорової роботи - а;

Контраст об'єкту розпізнавання - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Характеристика фону - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Бокове КЕО, %:

-природне 1,5;

-суміщене 0,9

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_n = e_n \cdot m = 1,5 \cdot 0,75 = 1,2 \% , \quad (3.3)$$

де e_n - значення КЕО для будинків;

m - коефіцієнт сонячності клімату - 0,75, вікна зорієнтовані на схід.

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75лк;

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

3.8.4 Виробничий шум [47]

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (3.4)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським

вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 3.10- Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

3.8.5 Виробнича вібрація [48]

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини,

викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.3.

Таблиця 3.11 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot s^{-2}$	ДБ	$m \cdot s^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
За	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;

- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

3.6.8 Безпека у надзвичайних ситуаціях [50]

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для пилоповітряної суміші виконується для котельного приміщення обладнаного двома котлами BRS 600 COMFORT VM на основі таких вихідних даних:

- Речовина – деревний горючий пил
- Розміри приміщення $l=8$ м, $d=4$ м, $h=4$ м;
- Розрахункова температура $t_p=24$ °С;
- Об'єм апаратів – $V=0,56$ м³;
- Витрата твердого палива – $q=0,000046$ м³·с⁻¹;

Густина повітря при розрахунковій температурі t_p , кг·м³, визначається:

$$\rho_{z,n} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367t_p)} = \frac{29}{22,413(1 + 0,0036 \cdot 24)} = 1,19 \text{ (кг} \cdot \text{м}^{-3}\text{)},$$

де: $M = 29$ – середня молярна маса повітря при 0°, кг·кмоль⁻¹;

V_0 – мольний об'єм, що дорівнює 22,413 м³·кмоль⁻¹;

t_p – розрахункова температура, °С (максимально можлива температура повітря в даному приміщенні);

З врахуванням того, що в стан пилу може переходити до 2 % палива, маса пилу, що осідає на важкодоступних для прибирання поверхнях у приміщенні за період часу між генеральними прибираннями

$$m_1 = 0,25 \cdot 0,000046 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,02 = 0,14 \text{ кг.}$$

Маса пилу, що осідає на доступних для прибирання поверхнях у приміщенні за період часу між поточними прибираннями

$$m_2 = 0,75 \cdot 0,000046 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,02 = 0,42 \text{ кг.}$$

Масу пилу, що відклався у приміщенні до моменту аварії, визначають за формулою:

$$m_n = K_2 \cdot (1 - K_{np}) \cdot (m_1 + m_2), \text{ (кг)}$$

$$m_n = 0,09 \cdot (1 - 0) \cdot (0,14 + 0,42) = 0,05, \text{ (кг)}$$

де $K_2=0,09$ - частка горючого пилу в загальній масі відкладень пилу;

$K_{\text{пр}}$ - коефіцієнт ефективності прибирання пилу, який приймається у разі прибирання пилу вручну: у разі сухого прибирання - 0,6, розрахунок проведемо за умови максимального забруднення приміщення – $K_{\text{пр}} = 0$.

Розрахункову масу пилу, що перейшов у стан аерозолі, $m_{\text{зг}}$ визначають за формулою:

$$m_{\text{зг}} = K_{\text{зг}} \cdot m_{\text{п}},$$
$$m_{\text{зг}} = 0,9 \cdot 0,05 = 0,045 \text{ (кг)}$$

де $K_{\text{зг}}$ - частка пилу, що відклався у приміщенні, яка здатна перейти у стан аерозолі результаті аварійної ситуації. У разі відсутності експериментальних даних щодо значення $K_{\text{зг}}$, допускається приймати $K_{\text{зг}} = 0,9$.

