

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ПОГОДЖЕНО

**Директор Навчально-наукового
інституту енергетики, автоматики
і енергозбереження**
(назва ННІ)

Віктор КАПЛУН

(підпис)

(ПІБ)

“ ___ ” _____ 20_ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
інженерії енергосистем**

Євген АНТИПОВ

(підпис)

(ПІБ)

“ ___ ” _____ 20_ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: "Модернізація системи енергозабезпечення споруд закритого
грунту з використанням біогазових установок"**

Спеціальність

144 – «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітня програма

Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент

(назва)

Орієнтація освітньої
програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Горобець В.Г.

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Міщенко А.В.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Носенко Р.О.

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інженерії енергосистем

Є.О.Антипов

канд.техн.наук. доцент

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПШ)

“ ” 20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Носенку Руслану Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

144 – «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітня програма

Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент

(назва)

Орієнтація освітньої

програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Модернізація системи енергозабезпечення споруд закритого ґрунту з використанням біогазових установок»

затверджена наказом проректора НУБіП України від “ 22 ” 10 2025 р.№ 2436 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

11.11.2025 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Виробнича характеристика тепличного господарства
2. Тепловий розрахунок споруд захищеного ґрунту
3. Технологічні процеси в котельні та вибір обладнання
4. Енергозберігаючі заходи по опаленню теплиці з використанням біогазу
5. Електропостачання господарства
6. Охорона праці

Дата видачі завдання “ 20 ” 11 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Міщенко А.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Носенко Р.О.

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота на тему: «Модернізація системи енергозабезпечення споруд закритого ґрунту з використанням біогазових установок»

В роботі наведен тепловий розрахунок споруд захищеного ґрунту, наведені технологічні процеси, їх автоматизація та вибір обладнання.

Детально розглянуто питання з енергозберігаючих заходів в системі теплоенергозабезпечення споруд закритого ґрунту за рахунок використання рослинних відходів тепличного комплексу в біогазовій установці.

Ключові слова: енергозбереження, теплове навантаження, водогрійний котел, теплопровідність, термічний опір, тепла ізоляція, енергоємність; контур заземлення, метантенк, газгольдер.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ВИРОБНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА	9
РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК СПОРУД ЗАКРИТОГО ГРУНТУ	12
2.1 Завдання теплового розрахунку	12
2.2. Тепловий розрахунок	13
2.2. Розрахунок системи обігріву теплиці за емпіричними залежностями	30
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНЕ ТА ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНІ	39
РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	46
4.1. Загальні засади виробництва біогазу	46
4.2. Роль біогазу у вирішенні проблем енергопостачання АПК	47
4.3. Технології виробництва біогазу	48
4.4. Переваги використання біогазових установок у тепличних комплексах	53
4.5. Практичні аспекти впровадження біогазової технології	54
4.6. Приклади використання тепличної рослинної сировини для біогазу	56
4.7. Перспективи для України	57
4.8. Оцінка річного обсягу рослинних решток тепличного господарства	58
4.9. Тепловий розрахунок метантенка	60
4.10. Енергетична ефективність біогазової установки	63
РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА	64
5.1. Розрахунок сумарної потужності тепличного агрокомбінату	64
5.2. Обґрунтування вибору силових трансформаторів	67
5.3. Вибір перерізу та марки силових кабелів	68
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	71
6.1 Загальні положення	71
6.2 Розрахунок заземлювальних пристроїв електроустановок	75
6.3 Блискавкозахист будівель та споруд об'єкта проектування	82
6.4 Система протипожежного захисту на об'єкті проектування	84
ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	86

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВВП – валовий внутрішній продукт

ПЕР – первинний енергетичний ресурс

КВП – коефіцієнт використання палива

ККД – коефіцієнт корисної дії

ГРП – газорозподільний пункт

ТА – тепловий акумулятор

Q_0 - розрахункова потужність системи опалення, Вт;

K - коефіцієнт теплопередачі, Вт/ м²°С;

t_n, t_e - розрахункова температура внутрішнього та зовнішнього повітря, °С;

F_0 - площа поверхні огородження теплиці, м²,

$\eta_{\text{инф}}$ - коефіцієнт інфільтрації.

$\eta_{\text{огор}}$ – коефіцієнт огородження;

v – середня швидкість вітру, м/с;

ВСТУП

Споруди захищеного ґрунту - це виробничі приміщення, що огорожені від зовнішнього середовища світло-прозорим дахом та стінами. Вони застосовуються для вирощування овочів, розсади та квітів.

Одним з немаловажних факторів являється те, щоб забезпечувати населення високоякісними продуктами на протязі року.

Теплиці - найбільш удосконалений вид закритого ґрунту. Тут легше створювати сприятливий для рослин мікроклімат і є можливість механізувати всі виробничі процеси. Основним призначенням їх є вирощування у несезонний період овочевої продукції і розсади для закритого й відкритого ґрунту. Період використання теплиць з дерев'яним каркасом становить 10 ... 15 років, а з металевим – 25 ... 30 років і більше.

Великі тепличні комбінати, одинична площа яких досягає 60 га, а теплове навантаження 350 МВт, є найбільш концентровані та енергоємні споживачі теплоти в сільському господарстві. Річне споживання теплоти складає 300 млн ГДж, на що витрачається 12 млн т умовного палива.

При будівництві і використанні теплиць розрізняють такі види площі:

- будівельну (зовнішні параметри теплиці);
- інвентарну (внутрішні параметри);
- корисну (площа, на якій вирощують рослини)

Теплиці складаються з фундаменту, каркасу, бічних і торцевих стін та світлопроникного даху.

Проникнення світла в теплиці залежить від кута падіння сонячних променів, прозорості покривних матеріалів, співвідношення прозорих і непрозорих частин покриття, розмірів конструкцій в середині споруди, а також розміщення їх відносно сторін світу.

Охолодження теплиць через стіни і покривлю залежить від теплопровідності покривних матеріалів та співвідношення їх поверхні і площі.

Теплиці з більшою площею, заklenі і низькі завжди менше охолоджуються, ніж високі, менші за розміром і плівкові.

Природно-кліматичні умови України дозволяють вирощувати тепличну розсаду у необхідному асортименті в усіх областях. Однак основним критерієм розміщення споруд у зв'язку із зростаючою проблемою паливно-енергетичних ресурсів залишається правильна і економічна витрата цих ресурсів. найдешевше і економічне джерело тепла - теплові відходи і низькопотенціальне тепло, яке дають ТЕЦ, АЕС та інші промислові підприємства. Освоєння цього способу обігрівання стає ведучим у закритому ґрунті, бо за рахунок використання втраченого тепла, яке не повертається, можна в декілька разів поширити площі культиваційних споруд.

Основним напрямком підвищення інтенсифікації тепличного розсадництва є перехід до енергозберігаючих технологій виробництва. У цьому плані велике значення надається поліпшенню теплоізоляційних якостей загорожі теплиць за рахунок герметизації, подвійного покриття плівкою, склом; використання нових матеріалів для покриття зимових і плівкових теплиць з підвищеними фізико-механічними властивостями і більш подовженим строком служби; застосування теплоізоляцій екранів, що трансформуються і на 30 - 50 % економлять тепло, а за високої сонячної інсоляції попереджують перегрівання; застосування автоматичних систем забезпечення заданих режимів мікроклімату..

РОЗДІЛ 1

ВИРОБНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

Споруди захищеного ґрунту мають ряд відмінностей, які слід враховувати при вирішуванні задачі про їх теплопостачання:

великі втрати теплоти із-за малих термічних опорів огорожень з скла або з полімерної плівки, а також внаслідок значної інфільтрації зовнішнього повітря (від 10 % до 40 % основних теплових втрат);

різкозмінний характер теплового навантаження на протязі доби, сезону, року;

мала теплова стійкість споруди, обумовлена малою інерцією огорожі; збільшені вимоги до параметрів мікроклімату, обумовлені агротехнічними вимогами;

необхідність проведення технологічних заходів, що вимагають додаткових витрат теплоти (термічна обробка ґрунтового шару, розігрів ґрунту, порив та ін.).

Тому правильний вибір джерела та засобів теплопостачання має велике значення, так як при цьому визначається економічна ефективність культиваційних споруд, ступінь рентабельності овочеводства захищеного ґрунту. На обігрів кожного гектара теплиць в середньому витрачається 1500 т умовного палива за сезон. Витрати на обігрів зимових теплиць досягають 30 ... 40% усіх експлуатаційних витрат на вирощування овочів.

Побудована теплиця повинна мати напрямок на вирощування томатів (помідорів). В якості прикладу для розробки сучасної системи теплопостачання, існує та працює діючий тепличний комбінат.

Фермерське тепличне господарство розташоване у Канівському районі, Черкаській області. Загальна площа якого складає 22000 м². На території

побудовано 2 блоки теплиць для вирощування різноманітної сільськогосподарської культури, в основному помідорів.

Основні геометричні розміри та параметри теплиці наведені в таблиці 2.1.

Характерною і особливо важливою відмінністю теплиці, що проектується, від всіх інших теплиць, є те, що в одному блоці є і джерело теплопостачання і джерело споживання, тобто повинна бути своя власна автономна котельня. При цьому буде дуже економитись тепла енергія, яка не буде втрачатись при передачі.

Таблиця 1.1. Основні геометричні розміри та параметри теплиці

Найменування показників	Одиниці виміру	Показники
Кількість ланок в теплиці	шт.	48
Ширина ланки теплиці	м	6,4
Довжина ланки теплиці	м	36,5
Висота теплиці	м	3,3
Висота бокової поверхні теплиці	м	2,2
Ширина бокової поверхні ланки	м	3,38
Загальна площа теплиці	м ²	12416,8

Водопостачання теплиці буде здійснюватись від водонапірної башти, яка буде споруджена біля теплиці.

Відвід виробничих стоків передбачено в поля фільтрації.

Вентиляція в теплиці передбачена природна, шляхом автоматичного відкривання бічних та верхніх фрамуг.

Освітлення природне, для зменшення затрат і енергоресурсів.

Теплицю будуюмо із металевих рам, покритих одинарним склом, товщина якого складає 4 мм. Допоміжні приміщення побудовані із цегли. Перелік допоміжних приміщень наведен у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Перелік допоміжних приміщень

№	Назва приміщення	Розміри теплиці, м		
		довжина	ширина	висота
1.	Котельня	24	9	4,75
2.	Операторська	4,5	4,5	2,8
3.	Коридор	4,5	2,5	2,8
		9	3	2,8
4.	Туалет	3	2	2,5
5.	Умивальник	2	1,5	2,5
6.	Кімната бригадира	4,5	4	2,8
7.	Душова кімната	4,5	4	2,8
8.	Гардеробна	8	4,5	2,8

Електропостачання котельні буде здійснюватись від ТП – 10/0,4 кВ, розрахунок якої буде в іншому розділі.

Газопостачання котельні передбачаємо згідно технічних умов від газопроводу середнього тиску ($P = 1 - 3,0$ кгс/см², Д150мм), який прокладений неподалеку від проектуємої теплиці. Зниження тиску газу до 0,25 кгс/см² передбачається в ШРП, який розташовано ззовні котельні біля цегляної стіни.

РОЗДІЛ 2

ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК СПОРУД ЗАКРИТОГО ГРУНТУ

2.1 Завдання теплового розрахунку

Завдання теплового розрахунку – визначити основні теплотехнічні характеристики системи опалювання, яка забезпечує задані параметри в спорудах захищеного ґрунту залежно від кліматичних умов і особливостей конструкції.

Розрахунок виконуємо для холодного періоду року. При цьому вводять такі спрощення:

не враховують вплив продуктів життєдіяльності на параметри мікроклімату;

процеси тепло- і масообміну є стаціонарними;

температури поверхонь огорожі і ґрунту приймаємо як середні величини по площі;

термічний опір світлопрозорих елементів огорожі приймаємо рівним нулю;

повітрообмін здійснюється тільки за рахунок інфільтрації;

при розрахунку трубного водяного обігріву температуру поверхні ґрунту ($t_{гр}$) приймаємо такою ж, як і розрахункову температуру повітря в теплиці ($t_{в}$);

при визначенні розрахункових витрат теплоти, теплоту, акумульовану ґрунтом, не враховуємо;

при розрахунку водяної трубної системи опалення для всіх кліматичних зон тепловий потік від підґрунтового обігріву приймаємо незмінним;

при проектуванні трубного водяного опалення розрахункову температуру повітря в теплицях ($t_{в}$) приймаємо 15°C , відносну вологість ($\phi_{в}$) - 60%, температуру поверхні ґрунту ($t_{гр}$) - 15°C .

Вихідні дані для розрахунку:

1. Розрахункова температура зовнішнього повітря $t_3 = - 21 \text{ }^\circ\text{C}$;
2. Розрахункова температура внутрішнього повітря в теплиці передбачена $+15\text{C}$;
3. Теплоносій - горяча вода з параметрами: $95 \text{ }^\circ\text{C}$ на виході і $70 \text{ }^\circ\text{C}$ на вході.
4. Системи опалення теплиці включає:
 - шатровий обігрів, до складу якого входять покрівельний, підлотковий, торцевий, боковий, цокольний, надґрунтовий;
 - підґрунтовий обігрів;
 - контурний обігрів.

2.2. Тепловий розрахунок.

Розрахункова схема енергетичного балансу теплиці представлена на рис. 2.1

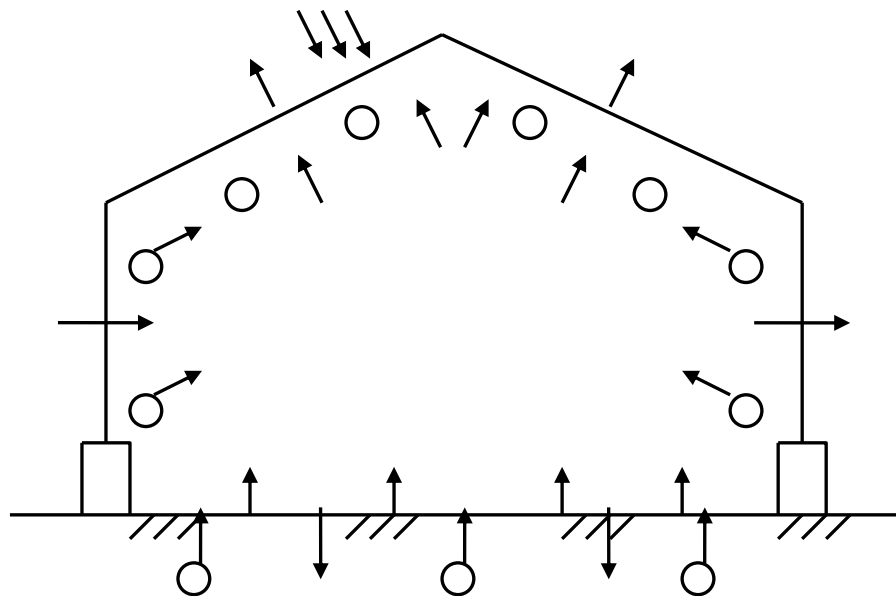


Рис. 2.1. Розрахункова схема енергетичного балансу теплиці

Тепловий розрахунок теплиці з системами опалення шатра і ґрунту починаємо з рівняння теплового балансу на поверхні огородження, яке записується так:

$$Q_{K1} + Q_{B1} + Q_{KOH} = Q_{K2} + Q_{B2}, \quad (2.1)$$

де Q_{K1} і Q_{K2} - теплові потоки при конвективному теплообміні на внутрішній і зовнішній поверхнях огородження, Вт/м²;

Q_{B1} і Q_{B2} - теплові потоки через випромінювання на внутрішній та зовнішній поверхнях огородження, Вт/м²;

Q_{KOH} - тепловий потік при конденсації на внутрішній поверхні огородження, Вт/м².

2.1.1. Конвективний теплообмін на внутрішніх поверхнях огородження розраховуємо в умовах природної конвекції при турбулентному режимі, Вт/м²:

$$Q_{K1} = A_1 \cdot K_o \cdot m \cdot (t_B - t_o)^{4/3}, \quad (2.2)$$

де A_1 - коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну. Він залежить від середньої температури повітря $t_{сер}$ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Залежність A_1 від $t_{сер}$

$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	- 20	0	+ 20
A_1	1,83	1,69	1,57

Для $t_{\text{сер}} = -3 \text{ } ^\circ\text{C}$: $A_1 = 1,711 \text{ м}^2$

$K_0 = 1,25$ - коефіцієнт огороження теплиці (відношення площі огорожувальної поверхні (шатра) $F_{\text{ш}}$ до інвентарної площі ґрунту $F_{\text{гр}}$, залежить від типу теплиці і виду покриття (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Коефіцієнт огороження теплиці

K_0	Скляні теплиці		Плівкові теплиці	
	ангарні	блочні	ангарні	блочні
	1,4	1,25	1,3	1,5

m - коефіцієнт розташування поверхні теплообміну, який визначаємо за формулою:

$$m = \frac{F_B + 0,7 \cdot F_{II}}{F_B + F_{II}}, \quad (2.3)$$

де F_B - площа вертикальної огорожувальної поверхні, м^2 ;

F_{II} - площа похилої огорожувальної поверхні, м^2 .

F_B і F_{II} - визначаємо за даними на проектування та оптимальних розмірів ланок теплиці:

$$F_B = n \cdot (l_1 + l_2) \cdot h_1, \quad (2.4)$$

$$F_{II} = 2 \cdot n \cdot b \cdot l_2 \quad (2.5)$$

де $n = 48$ шт - кількість ланок у теплиці;

$l_1 = 6,4$ м - ширина ланки теплиці;

$l_2 = 36,5$ м - довжина ланки теплиці;

$b = 3,38$ м - ширина бокової поверхні ланки шатра;

$h_1 = 2,2$ м - висота бокової поверхні

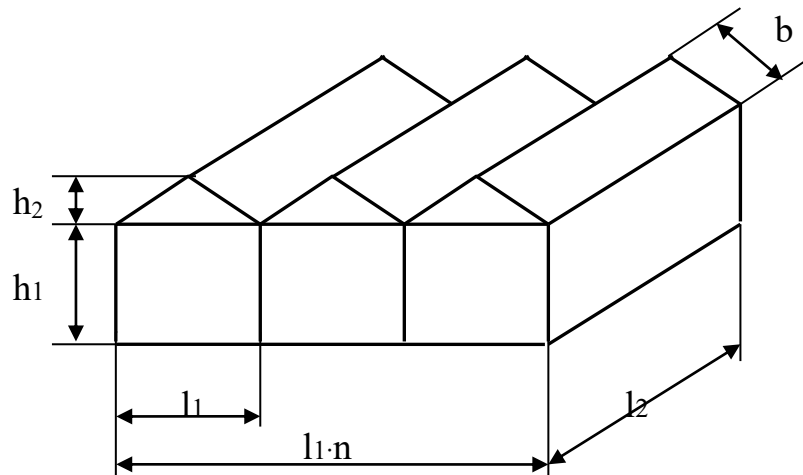


Рис 2.2. Схема блочної теплиці

$$F_{\text{в}} = 48 \cdot (6,4 + 36,5) \cdot 2,2 = 4530,24 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{п}} = (2 \cdot 48 \cdot 3,38 + 36,5) = 11843,52 \text{ м}^2$$

$$m = \frac{4530,24 + (0,7 \cdot 11843,52)}{4530,24 + 11843,52} = 0,78$$

$t_{\text{в}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря;

t_0 - температура поверхні огороження, $^{\circ}\text{C}$. Визначаємо методом підбору в інтервалі від t_3 до $t_{\text{в}}$. При цьому розраховуємо праву і ліву частини рівняння (2.1) при значеннях t_0 , які знаходяться у вказівному інтервалі t_3 - $t_{\text{в}}$, будуємо графічні залежності окремих частин цього рівняння від температури t_0 , і в точці перетину графіків знаходимо значення температури t_0 .

