

Тарас ЧЕБАНОВ¹,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-8814-971X

Володимир НОВИЙ²,

директор, інженер

ORCID 0009-0004-4567-2035

Юрій СЛЄЩОВ³,

канд. с.-г. наук, доцент

ORCID 0000-0003-3240-8564

Татьяна НОВАК⁴,

канд. с.-г. наук, доцент

ORCID 0009-0008-1558-8106

Леонід ЧЕБАНОВ^{1,5},

канд. техн. наук, старш. наук. співроб.

ORCID 0000-0003-2451-2337

¹Київський Національний Університет будівництва та архітектури, Київ, Україна

²ТОВ Green Way Organic, Тернопіль, Україна

³Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

⁴Молдавський технічний університет, Кишинів, Молдова

⁵ТОВ «СВД Інжтехбуд», Бровари, Україна

ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ЗВЕДЕННЯ НАПІВЗАКРИТИХ ТЕПЛИЦЬ П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ

Напрямами та тенденціями розвитку споруд захищеного ґрунту на сучасному етапі є роботизовані теплиці, нанотехнології, інтерактивне середовище, сенсорні та світлодіодні системи, розвиток технологій вирощування канабісу тощо. Розвитку вищевказаних напрямків сприяє той факт, що великі тепличні комплекси виробили свій ресурс подальшого технологічного та технічного розвитку. Така організація тепличного виробництва зазнає великих енергетичних та фінансових втрат і становить серйозну проблему для екології. Експериментально опрацьовано можливості вертикальних теплиць, а також одного з елементів теплиці-піраміди – багаторусної вузькостележної гідропоніки. Проводяться теоретичні дослідження теплиць шостого покоління – повтехнологічних та інженерних систем повністю закритих теплиць. Або таких, в яких регулювання, зміни параметрів мікроклімату відбувається з використанням резервів внутрішнього простору теплиці. Без залучення зовнішніх чинників.

Один із недоліків сучасних теплиць – це нездатність підтримувати оптимальний та якісний мікроклімат у певні пори року Розглянуто конструктивні та технологічні особливості сучасних закритих теплиць п'ятого покоління напівзакритого типу. Теплиці напівзакритого типу дозволяють забезпечувати високі вимоги до мікроклімату в теплицях і, відповідно, високі врожаї за менших витратах матеріальних ресурсів. Спеціальна система регулює вологість в такий спосіб, що енерговитрати стають мінімальними. Навіть при сильному зниженні температури зовнішнього повітря. Система має два вентилятори: припливний –

повітря, що подає ззовні всередину і витяжне, що витягує тепле вологе повітря з теплиці. Наведено принципові схеми та розрахунки фізичних процесів під час будівництва та експлуатації таких теплиць. Забезпечення високих проєктних вимог до мікроклімату в теплицях (температура та вологість повітря, рівень вуглекислого газу, кратність повітря – обміну особливо актуально при вирощуванні медичного канабісу).

В КНУБА тривалий час виконуються дослідження по технології та механізації зведення теплиць. Особлива увага приділяється розробці технології монтажу каркасів таких споруд, особливо легких металевих конструкцій теплиць. Технології захищені патентами України на винахід.

Ключові слова: захищений ґрунт, зведення теплиць, засклені теплиці, покоління теплиць, напівзакриті теплиці п'ятого покоління, світло-культура, технологія канабісу, безкраповий монтаж каркасів.

Вступ. Початок виробництва овочів у захищеному ґрунті на промисловій основі було покладено будівництвом у 80-ті роки минулого століття теплиць із конструкцій Антрацитівського заводу збірних теплиць Луганської області. Новий імпульс розвитку тепличного овочівництва намітився із введенням в експлуатацію сучасних енергозберігаючих зимових теплиць, побудованих у період з 2005 по 2018 роки. Тепличне овочівництво не стоїть на місці, а активно розвивається у всьому світі. Подальший розвиток цього напрямку можливе при впровадженні нових технологій будівництва та експлуатації теплиць, а також їх конструктивних, інженерних та технологічних рішень.

В основу роботи сучасних тепличних комплексів покладено принципи інтенсивного виробництва овочів із глибокою автоматизацією процесів вирощування. Найбільшою мірою роботизована система живлення через краплеєне зрошення, подача CO₂, режими температури та вологості. Високим ступенем автоматизації піддано підготовку субстрату, висів насіння, вирощування розсади, зелених культур. На сучасному етапі опрацьовується питання створення робота-маніпулятора для запилення квітів та збирання плодів томату, огірка, перцю та інших культур.

Вченими різних країн експериментально опрацьовано можливості вертикальних теплиць, а також одного з елементів теплиці-піраміди – багатоярусної вузькостележної гідропоніки. Проводяться теоретичні дослідження теплиць шостого покоління – повтехнологічних та інженерних систем повністю закритих теплиць. Або таких, в яких регулювання, зміни параметрів мікроклімату відбувається з використанням резервів внутрішнього простору теплиці. Без залучення зовнішніх чинників.