Маса горючого пилу, що викидається до приміщення з апарата в момент аварії

$$m_{\text{ап}} = V \cdot n \cdot \rho_{\text{в}} = 0,56 \cdot 0,02 \cdot 750 = 8,4 \text{ (кг)},$$

де $n=0,02$ – частина палива в апараті, що знаходиться в пилоподібному стані;

$$\rho_{\text{в}} = 750 \text{ кг/м}^3 \text{ – густина деревного палива, кг/м}^3.$$

Розрахункову масу пилу, що потрапила до приміщення з апарата або технологічного обладнання в результаті аварійної ситуації, $m_{\text{ав}}$, визначають за формулою:

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{ап}} + q \cdot \tau) \cdot K_{\text{п}},$$
$$m_{\text{ав}} = (8,4 + 0,000046 \cdot 30) \cdot 1 = 8,405 \text{ (кг)}$$

де $q=0,0023$ - витрата, з якою продовжують надходити пилоподібні речовини до аварійного апарата по трубопроводах до моменту їх перекривання, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$;

$\tau = 30$ - час перекривання, який визначається за паспортними даними обладнання, с;

$K_{\text{п}}$ - коефіцієнт пилення, що представляє собою відношення маси пилу у стані аерозолі до усієї маси пилу, який надійшов з апарата до приміщення. У разі відсутності експериментальних даних щодо значення $K_{\text{п}}$, допускається приймати: для пилу з дисперсністю менше ніж 350 мкм $K_{\text{п}} = 1,0$.

Розрахункову масу пилу, що знаходиться у стані аерозолі в об'ємі приміщення в результаті аварійної ситуації, m , кг, визначають за формулою:

$$m = m_{зв} + m_{ав}$$

Тому розрахункова маса пилу, що потрапила до приміщення з апарата або технологічного обладнання в результаті аварійної ситуації складатиме:

$$m = 0,045 + 8,405 = 8,45 \text{ (кг)}$$

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля».

Ефективний діаметр «вогняної кулі» D_s , м, визначаємо за формулою:

$$D_s = 5,33m^{0,327} = 5,33 \cdot 8,45^{0,327} = 10,71 \text{ (м)}$$

Висоту центра «вогняної кулі» визначаємо

$$H = D_s/2 = 10,71/2 = 5,35 \text{ (м)}$$

Час існування «вогняної кулі» t_s , с, визначаємо за формулою

$$t_s = 0,92m^{0,303} = 0,92 \cdot 8,45^{0,303} = 1,76 \text{ (с)}$$

Відстань від зовнішніх меж кулі до точки на поверхні землі безпосередньо під центром «вогняної кулі»

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2} = \sqrt{10,71^2 + 5,35^2} = 12 \text{ (м)}$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу ψ розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} \psi &= \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2) \right] = \\ &= \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{12^2 + 5,35^2} - 10,71/2 \right) \right] = 0,97 \end{aligned}$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

$$\begin{aligned} F_q &= \frac{H / D_s + 0,5}{4 \cdot \left[(H / D_s + 0,5)^2 + (r / D_s)^2 \right]^{1,5}} = \\ &= \frac{5,35 / 10,71 + 0,5}{4 \cdot \left[(5,35 / 10,71 + 0,5)^2 + (12 / 10,71)^2 \right]^{1,5}} = 0,0738, \end{aligned}$$

Інтенсивність теплового випромінювання обчислюємо за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 450 \cdot 0,0738 \cdot 0,97 = 32,2 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^{-2}\text{)},$$

де E_f – середньоповерхнева густина теплового потоку випромінювання полум'я, кВт·м⁻², величину E_f приймаємо рівною 450 кВт·м⁻².

Надлишковий тиск вибуху ΔP , кПа, для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів горючого пилу визначається за формулою:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_H},$$
$$\Delta P = \frac{8,45 \cdot 15500 \cdot 101 \cdot 0,5}{136 \cdot 1,19 \cdot 1,01 \cdot 10^3 \cdot 298} \cdot \frac{1}{3} = 0,05 \text{ (кПа)}$$

де m - маса пилу, що потрапив в результаті розрахункової аварії до приміщення,

$H_T = 15500$ - теплота згоряння, кДж·кг⁻¹;

P_o - початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);

Z - коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення згідно з додатком. Допускається приймати значення Z за таблицею 2; див[54]

$V_{\text{вільн}}$ - вільний об'єм приміщення, м³;

$\rho_{\text{п}}$ - густина повітря до вибуху при початковій температурі T_o , кг·м⁻³;

C_p - теплоємність повітря, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (допускається приймати рівною 1,01·10³ Дж·кг⁻¹·К⁻¹);

