

УДК 631.344.8

## ЗАМКНУТА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ СПОРУД ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ

Гірченко М.Т., к.т.н.,

Голуб Г.А., д.т.н.

*Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” УААН*

Кепко О.І., к.т.н.

*Уманський державний аграрний університет*

Тел. (066) 245-65-53

**Анотація** – Викладено результати розробки схем замкнутої системи вентиляції споруд закритого ґрунту на основі комбінації теплиці і грибниці.

**Ключові слова** – споруди закритого ґрунту, теплиця, грибниця, замкнута система вентиляції.

*Проблема.* Виробництво овочевої продукції в теплицях пов’язане із значними енергетичними витратами на нагрів вентиляційного повітря та необхідністю його насичення вуглекислим газом, а тому зменшення енергоємності виробництва особливо актуально для споруд закритого ґрунту. Для цілей енергозбереження в спорудах закритого ґрунту застосовують замкнуті системи вентиляції, які забезпечують під час одночасного вирощування рослин і грибів організувати подачу повітря, насиченого вуглекислим газом із грибниці до теплиці, а збагаченого киснем – до грибниці. Обґрунтування режимів роботи таких систем дозволить забезпечити їх ефективне використання у виробництві.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Відомо [1, 2], що здатність рослин поглинати вуглекислий газ пов’язана з процесом фотосинтезу, який вночі припиняється. В той же час, рослини, як і інші біологічні організми, потребують кисень як окисник при проходженні хімічних реакцій.

Принципово можливо створити таку систему вентиляції, яка забезпечує в світлий час доби повітрообмін між теплицею, де вирощують рослини при природному освітленні, та культивацийним приміщенням для вирощування грибів, а в темний час доби повітрообмін між приміщенням, де рослини вирощують при штучному освітленні, та культивацийним

приміщеням для грибів, причому додатково здійснюють повітрообмін між теплицею і приміщеням, де рослини вирощують при штучному освітленні [3]. Для розрахунку параметрів такої системи нами було розроблено статичні та динамічні математичні моделі, які дозволяють визначити найбільш ефективні температурні режими роботи [4] та динаміку перехідних процесів при зміні температури повітря й субстрату [5] та концентрації вуглекислого газу [6].

*Мета дослідження.* Розробити схеми замкнутої системи вентиляції споруд закритого ґрунту на основі комбінації теплиці і грибниці, що забезпечать економію енергії при її роботі та можливість використання вуглекислого газу, який продукується грибами, для вирощування овочевої продукції.

*Результати досліджень.* За основу для проектування і впровадження у виробництво пропонується розроблена функціонально-технологічна схема замкнутої системи вентиляції (трайдему), яка приведена на рисунку 1.

