

УДК 697:631.237

Дослідження параметрів мікроклімату в камерах для вирощування зелених культурН. В. Чепурна¹, М. А. Кириченко², В. В. Чепурний³¹к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, CherpurnayaNV@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8044-7563²к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, m-kirichenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3651-3153³ст. викл. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, CherpurnoyVV@ukr.net

Анотація. Важливою задачею аграрного сектора є збільшення виробництва, розширення асортименту та підвищення якості зелених культур в зимовий та ранньовесняний періоди. Рішенням даної задачі є активний розвиток тепличних господарств. Одна з основних проблем тепличних господарств є занадто високі затрати теплової енергії на підтримання необхідних параметрів мікроклімату. Великі енергозатрати обумовлені підтримкою високої температури та вологості повітря в усьому об'ємі теплиць. Впровадження інженерних технологій, які забезпечать необхідні для розвитку рослин оптимальні параметри мікроклімату безпосередньо в зонах росту, а за їхніми межами – мінімально допустимі, дозволило б значно зменшити енергозатрати з підтримки мікроклімату порівняно з традиційними системами. Одним із варіантів вирішення даної задачі є організація ізольованих мікронзон з інженерними системами забезпечення мікроклімату. Мікронзони виконуються як стелажні камери зі світлопрозорим легкопідйомним вертикальним огородженням. Були проведені дослідження параметрів мікроклімату в камерах для вирощування зелених культур. Дослідження проводилися в спеціально розробленій камері в робочих умовах (натурні дослідження) тепличного комбінату. Обігрів робочої зони здійснювався за допомогою повітряного опалення, шляхом нижньої роздачі нагрітого і зволоженого повітря. При цьому проводилися дослідження температурного поля, поля швидкості і зміни вологості повітря в зоні вирощування рослин і в загальному об'ємі культивативної споруди. Проведені дослідження дозволили досить точно уявити фізичну модель поширення повітряних струмін і перевірити аналітичні розрахунки щодо внутрішньої моделі поширення струмін, перевірити отримані значення і порівняти їх з теоретичними. За результатами досліджень пропонується інженерна система, яка забезпечить необхідні агротехнологічні вимоги до параметрів мікроклімату безпосередньо в цих камерах. Розрахунки показують можливість значного зниження питомих енерговитрат за рахунок підтримання необхідних параметрів тільки в зоні вегетації зелених культур.

Ключові слова: система опалення, параметри мікроклімату, камера вирощування зелених культур.

Вступ. Однією з актуальних задач аграрного сектора є збільшення виробництва, розширення асортименту та підвищення якості зелених культур у зимовий та ранньовесняний періоди. Рішенням даної задачі є розвиток тепличних господарств. Але проблемою тепличних господарств є занадто високі затрати теплової енергії на підтримання необхідних параметрів мікроклімату.

Відомо, що тепличне господарство є дуже енерговитратним: так, залежно від виду та способу опалення питомі теплові витрати можуть становити 300...700 Вт/м². Ці витрати в значній мірі обумовлені тим, що в усьому об'ємі підтримуються високі температура та вологість повітря.

Результати виконаних раніше наукових досліджень [1, 2, 3] не враховували багатофакторний вплив параметрів процесів і тому не дозволяють надійно та в повному обсязі обґрунтувати конструктивні й технологічні рішення систем забезпечення мікроклімату в зонах вегетації рослин.

Отже, постало питання щодо проведення експериментальних досліджень з метою роз-

робки системи децентралізованого забезпечення мікроклімату та удосконалення конструктивних рішень зимових теплиць для вирощування зелених культур та розробки інженерних систем, які забезпечать необхідні для розвитку рослин параметри мікроклімату безпосередньо у зонах росту, а за їхніми межами – мінімально допустимі.

Актуальність дослідження. В умовах постійного росту цін на енергоносії постає питання щодо вдосконалення конструктивних рішень культивативних споруд з метою скорочення витрат теплоенергоресурсів і зниження питомих витрат матеріалів, підвищення врожайів і якості вирощеної продукції, застосування нових прогресивних технологій вирощування продукції.

Останні дослідження та публікації. Системи обігріву існуючих відділень культивативних споруд [2, 3, 8] працюють на підтримання температури внутрішнього повітря в усьому об'ємі в межах +20...+30°C, хоча робоча зона, тобто зона вегетації рослин, займає до 10% від загального об'єму. Застосування інженерних систем забезпечення мікроклімату тільки в зоні вегетації дасть змогу забезпечити необхідний

температурний режим для росту рослин, досягти рівномірності розподілення температури та знизити витрати енергоносіїв [2, 4, 10].

Дана задача вирішується шляхом організації ізольованих мікрозон з інженерними системами створення необхідного мікроклімату у вигляді стелажних камер зі світлопрозорим легкопідйомним вертикальним огородженням.

Формулювання цілей статті. Результати досліджень та запропоновані технічні рішення інженерних систем камер для вирощування зелених культур з децентралізованим забезпеченням мікроклімату дозволить отримати високоякісну продукцію, зменшити термін вегетації та заощадити теплову енергію за період вирощування на 30 %.