У літературних даних зазначається, що середня врожайність овочів у теплицях третього покоління типу «Антрацит» – 40 кг/м², у теплицях четвертого покоління типу «Venlo» – 60 кг/м², у теплицях п'ятого покоління (напівприкритого типу) – 110 кг/м². Щільність встановлення рослин при використанні багатоярусної вузькостележної гідропоніки дозволяє прогнозувати врожайність до 200 кг/м².

У багатьох лабораторіях світу йде пошук застосування високих технологій у тепличному овочівництві для оптимізації ефективності виробничої системи теплиць. Серед них такі напрямки та тенденції, як роботизовані теплиці, нанотехнології, інтерактивне середовище, сенсорні та світлодіодні системи та ін. Розвитку вищевказаних напрямків сприяє той факт, що великі тепличні комплекси

виробили свій ресурс подальшого технологічного та технічного розвитку. Така організація тепличного виробництва зазнає великих енергетичних та фінансових витрат і становить серйозну проблему для екології.

Розвиток тепличного будівництва та овочівництва є важливою народно-господарською задачею. Її рішення безпосередньо пов'язане з ефективним впровадженням та використанням сучасних теплиць п'ятого покоління напівзакритого типу, які дозволяють забезпечити високі врожаї за менших витрат матеріальних ресурсів.

Аналіз досліджень і публікацій. Номенклатура теплиць і тепличних комбінатів розподіляється за призначенням (овочеві, розсадні, розсадноовочеві), термінам використання (цілорічного та весняно-літньо-осіннього), планувальному рішенню (однопрогонові – ангарні або тунелі, та багатопрогонові), а також відповідним розмірам [1].

За призначенням виділяють теплиці для масового вирощування овочів та квітів. Також окремо можна виділити блок фермерських теплиць площею 0,25 – 2,0 га [2].

Окремо розглядаються теплиці для специфічних районів та умов експлуатації. Це пересувні, мобільні та збірно-розбірні теплиці, для роботи в місцях наявності локальних та можливо тимчасових, відновлюваних запасів енергії – біогаз, дрова, термальні води та ін [3, 4].

Питання класифікації теплиць розглядалися в окремих документах та дослідженнях. У нормативному документі України по теплицям [2] класифікацію виділено в окремий параграф, в якому розглядаються такі ознаки як функціональне призначення, технологія вирощування, час експлуатації, об'ємно-планувальні та конструктивні рішення та тип конструкцій.

В роботі [4] виконано класифікацію на прикладі плівкових теплиць. Розглянуто розподіл теплиць за категоріями, основними архітектурними та конструктивними особливостями.

Основна частина. У зимових теплицях третього та четвертого покоління (класифікація авторів) [1] в теперішній час виробляється майже четверта частина всіх овочів, що вирощуються в суспільному секторі. При цьому середня врожайність овочів захищеного ґрунту становить до 50 кг з квадратного метра при середній рентабельності в районі 10%. При цьому питома вага енергоресурсів становить в середньому 40-55 %.

За даними спеціалістів із Нідерландів та України [5] виробничі показники теплиць п'ятого покоління (напівзакритого типу) у третій світловій зоні (Україна та Молдова) суттєво перевершують показники теплиць третього та четвертого покоління, які складають по врожайності максимум 50-60 кг /м².

Відома врожайність тепличних овочів становить в теплицях напівзакритого типу може досягати 150 – 180 кг/м². Наприклад, при використанні технології світло – культури огірка.

Сучасні теплиці типу «Venlo» – це теплиці висотою до 8 метрів, добре герметизовані, з високим ступенем автоматизації, що дозволяють реалізувати сучасні технології вирощування овочів. З впровадженням цих теплиць вдалося суттєво підвищити врожайність овочевої продукції, а технології світлокультури взагалі подвоїли вихід овочів з одного квадратного метра. Однак і ці високорентабельні теплиці мають суттєві недоліки, що не дозволяють повною мірою отримати той урожай, який біологічно закладений у гібридах.

Найсуттєвіший із недоліків – це нездатність теплиці підтримувати оптимальний та якісний мікроклімат у певні пори року. Цей недолік починає проявляти себе навесні, а при використанні технології світлокультури ще раніше. У цей час починають проявлятися перегріву в теплиці і, для того щоб підтримати заданий мікроклімат, доводиться відкривати квартирки, що тягне за собою перевитрату теплової енергії, а також, що дуже суттєво, рослини отримують температурний шок через холодне повітря, що опускається вниз, і це негативно позначається на рослинах та призводить до втрати врожайності. Виходить негативний мультиплікативний ефект: не відкривати квартирки не можна через «запарювання» рослин, а при відкриванні ушкоджується верхівка рослин та підвищуються витрати на опалення.