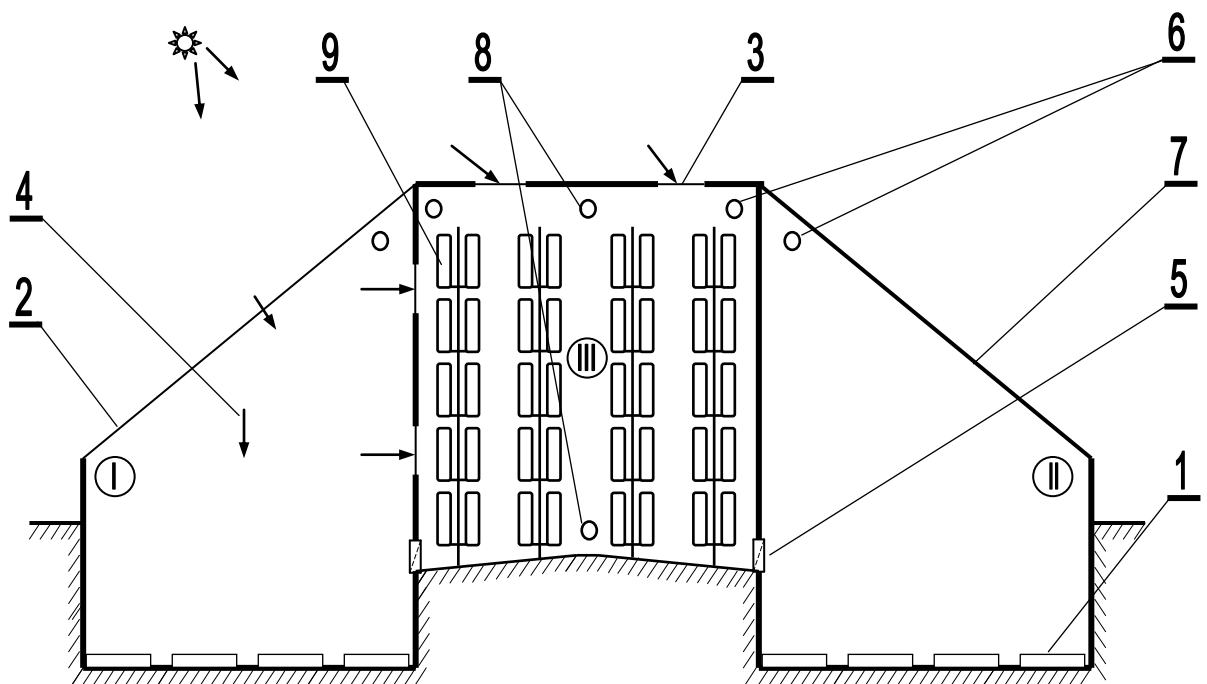


Рис. 1 – План-схема замкнутої системи вентиляції (трайдем):

I – денне приміщення (теплиця-світлиця); II – нічне приміщення (теплиця-темниця); III – культивацийне приміщення для грибів.

1 – грядки для вирощування зелених рослин; 2, 3 – світлопрониклива перегородка; 4 – напрямок сонячної радіації; 5 – заслінка подачі повітря збагаченого  $\text{CO}_2$ ; 6 – повітроводи забору та подачі повітря збагаченого  $\text{O}_2$ ; 7 – непрониклива для світла перегородка; 8 – повітроводи збору відпрацьованого і подачі свіжого повітря; 9 – стелажі із субстратом.

Ця схема передбачає побудову приміщення, яке розбито на три частини. В першій та другій частині зелені рослини вирощують при природному та штучному освітленні, а в третьому вирощують гриби. Культивацийне приміщення для грибів розбито на дві частини для виключення роз'єднання системи, яке виникає внаслідок різниці в строках вирощування грибів

і рослин. В зв'язку із різними, по технологічним вимогам, повітрообмінами в приміщеннях та збільшенням концентрації неконтрольованих газів, частина повітря оновлюється за рахунок повітрообміну із зовнішнім середовищем. При цьому за допомогою теплового насоса утилізується додаткова кількість теплоти.

У світлий час доби повітрообмін здійснюється між теплицею з вирощуванням рослин при природному освітленні та культивацийним приміщенням для вирощування грибів, а в темний час доби повітрообмін здійснюється між приміщенням де рослини вирощують при штучному освітленні та культивацийним приміщенням для грибів, а повітрообмін між теплицею і культивацийним приміщенням для вирощування грибів припиняють. Цим забезпечується подача повітря, яке насичене вуглекислотою, із культивацийного приміщення для вирощування грибів в ту теплицю де в даний момент проходять процеси фотосинтезу, а також подача повітря, яке насичене киснем, із теплиці в культивацийне приміщення для вирощування грибів. Додатково здійснюють також повітрообмін між денною та нічною теплицями для забезпечення підтримання необхідної концентрації кисню для дихання зелених рослин.

В приміщенні, де рослини вирощуються при штучному освітленні, освітлення вмикається в провали графіків електричних навантажень енергосистем. Позитивний ефект при цьому досягається за рахунок покращення режимів роботи енергосистем, які живлять нічні об'єкти (вирівнювання графіків навантажень), а при подвійному тарифі на електроенергію – за рахунок пільгових цін нічної електроенергії. У даному випадку замкнена вентиляційна система працює цілодобово без роз'єднувань. Це дозволяє економити енергоносії за рахунок зменшення нагріву припливного повітря, а також збільшити вихід овочевої продукції завдяки підвищеним концентраціям вуглекислоти у повітрі, яке поступає з культивацийного приміщення для грибів в теплиці та грибів завдяки підвищеним концентраціям кисню у повітрі, яке поступає в культивацийне приміщення для грибів із теплиць. Оскільки при роботі замкненої системи вентиляції одночасно працює лише одна пара приміщень, можлива організація замкнутого повітрообміну між двома суміжними блоками блокової теплиці (рис. 2).

