

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКА ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

“Автоматизація процесу забезпечення мікроклімату в теплиці”

Виконав: студент IV курсу групи Ен-41

Спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Василенко Остап (Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Кригуль Р. Є.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент Луб П. М.

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____

доцент, к.т.н., С.В. Сиротюк

“_27_”_листопада_2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ Василенкові Остапові Васильовичу

1. Тема роботи: **“Автоматизація процесу забезпечення мікроклімату в теплиці”**.

Керівник роботи _____ Кригуль Роман Євгенович, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом Львівського НУП № 641 / к-с. від 27 листопада 2023 року

2. Строк подання студентом роботи 13.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: дані виробничої діяльності та енергозабезпечення об'єктів агрофірми за 2022-2024 роки. Матеріали літературного патентного пошуку огляду, та аналізу існуючих систем керування та забезпечення мікроклімату теплиці з використанням обладнання відновлювальної енергетики, довідкова та спеціальна література, аналіз останніх досягнень науки і техніки, передових методів роботи на виробництві.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) Вступ

1. Характеристика агрофірми

2. Загально технічний розділ

3. Автоматизована система забезпечення мікроклімату в теплиці за рахунок використання енергії сонця

4. Охорона праці та довкілля

5. Економічна ефективність

Висновки

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Графічний матеріал подається у вигляді презентації.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i>	27.11.23 р.	27.11.23 р.	

7. Дата видачі завдання

27 листопада 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання розділу: «Характеристика агрофірми»</i>	<i>27.11.23-29.12.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу (Загально технічний розділ)</i>	<i>22.01.24-29.02.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу автоматизована система забезпечення мікроклімату в теплиці за рахунок використання енергії сонця</i>	<i>01.03.24-29.03.24</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та довкілля»</i>	<i>27.11.23-15.12.23</i>	
5.	<i>Розрахунок економічної ефективності запропонованого удосконалення</i>	<i>01.04.24-19.04.24</i>	
6.	<i>Завершення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу презентації</i>	<i>23.04.24-31.05.24</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>03.06.24-13.06.24</i>	

Студент _____ Василенко О.В.
(підпис)

Керівник роботи _____ Кригуль Р.Є.
(підпис)

УДК 621.384.4

Василенко О. В. “Автоматизація процесу забезпечення мікроклімату в теплиці”. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 50 с. текстової частини, 9 таблиць, 11 рисунків, 19 джерел посилання.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проектних рішень для створення автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в теплиці за рахунок використання енергії сонця.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі завдання: здійснити аналіз діяльності агрофірми; розрахувати тепловтрати огорожувальної конструкції даного об’єкта дослідження; окреслити та розрахувати автоматизовану систему забезпечення мікроклімату в теплиці за рахунок використання енергії сонця.

Досліджені природні кліматичні умови місцевості: температура повітря, швидкість вітру. Розраховано тепловтрат огорожувальної конструкції теплиці. Розраховано витрат на опалення за допомогою різних джерел енергії. Окреслено автоматизовану систему забезпечення мікроклімату в теплиці за рахунок використання енергії сонця. Знайдено технічні параметри акумулюючого приладу, та обґрунтовано технічні характеристики інвертора. Обґрунтовані параметри системи зволоження ґрунту. Порахована економічна ефективність від даного впровадження розробленої системи в споруді закритого ґрунту.

Ключові слова: теплиця, котел, фотоелектрична панель, інвертор, акумуляторна батарея.

ЗМІСТ

ВСТУП	
1	ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА 8
1.1	Характеристика тепличного підприємства..... 8
1.2	Обґрунтування теми роботи..... 9
2	ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ 11
2.1	Природно кліматичні умови 11
2.2	Кліматичні умови для вирощування технічних культур..... 12
2.3	Розрахунок площі огорожувальної конструкції теплиці 13
2.4	Розрахунок тепловтрат..... 14
2.5	Існуючі системи теплопостачання..... 17
2.5.1	Електрична система обігріву..... 18
2.5.2	Система існуючого опалення..... 19
2.6	Визначення витрат на опалення за допомогою різних джерел енергії 22
2.6.1	Визначення витрат на опалення за допомогою газу..... 23
2.6.2	Визначення витрат на опалення за допомогою дров..... 24
2.6.3	Визначення витрат на опалення за допомогою пелет..... 24
2.6.4	Визначення витрат на опалення за допомогою електроенергії..... 24
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
3	МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ ЗА РАХУНОК
	ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ 26
3.1	Будова та принцип роботи твердо паливного котла..... 27
3.2	Розрахунок параметрів акумуляторного пристрою..... 32
3.3	Технічні параметри інвертора..... 33
3.4	Визначення сонячного потенціалу місцевості..... 35
3.5	Розрахунок технічних параметрів фотоелектричної панелі..... 36
3.6	Система зволоження ґрунту..... 38

4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	39
4.1.	Заходи щодо попередження травматизму	39
4.2.	Розрахунок контурного заземлення теплиці	39
4.3	Безпека життєдіяльності при електрифікації	40
4.4	Охорона ґрунтів та раціональне використання	43
4.5	Способи захисту навколишнього середовища при роботі теплиць	44
	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ	
5.	АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
	МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ	46
5.1.	Економічна ефективність після впровадження	46
	ВИСНОВКИ	48
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	49

ВСТУП

Теплиці забезпечують підтримку необхідних параметрів штучного клімату для вирощування сільськогосподарської продукції (зелені, ранні овочі, фрукти взимку тощо). Споруда – досить дорога в обслуговуванні та експлуатації. Щоб забезпечити її швидку окупність, важливо гарантувати стабільну врожайність та високу якість продукції. Саме для цього і використовуються сучасні системи автоматизації. Для теплиць будь-якої конструкції та розмірів важлива підтримка оптимальних мікрокліматичних умов, теплопостачання, організація поливу, провітрювання, освітлення [1].

Все це потрібно робити щодня, що не завжди є можливим. В даний час ведеться активна модернізація теплиць, пов'язана з підвищенням кількості виконавчих систем: поділ контурів, модернізація кватиркової вентиляції, встановлення систем затінювання, встановлення вентиляторів. Теплиці оснащуються спеціальним обладнанням. Будь-яке відхилення від сприятливого для рослин температурного режиму негативно позначається на якості та кількості врожаю. Слід врахувати, що рослині в різні фази її життєвого циклу потрібна різна температура навколишнього середовища. З розвитком інформаційних технологій та робототехніки все більше економічне та соціальне значення набуває автоматизація різних сфер життя та діяльності людини. Не є винятком сільське господарство. Розвиток технологій вже дозволив автоматизувати багато повсякденних процесів.

Вони допомагають економити час, уникати рутинних занять. Автоматизовані системи можна застосувати навіть на дачній ділянці. Адже, наприклад, використання автоматики при поливі дозволить заощадити чимало часу та сил, які можна витратити на більш цікаві і приємні заняття. До того ж регулярність такого поливу забезпечить більш стабільне зростання та розвиток рослин і, як наслідок, підвищить урожайність. Автоматика у теплопостачанні дозволить спокійно спати в ночі.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика тепличного підприємства

Підприємство вирощує розсаду та овочі в закритому ґрунті з 1965 року. На сьогоднішній день в агрофірми три теплиці, які працюють протягом цілого року. З початку року в січні, лютому вирощується цибуля на зелень. У березні та квітні розсада помідорів, баклажанів, перцю. Після аж до листопада вирощують ці овочі.

З власного досвіду господарство вважає, та переконане у тому що їхня діяльність прибуткова. Одна неопалювана споруда закритого ґрунту окуповується через два роки. Першу споруду зробили своїми руками з дерев'яних брусів. То була сезонна теплиця шириною 5 та довжиною 10 метрів, накрита багато сезонною плівкою.

На сьогодні теплиці з водяною системою опалення рис.1.1. Встановлений твердопаливний котел на дрова. Недоліком є те що потрібно постійно контролювати (підкладати дрова) особливо в ночі.

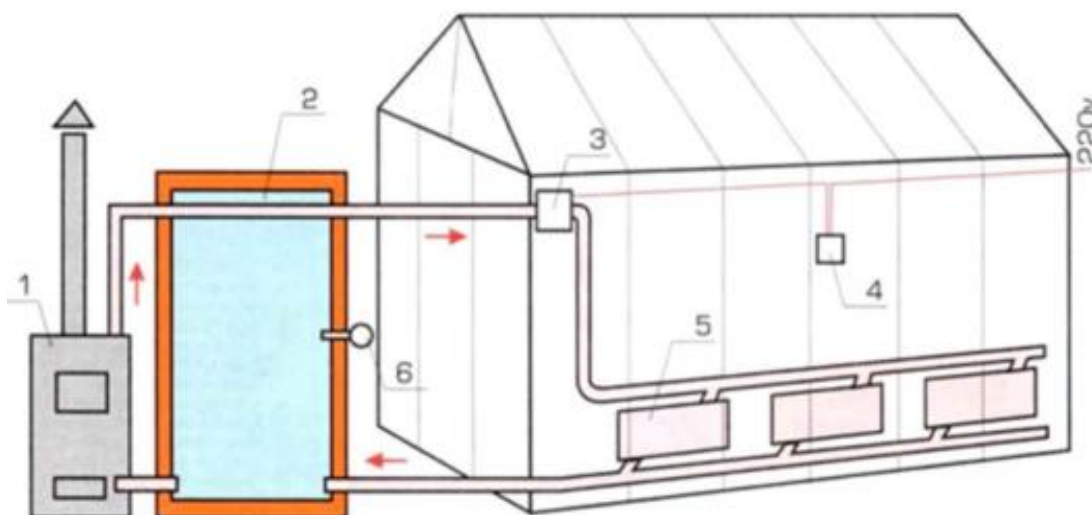


Рисунок 1.1 – Схема водяного опалення теплиці

- 1 – котел; 2 – бак - термос; 3 – циркуляційний насос;
4 – реле регулятор; 5 – радіатори опалення; 6 – термопара.

У зимовий період в ночі підтримують температуру $+10^{\circ}\text{C}$ а в день близько $+20^{\circ}\text{C}$. З часом планується перейти на сучасніші технології забезпечення тепlopостачання.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка автоматизованої системи зі створення та підтримки необхідних мікрокліматичних умов у теплиці індивідуального господарства на зимовий період.

1.2 Обґрунтування теми роботи

У моїй кваліфікаційній роботі буде вирішуватись питання, підтримання оптимальних параметрів мікроклімату в теплиці за умови використання енергії сонця.

Огороджувальна конструкція споруд захищеного ґрунту, зроблена з полікарбонату. Розміри кожної споруди: ширина 5 м, довжина 10 м, тобто їх площа приблизно становить 50 м^2 .

На нашу думку головним недоліком тепlopостачання даних споруд закритого ґрунту є те що в них обігрів внутрішнього повітря не автоматизований, тому що відбувається за допомогою людського фактору, підкладанням дров в котел.

Для розв'язку даної проблеми а саме окреслення технічних параметрів системи мікроклімату у споруді закритого ґрунту най-перше потрібно здійснити аналіз декількох способів і методів тепlopостачання для таких споруд. Окреслити переваги та недоліки та особливості різних систем тепlopостачання котрі застосовуються традиційно, як приклад: водяна система, повітряна система, електрична, газова [2].

Також потрібно вивчити природньо кліматичні умови даної місцевості, умови вирощування різних культур, параметри температури повітря у теплиці під час проростання насіння, перших сходів тощо.

Вивчити мінімально допустимі покази добових температур повітря в березні – квітні щонайменше за три останні роки у 2022 2024 роках, для даної місцевості.