T_o - початкова температура повітря,

K_H – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння (приймається $K_H=3$)

В підрозділі «Безпека в надзвичайних ситуаціях» було розраховано наслідки вибуху пило-повітряної суміші в разі виникнення умовної аварії за результатами якого можна зробити висновки:

- очікувана величина надлишкового тиску ударної хвилі становить:

$$\Delta P_{\text{ф.макс}} = 0,05 \text{ кПа};$$

- внаслідок дії ударної хвилі можливі слабкі склінь, руйнування деяких видів обладнання;

- для підвищення стійкості приміщення та обладнання до дії ударної хвилі необхідно підсилити основні конструкції та збільшити площу легкоруйнованих конструкцій;

- за розрахованих інтенсивності та тривалості теплового випромінювання можна зробити висновок, що займання речовин та матеріалів в приміщенні не відбудеться, можливе лиш незначне їх обвуглення.

Висновки до розділу

В даному розділі описані конструктивні особливості прийнятих до монтажу систем та складено перелік будівельно-монтажних робіт.

Складено відомість основних та допоміжних матеріалів, маса яких становить:

- основні матеріали – 56,8 т;
- витратні матеріали – 1,3 т;

Підібрано необхідні інструменти, прилади та машини для виконання перерахованих робіт. Розраховано окремо для кожного з виду робіт трудомісткість, тривалість робіт та склад бригад монтажників.

На основі цього розроблено та накреслено календарний план монтажу систем (додаток Г). Термін виконання всього монтажного процесу – 54,5 дні. Загальна трудомісткість процесу монтажу системи – 22305 люд.-дні.

Побудовано графік руху робітників та графік руху машин і механізмів. Підраховано техніко-економічні показники графіку руху робітників (додаток Г), які знаходять у встановлених межах.

Описані заходи щодо безпеки при виробничому процесі та охорони праці.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

4.1 Локальний кошторис

Кошторисна документація складена відповідно до [37] в цінах 2019 року.

В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прямі та загальновиробничі витрати.

Прямі витрати враховують заробітну плату робітників, вартість експлуатації будівельних машин і механізмів, вартість матеріалів, виробів і конструкцій. Загальновиробничі витрати будівельно-монтажної організації входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт.

Локальний кошторис складено на влаштування системи опалення та неведено в додатку В. Склад, об'єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у п'ятому розділі роботи. Основою для розробки кошторису є креслення та технічні розрахунки (розділ 3).

Локальний кошторис на монтаж системи опалення складений за допомогою програмного комплексу АВК 5 v3.0.0.

4.2 Загальні техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники проекту визначаються сумарними характеристиками, віднесеними до об'єму теплоносія, що транспортується. Основним показником є кошторисна вартість монтажу системи, яка визначається відповідно діючим нормам із врахуванням встановлених надбавок на накладні витрати та планові накопичення.

Значення основних техніко-економічних показників наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Орієнтовані величини ТЕП

Показник	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Загальна продуктивність системи опалення	кВт	1290

Продовження таблиці 9.1

1	2	3
Витрити твердого палива (дров) в рік	м ³ в рік	1216
Орієнтована вартість системи	тис грн	2960

Локальний кошторис на влаштування системи опалення наведено в додатку В пояснювальної записки.

Висновки до розділу

В даному розділі роботи складено локальний кошторис на проведення монтажу системи мікроклімату тепличного комбінату та визначено основні величини орієнтовних техніко-економічних показників.

Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 2960821 грн., в тому числі кошторисна заробітна плата складає 682691 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В розділі науково-технічного обґрунтування проведено порівняння конструктивних особливостей теплиць та інженерного оснащення системи мікроклімату. Складено розрахункову схему теплових потоків та розроблено математичне моделювання основних тепломасообмінних процесів. Описано методику розрахунку ультразвукового розпилення рідини. Проведено обґрунтування вибору котельного обладнання, а саме традиційного твердопаливного котла. Розглянуто питання актуальності акумуляції тепла. Розглянуто основні вимоги до параметрів мікроклімату.