Пропонується також схема замкнутої системи вентиляції реалізованої в одному блоці теплиці розділеної на дві частини (рис. 3), одна з яких вирощуються як культивацийне приміщення для грибів, а в інша для вирощування зелених рослин.

Слід відмітити, що схеми замкнутих систем вентиляції, які показані на рисунках 2 і 3, працюють лише в денний час, чим відрізняються в гіршу сторону від трайдему, але мають перевагу в капітальних витратах які витрачаються на реконструкцію приміщень. Вентилятори та повітряні фільтри на рисунках не показані.

Розрахунок економічної ефективності приводився по економії експлуатаційних витрат на прикладі зимової багатоблокової ґрунтової теплиці площею 0,5 га для підсобних господарств промислових підприємств (типовий проект № 810–1–7.83). За базовий варіант було прийнято три блоки теплиці які не з'єднані між собою замкнутою системою вентиляції.

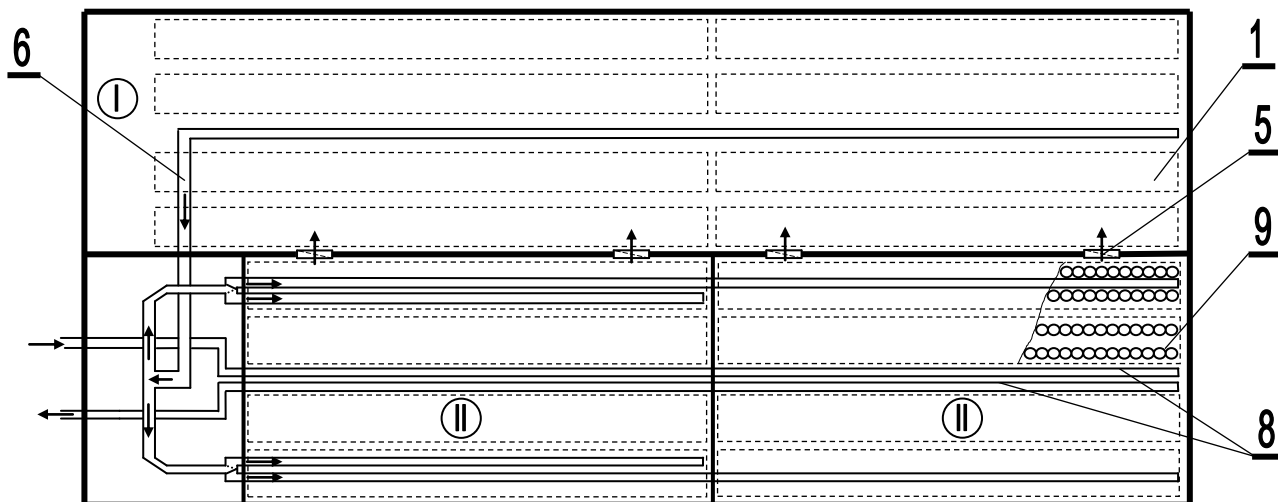


Рис. 2 – План-схема замкнутої системи вентиляції блокової теплиці (позначення – див. рис. 1):

I – теплиця; II – культивацийне приміщення для грибів.

Згідно нового варіанту одна із блоків переобладнується під нічну теплицю, другий – під культивацийне приміщення для вирощування грибів, а третій залишається в незмінному вигляді. Всі три блоки об'єднуються в замкнутою системою вентиляції. Результати розрахунку приведені в таблиці 1.