У літній період вирощування овочів теплиця четвертого покоління нездатна підтримувати потрібний мікроклімат, оскільки відсутні ресурси, що дозволяють знизити температуру [6].

Таким чином можна дійти невтішного висновку, що існуючі теплиці четвертого покоління, при заданих технологіях вирощування, переважно, досягли свого максимуму за врожайністю і ефективністю [6].

Теплиця п'ятого покоління (рис. 1), так звана «напівзакрита теплиця» зберігає всі переваги теплиць типу «Venlo», але багато в чому перевершує її по ряду параметрів.

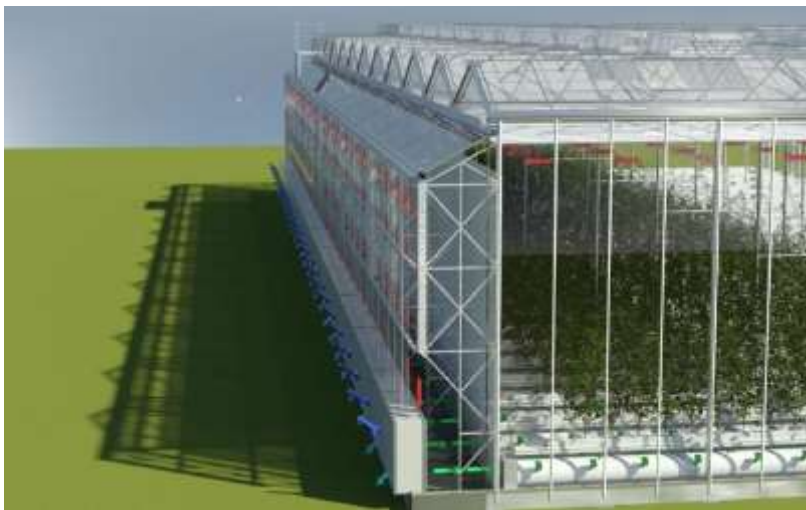


Рис. 1. Загальний вигляд напівзакритої теплиці

1. Теплиця підтримує у будь-який період року ідеальний мікроклімат.

Взимку або навесні при перегрівках, так само, як і в простих теплицях, відкриваються квартирки, правда цих квартирок на 90% менше, ніж у звичайних теплицях і служать вони лише для зняття невеликого надлишкового тиску, під яким знаходиться теплиця п'ятого покоління.

При цьому повітря завжди виходить із теплиці і тут принципово не можливий температурний шок, а так як кватирок мала кількість, відповідно, і менші втрати тепла. Влітку теплиця здатна охолоджувати себе. Вона має по всій довжині адіабатичні панелі, на які надходить вода. Вода, випаровуючись, забирає частину енергії і, охолоджене таким чином повітря, надходить у теплицю. Практичне використання такої системи охолодження показало, що можливе зниження температури в теплиці до 10°C, що, в свою чергу, сприятливо впливає на рослини та не відбувається втрат врожаю.

2. Теплиця дозволяє заощаджувати витрати на опалення.

Відбувається це за рахунок повторного використання теплової енергії (рис. 2) звичайній теплиці тепле повітря від труб обігріву піднімається вгору і через скляний дах теплиці виходить назовні. Причому, чим більша різниця температур зовнішнього та внутрішнього повітря, тим інтенсивність транспірації вища. Природно, в зимовий період витрата тепла максимальна. У теплицях п'ятого покоління тепле повітря, що піднімається вгору, відбирається вентиляторами і знову подається на опалення пластиковими рукавами, розташованими під кожною грядкою. Особливо цей ефект посилюється під час використання технології світлокультури. Тепло від ламп, а це приблизно 90% від потужності лампи, у простій теплиці безповоротно випаровується, а в теплиці практично повністю використовується для опалення.

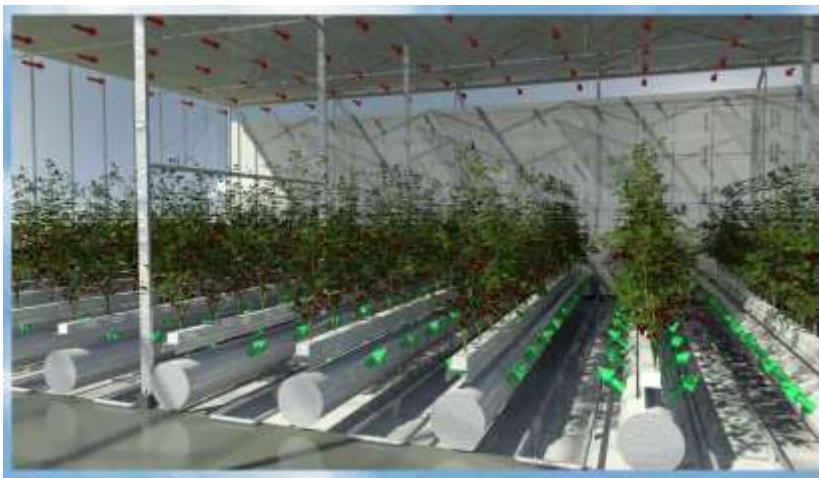


Рис. 2. Характерний вигляд напівзакритої теплиці з рукавами для повітря та вуглекислого газу

3. Теплиця в будь-який період може підтримувати оптимальний рівень вуглекислого газу CO₂.