Підставивши значення в рівняння (2.2) і вирішивши його відносно t_0 , отримаємо значення $Q_{\text{к1}}$ які зводимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Значення $Q_{к1}$ при різних t_0

$t_0, ^\circ\text{C}$	-20	-10	-5	5	10	15
$Q_{к1}, \text{Вт/м}^2$	142	93,3	70,6	29,7	12,5	0

2.1.2 Тепловий потік через випромінювання на внутрішній поверхні огороження розраховуємо за формулою, Вт/м^2 :

$$Q_{в1} = (1 - K_{п}) \cdot Q_{в.ГР} + Q_{в.Ш} \quad , \quad (2.6)$$

де $K_{п}$ - коефіцієнт поглинання теплового випромінювання в об'ємі споруди (для теплиць $K_{п} = 0,12$);

$Q_{в.ГР}$ - тепловий потік через випромінювання на поверхні ґрунту, Вт/м^2 ;

$Q_{в.Ш}$ - тепловий потік через випромінювання на поверхні огороження від приладів шатрового обігріву, Вт/м^2

Визначаємо тепловий потік через випромінювання на поверхні ґрунту за формулою, Вт/м^2 :

$$Q_{в.ГР} = 0,81 \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{273 + t_{ГР}^0}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_0}{100} \right)^4 \right], \quad (2.7)$$

де $C_0 = 5,67 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ - випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла;

$t_{ГР}^0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура на поверхні ґрунту;

t_0 - температура поверхні огороження

Визначаємо тепловий потік через випромінювання на поверхні огороження від приладів шатрового обігріву за формулою, Вт/м²:

$$Q_{в.ш} = \varepsilon_p \cdot \varepsilon_0 \cdot C_0 \cdot (1 - \varphi_{гр}) \cdot (1 - K_{п}) \cdot a_{ш} \cdot \left[\left(\frac{273 + t_{ср1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_0}{100} \right)^4 \right], \quad (2.8)$$

де $\varepsilon_p = (0,92 \dots 0,96)$ - коефіцієнт теплового випромінювання поверхні опалювальних приладів;

$\varepsilon_0 = 0,94$ - коефіцієнт теплового випромінювання поверхні огорожі;

$\varphi_{гр} = (0,3 \dots 0,4)$ - кутовий коефіцієнт випромінювання з поверхні приладів шатрового обігріву на ґрунт;

$\alpha_{ш} = (0,4 \dots 0,5)$ - відношення площі поверхні приладів шатрового обігріву до площі теплиці;

$t_{ср1}$ - середня температура поверхні приладів (середня температура теплоносія), приймається як середньоарифметичне температур гарячої води на виході (t_T) і зворотної (t_K) води, °С :

$$t_{ср1} = \frac{t_T + t_K}{2} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5 \text{ °С} \quad (2.9)$$

Вирішивши значення $Q_{в.гр}$, $Q_{в.ш}$ відносно t_0 і підставивши значення в рівняння (6), отримаємо значення $Q_{в1}$ які зводимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Значення $Q_{в1}$ при різних t_0

$t_0, \text{°С}$	-20	-10	-5	5	10
$Q_{в.гр}, \text{Вт/м}^2$	127,76	96,2	79	41,61	21,34
$Q_{в.ш}, \text{Вт/м}^2$	160,29	151,01	145,96	134,97	129,01
$Q_{в1}, \text{Вт/м}^2$	272,71	235,66	215,48	171,58	147,78

2.1.3 Тепловий потік при конденсації вологи розраховуємо за формулою, Вт/м²:

$$Q_{\text{кон}} = K_0 \cdot r \cdot G_{\text{кон}}, \quad (2.10)$$

де $K_0 = 1,25$ - коефіцієнт огороження теплиці;

$r = 2500$ Дж/кг - питома теплота пароутворення;

$G_{\text{кон}}$ - витрати вологи, яка конденсується, г/(с · м²)

Визначаємо витрати вологи, яка конденсується за формулою:

$$G_{\text{кон}} = 0,61 \cdot 10^{-6} \cdot (273 + t_{\text{СЕР}})^{0,42} \cdot \Delta \varepsilon^{1,4} \cdot \left[\frac{(t_T + t_K)}{\nu^2} \right]^{0,33}, \quad (2.11)$$

де ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с, приймаємо по середній температурі, яку визначаємо за формулою:

$$t_{\text{СЕР}} = \frac{(t_B + t_O)}{2} \quad (2.12)$$

$\Delta \varepsilon$ - визначаємо за формулою:

$$\Delta \varepsilon = \frac{100 \cdot (0,01 \cdot \varphi_B \cdot P_B'' - P_O'')}{B}, \quad (13)$$

де $\varphi_B = 70\%$ - відносна вологість повітря в теплиці;

P_B'', P_O'' - тиск насичення водяної пари при t_B і t_0 , кПа;

$B = 98,1$ кПа - атмосферний тиск

Приймаємо для $t_B = 15\text{ }^\circ\text{C}$: $P_B = 1,707\text{ кПа}$;

Підставивши послідовно значення в рівняння (2.13), (2.12), (2.11), (2.10) і вирішивши їх відносно t_o , отримаємо відповідні значення $Q_{\text{кон}}$, які зводимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Значення $Q_{\text{кон}}$ при різних t_o

$t_o, ^\circ\text{C}$	- 20	- 10	- 5	5
$t_{\text{сер}}, ^\circ\text{C}$	- 2,5	2,5	5	10
$v, \text{м}^2/\text{с}$	$13,1 \cdot 10^{-6}$	$13,55 \cdot 10^{-6}$	$14,16 \cdot 10^{-6}$	$14,37 \cdot 10^{-6}$
$P_o'', \text{кПа}$	0,103	0,26	0,403	0,874
$\Delta \varepsilon$	1,007	0,85	0,707	0,236
$Q_{\text{кон}}, \text{Вт}/\text{м}^2$	122,26	85,05	60,6	10,27

2.1.4 Конвективний теплообмін на зовнішній поверхні огорожі протікає в умовах вимушеної конвекції, $\text{Вт}/\text{м}^2$:

$$Q_{K2} = \alpha_2 \cdot K_0 \cdot (t_0 - t_3), \quad (2.14)$$

де α_2 - коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$K_0 = 1,25$ - коефіцієнт огороження теплиці;

t_0 - температура поверхні огороження, $^\circ\text{C}$;

$t_3 = - 21^\circ\text{C}$ - температура зовнішнього повітря

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні за формулою:

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_B \cdot F_B + \alpha_{\Pi} \cdot F_{\Pi}}{F_B + F_{\Pi}}, \quad (2.15)$$

де α_B - коефіцієнт тепловіддачі на вертикальних ділянках огороження, Вт/(м²·К);

α_{Π} - коефіцієнт тепловіддачі на похилих ділянках огороження, Вт/(м²·К)

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі на вертикальних ділянках огороження за формулою:

$$\alpha_B = 11,6 \cdot V^{1/2} = 11,6 \cdot 4,3^{1/2} = 24, \quad (2.16)$$

де $V = 4,3$ м/с - швидкість вітру на території тепличного господарства

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі на похилих ділянках огороження за формулою:

$$\alpha_{\Pi} = \frac{(A_2 \cdot V^{0,8})}{b^{0,2}}, \quad (2.17)$$

де A_2 - коефіцієнт, який залежить від температури зовнішнього повітря t_3 , вибираємо із таблиці 2.6.

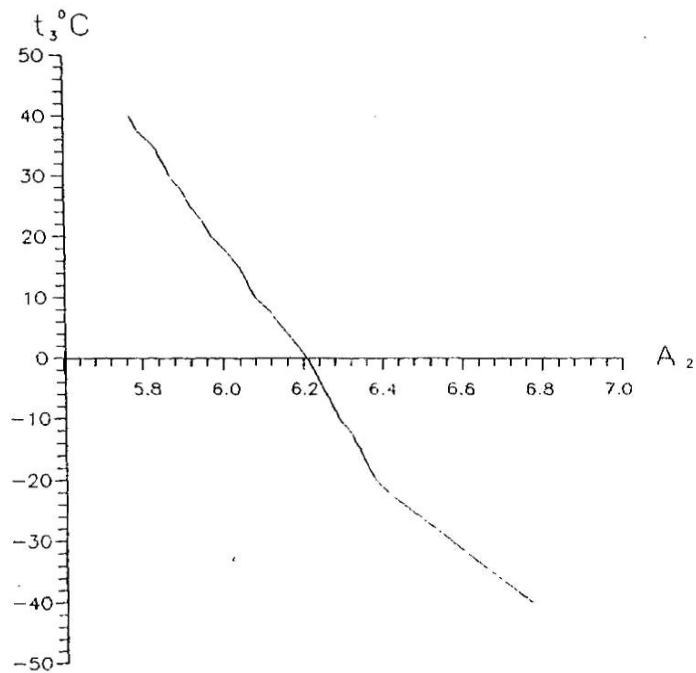
b - характерний (найменший) розмір похилого огороження, м, розраховуємо за вихідними даними за формулою:

$$b = \sqrt{h_2^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2} = \sqrt{1,1^2 + \left(\frac{36,5}{2}\right)^2} = 18,28, \quad (2.18)$$

Таблиця 2.6. Коефіцієнт A_2

t_3 °C	- 40	- 20	0	20	40
A_2	6,77	6,38	6,21	5,97	5,77

Показавши на рис. 2.3 залежність $A_2 = f(t_3)$ для $t_3 = -21$ °C : $A_2 = 6,395$.

Рис 2.3. Залежність $A_2 = F(t_3)$

Отримані значення підставляємо в формулу (2.17):

$$\alpha_{II} = \frac{(6,395 \cdot 4,3^{0,8})}{18,28^{0,2}} = 11,5$$

Отримані значення підставляємо в формулу (2.15):

$$\alpha_2 = \frac{24 \cdot 4530,24 + 11,5 \cdot 11843,52}{4530,24 + 11843,52} = 15$$

Підставивши значення в рівняння (2.14) і вирішивши його відносно t_0 , отримаємо значення Q_{K2} які зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7. Значення Q_{K2} при різних t_0

$t_0, ^\circ\text{C}$	-20	-10	-5	5	10
$Q_{K2}, \text{Вт/м}^2$	11,31	124,43	181	294,12	350,68

2.1.5 Теплообмін через випромінювання на зовнішній поверхні огорожі розраховуємо за формулою, Вт/м^2 :

$$Q_{B2} = K \cdot \varepsilon_0 \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{273 + t_0}{100} \right)^4 - 0,8 \cdot \left(\frac{273 + t_3}{100} \right)^4 \right] \quad (2.19)$$

де $K = 6,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопередачі одинарного скла в металічній рамі.

Всі невідомі беремо з попередніх рівнянь. Підставивши значення в рівняння (2.19) і вирішивши його відносно t_0 отримали значення Q_{B2} які зводимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.9. Значення Q_{B2} при різних t_0

$t_0, ^\circ\text{C}$	-20	-10	-5	5	10
$Q_{B2}, \text{Вт/м}^2$	292,37	523,07	648,73	922,03	1070,22

Таблиця 2.10 Зведена таблиця для рівняння теплового балансу на поверхні огороження

$t_0, ^\circ\text{C}$	-20	-10	-5	5	10
$Q_{K1} + Q_{B1} + Q_{\text{КОН}}$	599,77	451,48	373,19	220,39	163,07
$Q_{K2} + Q_{B2}$	303,68	647,5	829,73	1216,15	1420,9

За отриманими даними будемо графік для знаходження t_0 , при якому виконується рівняння теплового балансу на поверхні огорожі (рис.2.4). З графіка видно, що $t_0 = -14,8\text{ }^\circ\text{C}$.

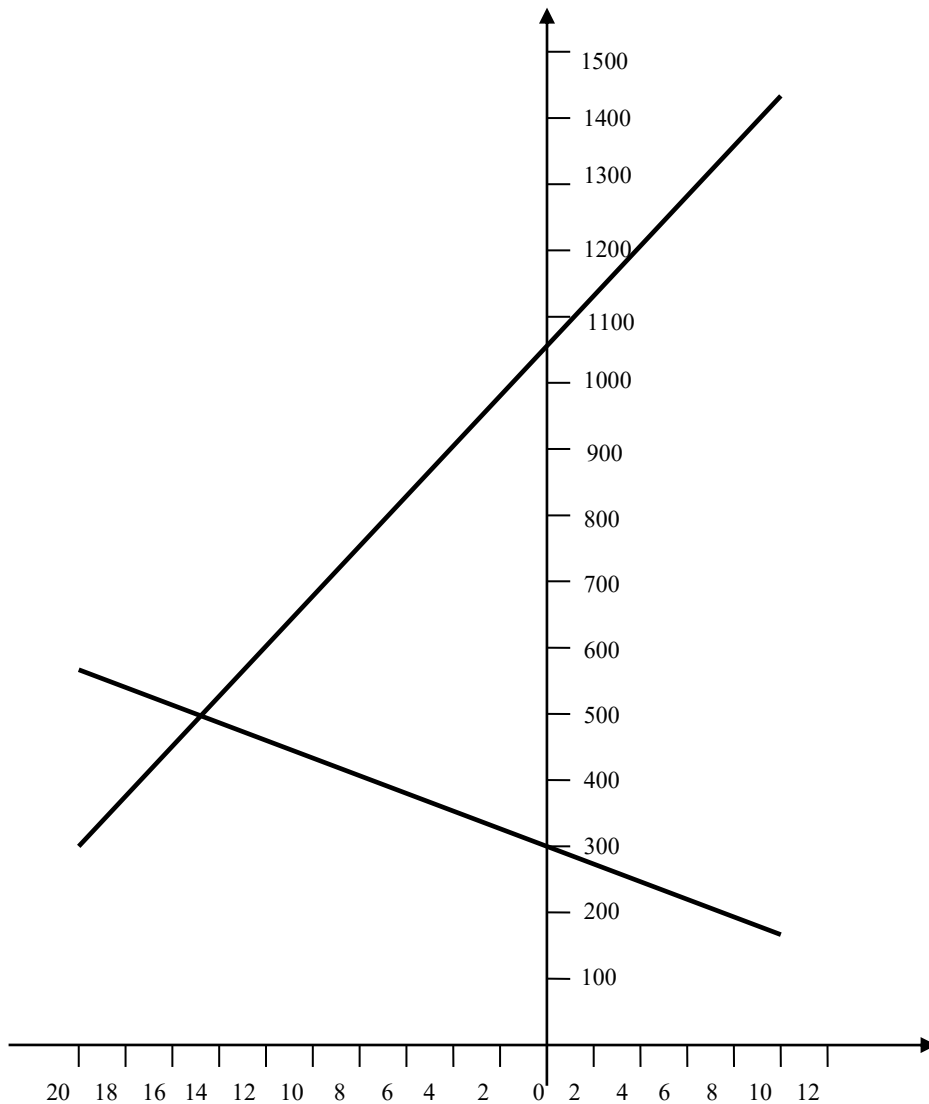


Рис. 2.4. Графік для знаходження t_0 при якому виконується рівняння теплового балансу

Тоді при $t_0 = -14,8\text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_{K1} = 165,27 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{B1} = 254,1 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{кон}} = 59,75 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_1 = Q_{K2} + Q_{B1} + Q_{\text{кон}} = 165,27 + 254,1 + 59,75 = 479,12 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{k2} = 70,13 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{B2} = 408,99 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_2 = Q_{k2} + Q_{B2} = 70,13 + 408,99 = 479,12 \text{ Вт/м}^2$$

Отже, приймаємо температуру поверхні огородження $t_0 = -14,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.1.6 Втрати теплоти через ґрунт $Q_{гр}$, Вт/м^2 , розраховують по окремих зонах, паралельних зовнішнім стінам. Перші три зони мають ширину 2 м, а частина площі, що залишилась, складає четверту зону (рис.2.5). Ширину першої зони починаємо рахувати від внутрішньої поверхні зовнішніх стін.