Розрахувати конструктивні параметри теплиці.

Далі необхідно розрахувати тепловий баланс для теплиці, та обчислити тепловтрати через огороджувальні елементи.

Кінцевою метою є запропонувати спосіб для вирішення поставлених задач і науково обґрунтувати техніко-економічні параметри оптимальної системи створення та підтримування мікроклімату в споруді закритого ґрунту за умови використання поновлюваних джерел енергії, наприклад енергії сонця.

2 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Природньо кліматичні умови

У тепличному підприємстві насіння вищеназваних культур висівають на розсаду у теплиці приблизно в кінці лютого на початку березня та доглядають за ростом розсади до 60...70 діб приблизно до кінця березня.

Проаналізувавши архівні дані “Українського гідрометеорологічного центру” [8] за даний період нами зроблено висновок про це що середня температура повітря в світлу пору доби становить $\approx + 9, + 10^{\circ}\text{C}$. У ночі найменша температура між 3:00 та 6:00 годинами була до $- 5, - 7^{\circ}\text{C}$. Це можна побачити на графіках, рис. 2.1., і 2.2.

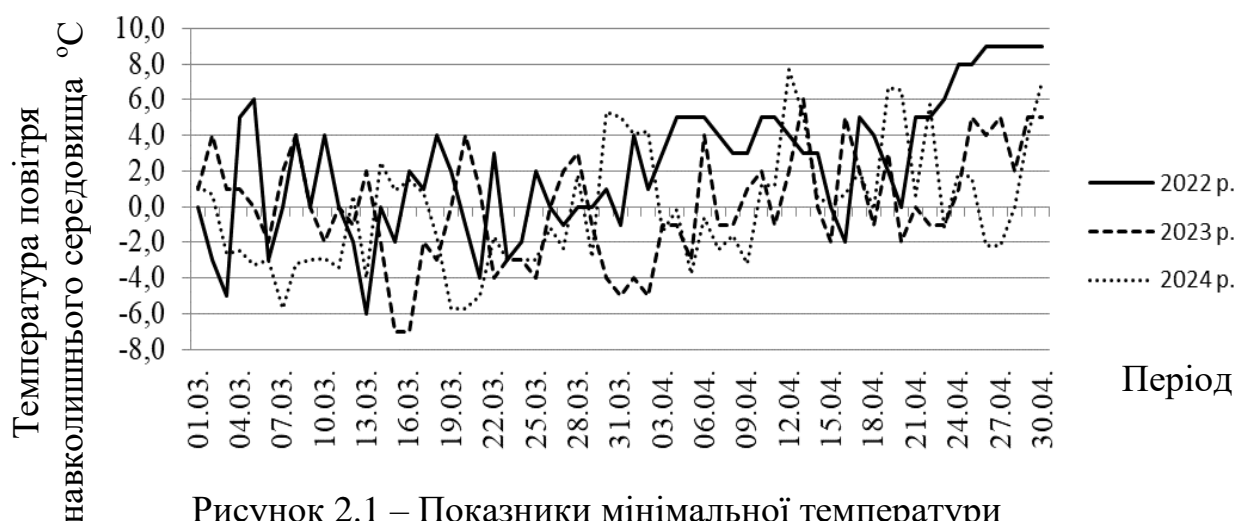


Рисунок 2.1 – Показники мінімальної температури

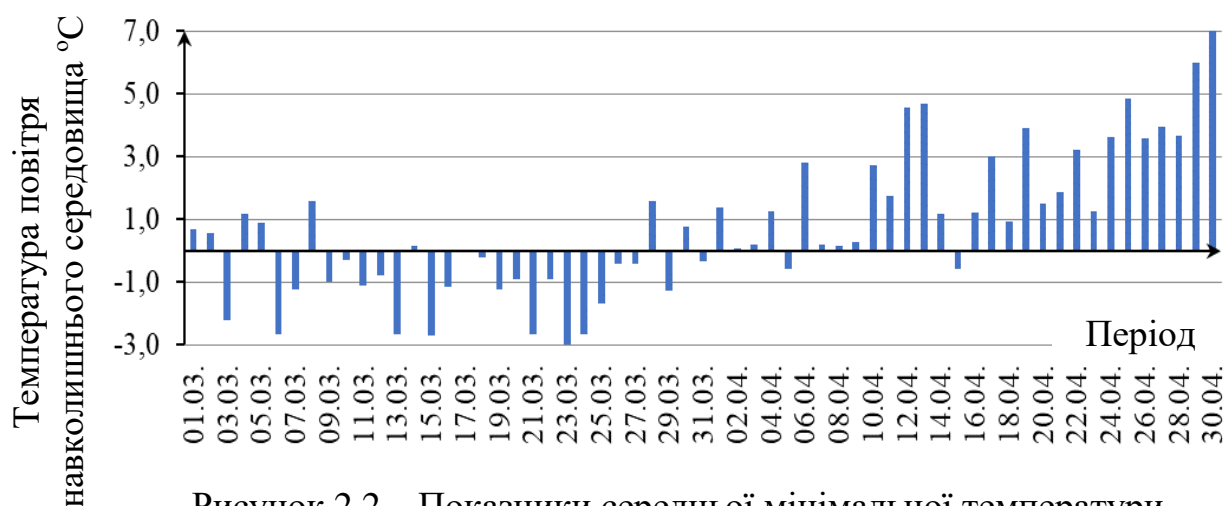


Рисунок 2.2 – Показники середньої мінімальної температури

2.2 Кліматичні умови для вирощування технічних культур

Вагомим впливом на якість росту розсади є підтримання оптимального мікроклімату у споруді закритого ґрунту, який залежить від цієї чи іншої технічної культури.

Оптимальні періоди посіву насіння для отримання високоякісної здорової розсади наступні: капуста рання з 1 лютого до 15 лютого, броколі та цвітна капуста від 25 січня до 1 березня, помідори від 1 березня до 20 березня, перцю від 10 до 20 березня.

Оптимально допустимі параметри температури повітря та вологості ґрунту при вирощуванні помідорів чи перцю у теплицях наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри температури повітря та вологості ґрунту

Терміни	Температура повітря, °С			Вологість ґрунту %
	Сонячні дні	Похмурі дні	У ночі	
Проростання насіння	25...27	25...27	25...27	70
Вирощування розсади	15...17	13...15	10...13	70...75
Розсада у відкритий ґрунт	18...20	15...17	12...15	65...80

Розсаду висаджують у відкритий ґрунт у терміни 60...70 днів приблизно у фазі 5...7 листочків.

Мною дослідженні вище зазначені параметри кліматичних умов та необхідного оптимального мікроклімату є основними вхідними параметрами для розрахунку теплового балансу споруди.

2.3 Розрахунок площі огорожувальної конструкції теплиці

Розрахунок поверхні площі огорожувальної конструкції теплиці – S , схема якої показана на рисунку 2.3, здійснюється наступним чином.

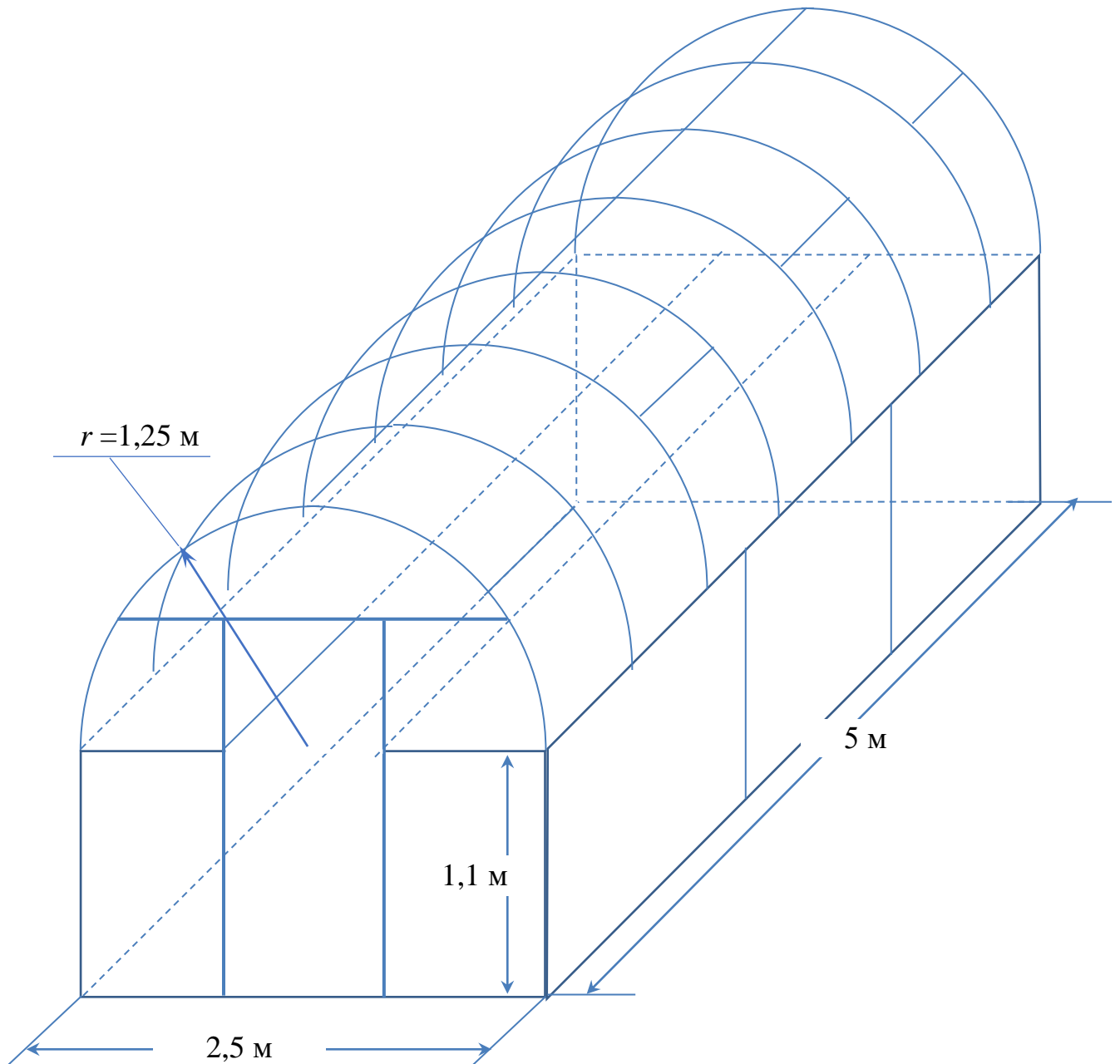


Рисунок 2.3 – Схема конструкції теплиці

Розміри теплиці: довжина – l , рівна 5 м, ширина – b , рівна 2,5 м, висота частини теплиці h , від землі до початку арки 1,1 м, дуга арки радіусом $r=1,25$ м.