В розділі теоретичного обґрунтування проведено аналіз методики розрахунку всіх компонентів системи мікроклімату. Знайдено величини теплонадходжень від сонячної радіації, які становлять 337,4 кВт для липня та 41,2 кВт для січня. Теплова потужність ґрунтового опалення 308,7 кВт, а шатрового опалення 339,8 кВт. Частка теплоти, яку виділяє система повітряного опалення становить 163 кВт. Розраховано витрати теплоносія для всіх компонентів системи.

Для літньої пори року проведено розрахунок системи аерації, результатами якого є знайдені площі вентиляційних прорізів: припливних 162м^2 та витяжних $397,3\text{м}^2$. Витрата припливного повітря механічними вентиляторами становить $236\ 000\text{м}^3/\text{год}$.

Розраховано циклічні режими кондиціонування повітря в об'ємі теплиці. Підібрано 2 котли BRS Comfort КЗТО з тепловою потужністю кожного 700 кВт. Розраховано параметри системи туманоутворення та проведено його оцінку надійності.

В організаційно-технологічному розділі описані конструктивні особливості прийнятих до монтажу систем та складено перелік будівельно-монтажних робіт.

Складено відомість основних та допоміжних матеріалів, маса яких становить:

- основні матеріали – 56,8 т;

– витратні матеріали – 1,3 т;

Підібрано необхідні інструменти, прилади та машини для виконання перерахованих робіт. Розраховано окремо для кожного з виду робіт трудомісткість, тривалість робіт та склад бригад монтажників.

На основі цього розроблено та накреслено календарний план монтажу систем (додаток Г). Термін виконання всього монтажного процесу – 64,5 дні. Загальна трудомісткість процесу монтажу системи – 22305 люд.-дні.

Побудовано графік руху робітників та графік руху машин і механізмів. Підраховано техніко-економічні показники графіку руху робітників (додаток Г), які знаходять у встановлених межах.

Описані заходи щодо безпеки при виробничому процесі та охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шишко Г. Г. Отопление и вентиляция теплиц / Г. Г. Шишко, В. А. Потапов, Л. Л. Злобин – К. : Будівельник, 1984. – 111 с.
2. Гончарук Н. С. Отопление и вентиляция пленочных теплиц /Н. С. Гончарук, В. М. Гарбуз, С. В. Шафранов // Техника в сел. хоз-ве. – 1979. – № 7. с. 27-29.
3. Ковальчук С. П. Теплиці та оранжереї / С. П. Ковальчук, А. О. Стасюкевич, Н. П. Томашпольський – Вінниця : Будівельник, 1986. – 87 с.
4. Будинки та споруди. Теплиці та парники: ДБН В.2.2-2-95. – На заміну СНиП 2.10.04-85. - [Чинний від 1.02.1995 р.] – К. : Укранхбудінформ, 1995. – 29 с. – (Державні будівельні норми).
5. Крамарець Г.Г. Основи тепличного господарства. Навчальний посібник/Крамарець Г.Г., Крамарець Ю.В., Веклич В. С. — Львів, 2006. - 108 с.
6. Л. С. Гіль. Сучасні технології овочівництва відкритого та закритого ґрунту. Частина 1. Закритий ґрунт. Навчальний посібник/ Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. – Вінниця: Нова книга, 2008 – 368 с.
7. Луговський, О. Ф. Спосіб та пристрої для отримання рідинного аерозолію / О. Ф. Луговський, А. В. Ляшок, Ю. О. Пижиков // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. – 2011. – № 61, том 1. – С. 107 – 113.
8. Ляшок А.В. Ультразвукове розпилення рідини у мехатронних системах штучного мікроклімату / А.В. Ляшок, О.Ф. Луговський // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика» – №4 (34) 2011. – С. 20– 25.
9. Руководство по теплотехническому расчету культивационных сооружений / Гипронисельпром. – Орел, 1982. – 175 с.
10. Сотовий полікарбонат [Електронний ресурс]: Характеристики сотового полікарбонату. – Режим доступу: <http://stroyplast.com.ua/img/catalog.pdf>.

11. Піролізні котли [Електронний ресурс]: Характеристики та режими експлуатації піролізних котлів. – Режим доступу: <https://ziehbart.com.ua/statyi-harakteristika-piroliznogo-gazogeneratornogo-kotla.php>

12. В. Н. Расстрыгин. Методические рекомендации по расчету и эффективному применению электрической энергии в тепловых процессах рассадных пленочных теплиц/ Расстригин В. Н., Сухарева Л. И., Багірзаде М. М. – Москва, 1981. – 85 с.