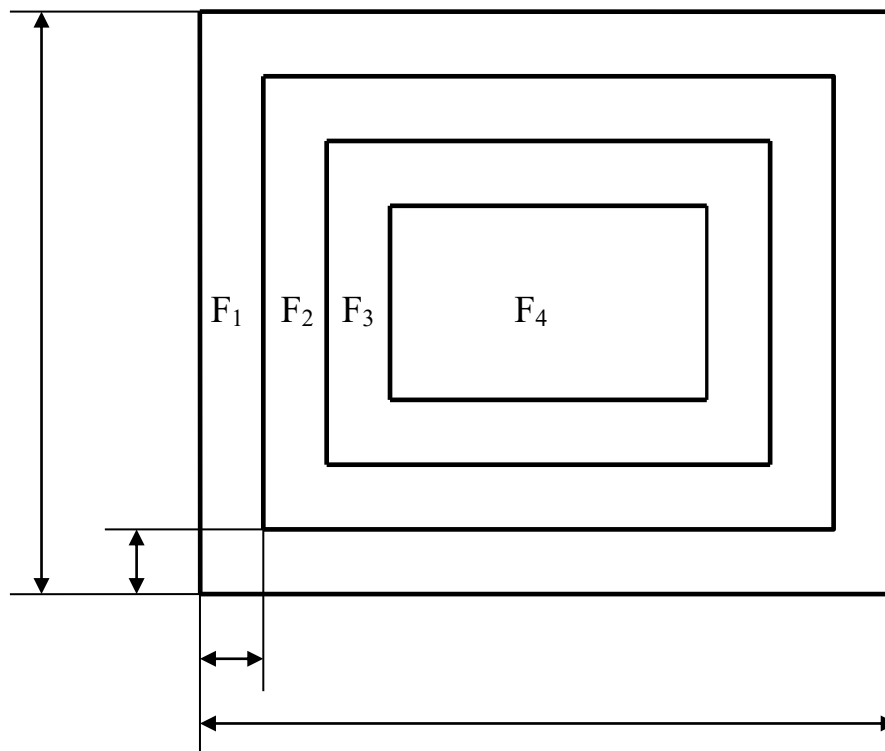


Рис. 2.5 Розподілення підлоги теплиці на зони

$$F_1 = 1230,4 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 1166,4 \text{ м}^2$$

$$F_3 = 1102,4 \text{ м}^2$$

$$F_4 = 9117,6 \text{ м}^2$$

Втрати теплоти через ґрунт на одиницю площі знаходимо за формулою, Вт/м²:

$$Q_{GP} = \frac{Q_{\Pi}}{F_{IHВ}}, \quad (2.20)$$

де Q_{Π} - втрати теплоти в теплиці через ґрунт, Вт;

$F_{IHВ} = 12416,8 \text{ м}^2$ - інвентарна площа в теплиці

Визначаємо втрати теплоти в теплиці у ґрунт за формулою:

$$Q_{\Pi} = \sum \frac{F_i}{R_i} \cdot (t_B - t_3) \quad (2.21)$$

де F_i - площі ділянок шириною 2м, м²;

R_i - коефіцієнт термічного опору відповідних зон ґрунту в теплиці:

$$R_1 = 2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$R_2 = 4,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$R_3 = 8,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$R_4 = 14,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$t_B = 288 \text{ К}$ - температура внутрішнього повітря;

$t_3 = 252 \text{ К}$ - температура зовнішнього повітря

$$Q_{\Pi} = \frac{1230,4}{2,1} \cdot 36 + \frac{1166,4}{4,3} \cdot 36 + \frac{1102,4}{8,6} \cdot 36 + \frac{9117,6}{14,2} \cdot 36 = 58080,4 \text{ Вт}$$

Отримане значення підставляємо в формулу (2.20):

$$Q_{GP} = \frac{58080,4}{12416,8} = 4,7 \quad \text{Вт/м}^2$$

2.1.7. Тепловий потік на нагрівання зовнішнього повітря визначаємо за формулою, Вт/м²:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ИФ}} &= \left[\frac{\alpha \cdot (\rho_3 - \rho_B)}{\rho_B} \right] \cdot [Q_{K2} + Q_{B2}] = \\ &= \left[\frac{1,25 \cdot (1,43 - 1,226)}{1,226} \right] \cdot [70,13 + 408,99] = 99,65 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \end{aligned} \quad (2.22)$$

де $\alpha = 1,25$ - коефіцієнт, який залежить від покриття (для теплиць, покритих склом);

$\rho_3 = 1,43$ кг/ м³ - густина зовнішнього повітря;

$\rho_B = 1,226$ кг/м³ - густина внутрішнього повітря

2.1.8. Тепловий потік, який акумулюється в ґрунті $Q_{AK} = 0$ Вт/м², так як за наявності ґрунтового обігріву температура ґрунту і повітря в теплиці однакові.

2.1.9. Тепловий потік через випромінювання від опалювальних пристроїв шатрового опалення на поверхні ґрунту визначаємо за формулою, Вт/м²:

$$\begin{aligned} Q_{B.O} &= \varepsilon_P \cdot \varepsilon_{GP} \cdot \varphi_{GP} \cdot (1 - K_{II}) \cdot a_{ш} \cdot \left[\left(\frac{273 + t_{CP1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_{GP}^0}{100} \right)^4 \right] = \\ &= 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,12) \cdot 0,5 \cdot \left[\left(\frac{273 + 82,5}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 15}{100} \right)^4 \right] = 14,74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \end{aligned} \quad (2.23)$$

де $\varepsilon_P = (0,92 \dots 0,96)$ - коефіцієнт теплового випромінювання поверхні опалювальних приладів;

$\varepsilon_{GP} = 0,96$ - коефіцієнт теплового випромінювання ґрунту;

$\varphi_{GP} = (0,3 \dots 0,4)$ - кутовий коефіцієнт випромінювання з поверхні приладів шатрового обігріву на ґрунт;

K_{II} - коефіцієнт поглинання теплового випромінювання в об'ємі споруди (для теплиць $K_{II} = 0,12$);

$\alpha_{ш} = (0,4 \dots 0,5)$ - відношення площі поверхні приладів шатрового обігріву до площі теплиці;

$t_{ср1} = 82,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ - середня температура поверхні пристроїв

2.1.10. Тепловий потік при конвективному теплообміні на поверхні ґрунту в умовах вільної конвекції $Q_{к.о} = 0$ так як $t_{в} = t_{гр}$.

2.1.11. Теплову потужність системи опалення розраховуємо на основі рівняння теплового балансу

$$Q_{ш}^0 + Q_{гр}^0 + Q_{ак} + Q_{р} = Q_{к2} + Q_{в2} + Q_{гр} + Q_{інф}, \quad (2.24)$$

де $Q_{ш}^0$ - теплова потужність системи опалення шатра, Вт/м²;

$Q_{гр}^0$ - теплова потужність системи обігріву ґрунту, Вт/м ;

$Q_{ак} = 0$ Вт/м² - тепловий потік, акумульований в ґрунті протягом дня;

$Q_{р} = 0$ Вт/м² - тепловий потік від сонячної радіації;

$Q_{к2} = 70,13$ Вт/м² - тепловий потік при конвективному теплообміні;

$Q_{в2} = 408,99$ Вт/м² - теплообміні через випромінювання на зовнішній поверхні огорожі;

$Q_{гр} = 4,7$ Вт/м² - втрати теплоти через ґрунт;

$Q_{інф} = 99,65$ Вт/м² - тепловий потік, що витрачається за рахунок інфільтрації

В результаті теплову потужність системи опалення теплиці визначаємо за формулою, Вт:

$$Q_0 = Q_{ш}^0 \cdot F_{ш} + Q_{гр}^0 \cdot F_{гр} \quad (2.25)$$

2.1.12. Теплову потужність системи опалення ґрунтового обігріву визначаємо, використавши рівняння теплового балансу на поверхні ґрунту:

$$Q_{B.O} + Q_{GP}^0 + Q_{AK} + Q_{K.O} = Q_{GP} + Q_{\Pi} + Q_{B.GP}, \quad (2.26)$$

де Q_{Π} - тепловий потік, який витрачається на випаровування вологи із ґрунту, Вт/м²;

При $t_B = t_{GP}^0$, що має місце в трубних опалювальних спорудах захищеного ґрунту, тоді:

$$Q_{\Pi} = 0, Q_{AK} = 0, Q_{K.O} = 0$$

$Q_{B.GP}$ - тепловий потік через випромінювання на поверхні ґрунту, Вт/м²

Визначаємо тепловий потік через випромінювання на поверхні ґрунту за формулою, Вт/м²:

$$\begin{aligned} Q_{B.GP} &= 0,81 \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{273 + t_{GP}^0}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_0}{100} \right)^4 \right] = \\ &= 0,81 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{273 + 15}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + (-14,8)}{100} \right)^4 \right] = 111,84 \frac{Bm}{m^2} \end{aligned} \quad (2.27)$$

де $C_0 = 5,67$ Вт/(м·К) - випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла;

$t_{GP}^0 = 15$ °С - температура на поверхні ґрунту;

$t_0 = -14,8$ °С - температура поверхні огороження

Тоді:

$$Q_{GP}^0 = Q_{GP} + Q_{B.GP} - Q_{B.O} = 4,7 + 111,84 - 14,74 = 101,8 \text{ Вт/м}^2 \quad (2.28)$$

2.1.13 Теплову потужність обігріву шатра визначаємо за формулою із рівняння теплового балансу, Вт/м²:

$$\begin{aligned} Q_{Ш}^0 &= Q_{К2} + Q_{В2} + Q_{ГР} + Q_{ИНФ} - Q_{ГР}^0 - Q_{АК} - Q_{P} = \\ &= 70,13 + 408,99 + 4,7 + 99,65 - 101,8 - 0 - 0 = 481,67 \frac{Вт}{м^2} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Отримані значення підставляємо в формулу (2.25) і знаходимо сумарну теплову потужність системи опалення одного блоку теплиць, Вт:

$$Q_0 = 481,67 \cdot 16373,76 + 101,8 \cdot 12416,8 = 9150779,292 \text{ Вт} = 9,15 \text{ МВт}$$

де $F_{Ш} = 16373,76 \text{ м}^2$ - площа поверхні шатра;

$F_{ГР} = 12416,8 \text{ м}^2$ - площа поверхні ґрунту

Визначаємо сумарну теплову потужність системи опалення усіх блоків з врахуванням витрати на особисті потреби, Вт:

$$Q_{0.ЗАГ} = n * Q_0 * K_{Д} = 2 * 9,15 * 1,2 = 21,98 \text{ МВт}, \quad (2.30)$$

де $K_{Д} = 1,2$ – додатковий коефіцієнт на теплопостачання допоміжних приміщень.

2.2. Розрахунок системи обігріву теплиці за емпіричними залежностями

2.2.1. Розрахунок системи підґрунтового обігріву теплиці передбачає визначення температури ґрунту та потужності підґрунтового обігріву.

Температуру ґрунту у вертикальному перерізі над трубою підґрунтового обігріву $t_{гр1}$, °С, розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned}
t_{гр1} &= 14,5 + 0,46 \cdot S + (46,46 - 14,71 \cdot S) \cdot h + \left(4 - 2,09 \cdot S - 17,8 \cdot h + 11,65 \cdot S \cdot h \right) \cdot \lambda_{гр} = \\
&= 14,5 + 0,46 \cdot 0,6 + (46,46 - 14,71 \cdot 0,6) \cdot 0,4 + (4 - 2,09 \cdot 0,6 - 17,8 \cdot 0,4 + 11,65 \cdot 0,6 \cdot 0,4) \cdot 0,5 = \quad (2.31) \\
&= 29,04 \text{ } ^\circ C
\end{aligned}$$

де $S = 0,6$ м - відстань між осями труб по горизонталі;

$h = 0,4$ м - глибина закладання труб;

$\lambda_{гр} = 0,5$ Вт/м²К - коефіцієнт теплопровідності ґрунту

Температуру ґрунту посередині між трубами підґрунтового обігріву $t_{гр}$, °С, розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned}
t_{гр} &= 13,92 + 0,58 \cdot S + \left(58,71 - 27,42 \cdot S \right) \cdot h + \left(4,75 - 2,59 \cdot S - 20,55 \cdot h + 13,5 \cdot S \cdot h \right) \cdot \lambda_{гр} = \\
&= 13,92 + 0,58 \cdot 0,6 + (58,71 - 27,42 \cdot 0,6) \cdot 0,4 + (4,75 - 2,59 \cdot 0,6 - 20,55 \cdot 0,4 + 13,5 \cdot 0,6 \cdot 0,4) \cdot 0,5 = \quad (2.32) \\
&= 30,27 \text{ } ^\circ C
\end{aligned}$$

Потужність система підґрунтового обігріву розраховуємо за формулою, Вт:

$$\begin{aligned}
Q_{гр} &= \left(32,81 \cdot \lambda_{гр} + 4,95 + (11,5 \cdot \lambda_{гр} + 3,36) \cdot S \right) \cdot F_{гр} = \quad (2.33) \\
&= (32,81 \cdot 0,5 + 4,95 + (11,5 \cdot 0,5 + 3,36) \cdot 0,6) \cdot 12416,8 = 190796,5488 \text{ Вт} = 0,19 \cdot 10^6 \text{ Вт}
\end{aligned}$$

де $F_{гр} = 12416,8$ м² - площа ґрунту

Визначаємо питому теплову потужність водяної системи обігріву ґрунту за формулою, Вт/м²:

$$Q_{пит.гр} = \frac{Q_{гр}}{F_{гр}} = \frac{0,19 \cdot 10^6}{12416,8} = 15,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (2.34)$$

2.2.2. Розрахунок системи опалення шатра теплиці з гладкими трубами виконуємо на основі результатів розв'язання системи рівнянь теплового балансу: для об'єму культиважної споруди, на поверхні ґрунту і на поверхні огороження.

1. При початковій температурі теплоносія $t_T = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ і кінцевій $t_K = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ за графіком (рис 2.6) знаходимо теплові витрати теплиці ($Q_{ш}/K_o$), $\text{Вт}/\text{м}^2$.

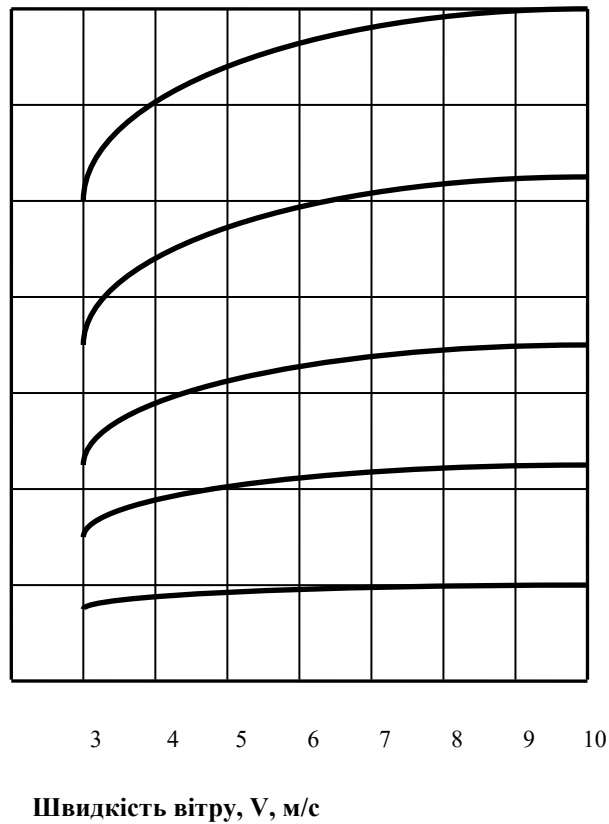


Рис 2.6 Графік для визначення теплових втрат теплиці

Розрахункова температура зовнішнього повітря:

1. $t_3 = - 10 \text{ }^\circ\text{C}$
2. $t_3 = - 20 \text{ }^\circ\text{C}$
3. $t_3 = - 30 \text{ }^\circ\text{C}$
4. $t_3 = - 40 \text{ }^\circ\text{C}$
5. $t_3 = - 50 \text{ }^\circ\text{C}$

$Q_{ш}$ - теплові втрати шатра теплиці, $\text{Вт}/\text{м}^2$

$K_o = 1,25$ - коефіцієнт огороження теплиці

Температура зовнішнього повітря $t_3 = -21$ °С для найхолоднішої доби і середня швидкість вітру в січні $V = 4,3$ м/с в тому районі де розташована теплиця.

Тоді $(Q_{ш}/K_0) = 290$ Вт/м².

Визначаємо втрати теплоти шатром теплиці визначаємо за формулою,Вт:

$$Q_{ш} = K_0 \cdot \left(\frac{Q_{ш}}{K_0} \right) = 1,25 \cdot 290 = 362,5 \text{ Вт} \quad (35)$$

2. Витрати теплоносія в системі опалення шатра залежно від тепловтрат шатра $Q_{ш}$ теплиці та перепаду температури теплоносія ($\Delta t = t_T - t_K$) розраховуємо за формулою, кг/(год·м²):

$$M_T = \frac{Q_{ш} \cdot 3600}{C_T \cdot \Delta t} = \frac{362,5 \cdot 3600}{4,18 \cdot 10^3 \cdot 25} = 12,48 \text{ кг/(год} \cdot \text{м}^2) \quad (36)$$

де $C_T = 4,18 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К) - теплоємність води

3. При розрахунку необхідно розрізняти питому поверхню опалювальних приладів на одиницю потужності $\frac{F_{TP}}{Q_{ш}} \cdot 10^{-3}, \text{ м}^2 / \text{Вт}$, і питому поверхню опалювальних приладів, F_{TP} , м² на 1 м² площі теплиці.

Питому поверхню опалювальних приладів на одиницю потужності знаходимо за початковою (t_T) і середньою (t_{cp}) температурами теплоносія за допомогою графіка (рис. 2.7).

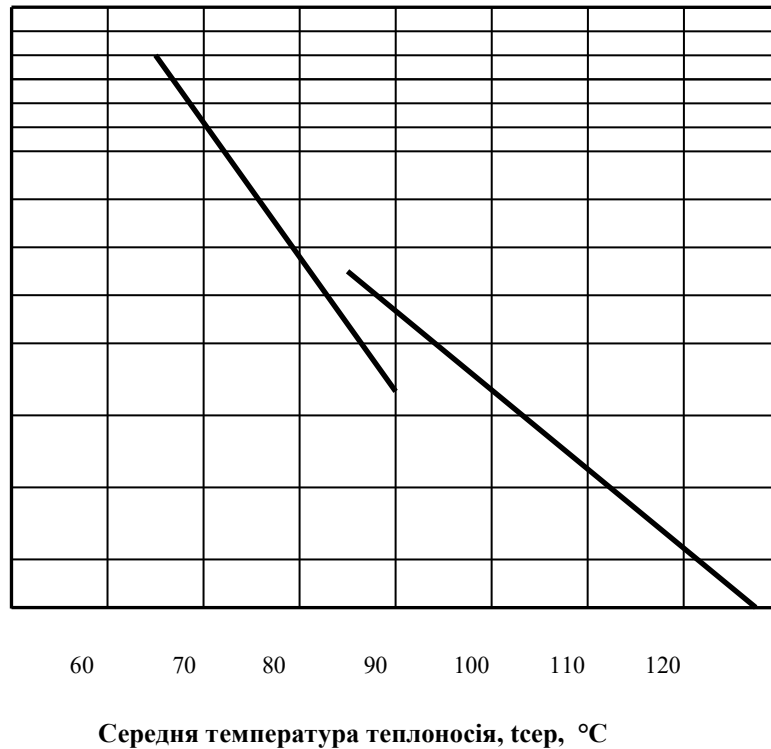


Рис 2.7 Графік для визначення потрібної поверхні опалювальних приладів

Початкова температура теплоносія:

1. $t_r = 95 \text{ }^\circ\text{C}$
2. $t_r = 130 \text{ }^\circ\text{C}$

F_{TP} – потрібна поверхня опалювальних приладів (гладких труб), m^2 на 1 m^2 площі теплиці.