Площа $S_{\text{ниж. ч.}}$ нижньої частини теплиці:

$$S_{\text{ниж. ч.}} = 2 (h \times l) + 2 (h \times b) \quad (2.1)$$

$$S_{\text{ниж. ч.}} = 2 (1,1 \times 5) + 2 (1,1 \times 2,5) = 16,5 \text{ м}^2$$

Площа $S_{\text{верх. ч.}}$ верхньої частини теплиці:

$$S_{\text{верх. ч.}} = \pi \times r \times l \quad (2.2)$$

$$S_{\text{верх. ч.}} = 3,14 \times 1,25 \times 5 = 19,7 \text{ м}^2$$

Площі $S_{\text{біч. с.}}$ двох бокових частин під арками:

$$S_{\text{біч. с.}} = r^2 \times \pi \quad (2.3)$$

$$S_{\text{біч. с.}} = 1,25^2 \times 3,14 = 4,9 \text{ м}^2$$

Загальна площа S , огорожувальної конструкції теплиці:

$$S = S_{\text{ниж. ч.}} + S_{\text{верх. ч.}} + S_{\text{біч. с.}} \quad (2.4)$$

$$S = 16,5 + 19,7 + 4,9 = 41 \text{ м}^2$$

Таким чином ми розрахували загальну площу огорожувальної конструкції теплиці. В подальшому її значення нам буде потрібне для обчислення тепловтрат через огороження.

2.4 Розрахунок тепловтрат

Тепловий баланс теплиці дасть нам змогу знайти, тепловтрати і знайти потрібний обсяг тепла для дотримання необхідної температури повітря у середині теплиці. Для вирощування технічних культур важливо щоб температура повітря була не менше $+1$ °С. Дослідивши архівні дані “Українського гідрометеорологічного центру” у пункті 2.1. значення

температур у березні та квітні 2022, 23 і 24 років, бачимо, що середньостатистичне найменше значення $t_3 - 4^\circ\text{C}$.

Знайдемо тепловтрати для теплиці.

$$Q = k \times S \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зв}}) \text{ Вт} \quad (2.5)$$

де k – коефіцієнт теплопровідності, табл.2.2;

S – загальна площа, огорожувальної конструкції теплиці, м^2 .

Таблиця 2.2 – Показники коефіцієнта теплопередачі при швидкості вітру

v , м/с	0	1	2	3	4	5	6	7
k , Вт/($\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$)	2,2	3,0	4,0	5,1	6,2	7,3	8,3	8,9

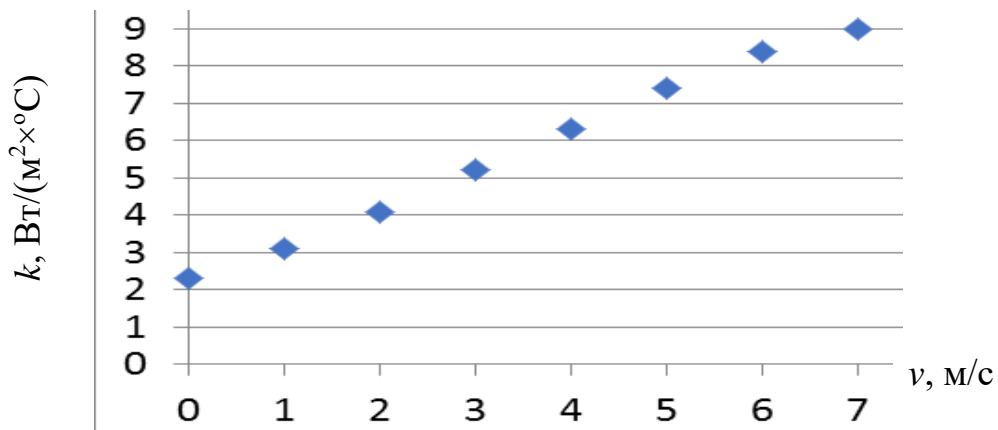


Рисунок 2.4 – Графічне зображення залежності коефіцієнта теплопередачі від швидкості вітру

При швидкості вітру 0 м/с, тепловтрати розраховуються за формулою:

$$Q_0 = 2,2 \times 40,7 \times (1 - - 4) = 447 \text{ Вт}$$

При інших швидкостях тепловтрати розраховують аналогічно:

$$Q_1 = 3 \times 40,7 \times 5 = 610 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 4 \times 40,7 \times 5 = 810 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 5,1 \times 40,7 \times 5 = 1035 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 6,2 \times 40,7 \times 5 = 1258 \text{ Вт}$$

$$Q_5 = 7,3 \times 40,7 \times 5 = 1480 \text{ Вт}$$

$$Q_6 = 8,3 \times 40,7 \times 5 = 1684 \text{ Вт}$$

$$Q_7 = 8,9 \times 40,7 \times 5 = 1806 \text{ Вт}$$

Таблиця 2.3 – Показники швидкості вітру

Період	Густина розподілу швидкості вітру	показники, м/с			
		\bar{M}	$\bar{\sigma}$	\bar{D}	ν
Березень	$f(V_2) = 0,26 \left(\frac{V_2}{4,65} \right)^{0,22} \times \exp \left[- \left(\frac{V_2}{4,65} \right)^{1,22} \right]$	3,81	3,55	14,4	0,92
Квітень	$f(V_1) = 0,27 \left(\frac{V_1}{4,37} \right)^{0,18} \times \exp \left[- \left(\frac{V_1}{4,37} \right)^{1,18} \right]$	3,57	3,47	13,7	0,95

\bar{M} – математичне сподівання; $\bar{\sigma}$ – середнє відхилення; D – дисперсія ν – коефіцієнт варіації;

Дослідивши кліматичних умов, вивчивши вимоги до температури вирощування культур, зробивши розрахунок теплових втрат через конструкцію споруди закритого ґрунту, можна зробити висновок про це що потрібно 1258 Вт теплової енергії, див рис. 2.5.

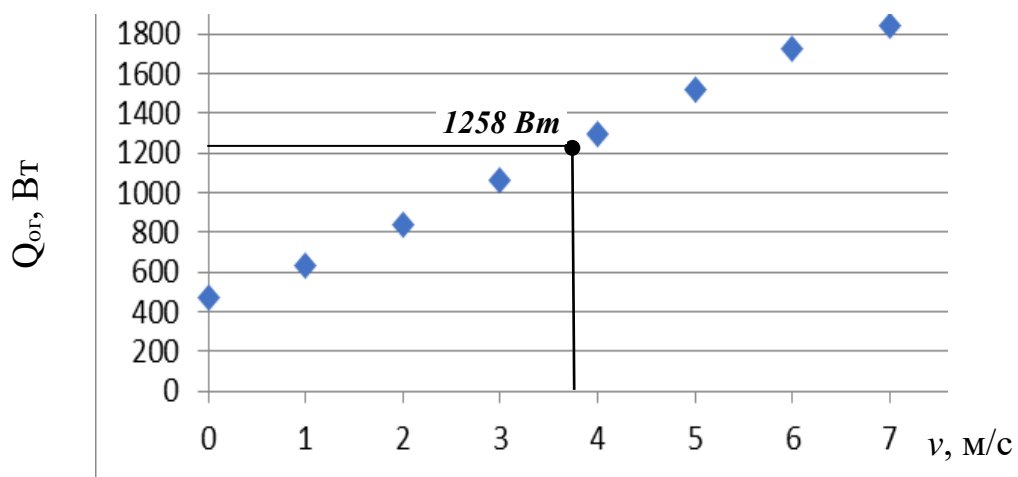


Рисунок 2.5 – Залежність теплових втрат від швидкості вітру

Подальшим потрібним кроком є розгляд та вивчення питання теплопостачання з різними системами опалення. А також вивчення питання можливості енергопостачання споруди закритого ґрунту за рахунок використання відновлюваних джерел енергії.

2.5 Існуючі системи теплопостачання

Одним з вагомих завдань при створенні необхідних параметрів мікроклімату в теплиці є розумний підбір конструкції та підбір системи її теплопостачання.

В цьому кліматичному районі де знаходиться господарство теплоізоляційних характеристик просто плівки не достатньо і для того щоб підтримувати постійну додатну температуру, теплицю необхідно оснащувати джерелом постійного обігріву, особливо це важливо коли зовнішня температура від'ємна.

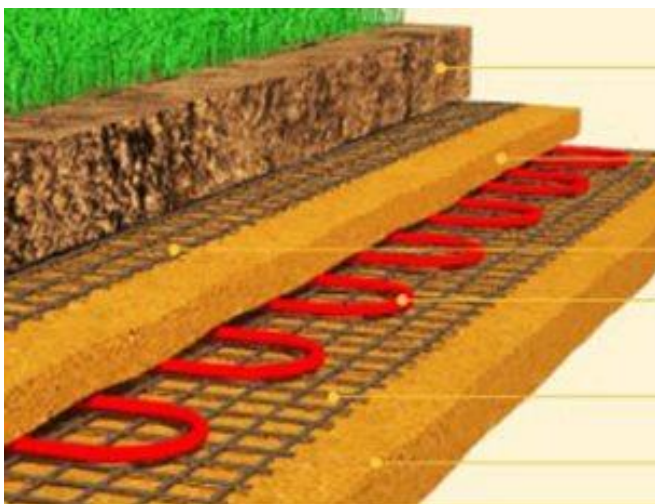
Для теплопостачання споруд закритого ґрунту у даному районі, просто енергії сонця в зимовий період недостатньо, тобто необхідно утеплювати конструктивні частини та зробити монтаж обладнання для теплопостачання. Для того, як варіант, можна використовувати котел на твердому паливі або котел на будь якому іншому паливі. Як правило такі котли встановлюють із північної сторони у споруді закритого ґрунту або тамбурному приміщенні. Таким способом підігрів повітря відбувається з допомогою природної (циркуляції) конвекції, який є нерівномірний. Рослини котрі розташовані найближче до джерела теплопостачання отримують максимально багато тепла а більш віддалені отримують менше. Обігрів в середині теплиці починають з ночі та продовжують його до сходу сонця. При зменшенні температури зовнішнього навколишнього середовища потрібно постійно подавати паливо у котел а це викликає дискомфорт.

Також одним із способів теплопостачання теплиць є підігрів ґрунту (ще його називають теплі грядки). Добре змонтована тепла грядка наприклад на біопаливі буде обігрівати ґрунт 5 – 6 років, з мінімальними затратами фінансів на теплопостачання споруд закритого ґрунту. Вегетативне коріння культури залишається у теплом ґрунті, при цьому рослина витримує значне зниження чи коливання температур зовнішнього навколишнього середовища.

2.5.1 Електрична система обігріву

Обігрів повітря в теплиці з допомогою електроенергії зображено на рис.2.6.

При великих падіннях температури всередині споруди застосовують додаткове обігрівання. Для цього використовують інфрачервоні лампи або обігрівачі, які направлено випромінюють тепло на поверхневий шар ґрунту та рослини. Це в свою чергу призводить до невеликого загального підвищення температури в теплиці. Додатково, повітря може прогріватися за допомогою конвекторів або теплових вентиляторів.



а)



б)



в)

Рисунок 2.6 Приклад обігріву теплиці із використанням електроенергії

- а) із використанням електропроводу, який закладений в ґрунт та нагріває його поверхню;
- б) із застосуванням електрообігрівачів;
- в) із застосуванням ламп або інфрачервоними обігрівачами.

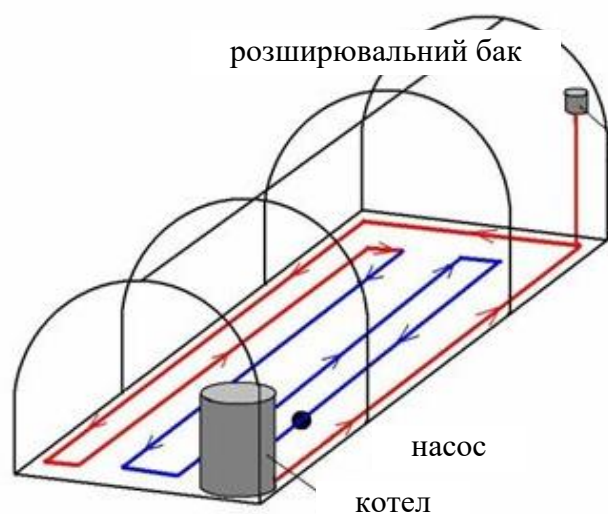
Для обігріву та захисту ґрунту від промерзання використовують спеціальний електричний кабель, який прокладають у ґрунт. На рисунку 2.6 а, показано приклад прокладання такого кабелю.