13. Луговський А.Ф. Ультразвукова кавтація в сучасних технологіях: монограф. / А.Ф. Луговської, Н.В. Чухраєв. – К. 2007. – 244 с. – ISBN 966-594-927-6.

14. Пономарчук А. Ф. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Опалення» / А. Ф. Пономарчук, І. Ф. Пономарчук, О. Б. Волошин – Вінниця : ВНТУ, 2005 – 36 с.

15. Будівельна кліматологія: ДСТУ Н.Б.В.1.1-27:2010. – На заміну СНиП 23-01-99. – [Чинний від 2011-11-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 128 с. – (Державний стандарт України).

16. Пособие по проектированию теплиц и парников/Гипронесельпром. – М.: Стройиздат, 1988. – 72 с.

17. Тепла підлога [Електронний ресурс]: Технічні характеристики труб для підігріву підлоги. – Режим доступу: <https://teplota.ua/catalog/list/radiant-floor-heating>

18. Тепловентилятори [Електронний ресурс]: Характеристика тепловентиляторів АОВ-20. – Режим доступу: <https://www.atom-ua.com/teploventilyatory20.php>

19. В. В. Покотилев. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения. Второе издание. – HERZ Armaturen, Відень, 2017. – 227 с.

20. В. Н. Богословский. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч3. Вентиляция и кондиционирование воздуха/ В. Н. Богословский, А. И. Пирумов, В. Н. Посохин. – М.:Стройиздат, 1992. – 319 с.

21. Осьові вентилятори ВОИР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://voir.com.ua>

22. Котли BRS 700 кВт Comfort КЗТО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p141542698-kotel-tverdotoplivnyj-brs.html>

23. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5-2009. – На заміну ДБН А.3.1-5-96. – [Чинний від 2012-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 64 с. – (Державні будівельні норми).

24. Характеристики вантажного автомобіля MAN TGX 18.440 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://truck-and-bus.ru/catalog/man-tgx/man_tgx_18.440/

25. Характеристики акумуляторного шуруповерта Hilti SFC 14-A [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stroyberi.com.ua/intsrument/shurupovert-hilti-sfc-14-a.html>

26. Характеристики дрелі DWT SBM-810 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/dwt_sbm_810/p2694147/

27. Каталог будівельних машин та інструментів [електронний ресурс]: характеристики зварювального агрегату – Режим доступу до ресурсу: <http://ua.zalizaka.com.ua/products/Apparati-dlja-muftovoj-svarki-plastikovih-trub-Odwerk-BSG-73>

28. Характеристики зварювального апарату IGBT Dnipro-M MMA-250 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dnipro-m.ua/svarochnoe-oborudovanie/apparatinvertormma/?gclid=EAIaIQobChMIhufdxLGj5gIVC8KyCh0zbGchAAYASAAEgIDUzb_BwE

29. Єдині норми часу на перевезення вантажів автомобільним транспортом і відрядні розцінки для оплати праці водіїв [Електронний ресурс]: Постанова Держкомпраці СРСР та Секретаріату ВЦРПС 13.03.1987 N 153/6-142 – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws>

30. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 14. Конструкції в сільському будівництві: ДБН Д.2.2-14-99. – [Чинний від 2002-12-06]. – К. : Укрархбудінформ, 2002. – 28 с. – (Державні будівельні норми).

31. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи: ДБН Д.2.2-26-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 50 с. – (Державні будівельні норми).
32. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 16. Трубопроводи внутрішні: ДБН Д.2.2-16-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 67 с. – (Державні будівельні норми).
33. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 18. Опалення – внутрішні прилади: ДБН Д.2.2-18-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 28 с. – (Державні будівельні норми).
34. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 17. Водопровід та каналізація – внутрішні прилади: ДБН Д.2.2-17-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 11 с. – (Державні будівельні норми).
35. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 20. Вентиляція та кондиціювання повітря: ДБН Д.2.2-20-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 86 с. – (Державні будівельні норми).
36. Санітарні норми виробничого шуму, інфразвуку та ультразвуку: ДСН 3.3.6-037-99. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : МОЗ України, 1999. – 28 с. – (Державні санітарні норми).
37. Правила визначення вартості будівництва: ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. – [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2013. – 88 с. – (Державний стандарт України).
38. Конференції ВНТУ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/index/index/user>
39. Смирнов А. Г. Справочные данные по расчетным коэффициентам электрических нагрузок / А. Г. Смирнов, Л. Б. Гольдгельф, Б. Д. Жахов, С. У. Эрдниева – М. : ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ, 1990. – 118 с.
40. Теплофізичні властивості природного ґрунту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/61160/12-Basok.pdf?sequence=1>

41. Коц І. В. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини» (прикладні завдання для СРС і контрольних робіт) для студентів напряму підготовки 6.060101 – «Будівництво» всіх форм навчання. / І. В. Коц, В. В. Петрусь, Н. П. Бадьора – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 25 с.

42. Тарифи на споживання електроенергії ПАТ «Черкасиобленерго» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cherkasyoblenergo.com/taryfy.html>

43. Порівняльна таблиця теплотворної здатності для деяких видів палива [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uhbdp.org/images/uhbdp/pdf/library_sabo/tablycy_a_teplovtornoj_zdatnosti.pdf

44. Вентилятор для круглих каналів BSM 350 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://js.com.ua/catalog/ventiljacija_promyshlennaja/vitygki_ustroistva/

45. Каталог круглих та плоских ПВХ каналів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ovk.ua/shop/category/ventiliatsiia/ventiliatsionnye-kanaly/vozduhovody/sistemy-kruglyh-i-ploskih-pvh-kanalov?per_page=60

46. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28-2006. – [Чинний від 2006-05-15]. – К. : Укрархбудінформ, 2006. – 78 с. – (Державні будівельні норми).

47. Санітарні норми виробничого шуму, інфразвуку та ультразвуку: ДСН 3.3.6-037-99. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : МОЗ України, 1999. – 28 с. – (Державні санітарні норми).

48. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації: ДСН 3.3.6-037-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : МОЗ України, 1999. – 48 с. – (Державні санітарні норми).

49. Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок: ДНАОП 0.00-1.32-01. – [Введ. 2001.06.21] – К. : Киевпромэлектропроект, 2001. – 80 с. – (Державний нормативний акт з охорони праці).

50. Депутат О. П. Цивільна оборона: Навчальний посібник. / О. П. Депутат, І. В. Коваленко, І. С. Мужик – Львів : Афіша, 2000. – 336 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Затверджено

Завідувач кафедри ІСБ,

к.т.н., проф. Коц І.В.

"__" _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
на тему «Ефективна система створення мікроклімату в тепличному
комбінаті»

Керівник

к.т.н., проф. _____ Коц І. В.

Розробила

ст.гр. ТГ-18м _____ Бадяка О. В.

Вінниця 2019 р.

Технічне завдання

Розробити систему створення мікроклімату в тепличному комбінаті в м. Умань, географічна широта 48° , зона вологості – суха.

1. Призначення розробки та місце застосування

Системи опалення, аерації та зрошення призначені для підтримання оптимальних мікрокліматичних умов, сприятливих для розвитку та вирощування овочевих культур в холодну пору року

2. Основа для виконання робіт

Завдання на МКР затверджено наказом № 254 від «10» жовтня 2019 року.

Основою для виконання робіт є архітектурно-будівельні креслення комплексу теплиць.

3. Мета та призначення розробки

Метою розробки є створення оптимального температурно-вологісного режиму для ефективного розвитку рослин та підвищення плодоношення культур в культивацийній споруді.

4. Джерела розробки

Джерелами розробки є архітектурно-будівельні робочі креслення громадської будівлі, технологічне завдання та нормативно технічна література.

5. Технічні вимоги

Технічні вимоги до систем опалення та вентиляції теплиць наведені у нормативній літературі:

- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- ДБН В.2.2-2-95 «Будинки і споруди. Теплиці та парники»;
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – «Будівельна кліматологія»;
- ДБН В.2.6 – 31:2016. – «Теплова ізоляція будівель».