$Q_{ш} = 362,5 \text{ Вт/м}^2$ - теплові втрати шатра теплиці, Вт/м^2

$$\text{При } t_{сер} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C} : \left(\frac{F_{TP}}{Q_{ш}} \cdot 10^{-3} \right) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{Вт}$$

Питому поверхню опалювальних приладів на m^2 площі теплиці розраховуємо за формулою, m^2 :

$$F_{TP} = Q_{ш} \cdot \left(\frac{F_{TP}}{Q_{ш}} \right) \cdot 10^{-3} = 362,5 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,3625 \text{ м}^2 \quad (2.37)$$

4. Визначаємо параметри системи опалення усієї теплиці площею $F_{ш}$, м²:

* втрати теплоти через шатро теплиці, МВт:

$$Q_{ш}^c = Q_{ш} \cdot F_{ш} = 362,5 \cdot 16373,76 = 5,935 \text{ МВт} \quad (2.38)$$

* поверхню опалювальних приладів, розташованих в об'ємі теплиці, м²:

$$F_{ш}^c = F_{тп} \cdot F_{ш} = 0,3625 \cdot 16373,76 = 5935 \text{ м}^2 \quad (2.39)$$

* витрати теплоносія в системі опалення шатра, кг/год:

$$M_T^c = M_T \cdot F_{ш} = 12,48 \cdot 16373,76 = 204344 \text{ кг/год} \quad (2.40)$$

5. Площа опалювальних приладів $F_{тп}$ розподіляється між вертикальним огороженням $F_{тп}^B$ і рештою поверхні теплиці $F_{тп}^T$, таким чином:

$$F_{тп}^T = \frac{F_{п} \cdot F_{тп}}{1,25 \cdot F_B + F_{п}} = \frac{11843,52 \cdot 0,3625}{1,25 \cdot 4530,24 + 11843,52} = 0,245 \text{ м}^2 \quad (2.41)$$

де $F_B = 4530,24 \text{ м}^2$ - площа вертикальної огорожувальної поверхні;

$F_{п} = 11843,52 \text{ м}^2$ - площа похилої огорожувальної поверхні.

Площу опалювальних приладів, які встановлюються біля зовнішніх огорожень (торцевий і боковий обігрів) на 1 м² площі теплиці визначаємо за формулою, м²:

$$F_{тп}^B = F_{тп} - F_{тп}^T = 0,3625 - 0,245 = 0,1175 \text{ м}^2 \quad (2.42)$$

6. Розраховуємо кількість опалювальних приладів у теплиці:

$$m = \frac{F_{TP} \cdot F_{Ш}}{\pi \cdot d_3 \cdot l_T} = \frac{0,3625 \cdot 16373,76}{3,14 \cdot 0,064 \cdot 34} = 869,7 \text{ шт.} \quad (2.43)$$

де $d_3 = 0,064$ - зовнішній діаметр труб, м;

$l_T = 34$ м - довжина труб в реєстрі опалення.

Приймаємо кількість опалювальних приладів у теплиці $m = 870$ шт.

7. Перевіримо режим руху теплоносія в системі опалення шатра.

* Витрати теплоносія в системі опалення розраховуємо за формулою,

$$M_T^{C1} = \frac{M_T^C}{\rho} = \frac{204344}{970} = 210,66 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.44)$$

де $\rho = 970$ кг/м³ - густина теплоносія, вибираємо при середній температурі $t_{cp} = 85^\circ\text{C}$ із таблиці 2.11.

* Швидкість руху теплоносія в системі опалення розраховуємо за формулою, м/с:

$$V = \frac{M_T^{C1}}{0,78 \cdot d_B^2 \cdot m \cdot 3600} = \frac{569,72}{0,78 \cdot 0,057^2 \cdot 454 \cdot 3600} = 0,137 \text{ м/с} \quad (45)$$

де $d_B = 0,057$ м - внутрішній діаметр труб системи опалення

Таблиця 2.11. Теплофізичні властивості води при температурах нижче температури насичення

t	ρ	C_p	λ	ν	Pr
°C	кг/ м ³	кДж/(кг·К)	Вт/(м·К)	м ² /с	-
0	1000	4,20	0,562	1,780	13,3
10	1000	4,19	0,582	1,310	9,43
20	1000	4,19	0,600	1,000	7,00
30	995	4,18	0,616	0,800	5,40
40	990	4,18	0,631	0,660	4,33
50	990	4,18	0,645	0,555	3,55
60	985	4,18	0,655	0,474	2,98
70	980	4,19	0,663	0,413	2,55
80	970	4,19	0,670	0,367	2,22
90	970	4,20	0,675	0,325	1,96
100	960	4,21	0,680	0,295	1,75
110	950	4,22	0,685	0,270	1,58
120	940	4,24	0,685	0,252	1,47
130	935	4,26	0,685	0,233	1,36
140	930	4,28	0,685	0,215	1,26
150	920	4,30	0,683	0,203	1,17

Швидкість теплоносія в опалювальних приладах повинна відповідати турбулентному режиму руху, коли число Рейнольдса:

$$Re = \frac{V \cdot d_B}{\nu} > 10000 \quad (2.46)$$

$$\text{Re} = \frac{0,137 \cdot 0,057}{0,31 \cdot 10^{-6}} = 25190 > 10000$$

де $V = 0,137$ м/с - швидкість руху теплоносія в системі опалення;

$\nu = 0,31 \cdot 10^{-6}$ м²/с - коефіцієнт кінематичної в'язкості, вибираємо при середній температурі $t_{\text{cp}} = 85^{\circ}\text{C}$ із таблиці 2.11

РОЗДІЛ 3

ОСНОВНЕ ТА ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

Згідно розрахунку розділу 2, витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та технологічні потреби, згідно даним балансу теплоти по окремим споживачам тепличного комбінату, складає 21,98 мВт. Враховуємо втрати в мережі і витрати на особисті потреби - 10% , визначаємо потрібну теплопродуктивність котельної:

$$Q = 24,158 \text{ мВт}$$

Покривання приведеного навантаження забезпечує опалювально-виробнича котельна з двома котлами марки ДКВР-20-13.

Технічні дані котла марки ДКВР-20-13:

1. Паропродуктивність	20 т/год
2. Теплова потужність	15.0МВт
3. Поверхня нагріву екранів	59.7м ²
4. Поверхня нагріву конвективних поверхонь	301м ²
5. Поверхня нагріву економайзера	168 м ²
6. ККД при роботі на газі (основне паливо)	90.6 %
7. ККД при роботі на мазуті (аварійне паливо)	90 %

Котли типу ДКВР (стаціонарні двохбарабанні водотрубні реконструйовані) випускаються продуктивністю 2.5; 4; 6.5; 10 і 20 т/год на надлишковий тиск 1.27 МПа. Котли (крім продуктивності 2.5 т/год) призначені для вироблення як насиченого, так і перегрітого пара з температурою 250°C. Крім того, випускаються котли продуктивністю 6.5; 10; 20 т/год на тиск 2.25 МПа і температуру 370°C, а котли продуктивністю 10 т/год також на тиск 3.82 МПа і температуру пара 440°C. Усі котли на залишковий тиск 1.27 МПа виконуються по одній конструктивній схемі. Схема котла ДКВР-20-13 приведена на малюнку. Котел складається з верхнього 5 і нижнього 8 барабанів,

що розміщені паралельно і з'єднані пучками труб, що утворюють конвективну поверхню, нагріву. Попереочною перегородкою конвективний пучок ділиться на дві частини. Від передньої частини верхнього барабана виходять екранні труби топки.

Топкова камера складається з особистої топки і камери догорання. Призначення останньої виконувати можливість досягнення полум'ям конвективного пучка, а також поліпшити догорання палива. Котли випускаються з топками для спалювання газоподібного, рідкого та твердого (в шарі) палива.

Температура відхідних газів - плюс 300...400°C. При встановленні економайзера температура відходящих газів дорівнює плюс 140 ... 180°C.

Утворювана в екранних трубах пароводяна суміш надходить у водяний простір верхнього барабана. По трубах з першого газоходу пароводяна суміш із нижнього барабана піднімається у верхній, а по трубах другого газоходу, навпаки, опускається з верхнього у нижній барабан. Тим самим забезпечується природна циркуляція води у котлі. Пара, утворювана у верхньому барабані (барабан має паровий простір) надходить споживачеві. При наявності перегрівника пара надходить у пароперегрівник, а потім - до споживача.

Парові котли ДКВР можуть бути використані як водонагрівні. В цьому випадку встановлюється нагрівник (бойлер), в якому вода, що циркулює в системі опалення, підігрівається паром з котла.

Парові котли ДКВР відрізняються досить високою економічністю, невеликою масою, простотою конструкції і транспортабельністю.

Теплова схема

Теплова схема котельної показана на графічній частині. Вона розрахована на відпуск споживачам перегрітої води 150°...70° і насиченого пару тиском 6 атм. Для приготування високотемпературної води передбачена колова

установка. Конденсат після колової установки надходить в деаераторний бак на обезкиснення, потік — в котел.

Від споживачів пари, конденсат повертається на станцію перекачування конденсату, куди також надходить з котельної частина хімоочищеної води. Суміш конденсату і хімоочищеної води насосом перекачується в деаераторний бак. Крім того, в деаераторний бак надходить і решта хімоочищеної води па обезкиснення. Деаерована споживча вода із деаераторів з температурою 104°C надходить до споживчих насосів для подачі в економайзери котлів.

Продування котлів: неперервне — через сепаратор неперервної продувки, теплообмінник хімводоочищення - в барботер; періодичне - в барботер.

Деаераційно-живильна установка

Живлення котлів здійснюється двома відцентровими електронасосами і двома вертикальними паровими насосами:

1. Відцентровий живильний насос типу К90/200 продуктивністю 90 м/год., напір 210 м.в.с, з електродвигуном ПЗДВ 65-219 потужністю 65 кВт, п - 2930 об/хв.

2. Паровий живильний насос ПДД - 60/20 - В, продуктивністю 63 м /год., напір 200 м.в.с.

На деаераторному баці, ємк. 35 м³, змонтовані дві деаераційні колонки атмосферного типу, продуктивністю 75 і 25 т/год.

В залежності від парового навантаження котельної може працювати одна або дві колонки.

Водопідготовка

Живлення котлів передбачено конденсатом з пароводяних підігрівачів, конденсатом з виробництва і додатковою водою з артезианської тепличної комплексу.

До установки належать три натрій-катіонітових фільтра діаметром 2 м, висота шару катіоніту - 2,5 м, один солерозчинник діаметром 630 мм.

Основні параметри установок наведені в табл. 3.1.. 3.3.

Таблиця 3.1. Тягодутьова установка

Найменування	Димосос	Вентилятор
Тип	Д-13,5	ВД-10
Продуктивність	5000 м ³ /год	23500 м ³ /год
Напір	65 ммвс	150 ммвс
Число обертів за хвилину	820	930
Тип і потужність електродвигуна	АИРБ80В6Кр2 Р = 2,2 кВт	4АПА90І.6У2 Р=1,1 кВт
Кількість	3 штуки (по одному на котел)	3 штуки (по одному на котел)
Димова труба, цегляна, загальна для всіх котлів, висотою 45 м, діаметром гирла 2м		

Таблиця 3.2. Водонагрівна установка

№	Найменування	Одиниці виміру	Величина
1	Кількість пароводяних нагрівачів	шт.	5
2	Теплопродуктивність нагрівана	Гкал/год	5,6
3	Кількість води в мережі, що проходить через нагрівач	М ³ /год	85
4	Кількість пара, що надходить в нагрівач	Т/год	14

5	Температура гріючого пара при $P=11 \text{ кг/см}^2$	$^{\circ}\text{C}$	183
6	Температура конденсату пара	$^{\circ}\text{C}$	183
7	Температура води в мережі на вході в нагрівач	$^{\circ}\text{C}$	84,5
8	Кінцева температура води в мережі	$^{\circ}\text{C}$	150
9	Середній температурний напір	$^{\circ}\text{C}$	60
10	Нагрівач МВН 1437-36, поверхня	м^2	62,3
11	Внутрішній переріз трубок для проходу води (в один хід)	-	-
12	Швидкість води в мережі в трубках	м/сек	2,68
13	Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки трубки до води	$\text{Ккал/м}^2\text{тод}^{\circ}\text{C}$	15000
14	Коефіцієнт тепловіддачі від насиченого пара до зовнішньої	-	9800
15	Коефіцієнт теплопередачі	-	2980
16	Розрахункова поверхня нагріву	м^2	31,3
17	Конструктивна поверхня нагріву	-	62,3

Приймаємо 2 колових насоса ЦНДВ, продуктивність $540 \text{ м}^3/\text{год}$, напір 74 ммвс з електродвигуном потужністю 160 кВт, число обертів 1450 об/хв.

Таблиця 3.3 Охолодник конденсату

№ п/п	Найменування	Одиниці виміру	Величина
1	Кількість охолодників конденсату	шт.	2
2	Теплопродуктивність нагрівача	Гкал/год	3,12
3	Кількість гріючої води (конденсату)	$\text{М}^3/\text{год}$	35
4	Початкова температура конденсату	$^{\circ}\text{C}$	183
5	Кінцева температура конденсату	$^{\circ}\text{C}$	95
6	Кількість нагріваємої води	$\text{М}^3\text{год}$	212,5
7	Початкова температура води в	$^{\circ}\text{C}$	70
8	Кінцева температура води в мережі	$^{\circ}\text{C}$	84,5
9	Температурний напір	$^{\circ}\text{C}$	55

10	Охолодник конденсату ОГ-35, поверхня	м ²	35
11	Внутрішній переріз трубок (для конденсату)	м"	0,0254
12	Внутрішній переріз міжтрубного простору	М"	0,075
13	Швидкість гріючої води	м/сек	0,46
14	Швидкість нагріваючої води	м/сек	1,35
15	Коефіцієнт теплопередачі	ккал/м ² х год х°С	1570
16	Розрахункова поверхня нагріву	м"	36,2
17	Конструктивна поверхня нагріву	м"	35

Станція перекачки конденсату

Передбачена окремо-стояча станція перекачки конденсату, що розміщена поблизу котельні. Станція перекачування конденсату розроблена ГІН "Укргіпролепром", продуктивністю 1,2 м³/год.

Паливостачання

Паливом для котельної слугує природний газ Дашавського родовища, теплотворністю 852,3 ккал/м³.

Для спалювання газу в топці котла встановлено 2 змішувальних газомазутних пальника конструкції "Мосенергопроект", що працюють на газі під тиском 500-600 ммвс.

Зниження тиску газу до 500...600 ммвс здійснюється в газорегулюючій станції, що розміщена поблизу котельної.

Для можливості переходу на роботу з рідким паливом (у випадку аварії), в кожний пальник встановлено мазутну форсунку, продуктивністю 1200 кг/год н механічним розпиленням.

Мазутосховище складається з 2-х з.б. резервуарів по 500 м загальною ємністю і тис. м³.

Ємність сховища визначена з розрахунку восьмидобового запасу за середньо-зимовими витратами палива.

Компоновка котельної

Споруда котельні, розміром 36x18 м, складається із приміщення, у якому розміщені котельні агрегати і відповідне допоміжне обладнання, відділення паливоподачі; частини будівлі для установа шлакозоловидалення, золоуловлювачів, хімоводоочистки; щити контрольно-вимірювальних приладів та автоматики; електричні щити; лабораторні і службово-побутові приміщення; ремонтний пункт.

Детальна компоновка котельної показана на листі і графічної частини.

Деаератори й димососи .винесені за межі будівлі котельні. В основу компоновки котельної закладений агрегатний принцип, а саме, кожен котел компонується з особистим водяним економайзером, димососом і надувним вентилятором. Димова труба цегельна, на усі котли, винесена за межі будівлі.

Котельні установки відповідають "Правилам обладнання і безпечної роботи експлуатації парових і водогрійних котлів".

У підлозі котельної розміщені канали для трубопроводів і електричних кабелів. Для забезпечення електробезпеки усі електродвигуни, електрообладнання, оболонки кабелю мають заземлення, приєднане до стаціонарного контуру заземлення. Для стаціонарного освітлення застосовують закриті світильники напругою 220 в.

РОЗДІЛ 4

ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

4.1. Загальні засади виробництва біогазу

У сучасних умовах зростаючої вартості енергоресурсів та необхідності переходу до сталих технологій усе більшої популярності набуває використання відновлюваних джерел енергії в аграрному секторі. Одним із найбільш перспективних напрямів є інтеграція біогазових установок у тепличні господарства. Такий підхід дозволяє не лише значно знизити витрати на тепло та електроенергію, але й підвищити екологічність виробництва та ефективно утилізувати органічні відходи. Для України, яка має великий аграрний потенціал і водночас потребує стійких енергетичних рішень, дана технологія є надзвичайно актуальною.

Біогаз — це газова суміш, що утворюється внаслідок анаеробного (безкисневого) розкладання органічних матеріалів: гною, рослинних решток, побутових біовідходів, силосу тощо. Основними компонентами біогазу є метан (50–70%) та вуглекислий газ. Біогазові установки включають реактор-метантенк, систему підігріву, газгольдер та обладнання для очищення й використання газу.

Вироблений біогаз може застосовуватися для:

- виробництва теплової енергії;
- генерації електроенергії (через когенераційні установки);
- отримання біометану — очищеного метану, придатного для використання як паливо.

4.2. Роль біогазу у вирішенні проблем енергопостачання АПК

Одна з можливостей використання сільськогосподарських відходів в енергетичних цілях – виробка біогазу. Але це питання неможна розглядати тільки з точки зору вироблення енергії. Це пов'язано з тим, що з допомогою анаеробної ферментації органічних речовин ми можемо отримати не тільки біогаз, який є зручним енергоджерелом, але і використовувати цей процес для переробки матеріалів, які забруднюють навколишнє середовище, а кінцеві речовини використовувати для покращання фізико-хімічних властивостей ґрунту. Нерідко потреба в останніх є основною метою анаеробної ферментації сільськогосподарських відходів, але і в цьому випадку, біогаз, який виник, може бути розглянутий як дешеве енергетичне джерело. Навпаки, якщо з органічних речовин ми будемо синтезувати біогаз для енергетичних цілей, то внаслідок великих капвкладень ми отримаємо дорогий енергоносіє. Найкраще вирішення проблеми, очевидно, знаходиться десь посередині: з допомогою анаеробної ферментації органічних відходів можна виробляти повноцінні добрива для відшкодування живильних речовин ґрунту і одночасно отримувати у великій кількості енергоносіє.

Біогаз можна виробляти з органічної речовини, однак найбільш вигідним є використання для цих цілей гною. Проблема полягає в тому, що біогаз, який виробляється протягом всього року з гною, не використовується усі дванадцять місяців, а тільки зимою, внаслідок чого затрати на обладнання, що виробляє біогаз, не відшкодовуються. Через це опалення тваринницьких приміщень біогазом ефективно тільки у тому випадку, якщо паливо, яке утворюється, можна використовувати протягом року безперервно.

Склад біогазу, який внаслідок різних причин наступний: 60% CH_4 , 36,6% CO_2 , 3,0% H_2 , 0,2% O_2 , 0,2% H_2S .

Інші характеристики, які необхідно знати при використанні біогазу в якості енергоносіє:

1. Теплоутворююча здатність	2,5 МДж/м ³
2. Густина	1,15 кг/м ³
3. Теоретична потреба повітря	5,8 м ³ на 1 м ³ біогазу
4. Об'єм диму	6,78 м ³ на 1 м ³ біогазу
5. Температура запалювання	700°C

Кількість біогазу, який утворюється, в основному залежить від температурного режиму ферментації та кількості гною, який переробляється за добу, при наявності і інших умов ферментації. Враховуючи що кількість отриманого гною від різних тварин, як правило, відома, безпосередньо можна підрахувати добову кількість біогазу, який утворився.