Відомо (рис. 3), що в період, коли доводиться відкривати кватирки, підтримувати необхідний для технології рівень CO₂ у звичайній теплиці неможливо. Він завжди прагне до природного фону на вулиці, а це приблизно 400 ppm. Такий рівень CO₂ недостатній для повноцінного фотосинтезу, що

призводить до втрати врожаю. У теплиці зважаючи на її «напівприхованість», вдається набагато більшою мірою підтримувати необхідну концентрацію CO₂, і це благотворно впливає на врожайність.

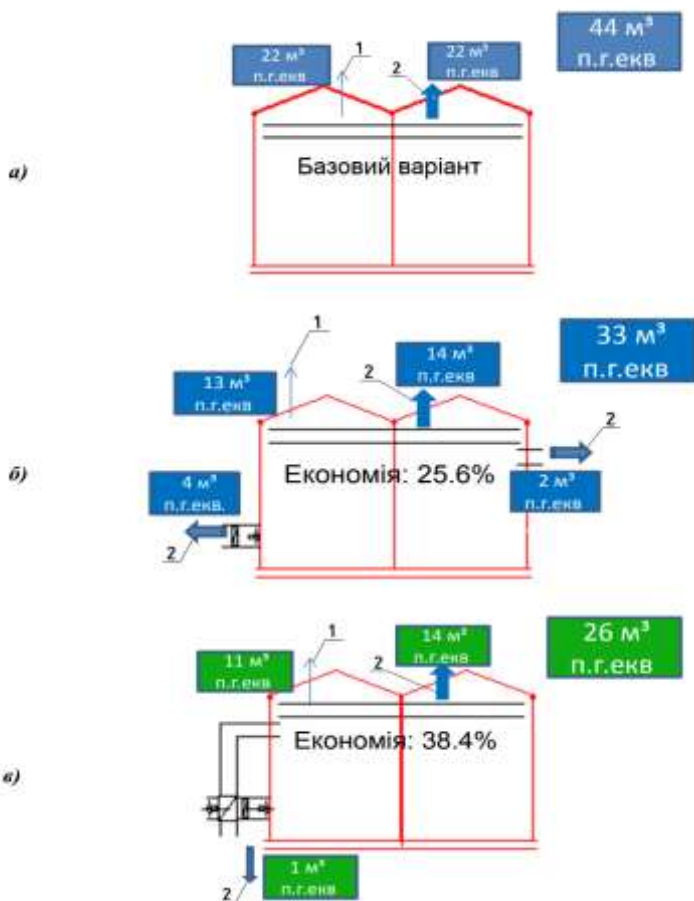


Рис. 3. Основні положення концепції напів-закритої теплиці 5-го покоління:
а) стандартна теплиця 4-го покоління (відсутня вентиляція при закритій шторі);
б) теплиця з подвійним зашторюванням та системою вентиляції з приточною вентиляцією (підігріте повітря); в) напів-закрита теплиця 5-го покоління з подвійним зашторюванням: 1 – втрати енергії технологічним процесом кв.м.; 2 – втрати енергії конструкціями кв.м.; п.г.екв – природнього газу еквівалент (використано дані компанії Ammerlaan, Нідерланди)

4. Теплиця захищена від проникнення шкідників.

Однією з особливостей теплиці є надлишковий тиск всередині. При відкриванні кватирок і входних воріт комахи не можуть подолати силу надлишкового тиску та не проникають у теплицю (рис. 4).

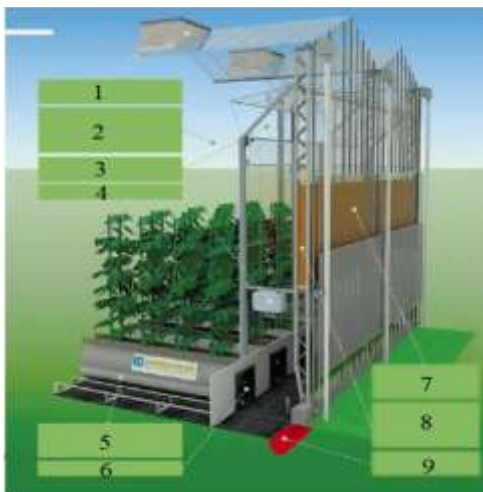


Рис. 4. Основні елементи «напівзакритої теплиці»:

1 – кількість кватирок вентиляції зводиться до мінімуму, створюючи додаткове освітлення; 2 – у внутрішньому просторі теплиці підтримується незначний надлишковий тиск, що створює більш однорідний клімат, а також тепло та CO₂; 3 – повітряний оборот дозволяє повторно використовувати CO₂ та підігрівати енергоносії, забезпечуючи економію повітря; 4 – додаткові модулі підігріву/охолодження; 5 – перфоровані повітряні канали під рослинами дозволяють рівномірно розподіляти воду та холодне повітря; 6 – ЕС – Вентилятори з індивідуальним контроллером; 7 – стійка з нержавіючої сталі для захисту від шкідливих комах; 8 – для спекотного періоду часу встановлюється система охолодження, яка підтримує ідеальні температури; 9 – CO₂ знаходиться безпосередньо в повітряних каналах (по матеріалам компанії Van der Houven, Нідерланди)

У теплиці не відбувається застою повітря, що перешкоджає розвитку захворювань завдяки плівковим рукавам, розташованим під кожною грядкою.

Крім цих явних переваг є безліч супутніх, які синергічно посилюють ефективність теплиці. Наприклад, у весняно-літній період, коли температура у простій теплиці досягає 35°C при підвищеній вологості, робота тепличниць стає, м'яко кажучи, некомфортною, а це суттєва втрата продуктивності праці, не кажучи вже про плинність кадрів через важкі умови праці. У теплиці п'ятого покоління більше 24°C практично немає, що дозволяє робітникам комфортно виконувати свої обов'язки.

Повітряні рукави під кожною грядкою, що служать для подачі теплого повітря із заданими параметрами, забезпечують так званий «активний мікроклімат». У

простій теплиці для цього доводиться інтенсивно подавати гарячу воду в реєстри, що призводить до перевитрати теплової енергії і т.д.

Розглянемо фізичну суть процесів, що відбуваються у напівзакритих теплицях. Близько 5% тепла трансформується в рослини та плоди, а решта 95% розсіюється у просторі теплиці, що призводить до випаровування та поширення пари по теплиці та збільшення вологості. Спроби зменшити вологість шляхом відкривання вікон та екранів – система зашторювання призводить до втрати тепла, порушення мікроклімату і, як наслідок, нерівномірного росту та хвороб рослин.

Для вирішення цих проблем і запропоновано нове оригінальне рішення – напівзакриті теплиці. В них спеціальна система регулює вологість в такий спосіб, що енерговитрати стають мінімальними. Навіть при сильному зниженні температури зовнішнього повітря (рис. 5). Система має два вентилятори: припливний – повітря, що подає ззовні всередину і витяжне, що витягує тепле вологе повітря з теплиці. Повітряні потоки проходять окремо один від одного через секцію рекуперації без змішування. У нижній частині теплиці під підвісними лотками з рослинами встановлюються рециркуляційні вентилятори з рукавами, які забезпечують постійну циркуляцію повітря між рослинами. Вентилятори переміщують повітря з необхідною температурою та вологістю від установок, розміщених у вентиляційній камері – під лотки для вирощування рослин. Регульоване повітря, повільно переміщується в теплиці. При цьому не перегріваються рослини та створюються ідеальні умови для їх зростання.

Зовнішнє повітря з температурою 0°C та відносною вологістю 95% та абсолютною вологістю 3,58 г/кг потрапляє у спеціальний теплообмінник ззовні. Із теплиці до теплообмінника потрапляє повітря температурою 20°C з відносною вологістю 85% та абсолютною – 12,42 г/кг. Повітря, що надходить ззовні, проходить через пластини теплообмінника, нагрівається за рахунок теплого повітря, не змішуючись з ним, абсолютна волога при цьому не змінюється, а відносна зменшується з 96% до 26% (рис. 5).

Тепле повітря з теплиці віддаючи свою енергію зовнішньому повітрі охолоджується з +20 до +11°C. При цьому відбувається конденсація і кожен кілограм повітря витісняє 8,84 г води з теплиці: 4,22 г перетворюється на конденсат, що виходить з установки назовні, а 4,62 г переходить у стан пари і також виходить назовні.

Фізична сутність роботи системи полягає у наступному. Тепле та вологе повітря піднімається вгору теплиці, де збільшується його температура та волога. Далі повітря рухається вздовж теплиці до бокових стін – торців і через окрему напрямну потрапляє у спеціальний теплообмінник. Тепле вологе повітря проходить через тонкі пластини теплообмінника та віддає енергію холодному сухому повітрю. Тим самим нагріваючи його, а зайва волога виходить назовні. Ефективність такого теплообміну за даними компанії «Ammerlan» (Нідерланди) досягає 95%, оскільки зовнішнє холодне повітря повністю нагрівається повітрям із теплиці. А з теплообмінника повітря необхідної вологості та температури надходить до рослин спеціальним рукавом. По цих рукавах подають вуглекислий газ для рівномірного розподілу по всій площі теплиці. Таким чином, забезпечується повний контроль температури та вологості.