6. Вимоги щодо стандартизації

При розробці систем опалення рекомендується застосувати максимально можливу кількість стандартного обладнання та виробів, які б забезпечували можливість швидкого монтажу системи та можливість їх ремонту.

7. Вимоги з надійності до систем створення мікроклімату

Санітарно-гігієнічні – забезпечення в зонах вирощування оптимальних тепловологісних умов мікроклімату.

Економічні – зведення капітальних затрат та затрат на експлуатацію до мінімуму.

Будівельні – ув'язка з будівельними несучими конструкціями.

Монтажні – забезпечення монтажу систем індустріальними методами, використання по максимуму роз'ємних з'єднань деталей (різьбових, шпонкових).

Експлуатаційні – простота та зручність обслуговування, керування та ремонту, надійність та безпечність систем і безперебійність їх роботи, підвищення можливості їх автоматизованого регулювання.

Вимоги до надійності викладені ДСТУ Б В.2.8-8-96. Обов'язковими є показники:

7.1. Середнє напрацювання обладнання на відмову, яке складає не менше 10 років.

7.2. Середній повний строк служби не менше 20 років.

7.3. Оцінка відповідності показників надійності – середнє напрацювання обладнання на відмову провести на етапі приймальних випробувань експериментальним шляхом відповідно до ДСТУ 3004-95.

7.4. На вироби повинні бути встановлені строки експлуатації.

8. Ергономічні вимоги:

- розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу нагляду протягом денної та нічної частини доби;

- на елементах системи мікроклімату повинно здійснюватись зоноване керування;
- регулювальна та запірна арматура повинна знаходитись у вільному доступі;
- виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюється на стадії приймальних випробувань .

9. Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

Для виробів в період експлуатації повинні бути встановлені такі види технічного обслуговування (далі – ТО): сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО повинні по можливості збігатись зі строками обслуговування базового обладнання.

10. Порядок розробки випробування, приймання систем опалення

10.1. Стадії розробки встановлюють відповідно до ДБН В.2.5.- 67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

- розроблення та затвердження із замовником функціональних та принципових схем, конструкторських компонувань та робочих креслень,
- розробка та узгодження програми та методики випробувань,
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій та інструкцій;
- ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

Порядок приймання розробки здійснюється відповідно до вимог Держстандарту. Оцінювання виконаної розробки і прийняття рішення щодо виконаної розробки виконує приймальна комісія, яку формує розробник.

В склад комісії входять: представник замовника, розробника і виробника. Головою комісії призначається представник замовника.

Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджують.

Перелік документів, що подаються на випробування. Визначається у програмі випробувань.

Дане технічне завдання може узгоджуватись та доповнюватись в процесі проектування.

11. Етапи проектування та строки виконання магістерської кваліфікаційної роботи (табл.А.1).

Таблиця А.1 – Етапи проектування та строки виконання МКР

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту (роботи)
1	Аналіз відомих конструктивних рішень систем забезпечення мікроклімату будівель зі значними вологонадлишками	20.09.2019
2	Теоретичне обґрунтування та проектне рішення прийнятого варіанта системи вентиляції	25.10.2019
3	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень та заходи з охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях	27.10.2019
4	Попередній захист	26.11.19
5	Опонування	11.12.2019
6	Захист МКР	17.12.2019

Додаток Б

Табл. Б.1 – Гідрравлічний розрахунок системи ґрунтового опалення

№ ділянки	Q, Вт	G _{діл} , кг/ГОД	L _{діл} , м	d _у , мм	R, Па/м	ΔP, Па
1	4752	203	124,2	26	11	1366,2
2	4752	203	122,7	26	11	1349,7
3	4752	203	121,2	26	11	1333,2
4	4752	203	119,7	26	11	1316,7
5	4752	203	114,8	26	11	1262,8
6	4752	203	113,3	26	11	1246,3
7	4752	203	111,8	26	11	1229,8
8	4752	203	110,3	26	11	1213,3