Біогаз, як енергоносіє при безпосередньому спалюванні може бути перетворений в теплову енергію, а при використанні більш складної системи – в електричну.

4.3. Технології виробництва біогазу.

Біогаз – продукт анаеробної ферментації органічних речовин. Ці речовини розкладаються метановими бактеріями при наступних сприятливих для їх життєдіяльності умовах:

- відсутність вільного кисню;
- висока вологість;
- мала освітленість;
- достатня кількість азоту;
- середовище (рН від 7 до 7,6);
- відповідна температура.

Розпад органічних речовин відбувається у процесі життєдіяльності бактерій. На першому етапі кислотоутворюючі бактерії перетворюють високомолекулярні органічні з'єднання у низькомолекулярні, а на другому –

метанові бактерії синтезують з них вуглекислий газ, воду та метан. Перший етап розпаду називають кислотоутворенням, так як у процесі метаболізму і розпаду факультативних анаеробів утворюються в основному кислоти та кислотні сполуки.

Другий етап отримав назву етапу алкалітичної газифікації, при якому метанові бактерії синтезують необхідний для їх життєдіяльності кисень з молекул кислот, виділяючи метан і воду (Рис. 4.1.).

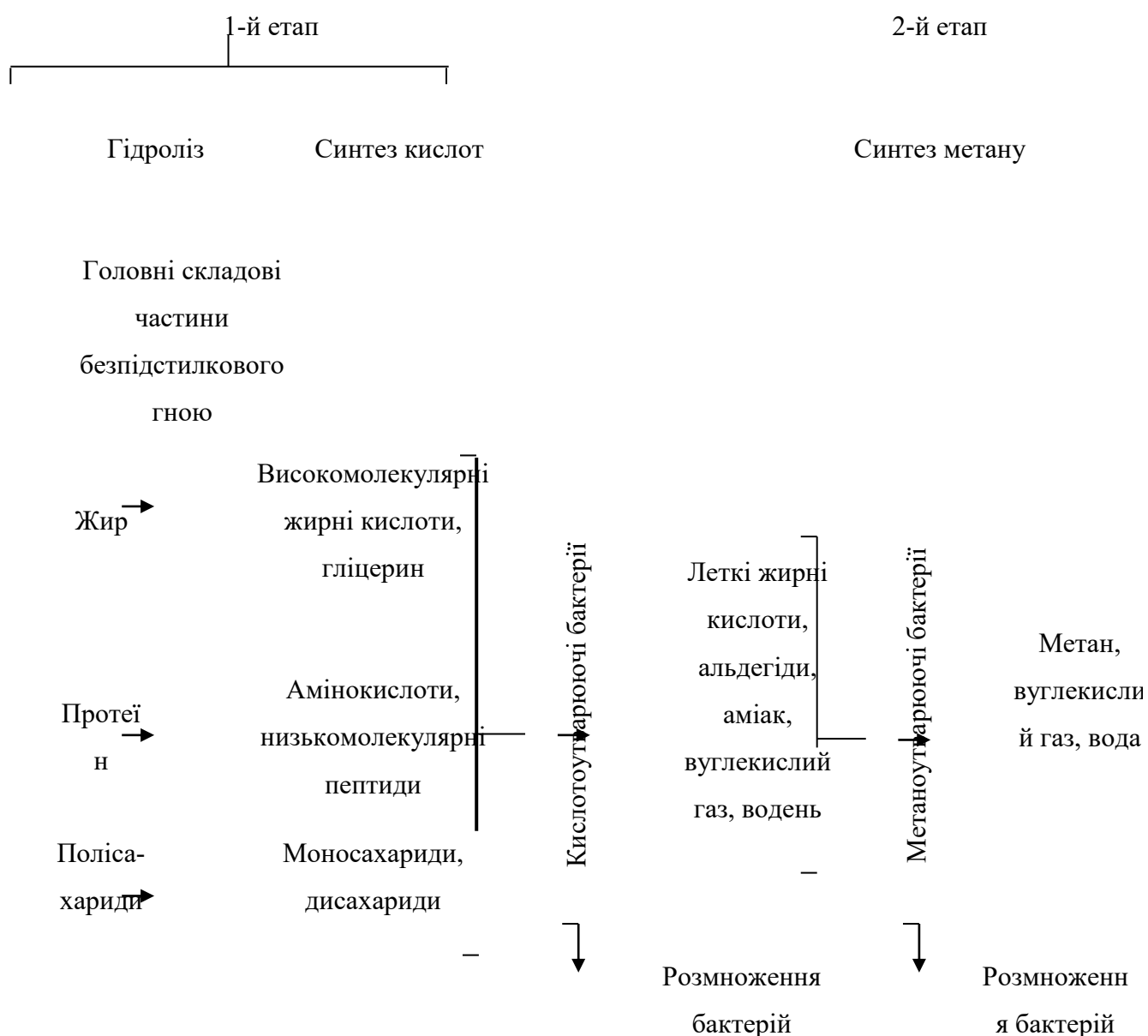


Рис. 4.1. Розкладання органічних речовин до метану.

Швидкість розпаду залежить від процесів життєдіяльності бактерій, на які в свою чергу впливають зовнішні умови.

Температура суттєво впливає на обмін речовин бактерій і відповідно визначає кількість біогазу, який утворюється. Максимальний синтез газу у психрофільних штамів відбувається при температурі 15°C, мезофільних - 35°C, а термофільних - 55°C.

Для життєдіяльності мікроорганізмів необхідно відповідне живильне середовище. Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів потрібно, щоб мінімальний вміст азоту складав 7 мг на 100 кг органічної речовини, а оптимальне відношення азот / вуглець коливалось у межах 0,06 / 0,1 (Рис. 4.2.).

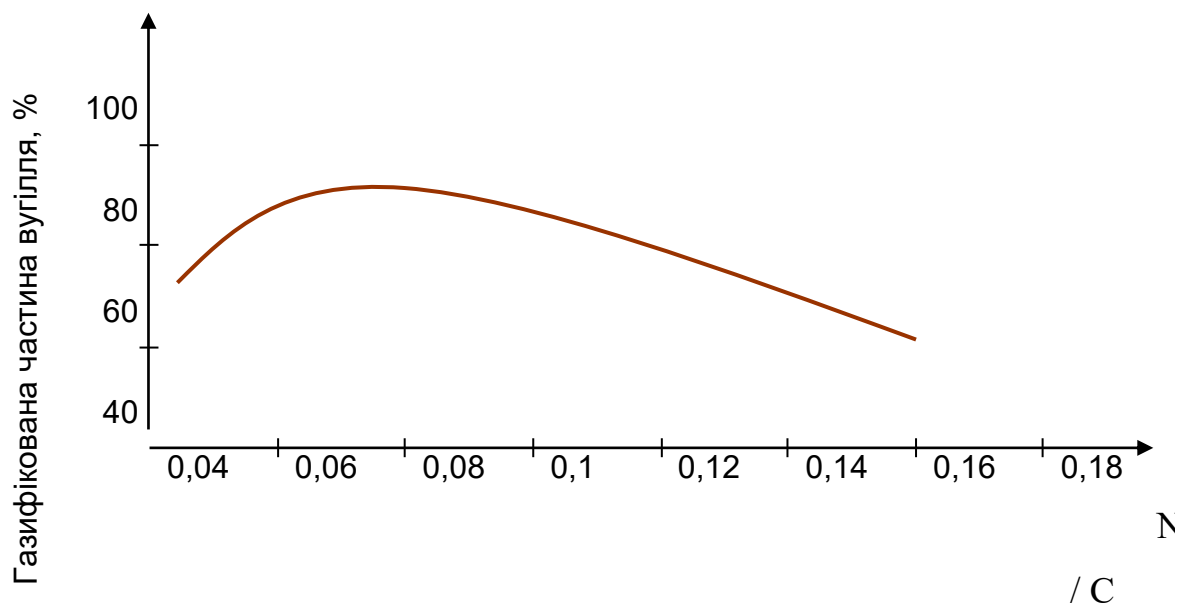


Рис. 4.2. Вихід газу в залежності від співвідношення азот / вуглець.

Живильні речовини біосубстрату біогазової установки суттєво впливають на вихід товарного біогазу. Бактеріям для їх нормальної життєдіяльності необхідна поверхня для прилипання. Через це, якщо вміст твердих речовин

нижче 1%, то процеси життя не можуть відбуватися. Однак оптимальний вміст твердих інгредієнтів погіршує перемішуваність розчину, а це небажано.

Важливий фактор процесу бродіння – швидкість надходження живильних речовин. Вона повинна бути такою, щоб речовини, які перебродили, постійно видалялися і загальна кількість живильних речовин була незмінною. Поповнення живильних речовин звичайно виражають навантаженням площі бродіння і його величина залежить від швидкості розпаду. Оптимальні значення навантаження площі бродіння у гної деяких видів тварин показані у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Навантаження площі бродіння у гної.

<i>Вид тварин</i>	Навантаження площі бродіння, кг сухої органічної речовини на 1 м ³ на добу	Час бродіння, дів
Молочні корови	6	15
Бички	4,5	10
Свині	3	10
Домашні птахи	1,5	50

Для найбільш сприятливого протікання процесу метаболізму бактерій у всьому бродильному резервуарі необхідно створити гомогенні умови. Однак матеріал, який поданий в бродильний резервуар, з часом розслоюється (Рис. 4.4.) і всі органічні речовини та мікроорганізми осідають на дно. Це в свою чергу від'ємно впливає на життєдіяльність бактерій, внаслідок чого вони різко знижують синтез газу. Другим наслідком розслоювання є те, що легкі сполуки, наприклад жири, випливають. Це явище з однієї сторони ускладнює вивільнення газу, а з іншої – знижує його продуктивність, так як ці речовини перестають брати участь у процесі обміну речовин.

Таким чином, підтримання гомогенного стану у бродильному резервуарі – обов'язкова умова.

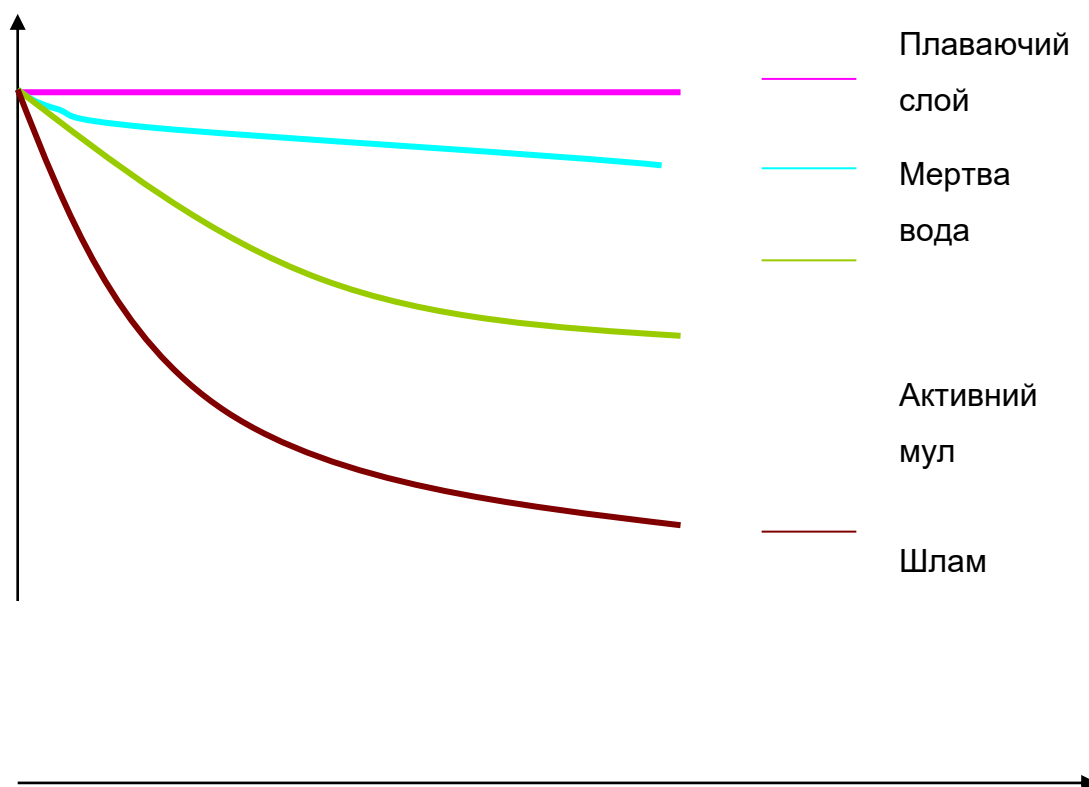


Рис. 4.3. Розшарування матеріалу в реакторі без перемішування.

Таблиця 4.2. Середній вихід біогазу при переробці різних сільськогосподарських відходів.

<i>Матеріал</i>	Вихід біогазу на одиницю маси сухої органічної речовини, л/кг.
Гній свиней	340...550
Гній великої рогатої худоби	90...310
Гній коней	200...300
Послід птахів	310...620
Гній овець	90...310
Відходи з тваринницького приміщення	175...280
Солома пшениці	200...300
Солома ячменю	250...300

Солома вівса	290...310
Солома кукурудзи	380...450
Солома рапси	200
Солома рису	170...280
Оболонка рису	105
Льон	360
Конопля	380
Трава	280...550
Очерет	170
Конюшина	430...490
Відходи зелених культур	330...460
Бадилля картоплі	280...490
Листя цукрового буряка	400...500
Листя соняшника	300
Сільськогосподарські відходи	310...430
Водорослі	420...500
Мул каналів	310...740

4.4. Переваги використання біогазових установок у тепличних комплексах.

Забезпечення теплом і електроенергією

Теплиці потребують значних ресурсів для підтримання стабільного мікроклімату. Біогазові установки дозволяють генерувати:

- *тепло* — для обігрівання рослин у холодний період;
- *електроенергію* — для освітлення, вентиляції, роботи насосів та автоматизованих систем контролю.

Особливо це актуально для цілорічних теплиць, які в Україні активно розвиваються.

Використання діоксиду вуглецю як добрива

Побічним продуктом згоряння біогазу є CO₂, який може подаватися в теплиці для CO₂-добрива — технології, що прискорює фотосинтез і збільшує врожайність (наприклад, огірків, томатів, перцю).

Ефективна утилізація органічних відходів

Сільськогосподарські підприємства мають значні обсяги органічних решток, утилізація яких часто є проблемою. Біогазові установки дозволяють:

- зменшити екологічне навантаження;
- отримати цінний побічний продукт — **дигестат**, який використовується як високоякісне органічне добриво.

Зменшення залежності від зовнішніх енергоносіїв

В умовах енергетичних ризиків України автономні джерела енергії є стратегічно важливими. Біогазові комплекси підвищують енергонезалежність тепличних господарств.

4.5. Практичні аспекти впровадження біогазової технології.

Вибір сировини

Для безперебійної роботи установки потрібна стабільна кількість органічної біомаси. В Україні це можуть бути:

- гній ВРХ та свиней;
- пташиний послід;
- жом, силос кукурудзи, солома;
- відходи переробних підприємств.

Розміщення та інтеграція

Біогазові установки найефективніше працюють у поєднанні з тваринницькими або рослинницькими комплексами. Теплиці можуть розташовуватися безпосередньо біля виробництва для мінімізації теплових втрат.

Когенераційні модулі

Когенерація (одночасне виробництво тепла й електрики) забезпечує максимально ефективне використання біогазу. Тепло може подаватися до теплиць через водяні контури, а CO₂ — через спеціальні системи дистрибуції.

Економічна окупність

Окупність біогазових проєктів складе у середньому 4–7 років залежно від:

- потужності установки;
- доступної сировини;
- вартості енергоресурсів у регіоні;
- ефективності тепличного комплексу. У разі державної підтримки та грантових програм цей термін може бути зменшено.

Екологічні аспекти

Інтеграція біогазових технологій позитивно впливає на довкілля:

- зниження викидів метану з органічних відходів;
- зменшення спалювання викопних палив;
- отримання природного добрива без хімічних добавок;
- покращення стану ґрунтів та зменшення навантаження на екосистеми.

Для України це важливо з точки зору виконання кліматичних зобов'язань та впровадження циркулярної економіки.

4.6. Приклади використання тепличної рослинної сировини для біогазу.

1. Дослідження “Greenhouse Residues’ Potential for Biogas Production”. Автори проаналізували аналітично потенціал залишків зелених мас теплиць (стебла, листя, відходи томатів і огірків) як субстрату для анаеробного бродиння. [<https://doi.org/10.3390/app13095445>]
2. У грецькій тепличній фірмі (Thrace Greenhouses S.A.) за рік накопичується 7000–8000 тонн зеленої біомаси (томати, огірки) на площі ~170 000 м². <https://doi.org/10.3390/app13095445> ,
3. Дослідження показало, що така біомаса може бути корисною для біогазових установок і давати значний вихід біогазу та метану. <https://doi.org/10.3390/app13095445>,
4. Крім того, під час спалювання біогазу отриманий СО₂ може повертатися до теплиці і використовуватися для підвищення концентрації вуглекислого газу — це сприяє кращому росту рослин. <https://doi.org/10.3390/app13095445> .
5. Технологія підготовки та обробки різної біомаси для біогазу — У науковій роботі від НУБіП описано технологічну підготовку біомаси (включно з рослинною), щоб підвищити ефективність виробництва біогазу: використовується попередня обробка (кавітаційна), оптимізація завантаження, змішування субстрату. (dglib.nubip.edu.ua)
— Це показує, що навіть рослинні рештки з низькою “щільністю” чи складною структурою можна ефективно ферментувати за правильних технологічних підходів.
6. Позиція українських біоенергетичних організацій — За даними UABIO (Української асоціації біоенергетики), доцільно використовувати рослинну сировину (наприклад, силос кукурудзи) разом з гнойовими відходами у біогазових установках.

— Такий підхід дає змогу підтримувати роботу біогазової установки протягом року (не лише в період надходження гною), що підвищує її економічну ефективність і стабільність.

4.7. Перспективи для України.

Україна має значний потенціал для масштабного впровадження біогазових технологій. Активно працюють агрохолдинги та фермерські господарства, які вже застосовують біогазові комплекси для електропостачання. Інтеграція таких систем у тепличне виробництво може суттєво підвищити конкурентоспроможність українських овочів, забезпечити сталий розвиток агросектору та покращити продовольчу безпеку.