Конвектори або радіатори опалення монтують по периметру – така система обігріву утворює додатково захист від холодних повітряних потоків. Близько до огорожувальної конструкції опалювальні прилади краще не ставити так як при дії корпус опалювального приладу нагрівається, і матеріал огороження (поліетиленова плівка) може пошкодитись.

Інфрачервоні обігрівачі нагрівають не повітря, а площину, на яку потрапляють інфрачервоні промені. Тобто нагрівається ґрунт, рослини, та система поливу. Ці обігрівачі встановлюють до основи теплиці на кронштейни. Спектр інфрачервоного опромінювання дуже схожий до сонячного і корисний для рослинам.

2.5.2 Система існуючого опалення

Система існуючого опалення схематично показана на, рис.2.7.



Прилади:

- котел;
- гріючий контур;
- бак розширювальний;
- група безпеки;
- насос примусової циркуляції води.

Рисунок 2.7 – Система опалення

Монтаж обладнання існуючої системи опалення із слів працівників підприємства обійшовся недешево. Її встановлюють у теплицях з великою площею, яку використовують під вирощування помідорів, перцю, квітів. Для такої системи опалення можна використовувати різні види котлів: газові, електричні у даному випадку використовується твердопаливний на дрова.

Вибір того чи іншого типу котла проводиться залежно від виду енерго ресурсу і особистих уподобань власника. Монтаж цієї чи іншої системи опалення мало відрізняється, різниця в цьому, що: наприклад газовий чи електричний котел який входять в систему володіють вмонтованою групою безпеки і мають циркуляційний насос. У таблиці – 2.4, представлені технічні характеристики систем обігріву повітря у теплиці, а також представлено переваги та недоліки.

Таблиця 2.4 – Характеристики систем опалення

Система обігрівання	Характеристика	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Водяна	Теплоносій, яким є вода, володіє високою теплоємністю, густиною. При нагріванні розширюється, що призводить до зменшення густини. Температура води знижується через теплопередачу на стінки труб та обладнання. Регулювання температури приміщень здійснюється за допомогою регулювання температури води, яка подається до системи. Вона має значну теплоакумулюючу здатність	Ця система відрізняється відсутністю значного вмісту металу, її робота безшумна, та забезпечує достатньо однорідну температуру у приміщеннях за умови невисокої температури поверхні обігрівальних приладів.	Система має значний гідростатичний тиск. Через велику теплову інерцію води, регулювання тепловіддачі приладів обігрівання уповільнюється

1	2	3	4
Повітряна	Теплоносії у цій системі – це повітря, яке характеризується низькою теплоємністю і густиною, великою рухливістю та розширюється під час нагрівання, що призводить до зменшення густини. Температура нагрітого повітря знижується через теплопередачу через стінки повітропроводів і перемішування з повітрям у приміщенні, яке опалюється.	Ця система забезпечує швидке реагування та однакову температуру у приміщеннях, а також проводить вентиляцію приміщень.	Ця система має невелику здатність до збереження тепла, вимагає значної площі поперечного перерізу та великої кількості металу для нових повітропроводів. Також вона відзначається значним зниженням температури вздовж повітропроводів.
Газова	Теплоносії – тепло від згорання газу та повітря	Система має високий коефіцієнт корисного використання енергії, низьку інерційність. Крім того, вона може одночасно забезпечувати обігрів приміщень і додавати вуглекислий газ для живлення рослин.	Тепло нерівномірно розподіляється, що призводить до надмірної інтенсивності випромінювання та можливого виділення в приміщення (у разі неправильної експлуатації) продуктів неповного згорання.
Електрична	Теплоносії у цій системі - повітря, рідина та ґрунт, що знаходяться у контакті з електронагрівальними елементами.	Система готова до використання без зволікань і має простий механізм регулювання тепловіддачі від електронагрівальних елементів.	Вартість енергії є високою, а також існує дефіцит. Виникають складнощі у забезпеченні надійної електробезпеки.

2.6 Визначення витрат на опалення за допомогою різних джерел енергії

Сьогодні у період війни виникає питанням – чим дешевше забезпечити теплопостачання, виходячи з ціни у 2023 році на електроенергію, природний газ, пелети або дрова. Однозначно, відповісти складно, тому що споруди різно утеплені, обладнані різними системами теплопостачання. Але зробити приблизні розрахунки можливо.

Електроенергія, газ, пелети, дрова це все різні види палива, які мають різну ціну, відрізняються швидкістю горіння. При їхньому спалюванні виділяється теплова енергія, таблиця 2.5 знаючи її об'єм та вартість того чи іншого виду палива, можна розрахувати, та обґрунтувати чим вигідно опалювати.

Таблиця 2.5 – Теплоота згоряння для різних видів палива

<i>Паливо</i>	<i>Одиниці вимірювання</i>	<i>Питома теплота згоряння</i>		
		ккал	кВт×год	МДж
Електроенергія	1 кВт×год	860	1	3,6
Газ природний	1 м ³	8000	9,3	33,5
Пелети деревина	1 кг	5000	4,8	17
Висушена деревина φ = 20%	1 кг	3400	3,9	14,2

Основне джерело інформації: <http://a-invest.com.ua/aktualno/tablitca-teplotvornosti>

Знайдемо, вартість одиниці енергії, що отримана з цього чи іншого виду палива. Розрахунки проведемо через дані що наведені в таблиці (питому теплоту згоряння палива). Знайдемо, вартість 1 кВт·год тепла отриманого з різних видів палива і рівна 3,6 МДж.

Для порівняння енергії у різних одиницях вимірювання, скористаємось співвідношення, що є у постанові Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №84 від 26 січня 2017 року, а саме:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,86 \times 10^{-3} \text{ Гкал} (0,86 \text{ Мкал}) \text{ або } 1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \text{ МДж.}$$

2.6.1 Визначення витрат на опалення за допомогою газу

В Україні питома теплота згоряння 1 м^3 газу рівна 33,5 МДж або 8000 Ккал. Або, 1 м^3 газу дасть 9,3 кВт·год електричної енергії.

Якщо використовувати звичайний газовий котел, коефіцієнт корисної дії якого близький до 90%, то, з 1 м^3 газу отримаємо:

$$9,3 \times 0,9 = 8,37 \text{ кВт}\cdot\text{год енергії, або } 30 \text{ МДж тепла.}$$

Ціна 1 м^3 газу для підприємств становить 34,5 грн., таким чином $1 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ виробленої газу електричної енергії чи 3,6 МДж теплової енергії вартуватиме:

$$(3,6 \text{ МДж} \cdot 34,5 \text{ грн}) / 30 \text{ МДж} = 4,14 \text{ грн.}$$

2.6.2 Визначення витрат на опалення за допомогою дров

Зробити простий і точний розрахунок для дров не можливо тому, що в Україні є різні породи дерев. Переважно використовують вільху, березу, граб, акацію, дуб, бук. З початком опалювального сезону 2023-24 р., вартість на дрова залежала від наступних умов: колоті, в колодах або довжиною 1 метр. А це впливає на розрахунок. Також важливо врахувати затрачений період на рубання, складання, завантаження котла, тощо. З інтернет ресурсів приблизна ціна дров у Львівській області, становить:

Бук, дуб, акація, граб – 1 м^3 :

- ✓ колоті – 2,800 тис. грн.
- ✓ колодами – 2,500 тис. грн.
- ✓ метрівки – 2,100 тис. грн.

Вільха, береза:

- ✓ колоті – 2,500 тис. грн.
- ✓ колодами – 2,350 тис. грн.
- ✓ метрівки – 1,900 тис. грн.

Для розрахунку як приклад візьмемо такий варіант (дуб, бук). Знову ж як приклад візьмемо дрова колодами сушіння тривало 1 рік, природним способом (вологість 20%), щільністю 500 кг / складометр. Вартість, 1 кг таких дров становить 5 грн. Питома теплота згоряння 1 кг дров з таких порід дерев приблизно 14,2 МДж, або 3,9 кВт·год. Якщо використовувати твердопаливний котел, *к.к.д.* якого становить 70%. То після спалювання 1 кг дров ми будемо мати:

$$3,9 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 0,7 = 2,7 \text{ кВт}\cdot\text{год} \text{ енергії, або } 9,7 \text{ МДж тепла.}$$

Таким чином 1 кВт·год електричної енергії або 3,6 МДж теплової енергії, буде коштувати:

$$(3,6 \text{ МДж} \times 5 \text{ грн/кг}) / 9,7 \text{ МДж} = 1,9 \text{ грн.}$$

2.6.3 Визначення витрат на опалення за допомогою пелет

В пелетах питома теплота згоряння в середньому дорівнює 17 МДж, або 5000 Ккал. 1 кг пелет дасть 4,8 кВт·год електро енергії.

Припустимо, що *к.к.д.* котла рівний 90%, отже при спалюванні 1 кг пелет будемо мати:

$$4,8 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 0,9 = 4,4 \text{ кВт}\cdot\text{год} \text{ енергії, або } 17 \text{ МДж тепла.}$$

Сьогодні ціна пелет в середньому становить близько 8000 грн./т.

Тобто 1 кВт·год, енергії або 3,6 МДж, буде коштувати:

$$3,6 \text{ МДж} \times 8 \text{ грн./кг} / 17 \text{ МДж} = 1,7 \text{ грн.}$$

2.6.4 Визначення витрат на опалення за допомогою електроенергії

У випадку тепlopостачання з використанням електроенергії. Якщо *к.к.д.*, електро котла прийняти за 100%, і тепловтрати будуть мінімальні. Для підприємств 1 кВт·год вартує 7,8 грн.

Таким чином ми будемо мати наступний “рейтинг” отримання 1 кВт·год з таких видів палива:

- газ – 4,14 грн.;
- дрова – 1,9 грн.;
- пелети – 1,7 грн.;
- електроенергія – 7,8 грн.

Наголошую, що це приблизні дослідження, тому що лише про газ та електроенергію можна стверджувати однозначно, бо вони однаково вартують і мають одну і ту саму якість в Україні. А теплотворна здатність дров та пелет можуть вагомо відрізнятись, тому що залежать від декількох факторів, вологості, породи деревини тощо.

Ціна на дрова – можна купити по ринковій ціні, а можна дешевше. Вартість дров може бути меншою, якщо закупити їх не розколотими, а наприклад метровими колодами.

Також присутній фактор, що впливає на вартість кВт·год енергії це к.к.д., котла. Чим більший коефіцієнт корисної дії котла тим ефективніше застосовується тепло.

Здійснивши аналіз різних способів подачі тепла, та здійснивши оцінку вартості опалення різними джерелами енергії врахувавши сьогоденню ситуацію з енерго носіями, військовий період, мною прийнято рішення для того щоб підвищити рівень ефективність енергопостачання (точніше теплопостачання) теплиці необхідно використання відновлюваних джерел енергії зокрема енергії сонця.

3 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ

Мною запропонована сонячна система забезпечення мікроклімату в теплиці представлена на рисунку 3.1.