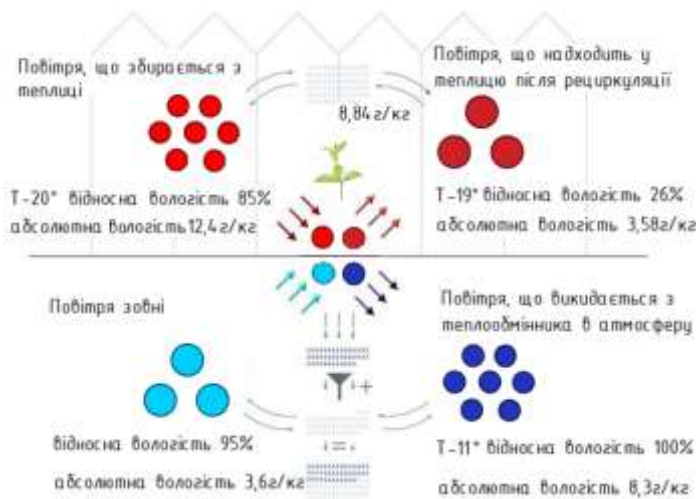


Рис. 5. Баланс вологості теплиці п цього покоління (підготовлено з використанням даних компанії Ammerlaan, Нідерланди)

На кафедрі будівельних технологій КНУБА тривалий час виконуються дослідження по технології та механізації зведення теплиць. Виконується проектно – кошторисна документація на будівництво та реконструкцію теплиць.

Особлива увага приділяється розробці технології монтажу каркасів таких споруд, а саме легких металевих конструкцій теплиць.

В патенті України [7] розглянуто зведення плівкової теплиці, так званого «холодного будинку». Тобто, каркасу та огорожі з подвійної плівки товщиною 150-200 мк з повітряним прошарком, проектний тиск в якому підтримується спеціальною системою з турбонадувом.

Також захищена патентом України технологія безкранового монтажу каркасу теплиць з використанням універсальної машини з комплектом змінних робочих органів, наприклад, типу «Vobcat» чи «Monitou» [8].

Технологія базується на використанні центрального підйомника – вежі з блоками та приводом від універсальної машини. Елементи каркасу споруди утворюються монтажними блоками шириною, наприклад, близько 30 м у складі трьох прольотів шириною до 10 м кожний та довжиною близько 10 м (крок колон 2,0 м). Просторова жорсткість в процесі підйому теплиці та подачі в проектне положення забезпечується системою тяг, що в подальшому використовуються як елементи конструкцій в'язевого блоку споруди (рис. 6).

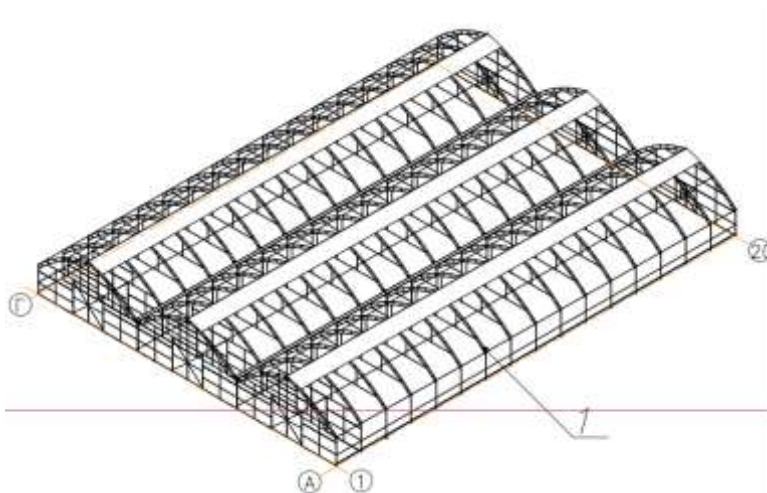


Рис. 6. Схема блоку теплиць

Збирають кожний монтажний блок на землі, безпосередньо на будівельному майданчику, орієнтуючись на попередньо змонтовані мікро-пальові фундаменти. На попередньо зібрані на землі елементи каркасу теплиці також монтують елементи технологічних систем – вентиляції, шторний екран, іригації, освітлення тощо. Стійкість блоку підтримується натягом траверс.

Змонтована споруда монтується в межах цифрових вісей, що визначають ряди та літерних (буквенних) вісей, що визначають прольоти.

Монтаж блоку споруди виконується покроково, блок за блоком, з повторенням циклів (рис. 7). Попередньо колони-стійки орієнтуються на анкерні закладні деталі мікропальових фундаментів із спеціальним шарнірним кондуктором на один літерний ряд. Колони-стійки орієнтуються оголовками колон в напрямку, протилежному нарощуванню рядів споруди. Спеціальний шарнірний кондуктор має регульовані захвати для закріплення колон-стійок. Крок закріплення захватів відповідає ширині опорної частини колони-стійки.