Отже, **так**, існують наукові й практичні приклади, які підтверджують можливість використання рослинної сировини з тепличних господарств для виробництва біогазу. Це перспективний варіант, особливо якщо використати збалансовану суміш (рослинні відходи + інші біомаси), а також застосувати технологічні рішення для підвищення ефективності бродіння

- Використання решток тепличних культур — це спосіб утилізації органічних відходів, зменшення їх накопичення.
- Зелені частини рослин (стебла, листя) — відносно багаті органічною речовиною і можуть добре скидатися як субстрат.
- Комбіноване очищення та утилізація: після анаеробного бродіння виходить дигестат, який може бути добривом, а CO₂ — для теплиці.
- Структурна складність рослинної маси (волокнисті стебла, лігнін) може ускладнювати бродіння і знижувати вихід газу, якщо не застосовувати попередню обробку.
- Необхідність відповідної технології подрібнення, гомогенізації і підігріву субстратів.

- Логістика збору та транспортування відходів теплиці до біогазової установки — може бути витратною, особливо якщо теплиці розташовані далеко від заводу.

Використання біогазових установок у теплицях є ефективним рішенням, яке поєднує енергетичну незалежність, економічну вигоду та екологічну безпеку. Технологія дозволяє комплексно вирішити питання утилізації органічних відходів, забезпечення тепличних господарств теплом, електроенергією і CO₂, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню врожайності та рентабельності виробництва. З огляду на українські реалії, розвиток таких систем є перспективним шляхом зміцнення аграрної та енергетичної сфер країни.

4.8. Оцінка річного обсягу рослинних решток тепличного господарства.

Оцінимо річний обсяг рослинних решток тепличного господарства що вирощує томати та огірки.

Ключові вихідні дані і припущення: площа 1 га,

1. У статтях про тепличні відходи часто наводять кількість **сухої маси (TS, dry solids)** решток на 1 га на рік, а також вологість свіжої зеленої біомаси $\approx 75\text{--}85\%$ (типово приймають 80 % води).

2. Для перерахунку:

- Якщо $TS = X$ т/га \rightarrow **свіжа маса** $\approx X / (1 - \text{вологість})$.

- Наприклад при вологості 80 %: свіжа маса $\approx X / 0.20 = 5 \cdot X$.

3. Значення сильно залежать від системи вирощування (контейнери/грунт/гідропоніка/безгрунтові), інтенсивності урожайності та кількості циклів на рік.

- Oleszek et al. (аналіз польських теплиць) наводить **сухі відходи** ~ 29.6 т TS/га для томата та ~ 18.3 т TS/га для огірка (річно). ([SpringerLink](#))

- Є оцінки, що додаткова біомаса для томата може бути ≈ 49 т/га (джерело дає загальну додаткову біомасу, різні підходи до обліку). ([European Commission](#))
- Огляд і дослідження показують широку варіабельність: від кількох до сотень тонн свіжої зелені з 1 га (залежно від інтенсивності: 100–300 т/га плодів — більша рослинна маса). ([MDPI](#))

Розрахунки (орієнтовні за літературними джерелами)

Томати (1 га)

- Вихідна цифра (dry solids): $\approx 29,6$ т TS/га·рік (Oleszek). ([SpringerLink](#))
- Припустимо вологість свіжої зеленої маси ≈ 80 % \rightarrow свіжа маса $\approx 29,6 / 0,20 = 148$ т/га·рік (свіжої біомаси).
- Інший орієнтир (manzano-agugliaro): ~ 49 т/га додаткової біомаси (треба уточнювати, чи це суха або свіжа маса). Якщо це свіжа — це дає нижню межу $\approx \sim 49$ т/га. ([European Commission](#))

Орієнтований діапазон для томатів (1 га, рік):

- суха маса (TS): ~ 20 – 35 т/га (реалістичний інтервал залежно від інтенсивності) \rightarrow свіжа маса ≈ 100 – 175 т/га·рік (при 80 % вологості). ([SpringerLink](#))

Огірки (1 га)

- Вихідна цифра (dry solids): $\approx 18,3$ т TS/га·рік (Oleszek). ([SpringerLink](#))
- При вологості 80 % \rightarrow свіжа маса $\approx 18,3 / 0,20 = \approx 91,5$ т/га·рік (свіжої біомаси).

Орієнтований діапазон для огірків (1 га, рік):

- суха маса (TS): ~ 12 – 20 т/га \rightarrow свіжа маса ≈ 60 – 110 т/га·рік (при 80 % вологості). ([SpringerLink](#))

4.9. Тепловий розрахунок метантенка.

Витрати тепла метантенком в оточуюче середовище та на підтримання самого процесу бродіння визначаються за формулою:

$$Q_{т.м.} = Q_n + Q_{o.c.} + Q_{мех.} \quad (4.1)$$

де Q_n – витрати тепла на підігрів субстрату до температури бродіння;

$Q_{o.c.}$ – витрати енергії в оточуюче середовище;

$Q_{мех.}$ – витрати енергії на перемішування субстрату в процесі бродіння.

Кількість теплоти, що витрачається на підігрів завантажуваної протягом доби біомаси до температури процесу бродіння, МДж/добу, дорівнює:

$$Q_n = m_{доб.} \cdot C_c \cdot (t_{\theta} - t_{з.м.}) \cdot \frac{1}{\eta} \quad (4.2)$$

$$Q_n = 41800 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot (32 - 18) \cdot \frac{1}{0,7} = 3494 \text{ МДж / добу}$$

Температура завантажуваної біомаси t_{θ} залежить від способу її завантаження в метантенк. Якщо маса поступає безпосередньо з тваринницького приміщення, то її температура така ж як у приміщенні. Якщо масу для збродження беруть з гноєсховища, то її температура дорівнює температурі оточуючого середовища. Температура бродіння залежить від прийнятого в проекті типу бродильного процесу: для термофільного бродіння - $t_{\theta} = 52 \dots 54^{\circ}\text{C}$, для мезофільного - $t_{\theta} = 52 \dots 54^{\circ}\text{C}$.

Середнє значення теплоємності субстрату:

$$C_c = 4,18 \cdot 10^{-3} \text{ МДж / кг} \cdot \text{град.}$$

Тепловтрати від метантенка в оточуюче середовище, Вт, визначаються за формулою:

$$Q_{o.c.} = k \cdot A_M \cdot (t_{\theta} - t_{o.c.}), \quad (4.2)$$

де A_M - площа зовнішньої поверхні метантенка, m^2 ;

k - коефіцієнт теплопередачі від субстрату до оточуючого середовища
Вт/ $m^2 \cdot$ град.;

$t_{o.c.}$ - температура оточуючого середовища, град.

Як правило, метантеки мають циліндричну форму, приймаючи відношення висоти метантенка до його діаметра $H/D=0,9 \dots 1,3$ V_M , можна знайти A_M :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\theta}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}} = \frac{1}{0,05 + \frac{0,15}{1,33} + \frac{0,3}{0,6} + \frac{1,0}{2,0} + \frac{0,5}{0,25} + 0,05} = 0,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

де $\alpha_{\theta}, \alpha_3$ - коефіцієнти теплообміну на внутрішній та зовнішній поверхнях метантенку, Вт/ $m^2 \cdot$ град.;

δ_i - товщина стінки та шарів утеплювачів метантенку, м.;

λ_i - коефіцієнти теплопровідності стінки та утеплювачів метантенку, Вт/м·град.

Враховуючи, що швидкість руху субстрату у процесі його механічного пермішування незначна, можна вважати, що процес теплообміну на внутрішній поверхні метантенку відбувається за умов вільної конвекції. Теплопровідність матеріалу з якого виготовлено метантенк: бетон - $\lambda = 1,74 \dots 1,92$ Вт/м·град.; сталь - $\lambda = 1,74 \dots 1,92$ Вт/м·град. Теплопровідність утеплювачів: мати минераловатні - $\lambda = 1,74 \dots 1,92$ Вт/м·град.; вулканітове волокно - $\lambda = 1,74 \dots 1,92$ Вт/м·град.

Теплові витрати в оточуюче середовище слід визначити для найхолоднішого та найтеплішого періодів. За розрахункову величину приймають їх середньоарифметичні значення.

Об'єм метантенка:

$$V_M = H \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 1,2 \cdot D \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Тоді:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_M}{1,2 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 724,5}{1,2 \cdot 3,14}} = 9,14 \text{ м}$$

Площа віддачі метантенка:

$$A_M = 2 \cdot \frac{\pi D^2}{4} + \pi D H = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 9,14^2}{4} + 3,14 \cdot 9,14 \cdot 1,2 \cdot 9,14 = 445 \text{ м}^2$$

Добові тепловитрати:

$$Q_{o.c.} = 3,6 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 0,3 \cdot 445 \cdot (32 + 20) = 599,8 \text{ МДж}$$

Витрати енергії на механічне пермішування субстрату в метантенку визначають за формулою:

$$Q_{mex.} = q_{норм} \cdot V_M \cdot z = 0,05 \cdot 724,5 \cdot 8 = 289,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \quad (4.3)$$

де $q_{норм}$ - питоме навантаження на мішалку (50 Вт/м³·год);

V_M - об'єм метантенка, м³;

z – тривалість роботи мішалки протягом доби (≈ 8 годин).

Енергія біогазу, що виробляється протягом доби:

$$Q_{б.з.} = V_M \cdot Q_n^p, \quad (4.4)$$

де Q_n^p - теплота згорання біогазу.

Можна приймати $Q_n^p = 21 \dots 28$ МДж/м³.

$$Q_{\text{б.з.}} = 438,2 \cdot 27 = 11831,4 \text{ МДж / добу}$$

$$Q_{\text{Т.М.}} = 3494 + 599,8 + 289,8 = 4383,6 \text{ МДж / добу}$$

4.10. Енергетична ефективність біогазової установки.

Загальний добовий виробіток енергії біогазової установки:

$$E_{\text{б}} = Q_{\text{б.з.}} - Q_{\text{Т.М.}} \quad (4.5)$$

$$E_{\text{б}} = 11831,4 - 4383,6 = 7447,8 \text{ МДж / добу}$$

Коефіцієнт товарності біогазової установки:

$$K_{\text{б}} = \frac{E_{\text{б}}}{Q_{\text{б.з.}}} \cdot 100\% = \frac{7447,8}{11831,4} \cdot 100\% = 62,9\% \quad (4.6)$$

Вважають, що біогазова установка виробляє біогаз протягом 350 днів. На профілактичний ремонт біогазової установки відводиться 15 діб.

Економія умовного палива, кг, за рахунок одержаного протягом року біогазу становить:

$$B_{\text{у.н.}} = \frac{E_{\text{б}} \cdot 350}{29,3} = \frac{7447,8 \cdot 350}{29,3} = 88,96 \text{ т}$$

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

5.1. Розрахунок сумарної потужності тепличного агро комбінату.

Згідно вибраного електричного обладнання, пристроїв світлоопромінення рослин тощо, приймаємо встановлену потужність на вводах у виробничі приміщення, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Установлене навантаження на вводах споживачів енергії

№ п/п	Назва споживача	Кількість, шт.	Розрахунок навантаження, кВт
1	Теплиця овочева (кількість ланок)	48	7.2
2	Насосна станція з резервуаром для овочевих теплиць	12	12.5
3	Насосна станція з резервуаром для розсадних теплиць	3	6
4	Котельня	1	383
5	Цех вуглекислоти	1	82
6	Градирня	1	35
7	Теплиця розсадна	6	97.8

При розрахунку сумарної потужності, споживачів розділяємо на 8 груп. У групи включаємо споживачів одного характеру, потужність яких не відрізняється більше ніж у чотири рази.

Оскільки в зоні електропостачання існують сезонні споживачі (теплиці зимові, насосні станції), розрахункові навантаження мережі визначають із урахуванням коефіцієнта сезонності [], для традиційних теплиць $K_{сез} = 0.95$.

I група

1. овочеві теплиці - 11 шт.;
2. насосні станції з резервуарами для овочевих теплиць - 3 шт.

$$P, = (11 \times 7,2 + 3 \times 12,5) \times 0,95 = 110,8 \text{ кВт}$$

II група

1. овочеві теплиці - 5 шт.;
2. розсадні теплиці - 1 шт.;
3. насосні станції з резервуарами для овочевих теплиць - 1 шт.

$$P_{II} = (5 \times 7.2 + 1 \times 97.8 + 1 \times 12.5) \times 0.95 = 138.9 \text{ кВт}$$

III група

1. овочеві теплиці - 4 шт.;
2. розсадні теплиці - 1 шт.;
3. насосні станції з резервуаром для овочевих теплиць - 1 шт.;
4. насосні станції з резервуаром для розсадних теплиць - 1 шт.

$$P_{III} = (4 \times 7.2 + 1 \times 97.8 + 1 \times 12.5 + 1 \times 6) \times 0.95 = 137.8 \text{ кВт}$$

IV група

1. овочеві теплиці - 4 шт.;
2. розсадні теплиці - 1 шт.;
3. насосні станції з резервуаром для овочевих теплиць — 1 шт.

$$P_{IV} = (4 \times 7.2 + 1 \times 97.8 + 1 \times 12.5) \times 0.95 = 132.1 \text{ кВт}$$

V група

1. овочеві теплиці - 4 шт.;
2. розсадні теплиці - 1 шт.;
3. насосні станції з резервуаром для овочевих теплиць - 1 шт.;
4. насосні станції з резервуаром для розсадних теплиць - 1 шт.

$$P_V = 144.8 \text{ кВт}$$

VI група

1. овочеві теплиці - 4 шт.;
2. розсадні теплиці - 1 шт.;
3. насосні станції з резервуаром для овочевих теплиць - 1 шт.;
4. насосні станції з резервуаром для розсадних теплиць - 1 шт.

$$P_{VI} = (4 \times 7.2 + 1 \times 97.8 + 1 \times 12.5 + 1 \times 6) \times 0.95 = 137.8 \text{ кВт}$$

VII група

1. овочеві теплиці - 3 шт.;

2. розсадні теплиці - 1 шт.;

3. насосні станції з резервуаром для овочевих теплиць - 2 шт.

$$P_{VII} = (3 \times 7.2 + 1 \times 97.8 + 2 \times 12.5) \times 0.95 = 137.2 \text{ кВт}$$

VIII група

1. овочеві теплиці - 12 шт.;

2. насосні станції з резервуаром для овочевих теплиць - 2 шт.

$$P_{VIII} = (12 \times 7.2 + 2 \times 12.5) \times 0.95 = 105.8 \text{ кВт}$$

Навантаження зовнішнього освітлення $P_{зо}$ (територія тепличного комбінату) обчислюємо з розрахунку 250 Вт на одне приміщення і 3 Вт на 1 м довжини периметра території, тобто:

$$P_{з.о.} = (250 \cdot N_{пр} + 3 \cdot L_n) \cdot 10^{-3} \quad (5.1)$$

де $N_{пр}$ — кількість приміщень, шт.;

L_n - довжина периметра території, м

$$P_{з.о.} = (250 \cdot 7,2 + 3 \cdot 1540) \cdot 10^{-3} = 22,62 \text{ кВт}$$

Навантаження зовнішнього освітлення підсумовують з коефіцієнтом одночасності $K_o=1$.

Підсумовуємо потужність груп, враховуючи потужність котельної, цеху вуглекислоти, градирні, навантаження зовнішнього освітлення.

$$P_{\Sigma} = P_{\sigma} + \Delta P(P_{M1}) + \dots + \Delta P(P_{Mm}) \quad (5.2)$$

де P_{σ} - більша потужність, кВт;

$\Delta P(P_M)$ - добавка від меншої потужності, кВт.

$$P_v = 383 + 56.4 + 22.8 + 76.8 + 98.9 + 97.8 + 94 + 103.8 + 97.8 + 87.6 + + 72.5 + 22.62 = 1224 \text{ кВт}$$

$$P_{розр.тп} = 1224 - 1.12 = 1370 \text{ кВт}$$

Повна потужність визначається за розрахунковим активним навантаженням і відповідним коефіцієнтом потужності ($\cos\phi$) []. Для теплиць $\cos\phi = 0.92$ [].

$$S_{роб} = \frac{1370}{0.92} = 1490 \text{ кВт}$$

5.2. Обґрунтування вибору кількості і потужності силових трансформаторів

Визначасмо потужність одного силового трансформатора, кВА

$$S_{p1} = \frac{1490}{2} = 745 \text{кВм}$$

Оскільки перевантаження силового трансформатора складає більше ніж 10 %, то на перспективу вибираємо силові трансформатори з більшою потужністю, які будуть працювати певний час в недовантаженому режимі.

Кількість силових трансформаторів на підстанції визначається сумарною потужністю споживачів та наявністю споживачів I та II категорії по надійності електропостачання. Враховуючи те, що в зоні електропостачання РТП є декілька господарств (теплиці по вирощуванню овочів, теплиці по вирощуванню розсади), відповідно будуть в наявності споживачі I та II категорії по надійності електропостачання.

Для забезпечення резервного електричного постачання по ЛЕП 10 кВ приймаємо 2 силові трансформатори типу ТМ: $S_{НОМ} = 1000$ кВА; Y/Y₀-0; втрати Хіх₂- 2.35/2.75 Вт; втрати к.з. - 12.2 Вт; $I_{кз} = 6.5 \% I_N$; $i_x = 1,5 \text{ } \wedge \text{ } \wedge \text{ } \text{и}$.

Недовантаження трансформатора складає 25 %, яке в розрахунку на перспективу розширення виробництва є допустимим. Два силові трансформатори на підстанції вважаються незалежними джерелами електропостачання.

В РП-10 захист ліній, що відходять, прийнятий на змінному оперативному струмові в 2-х фазному виконанні, що працює за допомогою реле максимального струму з витримкою часу прямої дії, вбудованого в приводи масляних вимикачів та роз'єднувачів.

Трансформатори напруги захищаються від струму к.з. плавкими запобіжниками.

Електрична схема підстанції визначається кількістю силових трансформаторів, способом приєднання до лінії живлення 35 кВ та типом обладнання, яке встановлюється на підстанції.

Приймаємо схему електропостачання з двостороннім живленням. При обриві проводів на будь-якій ділянці і навіть при виході з ладу одного джерела живлення, електропостачання споживачів не порушується.

5.3. Вибір перерізу та марки силових кабелів

Вибір перерізу та марки силових кабелів для лінії напругою 0.38 кВ проводимо за економічною густиною струму.

Визначаємо економічний переріз кабелю від ТП до РШ споживачів І групи:

1. Визначаємо розрахункове максимальне навантаження S_{\max} на даній ділянці лінії:

$$S_{\max} = \frac{110,8}{0,92} = 120,4 \text{кВт}$$

2. Визначаємо еквівалентне навантаження $S_{\text{екв}}$ за відношенням:

$$S_{\text{екв}} = S_{\max} \cdot K_g \quad (5.3)$$

де K_g - коефіцієнт, що враховує динаміку росту навантаження, $K_g=0.7$.

$$S_{\text{екв}} = 120,4 \cdot 0,7 = 84 \text{кВА}$$

3. Знаходимо еквівалентний струм:

$$I_{\text{екв}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{екв}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (5.4)$$

де U_n - номінальна напруга, кВ.