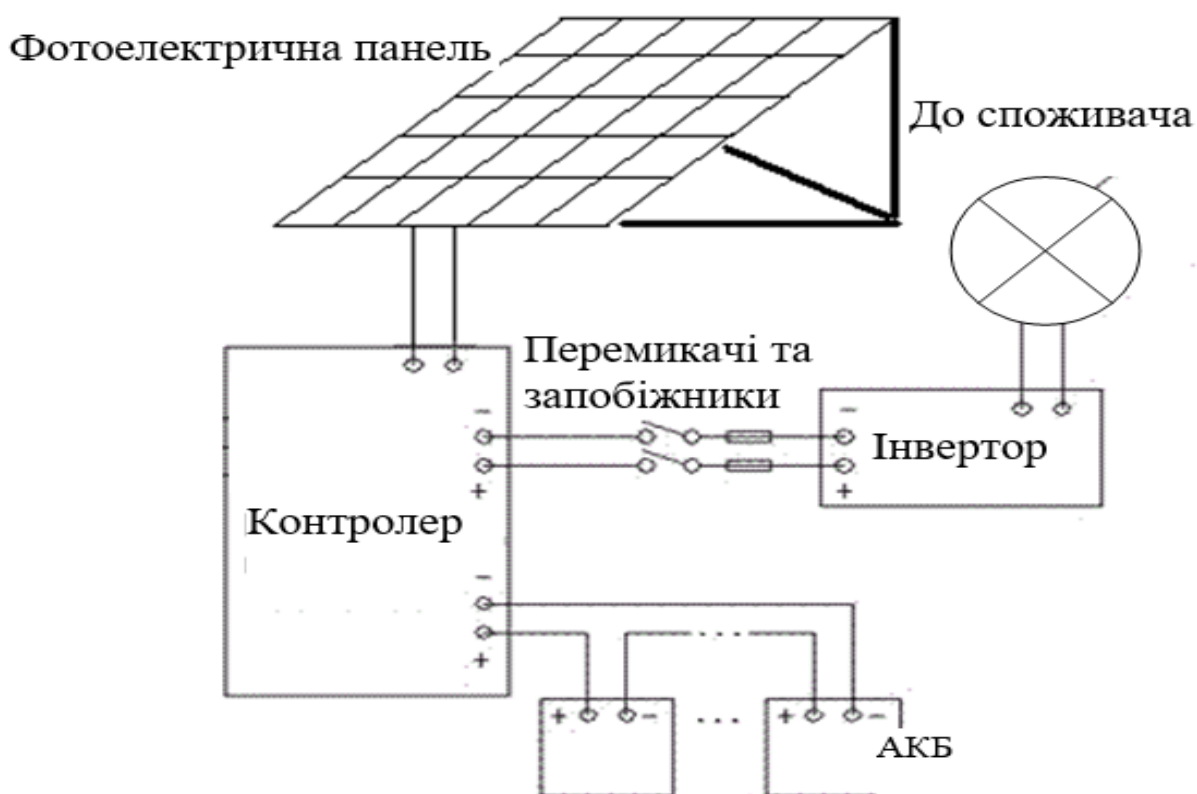


Рисунок 3.1 – Автоматизована система.

Система дає можливість приєднання фотоелектричних панелей через пристрій контролера заряду чи з допомогою окремого контролера до системи акумуляторів і далі до безперебійного джерела живлення (інвертора) 220 В.

Дана система відноситься до відновлюваної енергетики, тому що сонце є безкоштовним джерелом відновлювальної енергії, однак не передбачуване і непостійне.

Головною перепоною на шляху використання сонячної енергії є економічна, так як потужність сонячної фотоелектричної установки є невеликою а частина затрат на експлуатацію вагомою.

У будь якій технічній системі або пристрою існують переваги та недоліки.

Переваги системи:

- + відновлюване джерело енергії;
- + екологічне до зовнішнього навколишнього середовища;
- + енергія безкоштовна;
- + незначні трудові витрати на монтаж;
- + незначний період для введення у експлуатацію;

Недоліки системи:

- Незручності у випадку переїзду;
- Не для усіх конструкцій даху підлаштована;
- Незначні заощадження за незначного споживання;

3.1 Будова та принцип роботи твердо паливного котла

Якщо ще кілька років тому пелетні установки використовувалися лише у 20% будинків у Європі, то зараз цифра зросла до 70%. Використання котлів та пальників, що працюють на гранулах, – найбільш вигідний варіант для опалення житлового приміщення з екологічного та економічного погляду.

Принципи роботи обладнання, його переваги та недоліки, а також розглянемо схему виготовлення пелетного пальника.

Пелетний пальник – спеціальний обігрівальний пристрій, який виділяє тепло за рахунок спалювання пелет або паливних гранул у казані. У деяких випадках у подібних пальниках використовується сухе непотрібне зерно.

*Існують ручні та автоматичні пальники, в автоматичних пальниках паливо подається в бункер для спалювання за допомогою спеціального шнека, а весь процес контролюється датчиками, за рахунок чого пристрій потребує мінімального контролю з боку користувача. Пелетні пальники знайшли своє застосування у побуті та промисловості. Вони використовуються для опалення приміщень, для підігріву **води**.*

Пелети, або паливні гранули – спеціальне тверде паливо, що виходить з відходів деревини або сільськогосподарського виробництва шляхом пресування та гранулювання під впливом високих температур.

Вони є екологічно чистим видом палива, оскільки при їх спалюванні в атмосферу викидається стільки ж вуглекислого газу, скільки утворюється при природному розкладанні деревини

У країнах, у яких сільське господарство та деревообробна промисловість займають перші позиції, собівартість пелетного палива виявляється набагато нижчою, ніж кам'яного вугілля. Винятки становлять ті регіони, в безпосередній близькості від яких розташовані вугледобувні підприємства.

При спалюванні пелет не виділяються небезпечні випари, як це відбувається при спалюванні рідкого палива.

Принцип роботи

Усі пелетні установки, які можна придбати у магазині, додатково обладнані:

- Шнек – здійснює подачу палива від бункера до камери для спалювання;
- Контролери для автоматизації процесу роботи;
- Бункер – місце, де паливо розташовується до подачі в камеру спалювання;
- Лямбда – зонд – спеціальний датчик, який стежить за вмістом кисню у димових камерах та самостійно контролює процес горіння палива.

Додатково використовується вентилятор, який посилює горіння пелет шляхом нагнітання повітря, а також термоелектричний нагрівач, що дозволяє розпалювати паливо без втручання людини.

У автоматизованих пристроях пелети в камеру для спалювання подаються в автоматичному режимі, від людини потрібно лише стежити за кількістю палива в бункері. Необхідність подачі палива в камеру для спалювання визначається за допомогою термодатчиків (можуть стежити за температурою повітря в приміщенні, за температурою води або будь-якими іншими навколишніми показниками залежно від режиму роботи обладнання).

Потрібна температура теплового носія встановлюється користувачем, усі подальші підвищення та зниження контролюються за допомогою автоматизованого обладнання. Як тільки температура доходить до встановленого рівня, пальник починає працювати в режимі очікування (пелети не гаснуть, вони починають тліти). Якщо температура навпаки знизилася, контролер активує вбудований вентилятор. Під дією повітря пелети розгораються, пальник переходить у робочий режим. Якщо за час простою пелети з якоїсь причини згасли, активується ТЕН, який здійснює повторне розпалювання.

Пристрій

Будь-який пальник має одну мету - створення потужного полум'я для нагрівання повітря або водної сорочки котла. У цьому саму потужність горіння можна регулювати самостійно.

Пелетний пальник має аналогічні цілі. Пристрій є аеродинамічною трубою, в яку подається тверде паливо і нагнітається повітря для горіння. Подача палива у трубу здійснюється за допомогою спеціального конвеєра шнекового типу. Саме паливо перед горінням знаходиться у завантажувальному бункері. Бункер може мати різний обсяг, при цьому саме від об'єму залежить, як довго пальник може горіти самостійно без втручання людини (підсипання палива).

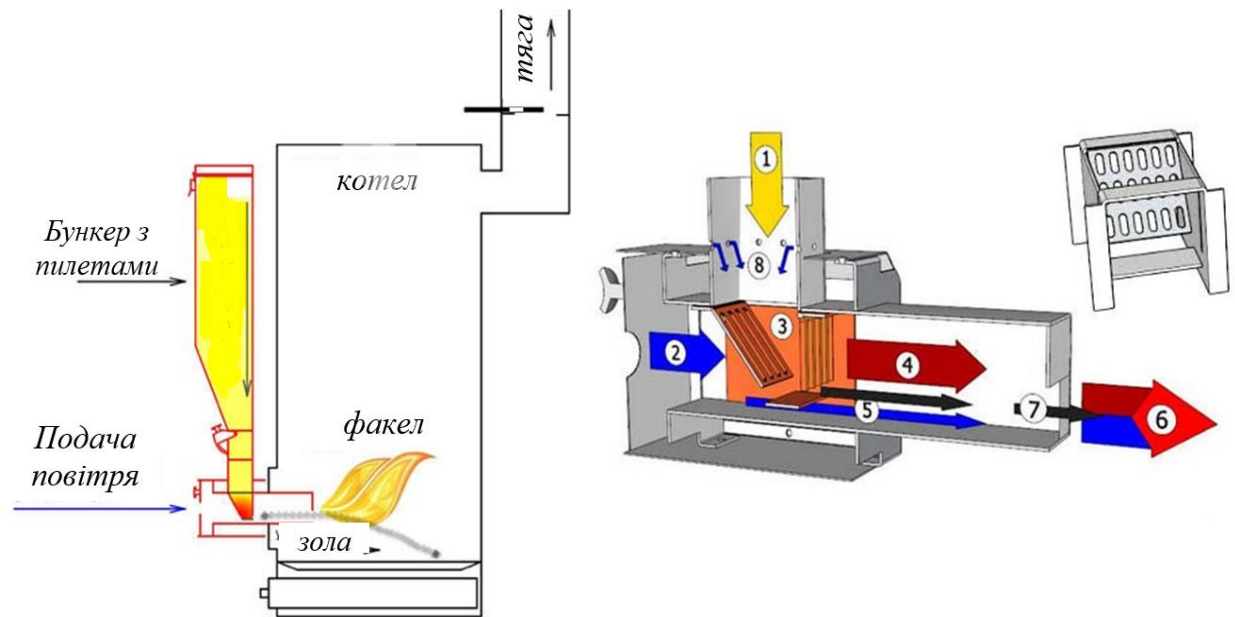


Рисунок 3.2 – Пристрій пелетного пальника

1 - Пелет надходить у пальник під дією сили тяжіння; 2 - Повітря надходить у пальник рахунок розрядження, створюваного тягою димової труби; 3 - Горіння пелета відбувається в камері горіння, яка називається "кошик"; 4 - За рахунок високої температури, в кошику відбувається термічне розкладання деревини, яке формує потік горючих газів; 5 - Під кошиком проходить потік вторинного повітря; 6 - У соплі пальника потік горючих газів і вторинного повітря змішується, формуючи смолоскип; 7 - Тверді продукти горіння потоком вторинного повітря викидаються з пальника в зольник котла або печі; 8 - Вентиляція каналу подачі не дозволяє гарячим газам дифундувати вгору каналом і руйнувати пелет, забезпечуючи стабільну подачу гранул.

Повітря в зону спалювання подається примусовим шляхом за рахунок нагнітання з допомогою вентилятора.

Камера для спалювання палива у пальнику може мати круглий або прямокутний тип. Круглі пальники найпоширеніші за рахунок простоти виготовлення. Зовні до камери спалювання прикріплено патрубков труби, через який з конвеєра подається паливо.