Для попереднього монтажу першого ряду колони-стійки закріплюються в регульованих захватах шарнірних кондукторів на мінімальній відстані. Для попереднього монтажу наступного ряду, колони-стійки закріплюються в регульованих захватах шарнірних кондукторів через один крок.

Наступним, колони-стійки об'єднуються в блоки завдяки тягам. Верхня частина каркасу теплиці орієнтується на опорну вежу – стійку. Підйом колон-стійок здійснюється через канатну тягу через канатні блоки на стійці від базової машини, яка задіяна на будівництві для виконання різних будівельних процесів.

Довжина захватів кондукторів повинна забезпечувати попередній монтажу блоку рядів споруди. Зібрані наступні елементи блоків каркасів збирають та розміщують в зоні їх проектного положення.

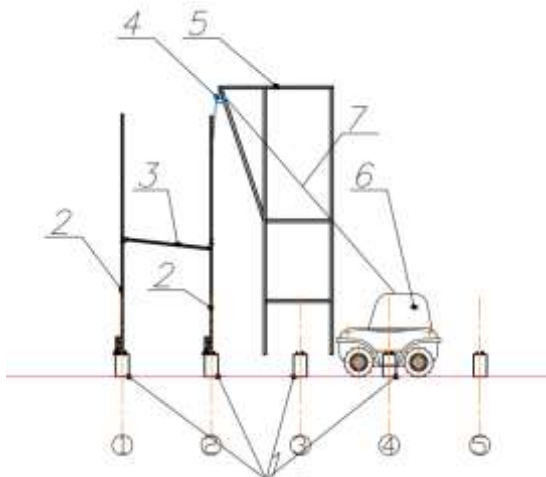


Рис. 7. Принципова схема монтажу теплиці: 1 – мікропальові фундаменти із спеціальним поворотним кондуктором; 2 – стійки (колони) теплиці; 3 – в'язі; 4 – монтажний блок; 5 – монтажна вежа; 6 – базова універсальна машина; 7 – монтажний трос

Виконується підйом блоку в такій послідовності. Виконується укрупнене збирання колон-стійок монтажного блоку розміром, наприклад, 30м ×10м. Зібрані ряди споруди об'єднуються тягами між стійками споруди. За рядами споруди по центру прольоту встановлюється базова машина разом з стійкою з канатними блоками. Через канатну тягу від базової машини через канатні блоки на стійці повертають оголовки колон-стійок в шарнірних кондукторах. Завдяки чому конструкція блоку споруди переводиться з положення попереднього монтажу в проектне положення шляхом повороту навколо вісей шарнірних кондукторів рядів споруди. Кожну колону встановлюють у вертикальне проектне положення на мікропалях та закріплюють. Виконують вивірку елементів блоку споруди, в язей, прогонів після чого остаточно розкріплюють з'єднання.

Цикл повторюється до набирання загальної проектної довжини споруди. Наприклад, досягнення розмірів загального блоку 120м ×120м.

Завдяки об'єднанню рядів споруди в блоки, спосіб монтажу каркасу споруди з використанням вежі- підйомника та шарнірних кондукторів на колонах спрощує процес монтажу самої споруди, а виконання монтажно – з'єднувальних робіт на рівні землі покращує показники безпеки на будівельному майданчику.

Висновок. Аналіз передового світового та вітчизняного досвідів впровадження сучасних технологічних та конструктивних рішень теплиць показує, що при застосовуваних технологіях та систем вирощування овочів практично досягнуто максимальні їх можливості. Одним із способів подальшого підвищення ефективності тепличного овочівництва на території є можливим за рахунок широкого впровадження теплиць п'ятого покоління або напівзакритих теплиць. Їх зведення потребує розробки спеціальних технологій.

Список літератури

1. Чебанов Т.Л. Технологія зведення швидкозбірних та розбірних плівкових теплиць: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.08. К.: КНУБА, 2020. 21 с.
2. ДБН В.2.2-2024. Будинки та споруди. Теплиці та парники. [Чинний з 2024-11-01]. Вид. офіц. Київ, Мінінфраструктури, 2024. 13 с.
3. Чебанов Л.С., Чебанов Т.Л., Чебан В.О. Конструктивні та технологічні особливості сучасних блокових теплиць. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. Вип. 1. С. 117 – 123
4. Чебанов Л.С., Кияновський О.В., Чебанов Т.Л., Ляшенко І.А. Класифікація теплиць із гнучким покриттям. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. Вип. 50. Ч. 2. Технічний. С. 125-136.
5. Tonkacheiev H., Chebanov L., Chebanov T. Design and construction of phytotron-greenhouse complexes. *Modern engineering and innovative technologies*. 2023. Issue No26, part 2. Pp. 32-41. DOI 10.30890/2567-5273.
6. Chebanov L., Lepska L., Chebanov T., Shandra O., Osipov S., Osipova A., Chernenko K. Problem of construction and operation of buildings and structures in the conditions of reconstruction and restoration using universal machines. *AD ALTA*. 2024, Vol. 14/01. Issue 1. Special Issue XL. P 263-270. <https://doi.org/10.33543/j.140140.263270>.
7. Спосіб монтажу покриття плівкової теплиці: пат. № 121386 Україна: Е04Д 5/06. №u201702647, заявл. 21.03.2017, опубл. 11.12.2017, бюл. № 23/2017, 4 с.
8. Спосіб монтажу каркаса споруди: пат. № 157263 Україна: заявл. 25.09.2024.