4. Визначаємо економічний переріз:

$$F_{\text{екв}} = I_{\text{екв}} / j_{\text{ек}} \quad (5.5)$$

де $j_{\text{ек}}$ - економічна густина струму $j_{\text{ек}} = 1.6 \text{ А/мм}^2$

$$F_{\text{екв}} = 182 / 1.6 = 113.8 \text{мм}^2$$

5. Приймаємо кабель силовий полегшений з алюмінієвою жилою в полівінілхлоридній ізоляції і полівінілхлоридній оболонці марки АВВГ (120x3+1x95).

6. Приймаємо розподільну шафу ЩР11-73702-22УЗ з номінальною силою струму 250А, на ввіді вмонтовано рубильник Р18-353, номінальна сила струму плавкої вставки запобіжників ПН2-100А, 5 груп запобіжників на ввіді.

Розподільна шафа ЩР11 призначена для розподілу електроенергії, а також для захисту від к.з. силових та освітлюваних мереж. Це безкаркасний металевий корпус, в якому встановлена панель з запобіжниками і ввідним рубильником. Двері ущільнені гумовим шнуром, закриваються затискачами в трьох точках. В нижній частині корпусу знаходиться нульова шина і с-подібний профіль для кріплення провідників. Строк служби шаф - 15 років.

Аналогічно визначаємо перерізи та марки кабелів від ТП до РШ споживачів інших груп. Результати заносимо в таблицю 5.2.

Окремо визначаємо економічний переріз кабелю від ТП до котельної, цеху вуглекислоти та градирні.

1. Визначаємо розрахункове максимальне навантаження S_{\max} на даній ділянці лінії:

$$S_{\max \text{ кот}} = 383/0.99 = 386.8 \text{ кВА}$$

$$S_{\max \text{ цв.}} = 82/0.99 = 82.8 \text{ кВА}$$

$$S_{\max \text{ гр.}} = 35/0.99 = 35.3 \text{ кВА}$$

2. Визначаємо еквівалентне навантаження $S_{\text{екв}}$ за формулою (5.3):

$$S_{\text{екв.к}} = 386.8 \cdot 0.7 = 270.76 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{екв.цв.}} = 82.8 \cdot 0.7 = 57.96 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{екв.кгр.}} = 35.3 \cdot 0.7 = 24.7 \text{ кВА}$$

3. Знаходимо еквівалентний струм $I_{\text{екв}}$. За формулою (5.4):

$$I_{екв} = \frac{1,4 \cdot 270,76}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 586,8 A$$

$$I_{екв} = \frac{1,4 \cdot 57,96}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 125,6 A$$

$$I_{екв} = \frac{1,4 \cdot 24,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 53,5 A$$

4. Визначаємо економічний переріз:

$$F_{екв.к} = 586,8 / 1,6 = 366,75 \text{ мм}^2$$

$$F_{екв.ц.в} = 125,6 / 1,6 = 78,5 \text{ мм}^2$$

$$F_{екв.кгр.} = 53,5 / 1,6 = 33,5 \text{ мм}^2$$

5. До котельної приймаємо 2 чотирижильні кабелі з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці марки АВВГ(185х3+1х150).

Всі результати заносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2. Таблиця розрахунку споживчої кабельної мережі

Лінія	Ділянка	Довжина, км	Розрах. потуж., кВт	Созф	Сила струму ,А	Струм вставки ,А	Марка перерізу кабелю
1	Від ТП до РШ1	0,26	110,8	0,92	182,0	250	АВВП 20х3+1
2	Від ТП до РШ2	0,21	138,9	0,92	228,9	250	АВВП
3	Від ТП до РШ3	0,14	137,8	0,92	227,2	250	АВВП
4	Від ТП до РШ4	0,16	132,1	0,92	217,8	250	АВВП
5	Від ТП до РШ5	0,21	144,8	0,92	238,8	250	АВВП
6	Від ТП до РШ6	0,26	137,8	0,92	227,	250	АВВП
7	Від ТП до РШ7	0,32	137,2	0,92	226,2	250	АВВП50х3+1
8	Від ТП до РШ8	0,40	105,8	0,92	174,5	250	АВВП
9	Від ТП до котельної	0,07	193,4	0,99	293,4	300	АВРП 85х3+1
10	Від ТП до цеха вуглекислоти	0,16	82,8	0,99	125,6	200	АВРГ95х3+1
11	Від ТП до градирні	0,14	35,3	0,99	53,5	100	АВРГ35х3+1

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Загальні положення

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Закон України „Про охорону праці” визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їхньої трудової діяльності, регулює при долі відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації уповноваженим їм органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці України.

При проектуванні водонагрівальної установки виконані вимоги нормативних актів по охороні праці і пожежної безпеки.

Водонагрівальна установка розміщується в окремому приміщенні будівлі прибудованої до існуючої цегельної будівлі допоміжно-виробничого призначення.

Експлуатація водонагрівальної установки здійснюється постійним обслуговуючим вахтовим персоналом з залученням персоналу служби головного енергетика для виконання ремонтів устаткування і засобів автоматизації і КВП.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу від поразки електричним струмом, передбачається захисне заземлення, занулення металевих корпусів електроустаткування згідно ПУЕ гл.1.7. У якості зануляючих провідників використовуються нульові робочі провідники, металоконструкції для прокладки проводів і кабелів, каркаси ящиків, щитів з надійним з'єднанням на всіх елементах захисних нульових провідників.

Для працівників, які зайняті експлуатацією, повинні бути складені та затверджені в установленому порядку інструкції по безпечних методах роботи. Для працівників, які працюють на пожежонебезпечних ділянках – інструкції по протипожежній безпеці.

Розробляють ці інструкції на підставі типових інструкцій з урахуванням особливостей газової служби та вимог „Положення по розробці інструкцій по охороні праці”, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України 29. 01. 98 р. № 9 та „Правил пожежної безпеки в Україні”, введених в дію наказом МВС України 22. 06. 95 р. № 400.

Інструкції повинні знаходитись на робочих місцях, в справах газової служби та у відповідальній особи за газове господарство.

Крім наведеного, на підприємствах повинні бути розроблені, відповідно з чинним законодавством, плани локалізації та ліквідації можливих аварій в системі газопостачання, організовано систематичне проведення навчально – тренувальних занять з обслуговуючим персоналом за цими планами, згідно затвердженого графіку, з записом в журнал.

Працівники всіх спеціальностей, які зайняті експлуатацією систем газопостачання, повинні проходити інструктаж та навчання по техніці безпеки у відповідності з вимогами діючих нормативних документів.

Відповідальними за виконання інструкцій по техніці безпеки при виконанні робіт є керівники цих робіт.

Адміністрація газового господарства зобов'язана забезпечувати працівників спецодягом, спецвзуттям і засобами особистого захисту та потрібних розмірів у відповідності з видом роботи, яка виконується, та типовими нормами.

Перед допуском до роботи працівників під розпис, необхідно видати відповідні інструкції про безпечні методи роботи.

Особисті засоби захисту, які видаються працівникам, повинні бути перевірені в установленому порядку, а працівники повинні пройти інструктаж про порядок користування ними.

Керівники робіт не повинні допускати до роботи осіб без відповідного спецодягу, спецвзуття та засобів особистого захисту, а також у хворобливому або нетверезому стані.

Крім зазначених інструкцій при будівництві, ремонті та експлуатації систем газопостачання необхідно суворо дотримуватись вимог Закону України про охорону праці, ДБН В.2.5-20-2001 „Газопостачання” та „Правил безпеки систем газопостачання України”.

При експлуатації й обслуговуванні котлів варто керуватися діючими „Правилами безпеки систем газопостачання України” (ДНАОП 0.00-1.20-98), „Правилами пристрою електроустановок” (ПУЕ), „Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів” для електроустановок напругою до 1000 В.

До роботи на котлах з блочним пальником можуть бути допущені особи, що пройшли інструктаж з техніки безпеки та які мають посвідчення, на право роботи з газифікованим устаткуванням.

До робіт по технічному обслуговуванню і ремонту електроустаткування й автоматики допускаються особи, що мають документальне право на проведення робіт в електроустановках, із кваліфікацією не менше III розряду.

Клеми датчиків і виконавчих пристроїв повинні бути надійно захищені від улучення пилу і вологи. Металоконструкції й електроустаткування повинні бути надійно заземлені.

Забороняється знімати кришки з електроустаткування при включенні живлення, а також експлуатувати електроустаткування зі знятими кришками.

Забороняється повторний запуск пальника після аварійного відключення без з'ясування й усунення причин відключення.

Експлуатація блокового пальника при несправній автоматизації забороняється.

При витоку газу забороняється робота блокового пальника, запалювання вогню, включення і вимкнення електроустаткування.

Усі види ремонтних і профілактичних робіт робити тільки на непрацюючому устаткуванні, при відключених від блокового пальника електричних і газових мережах.

При наявності запаху газу, чи пожежі виникненні іншої аварійної ситуації негайно зробити зупинку блокового пальника, після чого викликати представників відповідних аварійних служб.

До виконання газонебезпечних робіт допускаються працівники, які пройшли навчання та витримали екзамен на знання „Правил безпеки систем газопостачання України”, технології виконання газонебезпечних робіт, пройшли практичне стажування по виконанню газонебезпечних робіт, вміють користуватися засобами особистого захисту (протигази, рятувальні пояси та ін.), знають способи надання першої до лікарняної допомоги і можуть її надати.

Машини, механізми, обладнання, інвентар, інструменти та пристосування до них повинні відповідати видам робіт, які виконують, і бути у справному стані.

Місця установки приладів вибрані з урахуванням вимог щодо зручності їхнього обслуговування. Прокладку кабелів від датчиків виконати в метало рукавах, захисних трубах, кабельні траси виконати по стінах, МК конструкціям, коробам (лоткам).

У приміщенні встановлюються пожежні крани Д50 мм із пожежними стовбурами зі списком Д16 мм у пожежних шафах. Кожна пожежна шафа обладнається двома ручними вогнегасниками, має отвори для провітрювання; пристосований для опломбування і візуального огляду без розкриття п. На

мережі передбачається установка внутрішніх поливальних кранів Д20 мм і зовнішнього крану Д25 мм. Прокладка мереж – відкрита по конструкціях.

Вентиляція приміщення котельні загально обмінна приточно – витяжна із природним спонуканням, повинна бути розрахована на 3–х кратний повітрообмін і компенсацією повітря, необхідного для згорання газу в топках котлів.

6.2 Розрахунок заземлювальних пристроїв електроустановок

Розрахуємо методом коефіцієнта використання заземлювальний пристрій трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ (потужність трансформатора

$S_T = 400$ кВА), який виконаний у вигляді замкнутого контура із сталюї штаби з прямокутним перерізом 40 x 4 мм і вертикальними електродами діаметром

$d = 0,015$ м і завдовжки $l = 5$ м, закладеними на глибину $t = 0,8$ м від поверхні землі з двошаровою електричною структурою:

$$\rho_1 = 270 \text{ Ом}\cdot\text{м}, \quad \rho_2 = 140 \text{ Ом}\cdot\text{м}; \quad h_1 = 3 \text{ м.}$$

Довжина мережі напругою 10 кВ:

- повітряної $L_{\text{п}} = 120$ км, кількість ПЛ: $n = 4$ лінії; повтор. заземл. $m = 4:1$
- кабельної $L_{\text{к}} = 1,5$ км.

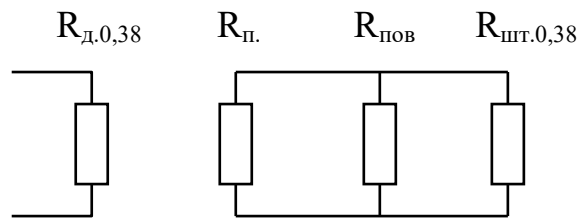
Як природний заземлювач використовується залізобетонний фундамент будівлі (площа будівлі $S_6 = 56 \text{ м}^2$). Схема повітряної мережі напругою 0,38 кВ наведена на рис.2.

Оскільки на трансформаторній підстанції використовуються електроустановки напругою до і понад 1000 В, то заземлювальний пристрій має відповідати таким вимогам:

- мережі напругою 0.38 кВ, що працює із глухозаземленою нейтраллю;
- мережі напругою 10 кВ, що працює з ізольованою нейтраллю.

1. Висуваємо до заземлювального пристрою вимоги мережі 0,38 кВ

Рисуємо схему заміщення:



Для визначення допустимої величини опору заземлювального пристрою обчислюємо еквівалентний питомий опір двошарового ґрунту за формулою

$$\rho_{екв} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot l}{\rho_1 \cdot (t + l - h_1) + \rho_2 \cdot (h_1 - t)} = \frac{270 \cdot 140 \cdot 5}{270 \cdot (0.8 + 5 - 3) + 140 \cdot (3 - 0.8)} = 177,632 \text{ Ом}$$

Оскільки $\rho_{екв} > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то допустимий опір $R_{д,0,38}$ заземлювального пристрою можна перерахувати:

$$R_{д,0,38} \leq 4 * \rho_{екв} / 100 = 4 * 177,632 / 100 = 7,105 \text{ Ом}$$

а опір $R_{шт,0,38}$ штучного заземлювача

$$R_{шт,0,38} \leq 30 * \rho_{екв} / 100 = 30 * 177,632 / 100 = 53,289 \text{ Ом}$$

Допустимий опір $R_{д,0,38}$ заземлювального пристрою, згідно зі схемою заміщення, має бути забезпечений з урахуванням опору $R_{п}$ природних заземлювачів, опору $R_{шт}$ штучного заземлювача і сумарного опору $R_{пов}$ всіх повторних заземлень нульового проводу повітряних ліній 0,38 кВ:

$$\frac{1}{R_{д,0,38}} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{шт}} + \frac{1}{R_{пов}}$$

Визначаємо величину опору $R_{п}$ природного заземлювача, в якості якого використовується залізобетонний фундамент будівлі, за формулою

$$R_n = \frac{0,5 \cdot \rho_{еф}}{\sqrt{S_б}}$$

$$\rho_{еф} = \rho_1 \cdot \left(1 - e^{-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S_б}}} \right) + \rho_2 \cdot \left(1 - e^{-\beta \frac{\sqrt{S_б}}{h_1}} \right)$$

$$\rho_{\text{эф}} = 270 \cdot \left(1 - e^{-\frac{3,6 \cdot 3}{\sqrt{56}}} \right) + 140 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0,1 \cdot \sqrt{56}}{3}} \right) = 237,142 \text{ Ом*М}$$

де коефіцієнти $\alpha = 3,6$; $\beta = 0,1$; оскільки $\rho_1 > \rho_2$.

Тоді
$$R_n = \frac{0,5 \cdot 237,142}{\sqrt{56}} = 60,8 \text{ Ом}$$

Визначаємо величину сумарного опору $R_{\text{пов}}$ всіх заземлювальних пристроїв мережі 0,38 кВ. Для цього на заданій схемі мережі (рис. 6.2) розставимо заземлювальні пристрої за умовами захисту від перенапруг і повторного заземлення нульового проводу.

Допустима величина сумарного опору всіх заземлювальних пристроїв окремої повітряної лінії 0,38 кВ з урахуванням обчисленого вище

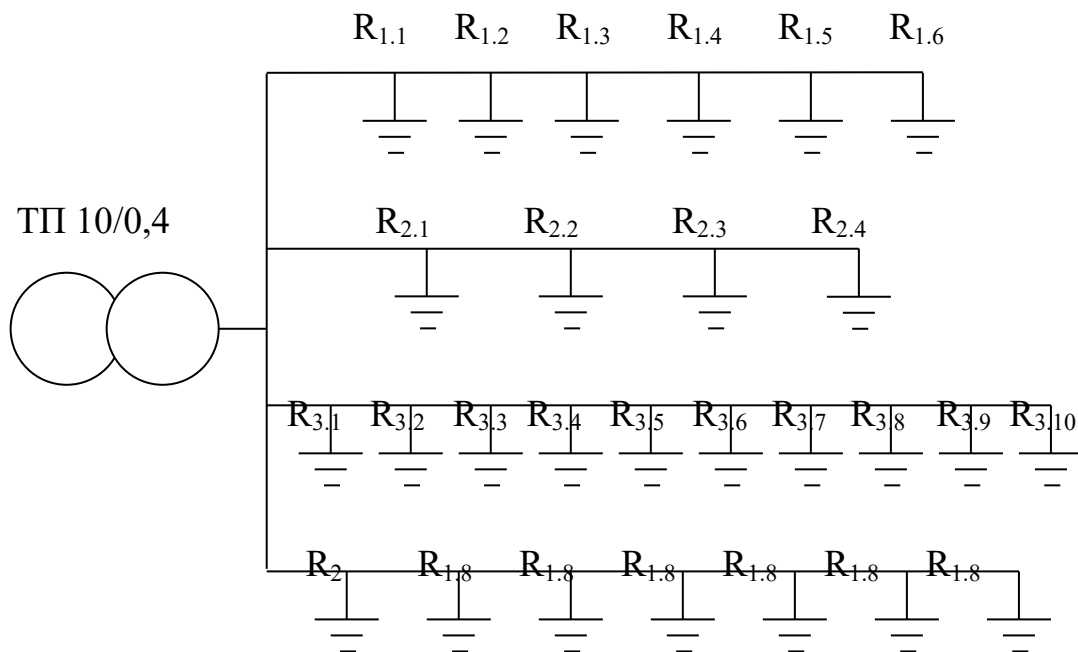


Рис. 6.2. Розрахункова схема мережі 0,38 кВ

еквівалентного питомого опору ґрунту не повинна перевищувати

$$R_{\text{л}} \leq 10 * \rho_{\text{екв}} / 100 = 10 * 177,632 / 100 = 17,763 \text{ Ом}$$

а кожного повторного заземлювача

$$R_{\text{пов.1}} \leq 30 * \rho_{\text{екв}} / 100 = 30 * 177,632 / 100 = 53,289 \text{ Ом}$$

Визначаємо загальний опір заземлювальних пристроїв на лінії 1:

$$\frac{1}{R_{л1}} = \frac{1}{R_{1.1}} + \frac{1}{R_{1.2}} + \frac{1}{R_{1.3}} + \dots + \frac{1}{R_{1.6}}$$

Оскільки $R_{1.1} = R_{1.2} = R_{1.3} = \dots = R_{1.6}$

$$R_{л1} = 50 / 6 = 8,33 \text{ Ом} < 17,763 \text{ Ом}$$

Аналогічно в лінії 2, 3 і 4:

$$R_{л2} = 50 / 4 = 12,5 \text{ Ом} < 17,763 \text{ Ом}$$

$$R_{л3} = 50 / 10 = 5 \text{ Ом} < 17,763 \text{ Ом}$$

$$R_{л4} = 50 / 7 = 7,143 \text{ Ом} < 17,763 \text{ Ом}$$

Сумарний опір $R_{\text{пов}}$ всіх повторних заземлень у лініях 0,38кВ буде:

$$R_{\text{нов12}} = \frac{R_{л1} \cdot R_{л2}}{R_{л1} + R_{л2}} = \frac{8,33 \cdot 12,5}{8,33 + 12,5} = 5,153 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{нов34}} = \frac{R_{л3} \cdot R_{л4}}{R_{л3} + R_{л4}} = \frac{5 \cdot 7,143}{5 + 7,143} = 2,941 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{нов}} = \frac{R_{\text{нов12}} \cdot R_{\text{нов34}}}{R_{\text{нов12}} + R_{\text{нов34}}} = \frac{5,153 \cdot 2,941}{5,153 + 2,941} = 1,872 \text{ Ом}$$

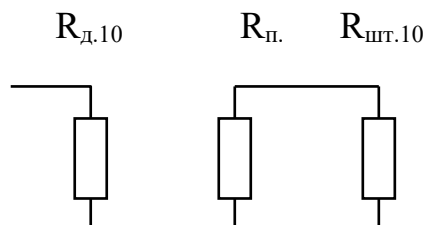
Визначаємо сумарне значення R_n і $R_{\text{пов}}$:

$$R_{\text{екв}} = \frac{R_n \cdot R_{\text{нов}}}{R_n + R_{\text{нов}}} = \frac{15,845 \cdot 1,872}{15,845 + 1,872} = 1,675 \text{ Ом}$$

Оскільки $\rho_{\text{екв}} = 1,675 \text{ Ом} < R_{\text{д,0,38}} = 7,105 \text{ Ом}$, то опір штучного заземлювача приймаємо максимально допустимим за ПУЄ, тобто $R_{\text{шт0,38}} \leq 53,289 \text{ Ом}$.