У конструкції також передбачено зольник, у якому накопичуються відходи горіння. У процесі горіння пелет утворюється трохи золи, тому очищати зольник потрібно не частіше ніж раз на тиждень при активному використанні пальника.

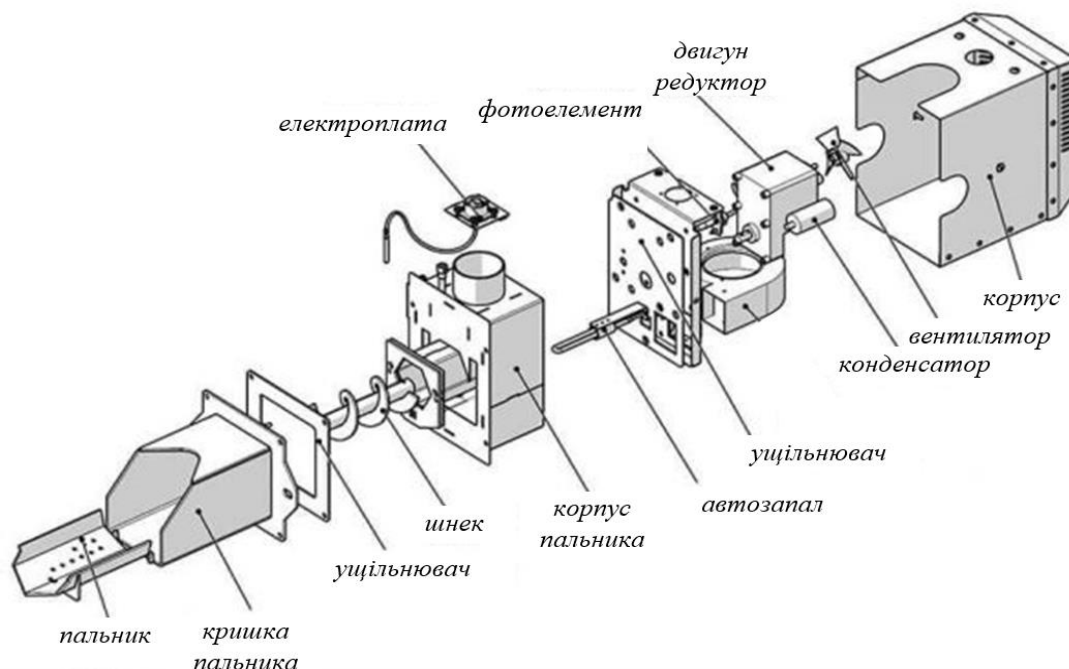


Рисунок 3.3 – Загальна схема пелетного пальника

Камеру згоряння можна облаштувати із труби квадратного чи круглого перерізу. Віддавати перевагу краще жаростійкій сталі, здатній протистояти підвищеним температурам, товщина стінок повинна бути не менше 4 мм.

Кріплення установки до котла виготовляється фланцевою пластиною, виготовленою з жароміцної сталі товщиною від 3 мм.

Найоптимальніший варіант – установка, в якій паливо подається автоматично. Для цього в трубу потрібного діаметра поміщаємо шнек. Обертання пристрою буде здійснюватися за рахунок підшипника, редуктора та двигуна, що працює на низьких обертах.

Додатково монтується вентилятор, який нагнітатиме повітря. Вентилятор закріплюється на пластині, яка виготовляється залежно від розмірів та конструкції дверцят котла.

Необхідне регулювання кількості подачі палива, та об'єму повітря, що нагнітається вентилятором, в іншому випадку пристрій робитиме нестабільно.

Для автоматизації застосовується електричний елемент розжарювання і фотодатчик. Перший робить автоматичне розпалювання полум'я у випадку, якщо воно погасло. Фотодатчик слідкує за появою полум'я: якщо полум'я стабільне, датчик передає електронний сигнал на елемент розжарювання для припинення розпалювання.

В автоматизації системи теж є датчик заповнення бункера для пелет. Він повідомляє електронну систему пристрою про ступінь заповнення камери згоряння пелетами. Пелетні пальники – сучасне обладнання для котлів, яке дозволяє підвищити екологічність процесу та знизити витрати на паливо.

3.2 Розрахунок параметрів акумуляторного пристрою

Максимальний показник сили струму знаходять як частку від потужності P до напруги живлення U .

Аналізуючи типорозмірні параметри за потужністю на ринку, можна казати що котли на пелети за найменшою потужністю починають з 2 кВт.

З технічних характеристик наведених у [18], можна констатувати це, що котел потужністю 2 кВт буде споживати загальну електроенергію 290 Вт.

$$I = P / U \quad \text{А,} \quad (3.1)$$

$$I = 290 / 24 = 12 \text{ А}$$

Враховуючи це що котел опалює приміщення у найхолодніший період з 03:00год., ночі по 08:00год., ранку, тобто в сумі 5 год. Тоді для розрахунку ємкості акумуляторного приладу необхідно враховувати безперебійне живлення системи в цілому.

Помноживши струм на необхідний період T безперервного опалення від акумулятора ми отримаємо необхідну ємність $E, A \cdot \text{год}$.

$$E = I \cdot T \quad A \cdot \text{год} \quad (3.2)$$

$$E = 12 \cdot 5 = 60 \quad A \cdot \text{год}$$

Щоб підвищити термін служби акумуляторного пристрою, необхідно значно знизити глибину розряду. У буферному режимі роботи, який максимізує термін служби акумуляторного пристрою, необхідно забезпечити, щоб глибина розряду становила не менше 30% від номінальної ємності. Оскільки акумуляторні пристрої будуть експлуатуватися в умовах захищеного ґрунту в холодну погоду, глибина розряду знижується до 75% від їх номінальної ємності, щоб мінімізувати цей ефект. Тому в даному прикладі:

$$E = 60 / (0,3 \cdot 0,75) = 250 \text{ A} \cdot \text{год}$$

Для забезпечення ефективного та неперервного постачання системою енергії для споруди в захищеному ґрунті потрібно мати акумуляторний пристрій з ємністю близько $250 \text{ A} \cdot \text{год}$, щоб забезпечити постійну теплову енергію потужністю 2 кВт.

3.3 Технічні параметри інвертора

Інвертор – пристрій, що перетворює постійний струм на однофазний або багатофазний змінний струм.

Для визначення параметрів інвертора необхідно мати інформацію про напругу в системі акумуляції, напругу споживання в електричній мережі і максимальну потужність. Оскільки параметри вже визначені, ми можемо вибрати відповідний тип інвертора із стандартного асортименту. Технічні характеристики інвертора наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики інвертора

Номінальна потужність	1 кВт
Напруга АКБ	24 В
Межі вхідної напруги без переходу в режим роботи від акумуляторної батареї	160 – ... В
Побудова напруги вихідної	Off - line
Зарядний прилад	Автоматичний 3-х етапний
Струм заряду	25 А
Нестабільність напруги при роботі від АКБ, менше	0,5 %
Частота напруги	50 + / – 0,5 Гц
Тип вихідного сигналу	Синусоїда. Коефіцієнт гармоніки 5%.
Період пере налаштування при відсутності напруги	5...7 мс
Коефіцієнт корисної дії	95 %
Наскрізний нуль	є
Індикація	Цифровий дисплей

При виборі потрібного інвертора необхідно також враховувати тип електричного споживача, котрий буде під'єднуватися до пристрою інвертора, та правильно після аналізу технічних характеристик інверторів вибрати необхідний.

3.4 Визначення сонячного потенціалу місцевості

Фотоелектричні установки правильно направляти на південний напрямок та нахилити до горизонту під кутом який рівний географічній широті, для цієї чи іншої місцевості, наприклад: у Львівській області він приблизно буде рівний 49 градусів. В літній період часу цей кут нахилу необхідно було б зменшити на 15 градусів, а у зимовий навпаки збільшити на 15 градусів. Енергію сонця – $H^{\text{лр}}$, теоретично можна використовувати для генерування. Її знаходять за відомим надходженням енергії сонця на похилу площину [11].

В сьогоднішній день для розрахунків необхідних параметрів фотоелектричної панелі, яка входить в склад цієї чи іншої автоматизованої системи, використовують інформацію щодо параметрів сонячного випромінювання з супутникових спостережень, яка доступна на веб-ресурсах Національного управління з аеронавтики та дослідження космічного простору NASA див. табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика сонячного випромінювання на площу 1 м²

Параметри	Місяць	
	березень	квітень
Енергія сонця $H^{\text{лр}}$ кВт× год / м ²	3,45	3,95
Кут нахилу фотоелектричної панелі до горизонту	43°	27°

З таблиці можна зрозуміти під яким кутом потрібно нахилити фотоелектричну панель до горизонту у місяці березні та квітні. Щоб не виконувати трудомістку роботу пропонуємо прийняти оптимальний кут нахилу фотоелектричної системи приблизно 34...35 градусів до горизонту.

3.5 Розрахунок технічних параметрів фотоелектричної панелі

До вибору і розрахунку необхідної фотоелектричної системи нами вже було обґрунтовано технічні параметри необхідного обладнання що має входити до системи обігріву повітря в теплиці. Зокрема знайдено ємність акумуляторної батареї E , яка має становити $250 \text{ А} \times \text{год}$.

Теж обґрунтовані технічні характеристики інвертора і наведені в таблиці 3.1.

Наступним кроком нам необхідно здійснити розрахунок і вибір фотоелектричної панелі.

Наприклад якщо розглядати стандартний сонячний фотоелектричний елемент до установки то він має характеристики наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри фото елемента

Параметр	монокристал
Потужність	8.6 Вт
Напруга робоча	$U_{ce} = 1 \text{ В}$
Напруга без навантаження	1,2 В
Струм короткого замикання	$I_{ce} = 26 \text{ А}$
Струм	25 А
Розміри	$31,2 \times 15,6 \text{ см}$

Фото електрична система подає заряд на акумуляторну батарею сила струму має становити $\approx 10 \%$ від її ємності.

$$I_{\text{зар}} = E \times 0,1 \approx 25 \text{ А}$$

А розрахунок обсягу електро енергії здійснювався за наступним виразом:

$$P_{\text{фп доб.}} = H_{\beta}^{\text{д}} \cdot S \cdot N_{\text{фп}} \cdot \eta_{\text{фп}} \cdot \eta_{\text{т}} \quad (3.3)$$

$$P_{\text{фп доб.}} = 3450 \cdot 0.05 \cdot 8 \cdot 0.2 \cdot 0.9 \approx 250 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

$P_{\text{фп доб.}}$ – обсяг енергії, Вт · год / день; S – площа сонячного модуля, м²; E – місячне випромінювання, Вт · год / м²; $N_{\text{фп}}$ – кількість модулів; $\eta_{\text{фп}}$ – к.к.д. фотомодуля; $\eta_{\text{тп}}$ – коефіцієнт (тепловий), що враховує тепловтрати сонячного фотомодуля, під час його нагрівання, $\approx 90\%$.

Число фотоелектричних елементів, округлено до ближчого більшого значення:

$$N_{\text{фп}} = P_{\text{фп}} / H_{\beta}^{\text{д}} \cdot S \cdot \eta_{\text{фп}} \cdot \eta_{\text{тп}} \quad (3.4)$$

де $P_{\text{фп}} = P_{\text{фп доб.}} \cdot 0.85$ – потужність системи, з втратами.

$$N_{\text{фп}} = 210 / 3450 \cdot 0.05 \cdot 0.2 \cdot 0.9 = 7.77 \approx 8 \text{ елементів.}$$

На виході із фотоелектричної установки здійснюється генерація струму – 25 А, при напрузі 12 В. Для цього потрібний контролер заряду PWM зі струмом – 25А, і напругою 12 В.