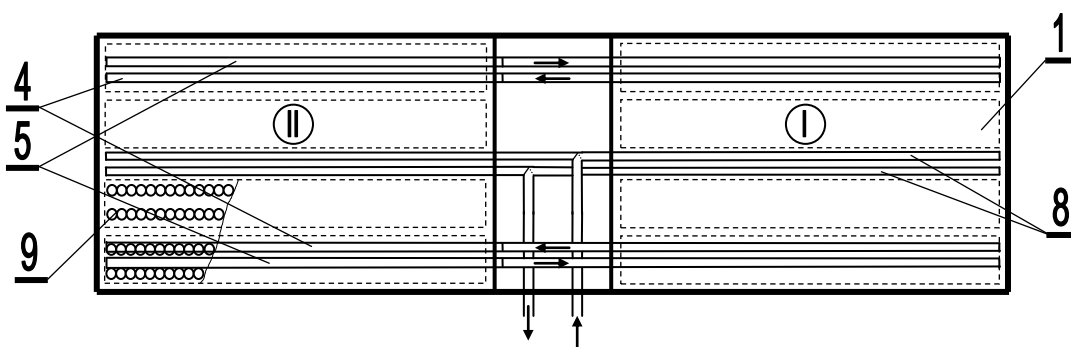


Рис. 1 – План-схема замкнутої системи вентиляції в одному тепличному блоці:

I – теплиця; II – культивацийне приміщення для грибів.

4 – повітроводи збору і подачі повітря збагаченого  $O_2$ ; 5 – повітроводи збору і подачі повітря збагаченого  $CO_2$ , інші позначення – див. рис. 1.

Таблиця 1 – Економічна ефективність замкнутої системи вентиляції

Показники	Од. вим.	Базовий варіант	Замкнута система вентиляції
Додаткові капіталовкладення	грн.	–	100000
Вартість енергії при роботі на:			
– мазуті	грн.	2754249	2116269
– вугіллі	грн.	2551917	1985930
– газі	грн.	1496677	1306161
Амортизація додаткового обладнання	грн.	–	14200
Поточний ремонт додаткового обладнання	грн.	–	5000
Додаткові загальнопромислові витрати	грн.	–	2880
Загальні експлуатаційні витрати при роботі на:			
– мазуті	грн.	2754249	2238349
– вугіллі	грн.	2551917	2108010
– газі	грн.	1496677	1428241
Економія експлуатаційних витрат при роботі на:			
– мазуті	грн.	–	515900
– вугіллі	грн.	–	443907
– газі	грн.	–	68436
Термін окупності додаткових капіталовкладень при роботі на:			
– мазуті	років	–	0,194
– вугіллі	років	–	0,225
– газі	років	–	1,461

*Висновок.* Розроблені схеми замкнутих систем вентиляції забезпечують від 4 до 19 % економію експлуатаційних витрат при терміні окупності додаткових капіталовкладень від 3 місяців до півтора року в залежності від використовуваного енергоносія.

*Перспективи подальших наукових розвідок у даному напрямку.* В подальшому необхідно узагальнити досвід виробничої експлуатації замкнутих систем вентиляції споруд закритого ґрунту.

*Література:*

1. Биофизика фотосинтеза / Под. ред. А.Б. Рубина. – М.: Изд. Москов-го ун-та, 1975. – 224с.
2. Гродзинский Д.М. Биофизика растений. – К.: Наукова думка, 1982. – 256 с.

3. Спосіб вентиляції споруд закритого ґрунту: Деклараційний патент 957956 А Україна. МКИ А 01 G 9/24 / М.Т. Гірченко, Г.А. Голуб, В.І. Жоров, С.А. Вдовенко, О.І. Кепко, Л.В. Шаповалов. – № 2002021688; Заявлено 28.02.02; Опубліковано 15.07.03, Бюлетень №7. – 3 с.
4. Кепко О.І. Математична модель опалювально-вентиляційної системи замкнутого повітрообміну між окремими приміщеннями в закритому ґрунті // Збірник наукових праць Національного аграрного університету “Механізація сільського господарства”. – Київ: НАУ. – 2003. – том XV. – С. 413-418.
5. Голуб Г.А., Кепко О.І. Динамічні характеристики грибного приміщення в замкнутій системі вентиляції // Електрифікація і автоматизація сільського господарства. – 2004. – № 4 (9). – С. 51-57.
6. Кепко О.І. Динаміка зміни концентрації CO<sub>2</sub> в системі споруд “рослинна теплиця – грибниця” // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Агромех – 2004”: Львів, 2004. – С. 97-103.

## **CLOSED SYSTEM OF GREENHOUSE’S VENTILATION**

**M. Girchenko, G. Golub, O. Kepko**

### **Summary**

**The results of elaboration of schemes of closed system of greenhouse’s ventilation on basis combination of greenhouse and cultivation room for growing mushrooms is given.**