2. Висуваємо до заземлювального пристрою вимоги мережі 10 кВ

Креслимо схему заміщення



Допустима величина опору $R_{д.10}$ заземлювального пристрою визначається за формулою

$$R_{д.10} = \frac{125}{I_3} \leq 10 \text{ Ом}$$

де I_3 - струм однофазного замикання на землю.

$$I_3 = \frac{U(L_n + 35L_k)}{350} = \frac{10 \cdot (120 + 35 \cdot 1,5)}{350} = 4,929 \text{ А}$$

Тоді
$$R_{д.10} = \frac{125}{4,929} = 25,362 \text{ Ом} \geq 10, \text{ Ом}$$

Приймаємо $R_{д.10} = 10 \text{ Ом}$

Оскільки $R_n > R_{д.10} : 25,362 > 10 \text{ Ом}$, опір штучного заземлювача буде

$$R_{шт.10} = \frac{R_n \cdot R_{д.10}}{R_n - R_{д.10}} = \frac{25,362 \cdot 10}{25,362 - 10} = 27,11 \text{ Ом}$$

Отже, $R_{шт.10} = 27,11 \text{ Ом}$.

Порівнявши допустимі опори штучного заземлення 0,38 кВ, і ПЛ і КЛ-ліній 10 кВ, приймаємо менше значення, яке задовольняє умови як мережі 0,38 кВ, так і мережі 10 кВ.

Виконаємо розрахунок штучного заземлювального пристрою, що має опір $R_{шт} = 11,9 \text{ Ом}$

Заземлювальний пристрій має вигляд замкнутого контуру з сталеві штаби розмірами 40 х 4 мм, з вертикальним електродом $d = 0,015 \text{ м}$, довжиною

$l = 5 \text{ м}$, закопаними на глибину $t = 0,8 \text{ м}$.

Визначимо опір одного вертикального заземлювача за формулою:

$$R_e = \frac{K_c \cdot \rho_{екв}}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right) = \frac{1,15 \cdot 177,632}{2\pi \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,015} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 44,872 \text{ Ом}$$

де $K_c = 1,15$ - коефіцієнт сезонності;

Відстань від поверхні землі до середини стержня:

$$h = t + 0,5 \cdot l = 0,8 + 0,5 \cdot 5 = 3,3 \text{ м}$$

Провідність вертикального стержня буде:

$$G_6 = \frac{1}{R_6} = \frac{1}{44,872} = 0,022 \text{ См, (1/Ом)}$$

Визначаємо попередню кількість вертикальних стержнів без урахування екранування між ними

$$n = \frac{R_6}{R_{ум}} = \frac{44,872}{27,11} = 1,655 \text{ шт}$$

Приймаємо 4 вертикальних стержнів. Схема контура заземлювача у вигляді прямокутника із сторонами $a \times b = 8 \times 8$ м, наведена на рис. 3. з якого видно, що довжина l_{Γ} горизонтальних елементів заземлювача становить 38 м.

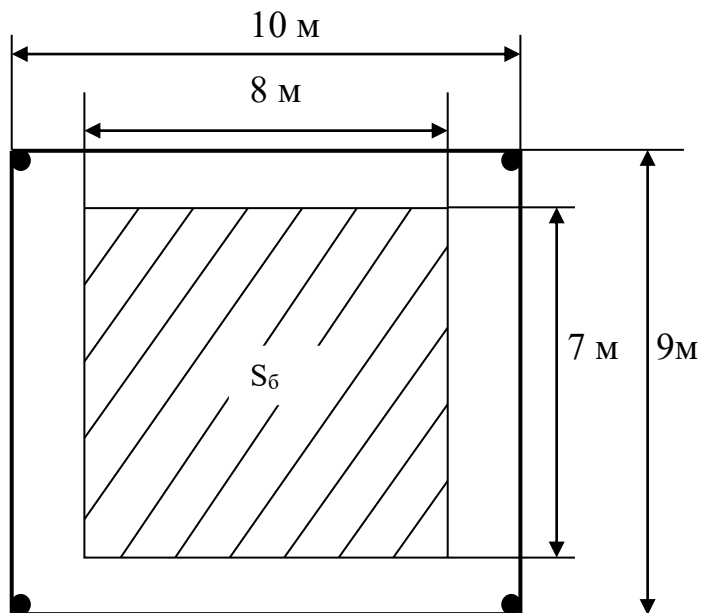


Рис. 6.3 Схема контура заземлення

Для визначення опору горизонтальних елементів спочатку визначаємо еквівалентний опір ρ_{er} ґрунту з використанням лінійної інтерполяції.

$$\rho_1 / \rho_2 = 2, h_1 = 3 \text{ м, } l_{\Gamma} = 38 \text{ м (30...40)м}$$

$$\frac{\rho_{er}}{\rho_2} = 1,76 + \frac{1,76 - 1,72}{40 - 30} (38 - 30) = 1,728$$

$$\text{Тоді: } \rho_{er} = 1,728 * 140 = 241,92 \text{ Ом*м}$$

Тепер визначаємо опір горизонтального елемента заземлювача за формулою

$$R_z = \frac{K_c \cdot \rho_{er}}{2\pi \cdot l_z} \ln \frac{2 \cdot l_z^2}{b \cdot t} = \frac{2 \cdot 241,92}{2\pi \cdot 38} \ln \frac{2 \cdot 32^2}{0,8 \cdot 0,04} = 23,123 \text{ Ом}$$

де $K_c = 2$ - коефіцієнт сезонності для горизонтального елемента.

Провідність горизонтального елемента заземлювача буде:

$$G_z = \frac{1}{R_z} = \frac{1}{23,123} = 0,043 \text{ См (1/Ом)}$$

Значення коефіцієнта використання η знаходимо шляхом використання послідовної лінійної інтерполяції:

$$1. \quad \rho_1 / \rho_2 = 1, n = 4 \text{ шт, } h_1/l = 0,6 \text{ (0,5...1), } a/l = 2 \quad \eta = 0,54$$

$$2. \quad \rho_1 / \rho_2 = 3, n = 4 \text{ шт, } h_1/l = 0,6 \text{ (0,5...1), } a/l = 2$$

$$\eta = 0,67 + \frac{0,655 - 0,67}{1 - 0,5} (0,6 - 0,5) = 0,625$$

$$3. \quad \rho_1 / \rho_2 = 1,929 \text{ (1...3), } n = 4 \text{ шт, } h_1/l = 0,6, a/l = 2$$

$$\eta = 0,54 + \frac{0,625 - 0,54}{3 - 1} (1,929 - 1) = 0,579$$

Тепер опір штучного заземлювача трансформаторної підстанції визначаємо за формулою:

$$R_{шт} = \frac{1}{\eta \cdot (n \cdot G_e + G_z)} = \frac{1}{0,579 \cdot (4 \cdot 0,022 + 0,043)} = 13,035 \text{ Ом}$$

$$\text{Умова виконується: } R_{шт} = 13,035 \text{ Ом} < R_{доп} = 27,11 \text{ Ом.}$$

Як видно з виразу, опір розрахованого штучного заземлювача менший від допустимого опору.

Таким чином, штучний заземлювач є замкненим контуром, що включає 4 вертикальних стержні завдовжки 5 м кожний, діаметром 0,015 м, з'єднаних горизонтальною штабою перерізом 40x4 мм, завдовжки 38 м.

Загальний опір R_3 заземлювача з урахуванням опорів природного заземлювача і повторних заземлень нульового проводу ПЛ і КЛ при цьому буде:

$$R_3 = \frac{R_n \cdot R_{ум} \cdot R_{нов}}{R_n + R_{ум} + R_{нов}} = \frac{15,845 \cdot 13,035 \cdot 1,872}{15,845 + 13,035 + 1,872} = 1,484 \text{ Ом}$$

Отже $R_3 = 1,484 \text{ Ом} < R_{доп} = 27,11 \text{ Ом}$, що задовольняє вимоги ПУЭ-85.

6.3 Блискавкозахист будівель та споруд об'єкта проектування.

Для захисту силового трансформатора ЗТП-10/0,4 від атмосферних перенапруг схемою підстанції передбачені такі заходи:

З боку вищої напруги $U = 10 \text{ кВ}$:

- розрядники РТФ 10/1,5;
- розрядник РВП-10 після роз'єднувача з боку $U = 0,4 \text{ кВ}$;
- розрядники РВН-0,5 з боку нижчої напруги.

Для захисту котельні від прямих ударів блискавки використовуємо витяжну димову трубу висотою 30 м. На трубі має бути встановлений блискавковідвід, який приєднується до заземлюючого пристрою.

Для повторного заземлення нульового проводу передбачений контур заземлення поблизу котельні, який одночасно використовується для заземлення блискавковідводу.

Визначаємо радіус зони захисту r_x , м блискавковідводу:

- на висоті споруди $h_x = 8 \text{ м}$

$$r_x = 1,7 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right), \text{ м}$$

де h_x – висота споруди, $h_x = 8 \text{ м}$

h – висота димової труби, м

$$r_x = 1,7 \left(31 - \frac{8}{0,92} \right) = 33,46 \text{ м}$$

- на висоті $h_x = 0$ (рівень поверхні землі)

$$r_0 = 1,5 \cdot h, \text{ м}$$

$$r_0 = 1,5 \cdot 31 = 46,5 \text{ м}$$

$$h_0 = 0,92 \cdot h, \text{ м}$$

$$h_0 = 0,92 \cdot 31 = 28,52 \text{ м}$$

Дані розрахунку проведені для зони захисту типу Б з надійністю $> 95\%$.

Отже, розрахунки нас задовольняють.

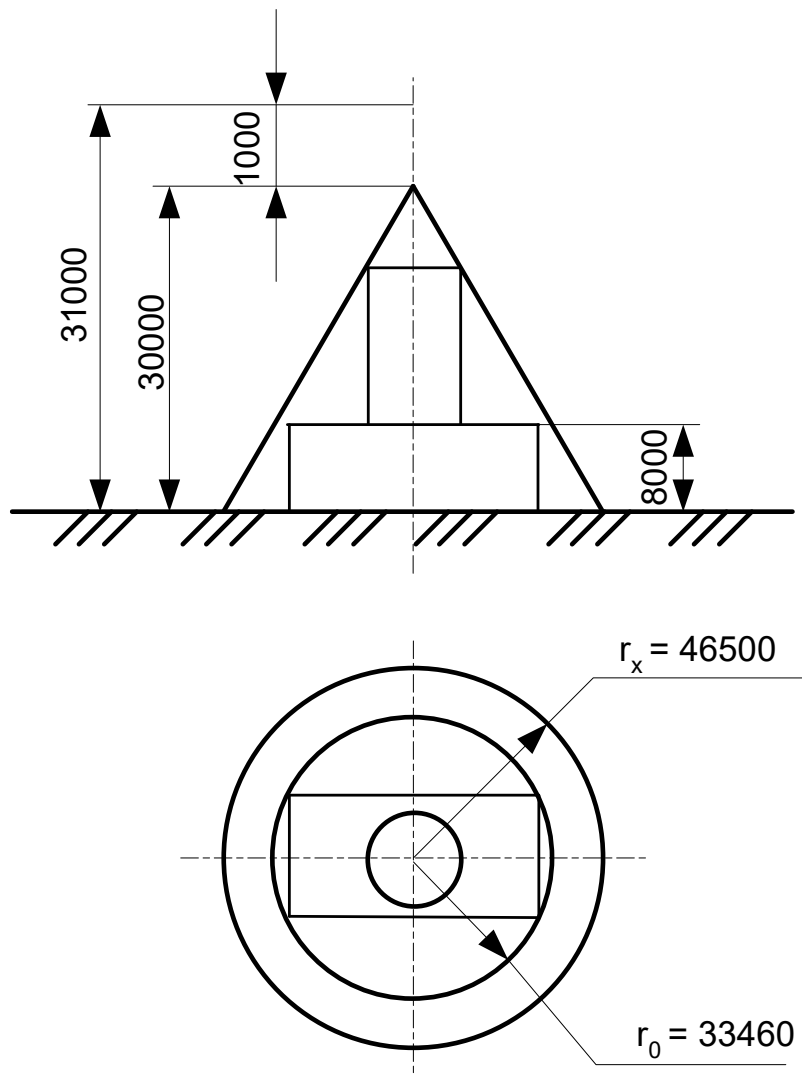


Рис. 6.5 Блискавкозахист

6.4 Система протипожежного захисту на об'єкті проектування

Безпосередньо біля ЗТП проектом розміщення протипожежних засобів не передбачається.

Біля котельної установки передбачається пожежний гідрант, а також інші засоби пожежогасіння, представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3.Перелік первинних засобів пожежогасіння

Характеристика засобу пожежогасіння	Кількість	Марка	Місце розташування
1	2	3	4
1. Вогнегасники	2	ОУ-5	Щит
	1	ОВП-10	– // –
2. Ящик з піском, V = 3 м ³	1		– // –
3. Покривало з негорючого матеріалу 2 х 2 м	1		– // –
4. Лопата	1		– // –
5. Відро конічне	2		– // –
6. Лом	2		– // –
7. Сокира	2		– // –
8. Багор	1		– // –
9. Гідрант пожежний	1		котельня

ВИСНОВОК

Природно-кліматичні умови України дозволяють вирощувати в теплицях овочі у необхідному асортименті в усіх областях. Однак основним критерієм розміщення споруд у зв'язку із зростаючою проблемою паливно-енергетичних ресурсів залишається правильна і економічна витрата цих ресурсів.

Тому правильний вибір джерела та засобів теплопостачання має велике значення, так як при цьому визначається економічна ефективність культиваційних споруд, ступінь рентабельності овочівництва захищеного ґрунту.

Основним напрямком підвищення інтенсифікації тепличного вирощування рослин є перехід до енергозберігаючих технологій виробництва. У цьому плані велике значення надається поліпшенню теплоізоляційних якостей загорожі теплиць за рахунок герметизації, подвійного покриття склом; застосування автоматичних систем забезпечення заданих режимів мікроклімату.

Характерною і особливо важною ознакою теплиці є те, що в одному блоці є і джерело теплопостачання і джерело споживання, тобто є своя власна автономна котельня. При цьому дуже економиться теплова енергія, яка не втрачається при передачі.

Розроблена біогазова установка що використовує як складову біосубстрату рослинні відходи тепличного комплексу.

Кількість зекономленого за рік умовного палива завдяки використанню біогазової установки становить 89 т.у.п.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко В.В. Екологічні аспекти енергозбереження в Україні: Енергозбереження в Україні 97. - Київ. - 1997. –321с.
2. Жовтянський В.А. Проблеми розвитку енергозбереження в Україні та шляхи їх вирішення // Проблеми економії енергії: Збірник матеріалів III Міжнар. конф. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехнік". - 2001.-С. 24-34.
3. Закон України про енергозбереження: №74/94 від 1.07.1994 р.// Закони України. - Київ, 1997. - Т.7. - С. 281 - 291.
4. Закон України про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки: № 2623-III від 11.07.2001 р. // Закони України. - Київ, 2001.
5. Рабінович М.Д. Економічні показники систем теплопостачання з нетрадиційними джерелами енергії та методика їх розрахунку // Економіка України. – 1997. – №10. – С.83-84.
6. Біогазові установки: теорія і практика / За ред. І. В. Сокола. — Київ: Аграрна наука, 2020. — 248 с.
7. Дорошенко, В. М. Відновлювана енергетика в аграрному секторі України. — Харків: ХНАУ, 2019. — 312 с.
8. Кравченко, С. П. Енергоефективні технології в тепличному господарстві. — Львів: Сполом, 2021. — 186 с.
9. Михайленко, О. О. Біоенергетика: сучасний стан та перспективи розвитку. — Київ: НТУУ «КПІ», 2018. — 204 с.
10. Семенов, П. В. Інновації в тепличних комплексах: енергоменеджмент та автоматизація. — Одеса: ОНАХТ, 2022. — 195 с.
11. *Biogas Handbook: Science, Production and Applications* / Ed. by A. Wellinger, J. Murphy, D. Baxter. — Woodhead Publishing, 2013. — 496 p.
12. Kothari, D., Panwar, N. L., Tyagi, V. V. *Renewable Energy Sources and Emerging Technologies*. — Oxford: Alpha Science International, 2020. — 362 p.

13. *Greenhouse Engineering* / M. Tiwari, G. Singh. — Elsevier, 2021. — 340 p.
14. European Biogas Association. EBA Statistical Report 2023. — Brussels: EBA, 2023.
15. FAO. Biogas Technology: A Training Manual for Extension. — Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.
16. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів /Держенергонагляд України.: -К.: Дисконт, 1995. - 260с.
17. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 81с.
18. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1. 10-1.01-97. Держнаглядохоронпраці України. - К.: Основа, 1997. - 265 с.
19. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21 .-98. /Держнаглядохоронпраці України.: - К.: Основа. 1998. - 380с.
20. Энергетический менеджмент / А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко и др. – К : 2001 – 472 с.
21. ДСТУ 2339-94 “Енергозбереження. Основні положення”.
22. ДСТУ 2339-94 “Енергозбереження. Терміни та визначення”.
23. ДСТУ 2339-94 “Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Терміни та визначення”.
24. ДСТУ 2339-94 “Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Основні положення”.