Таблиця 3.4 – Автоматизована система забезпечення мікроклімату в теплиці

Обладнання	Технічні параметри
Фото електрична панель	KV 250 Вт / 12 В
	Загальна площа 3 м ²
Контролер заряду	25 А / 12 В
АКБ	24 В / 250 А × год
Регулятор температури	РТ – 0103
Температурний датчик	РТ – 100
Котел на пелети	1 кВт

Роблячи короткий висновок, у кваліфікаційній роботі розраховано та обґрунтовано технічні параметри автоматизованої системи забезпечення мікроклімату у теплиці.

3.6 Система зволоження ґрунту

Також нами наведено принцип регулювання вологості ґрунту в теплиці. Воно відбувається автоматично і за тимчасовою програмою агрослужби. Отже послідовним включенням та відключенням електроприводів електромагнітних вентилів, системи поливу яку схематично показано на рис. 3.4. Тривалість включення, тобто поливу, становить приблизно від 30 до 120 с. Кількість повторень – від 1 до 6 з тривалістю включення від 8:00 до 18:00 год. Вентилі мають бути об'єднані у групи по 2 – 4 одиниці.

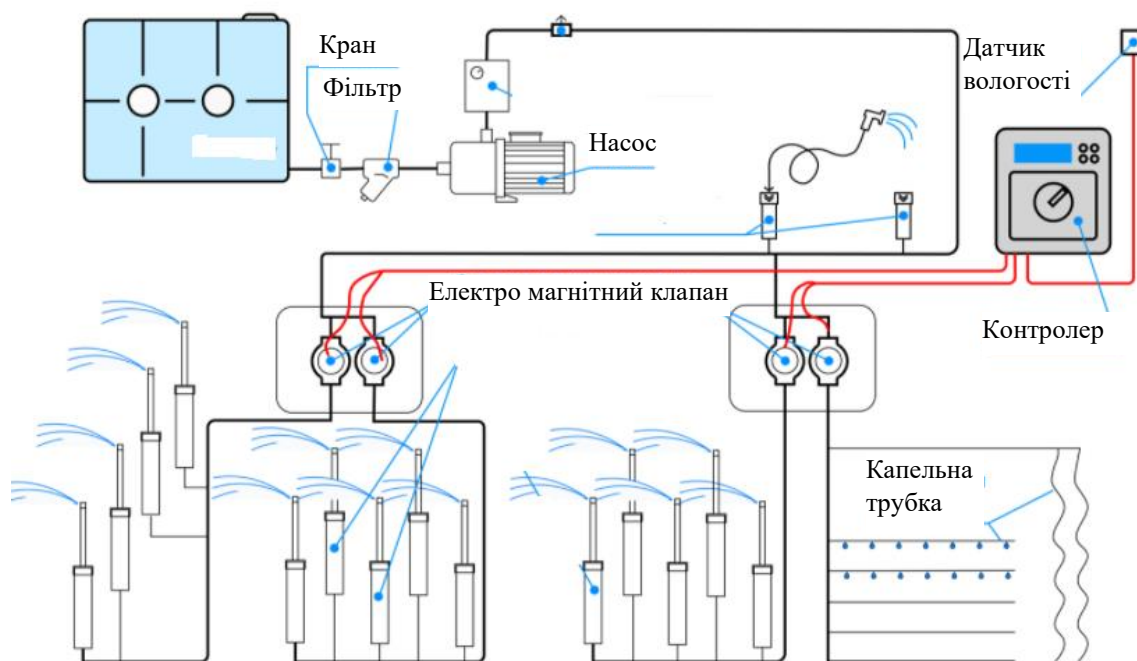


Рисунок 3.4 – Система зволоження ґрунту

Кількість вентилів у кожній групі залежить від загальної кількості та тиску води в системі зволоження. Вище наведена система забезпечує оптимальні параметри вологості ґрунту приблизно на рівні 70% від її повної вологоємності із можливістю регулювання вологості в межах від 60 ... 80%.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Заходи щодо попередження травматизму

Проаналізувавши небезпечні події, пропоную наступні заходи щодо попередження травматизму:

1. До роботи допускати осіб, які пройшли інструктаж з техніки безпеки при виконанні конкретних робіт та вивчили будову і правила експлуатації різних механізмів і пристосувань.
2. Не допускати до експлуатації механізми і пристосування, технічний стан яких не відповідає технічним умовам.
3. Проводити навчання працівників безпечного виконання робіт, правилам техніки безпеки з проведенням атестаційних іспитів [7].

4.2 Розрахунок контурного заземлення теплиці

Опір розтікання струму через одиночний заземлювач з труб діаметром 25... 50 мм визначаємо за формулою:

$$R_{tp} = 0,9 \cdot (p / l_{mp}), \quad (4.1)$$

де p – питомий опір ґрунту, який вибирають в залежності від його типу, Ом·см (для піску воно дорівнює 40 000 ... 70 000, для суглинку – 4000 ... 15 000, для глини 800 ... 7000, для чорнозему – 900 ... 5300). Так як ґрунт має структуру чорнозему, приймаємо середнє значення 3000 Ом·см;

l_{mp} - довжина труби, м. $R_{mp} = 0,9 \cdot 300 = 270$ Ом.

Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта екранування:

$$n = R_{mp} / r, \quad (4.2)$$

де r - допустимий опір заземлюючого пристрою, Ом.

$$n = 27 / 4 = 6,8 \text{ шт.} \quad (4.3)$$

Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) на електричних установках напругою до 1000 В допустимий опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом. Розмістивши вертикальні заземлювачі на плані і визначивши відстань між ними, визначаємо коефіцієнт екранування заземлювачів. Так як розрахункова довжина з'єднувальної смуги незначно більша за периметр теплиці, то довжину з'єднувальної смуги необхідно прийняти рівною периметру теплиці плюс 12 ... 16 м:

$$an = ln + 12. \quad (4.4)$$

$$ap = 170 + 12 = 182 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Визначаємо опір розтіканню електричного струму через з'єднувальну смугу:

$$R_n = 2,1 \cdot (p / ln). \quad (4.6)$$

$$R_n = 2,1 \cdot (182 / 900) = 10,38 \text{ Ом.} \quad (4.7)$$

Визначаємо результуючий опір розтіканню струму всього заземлювального пристрою:

$$R_3 = R_{mp} \cdot R_{nnp} \cdot R_{mp} + \eta_{mp} \cdot R_{nn1}, \quad (4.8)$$

де η_p - коефіцієнт екранування сполучної смуги, $\eta_p = 0,7$.

$$R_3 = 270 \cdot 10,38 \cdot 0,7 \cdot 270 + 1 \cdot 10,38 \cdot 68 = 3,1 \text{ Ом.} \quad (4.9)$$

Отриманий результуючий опір розтіканню струму всього заземлювального пристрою порівнюємо з допустимим. На плані теплиці розміщуємо вертикальні заземлювачі і з'єднувальну смугу.

4.3 Безпека життєдіяльності при електрифікації

Електрична енергія в сільськогосподарському виробництві застосовується повсюдно. Основна її частина перетворюється в механічну енергію в електроприводах стаціонарних і пересувних сільськогосподарських машин та знарядь. Вона у великих кількостях використовується для обігріву парників, підлог в тваринницьких приміщеннях, підігріву повітря в опалювально-вентиляційних установках і т. д.

Переваги електрики перед іншими видами енергії незаперечні. Але вона невидима, не має ні запаху, ні кольору, беззвучна і тому дуже небезпечна, особливо якщо не знати основних правил електробезпеки або, знаючи, порушувати їх. Безграмотність, недбалість і неуважність в поводженні з електроенергією, як на виробництві, так і в побуті, можуть призвести до нещасних випадків. Ось чому зараз, коли електрика знаходить повсюдне застосування в сільській місцевості, проблема навчання людей, які там проживають, правилам електробезпеки стає особливо актуальною. Численні випадки травматизму, пов'язані з електричним струмом, бувають викликані різними причинами.

Основні з них такі: - порушення правил електробезпеки в охоронній зоні лінії електропередачі (ЛЕП); - дотик до провідників, які опинилися під напругою; - порушення правил електробезпеки при усуненні несправностей на підстанціях і в розподільних щитах, при експлуатації пересувних машин на токах і обладнання на тваринницьких фермах; - експлуатація несправних зварювальних трансформаторів; - відсутність заземлення (занулення) електроустаткування; - порушення технології монтажу і демонтажу електроустановок; - заміна електроламп під напругою; - використання несправного інструменту і т. д.

Основні правила електробезпеки повинні знати, перш за все, електромонтери, механізатори, різноробочі - люди, що найчастіше мають справу з електричним струмом, а також представники інших професій, які пов'язані з ним безпосередньо або побічно. *Теплиці з електричним обігрівом.* Згідно ПТЕ і ПТБ парники і теплиці з електричним обігрівом за ступенем небезпеки ураження струмом діляться на дві категорії:

1) *категорія А* - напруга живлення електронагрівальних елементів вище 65 В при обігріві за допомогою електродів, закладених в землю, або неізолюваних опорів, прокладених в землі або по повітрю;

2) *категорія Б* - напруга живлення нагрівальних елементів не більше 65 В при обігріві за допомогою електродів, прокладених в землі або по

повітря, а також при напрузі вище 65 В, але з прокладкою нагрівальних елементів в азбоцементних трубах або в спеціальних нагрівальних кабелів.

У сільському господарстві культиваційні споруди обігрівають за допомогою сталевого неізолюваною дроту, прокладеного в трубах або ґрунті, спеціальними нагрівальними проводами ПОСХВ і електрокалорифера. Ділянки під парниками і теплицями категорії А обносять парканом висотою 2 м, віддаленим на відстані не менше 1 м від найближчих споруд. Обслуговувати електрифіковані парники і теплиці доручають спеціально підготовленого персоналу - електромонтерами, які мають кваліфікаційну групу по техніці безпеки не нижче III.

Вони несуть відповідальність за нормальну експлуатацію електроустановок і безпеку роботи в парниках і теплицях. Перед включенням парників і теплиць категорії А електромонтер зобов'язаний переконатися, що на ділянці немає людей, закрити вхід на територію і вивісити плакати *«Під напругою! Небезпечно для життя»*, *«Вхід на територію заборонено»*. Працювати в парниках і теплицях категорії А можна тільки при повному знятті напруги. Електричне освітлення може залишатися включеним. За ступенем небезпеки ураження електричним струмом парники і теплиці категорії Б менш небезпечні, ніж категорії А, однак при їх обслуговуванні також необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки.

Перш ніж включити їх на електрообігрів, електромонтер зобов'язаний сповістити всіх працюючих в них про це і вивісити попереджувальний плакат *«Під напругою! Небезпечно для життя»*. Пристрої для автоматичного регулювання температури і вологості всередині споруд виконують на напрузі не вище 36 В. Рукоятки регуляторів для установки і зміни режимів, як правило, виготовляють з ізолюючих матеріалів. Змінювати режими автоматичного регулювання температури і вологості в теплицях і парниках можуть ті, хто їх обслуговують, але за умови, що вони пройшли інструктаж з електробезпеки під керівництвом електромонтера на робочому місці.

Про проведення інструктажу записують в спеціальному журналі з

обов'язковим розписом інструктували та особи, яка інструктує. У електрифікованому парниково-тепличному господарстві повинні бути електрична схема всієї ділянки закритого ґрунту, інструкції по експлуатації та безпечного обслуговування електроустановок, а також комплект захисних засобів.