Табл. Б.2 – Гідрравлічний розрахунок системи шатрового підігріву

№ ділянки	G ділянки, кг/ГОД	L діл, м	d _у , мм	v, м/с	R, Па/м	ΔP _l , Па	ζ	Z, Па	ΔP, Па
1	3744	8	65	0,314	14	112	0,5	24,58	136,58
2	3276	1	65	0,274	11	11	1	37,64	48,64
3	2340	1	65	0,196	8	8	1	19,20	27,20
4	1872	1	50	0,265	20	20	1	35,10	55,10
5	1404	1	50	0,199	11	11	1	19,75	30,75
6	702	7,3	40	0,155	12	87,6	1,5	18,08	105,68
6*	702	134,5	50	0,099	3	403,5	10	49,37	452,87
6а	702	7,9	40	0,155	12	94,8	3	36,16	130,96
5а	1404	1	50	0,199	11	11	1	19,75	30,75
4а	1872	1	50	0,265	20	20	1	35,10	55,10
3а	2340	1	65	0,196	8	8	1	19,20	27,20
2а	3276	1	65	0,274	11	11	1	37,64	48,64
1а	3744	8	65	0,314	14	112	0,5	24,58	136,58
								ΣΔP	1286,05
Відгалуження 7-7*-7а									
7	702	4,5	40	0,155	12	54	4	48,21	102,21
7*	702	162	50	0,099	3	486	5	24,68	510,68
7а	702	3,8	40	0,155	12	45,6	2	24,10	69,70
								ΣΔP	682,59
								Δ, %	1,0
Відгалуження 8-8*-8а									
8	468	2,7	40	0,10	4,5	12,15	3	16,07	28,22
8*	468	106,8	50	0,07	1,2	128,16	3	6,58	134,74
8а	468	3	40	0,10	4,5	13,5	1	5,36	18,86
								ΣΔP	181,82
								Δ, %	75,8
Балансувальний вентиль, ΔP=569 Па									
Відгалуження 9-9*-9а									

9	468	2,6	40	0,10	4,5	11,7	3	16,07	27,77
9*	468	106,8	50	0,07	1,2	128,16	3	6,58	134,74
9a	468	2,9	40	0,10	4,5	13,05	1	5,36	18,41
								ΣΔP	180,92
								Δ, %	79,0
Балансувальний вентиль, ΔP=680 Па									
Відгалуження 10-10*-10a									
10	936	3,6	40	0,207	18	64,8	4	85,70	150,50
10*	936	207,7	50	0,132	5,5	1142,3 5	7	61,43	1203,7 8
10a	936	3,6	40	0,207	18	64,8	2	42,85	107,65
								ΣΔP	1461,9 4
								Δ, %	-59,7
Балансувальний вентиль (на 3 ділянку), ΔP=546 Па									
Відгалуження 11-11*-11a									
11	468	8,1	40	0,10	4,5	36,45	3,5	18,75	55,20
11*	468	106,8	50	0,07	1,2	128,16	3	6,58	134,74
11a	468	9	40	0,10	4,5	40,5	1,5	8,03	48,53
								ΣΔP	238,47
								Δ, %	84,7
Балансувальний вентиль (на 3 ділянку), ΔP=1318 Па									

Табл. Б.3 – Гідравлічний розрахунок системи повітряного опалення

№ ділянки	Gділянки, кг/год	L діл, м	dy, мм	v, м/с	R, Па/м	ΔP _l , Па	ζ	Z, Па	ΔP, Па
1	808	9,35	33	0,2625 5	30	280,5	1,5	51,70	332,20
2	404	12,45	26	0,2114 8	31	385,95	2	44,72	430,67
3	202	6,8	20	0,1787	30	204	2,5	39,92	243,92
3a	202	7	20	0,1787	30	210	2,5	39,92	1249,9 2
2a	404	12,2	26	0,2114 8	31	378,2	2,5	55,90	434,10
1a	808	9,25	33	0,2625 5	30	277,5	1,5	51,70	329,20
								ΣΔP	3020,0 1
Відгалуження 4-5-5a-4a									
4	404	0,4	20	0,3574	100	40	2,5	159,66	199,66
5	202	6,85	20	0,1787	30	205,5	2,5	39,92	245,42
5a	202	7,2	20	0,1787	30	216	2,5	39,92	1255,9 2
4a	404	0,4	20	0,3574	100	40	2	127,73	167,73
								ΣΔP	1868,7 3
								Δ, %	20,8