References:

1. Chebanov, T.L. (2020). Tehnologiya zvedennya shвидкоzbornih ta rozbornih plivkovih teplic. – Avtoref.dis...kand. tehn. nauk za specialnistyu 05.23.08 – tehnologiya ta organizaciya promislivogo ta civilnogo budivnictva.- K.: KNUBA, 2020-21S.
2. DBN V.2.2- 2024 Budinki ta sporudi. Teplici ta parniki (avtori O.Shimanovskij, G.Tonkachejev, T.Chebanov ta inshi), chinnij z 01.11.2024roku, Kiyiv, Mininfostrukturi,2024 – 13S.
3. Chebanov, L.S., Chebanov, T.L., Cheban, V.O. (2021). Konstruktivni ta tehnologichni osoblivosti suchasnih blokovich teplic. *Ukrayinskij zhurnal budivnictva ta arhitekturi*, 1, 117 – 123
4. Chebanov, L.S., Kiyanovskij, O.V., Chebanov, T.L., Lyashenko, I.A. (2022). Klasifikaciya teplic iz gnuchkim pokrittyam. *Shlyahi pidvishennya efektyvnosti budivnictva v umovah formuvannya rinkovih vidnosin*, 50 (2), 125-136.
5. Tonkacheiev, H., Chebanov, L., Chebanov, T. (2023). Design and construction of phytotron-greenhouse complexes . *Modern engineering and innovative technologies*, 26(2), 32-41. DOI 10.30890/2567-5273.
6. Chebanov, L., Lepska, L., Chebanov, T., Shandra, O., Osipov, S., Osipova, A., Chernenko, K. (2024). Problem of construction and operation of buildings and structures in the conditions of reconstruction and restoration using universal machines. *AD ALTA*. Vol. 14/01. Issue 1. Special Issue XL. P 263-270. <https://doi.org/10.33543/j.140140.263270>.
7. Sposib montazhu pokrittya plivkovoyi teplici: patent № 121386 Ukraine. E04D 5/06. №u201702647, publ. 11/12/2017, bull. No. 23/2017, 4 p.

8. Sposib montazhu karkasa sporudi: patent № 157263 Ukraine; filed on 25.09.2024.

Taras CHEBANOV, Volodymyr NOVYY, Yurii SLEPTSOV, Tatiana NOVAC, Leonid CHEBANOV

On the technology of construction of semi-closed greenhouses of the fifth generation

The directions and trends of development of protected ground structures at the present stage are robotic greenhouses, nanotechnology, interactive environment, sensor and LED systems, development of cannabis growing technologies, etc. The development of the above directions is facilitated by the fact that large greenhouse complexes have exhausted their resource for further technological and technical development. Such an organization of greenhouse production suffers from large energy and financial losses and poses a serious problem for the environment. The possibilities of vertical greenhouses have been experimentally studied, as well as one of the elements of the pyramid greenhouse – multi-tiered narrow-rack hydroponics. Theoretical studies of sixth-generation greenhouses are being conducted – advanced technological and engineering systems of fully closed greenhouses. Or those in which regulation and changes in microclimate parameters occur using the reserves of the greenhouse's internal space. Without the involvement of external factors.

One of the shortcomings of modern greenhouses is the inability to maintain an optimal and high-quality microclimate at certain times of the year. The design and technological features of modern glazed greenhouses of the fifth generation of semi-closed type are considered. Semi-closed type greenhouses allow to ensure high requirements for the microclimate in greenhouses and, accordingly, high yields with lower costs of material resources. A special system regulates humidity in such a way that energy consumption becomes minimal. Even with a strong decrease in the outside air temperature. The system has two fans: supply – air that supplies from the outside to the inside and exhaust, which extracts warm moist air from the greenhouse. The schematic diagrams and calculations of physical processes during the construction and operation of such greenhouses are presented. Ensuring high design requirements for the microclimate in greenhouses (temperature and humidity, carbon dioxide level, air exchange rate - is especially relevant when growing medical cannabis.

KNUCA has been conducting research on the technology and mechanization of greenhouse construction for a long time. Special attention is paid to the development of technology for installing frames of such structures, especially light metal greenhouse structures. Technologies are protected by Ukrainian patents for invention.

Keywords: protected soil, greenhouse construction, glazed greenhouses, greenhouse generation, fifth-generation semi-closed greenhouses, light culture, cannabis technology, crane-free installation of frames.