Для виключення небезпеки ураження кроковою напругою забороняється виконувати будь-які зміни в схемах комутації електропарникового тепличного господарства без погодження з організацією, що має право змінювати схему.

4.4 Охорона ґрунтів та раціональне використання

За час розвитку людської цивілізації площі ґрунтів, придатних до землеробства, безперервно скорочуються. Це відбувається в результаті відведення земель під міське та сільське будівництво, транспортні комунікації та інші потреби. Найбільш поширеними ґрунтами є чорні, глибоко опідзолені, глейовані, дернові та інші. В основному рельєф місцевості є рівнинний, подекуди зі схилами до 3°. Загальна гумусованість профілю становить 5-8 см, а вміст гумусу 1,5 – 2,4 %. Така гумусованість профілю і вміст гумусу дають високі показники врожайності сільськогосподарських культур. Для збереження та збільшення вмісту гумусу вносять органічні добрива.

Але поряд з цим відбувається і забруднення ґрунтів. Воно полягає в тому, що до них надходять нові, не характерні для них речовини, або поселяються та розмножуються в них нові мікроорганізми.

Найбільш токсичними для ґрунту (1 клас небезпечності) є свинець, ртуть, уран, торій, кадмій, берилій, хром, нікель та кобальт. Токсичні також германій, олово, вольфрам, молібден, літій, марганець, мідь, миш'як, алюміній. В підвищених концентраціях вони призводять до біологічної шкоди всім живим організмам [6].

Сильно забруднюють ґрунти пестициди, залишкова кількість мінеральних добрив, рідкі паливо-мастильні матеріали.

Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті, відновлення його родючості на підприємстві досягають завдяки раціональному використанню побічної продукції (залишення високої стерні після збирання зернових культур та заорювання її для збагачення ґрунту органічною речовиною), а також знаходять оптимальні співвідношення сільськогосподарських культур в польовій сівозміні.

4.5 Способи захисту навколишнього середовища при роботі теплиць

У зв'язку з негативним впливом антропогенних факторів на навколишнє середовище, питання раціонального і збалансованого застосування мінеральних добрив в тепличних господарствах мають особливу актуальність. Для запобігання забруднення навколишнього середовища при роботі з мікродобривами необхідно:

- вносити оптимальні норми у відповідні строки;
- вибирати оптимальний спосіб використання;
- застосовувати халатні форми мікроелементів;
- рівномірно розподіляти їх по угноєна площі.

Найважче усунути токсичність мікроелементів, ніж їх недоліки. Тому порушення технологічної дисципліни при внесенні мікродобрив в тепличних господарствах неприпустимо. До значного забруднення повітря, води і ґрунту призводять безконтрольне використання засобів хімізації, що створює небезпеку накопичення їх в продуктах рослинництва і попадання в організм людини і тварин. Для запобігання шкідливого впливу пестицидів, при масовому їх застосуванні заплановано чергувати використання препаратів з різним механізмом дії. Це дозволить зменшити накопичення пестицидів у навколишньому середовищі і запобігти появі стійких до їх дії видів шкідливих комах. Значну частину забруднюючих речовин, що надходять в

результаті антропогенної діяльності в біосферу, являють собою сполуки неорганічної природи, які включаються в природний біологічний кругообіг речовин. Найбільш типові забруднювачі, які токсично впливають на живі організми, - важкі метали. Накопичуючись в рослинній продукції, вони знижують її якість і харчову цінність. Повна відмова від використання мінеральних добрив і засобів захисту рослин, який іноді пропонують в якості одного з можливих шляхів розвитку сільського господарства, призведе до катастрофічного скорочення виробництва продовольства.

Правильне рішення даної проблеми – це не відмова від застосування, а оптимізація технології використання мінеральних добрив і пестицидів, внесення їх в обґрунтованих дозах і співвідношеннях, правильне зберігання.

Для зменшення небезпеки при використанні засобів хімізації землеробства культури, вирощувані в теплично-оранжерейному комплексі приватного підприємства, приміщення та інструмент обробляють найменш небезпечними для людини і тварин хімічними засобами, які включені в «Список хімічних і біологічних засобів боротьби з шкідниками, хворобами, бур'янами та регуляторів росту рослин, розміщених для застосування в сільському господарстві», і який оновлюється і затверджується щорічно.

Перераховані заходи повинні сприяти запобіганню забрудненню навколишнього середовища та охорони природи від шкідливих факторів антропогенного впливу. З метою охорони навколишнього середовища слід передбачати такі заходи:

- територія тепличного господарства повинна мати благоустрій, озеленення та підтримуватися в належному санітарному стані;
- пересувне обладнання, що застосовується для підживлення і хімічної обробки рослин, ґрунту, субстратів і споруд після закінчення робіт має промиватися на спеціальних майданчиках. Технологія знешкодження стоків, отриманих при митті обладнання, повинна відповідати санітарним нормам і правилам;

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ

5.1 Економічна ефективність після впровадження

Завданням розробленої нами автоматизованої системи забезпечення мікроклімату в споруді захищеного ґрунту, є перш за все обігрів повітря у споруді до необхідного показника, з допомогою енергії сонячного випромінювання, яка передається через сонячні фотоелектричні панелі на акумулюючий прилад і далі через інвертор до споживача.

Розраховуємо витрати коштів на вирощування 1-го саджанця, як приклад: коли на обігрів води у системі опалення використовують пелети:

$$C_o = E / N \quad (5.1)$$

де E – вартість енергії, грн.;

N – загальне число розсади.

Сумарна вартість за енергію:

$$E = E_p \cdot B \quad (5.2)$$

E_p – обсяг потрібної енергії на обігрів повітря в теплиці в сезон, кВт;

B – вартість 1 кВт·год, грн. для пелет 1,9 грн.

У агрофірмі на опалення у теплицях необхідно, потужність 2000 Вт×год.

Час обігріву t приблизно до 5 годин (з 03:00 год. до 9:00 год.) $k_o = 60$ ночей з березня по квітень.

Знайдемо загальний обсяг енергії на опалення:

$$E_p = w \cdot t \cdot k_o \quad (5.3)$$

$$E_p = 2 \cdot 5 \cdot 60 = 600 \text{ кВт}$$

Сумарна вартість за сезон:

$$E = 600 \cdot 1,7 = 1020 \text{ грн.}$$

Корисна площа під розсаду у теплиці – 23 м². З огляду на агротехнічні вимоги площа під один саджанець має становити 0,1 м × 0,1 м. Отже кількість саджанців буде становити – 2300 одиниць.

Наступним кроком знайдемо собівартість одного вирощеного саджанця:

$$C_o = 1020 / 2300 = 0,45 \text{ грн.}$$

Далі розрахуємо затрати на запропоновану систему.

Після аналізу цінового ринку на обрану нами систему створення мікроклімату в теплиці, а саме; (акумуляюючих пристроїв, автономного контролера заряду, інвертора та ін., що перераховано вище), можна стверджувати що її вартість, потужністю 2000 Вт становитиме приблизно 1500 євро. З офіційного курсу валют Національного банку України станом на 25.04.24 р. € = 42,18 грн., або у гривнях це буде 63270 грн.

ВИСНОВКИ

Здійснено аналіз діяльності агрофірми. Вивчено період використання теплиць. Вивчено умови до вирощування технічних культур, а саме режими температур повітря і вологості ґрунту. Розглянуто різні системи теплопостачання, і зволоження ґрунту.

Також досліджені природні кліматичні умови місцевості: температура повітря, швидкість вітру. Розраховано конструкційні параметри теплиць. Розраховано тепловтрат огорожувальної конструкції даного об'єкта дослідження. Охарактеризовано характеристики (технічні) і окреслено переваги та недоліки різних систем теплопостачання.

Розраховано витрат на опалення за допомогою різних джерел енергії. Окреслено автоматизовану систему забезпечення мікроклімату в теплиці за рахунок використання енергії сонця. Знайдено технічні параметри акумулюючого приладу, та обґрунтовано технічні характеристики інвертора. Вивчено природний потенціал сонячного випромінювання для місцевості. Запропоновано змінити існуючий твердопаливний котел на дрова, на автоматизований котел для пелет. Обґрунтовані параметри системи зволоження ґрунту.

Проаналізовано існуючі виробничі небезпеки для подальшого створення надійної безпеки праці під час використання запропонованої системи.

Порахована економічна ефективність від даного впровадження розробленої системи в споруді закритого ґрунту. Приблизно період окупності системи буде становити 3 роки та 7 місяців, при загальних затратах коштів 63270 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Іваненко В. Ф. Особливості формування енерговитрат на виробництво продукції овочівництва закритого ґрунту. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. Гжицького*. 2011. № 2(48). С. 71–78.
2. Мартиненко І. І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 1995. 224 с.
3. Статистичні нотатки. Аграрний сектор. *Державна служба статистики України*. 2018. URL: www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 25.09.2022).
4. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.1. Закритий ґрунт. Навчальний посібник / Л. С. Гіль, А. І. Пашковський, Л. Т. Суліма. Вінниця: Нова Книга. 2008. – 368 с.
5. П.П. Іваненко, О.В. Присіпка. Закритий ґрунт. навч. посібник для вищ. агр. зал. освіти II-IV рівнів акрид. К., Урожай, 2001.-360 с.
6. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: Навч. пос. / П.П. Надточій, Т.М. Мислива, В.В. Морозов та ін. Житомир: Видавництво “Державний агроекологічний університет”, 2007. 420 с.
7. Пістун І. П. Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. Суми : Унів. кн., 1999. 301 с.
8. Архівні дані “Українського гідрометеорологічного центру” <https://meteo.gov.ua/ua/33393/services/> (дата звернення: 30.04.2024).
9. Гальчак В. П. Визначення енергетичних, економічних та екологічних еквівалентів паливно-енергетичних ресурсів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Енергозбереження і використання поновлюваних джерел енергії". // В. П. Гальчак, С. В. Сиротюк. Львів, 2012. – 14 с.
10. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. // Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 984 с.

11. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч. / С.О. Кудря. К.: НТУУ "КПІ", 2012. – 492 с.
12. Чекменьов В.В., Бендера І.М., Шолудько Я.В., Шолудько В.П., інш. Методика дипломного проектування з теплопостачання: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2013. 552с.
13. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.А. і ін. Теплотехніка.: Підручник / За ред. Б.Х. Драганова. Київ: Фірма «Інкос», 2005. 400 с.
14. Шолудько Я. В., Боярчук В. М., Шолудько В. П. та ін. Теплотехніка та використання теплоти: Практикум. / за ред. Шолудька Я. В. Львів: Сполом, 2010. 232 с.
15. Шолудько В.П., Боярчук В.М., Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Теплотехніка та використання теплоти.: Навчальний посібник / За ред. В.П.Шолудька. Львів: Львівський ДАУ, 2007. 190 с.
16. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Виконання електричних схем згідно ЄСКД: Довідник. Видавництво стандартів,1999.- 325с.
17. Євтух П.С., Оробчук Б.Я. Методичні вказівки по підготовці магістрів виконанню кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 8.090603 – "Електротехнічні системи електроспоживання", напрям 8.050701 «Електротехніка та електротехнології». Тернопіль, ТДТУ, 2007 р., 20 с.
18. <https://obigriv.com.ua/uk/pelletnyy-kotel-kotlant-kgp-18-s-avtomatikoy-i-ventilyatorom/>
19. <https://teplo.guru/kotly/tverdotoplivnye/pelletnaya-gorelka-svoimi-rukami.html>