Основна частина. Аналіз різних систем повітряного опалення культивацийних споруд [1...6] дав змогу зробити висновки, що найбільш ефективним способом обігріву культивацийних споруд є повітряний обігрів з нижнім розподілом нагрітого повітря, що має повітрязволожувальний пристрій. Цей спосіб забезпечує рівномірне підтримання і швидке регулювання основних параметрів мікроклімату теплиць, тобто відносної вологості й температури повітря.

Основними задачами експериментальних досліджень є дослідження і визначення температурного поля, поля швидкостей та зміни вологості повітря в зоні вирощування рослин та в загальному об'ємі культивацийної споруди.

Дослідження вище вказаних параметрів теплового та вологісного режимів у розроблених

камері проводились у виробничих умовах тепличного комбінату.

Експериментальні дослідження передбачали серію дослідів, проведених на дослідній установці. Ця дослідна установка (рис. 1) має блок з системою децентралізованого забезпечення мікроклімату.

Обігрів робочого об'єму здійснювався нагрітим повітрям. Як тепловіддавальний елемент 11 використовувався теплоелектронагрівач (ТЕН) потужністю 1 кВт, приєднаний до електромережі з напругою 220 В через стабілізатор напруги та лабораторний автотрансформатор (ЛАТР). Під час експериментальних досліджень потужність ТЕНа змінювалася від 1 кВт при $U = 220$ В до 300 Вт при $U = 67$ В. Вимірювання напруги і сили електричного струму, а також використаної потужності, здійснювалися за допомогою комплексу приладів, розташованих на пульті управління (амперметр 8, вольтметр 9, ватметр 12).

Термоелектрометричний пристрій складався з хромель-копелевих термодатчиків 16, скомутованих через систему пакетного перемикача 17 з потенціометром ПП-63, клас точності І.

Термодатчики, призначені для вимірювання температурного режиму моделі, розміщалися в робочій зоні створення мікроклімату камери, відповідно до розрахункової схеми. При визначенні кількості контрольованих точок приймалися до уваги результати досліджень інших авторів, а також значення температурних градієнтів і необхідна точність вимірювань.

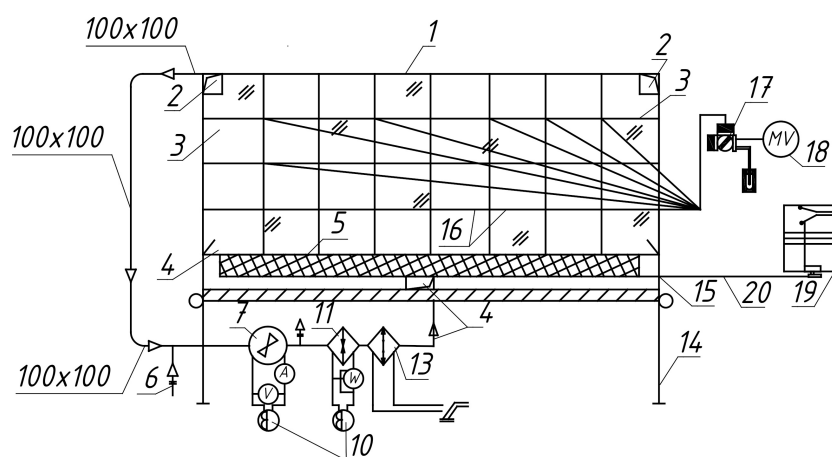


Рис. 1. Схема дослідної установки

- 1 – горизонтальна огорожувальна конструкція; 2 – витяжний повітровід; 3 – вертикальна огорожувальна конструкція;
- 4 – припливний повітровід; 5 – субстрат; 6 – шибєр; 7 – осьовий вентилятор; 8 – амперметр; 9 – вольтметр;
- 10 – автотрансформатор ЛАТР; 11 – електронагрівач ТЕН; 12 – ватметр; 13 – зволожувач; 14 – стелаж;
- 15 – система живлення та поливу; 16 – термодатчики; 17 – перемикач термодатчиків; 18 – мілівольтметр;
- 19 – резервуар системи поливу; 20 – трубопровід подачі води чи живильного розчину

Циркуляція повітря здійснювалася за допомогою осьового вентилятора продуктивністю 300 м³/год, потужність і частота обертання, якого впродовж виконання експериментальних досліджень регулювались лабораторним автотрансформатором на пульті управління.

Метою проведення експерименту було підтримання в зоні росту зелених культур необхідних параметрів мікроклімату. Тобто, протягом кожного дослідження температура підтримувалася автоматичною системою. При цьому перепад температури становив не більше 2 °С.

Система регулювання подачі повітря складалася з джерела стабілізованої регульованої напруги і цифрового вольтметра. Для визначення швидкості повітря у внутрішньому об'ємі камери застосовувався термоанемометр "Testo 425". Використання даного приладу дозволило контролювати правильність знятих значень температур за допомогою термопар.

За допомогою рівняння теплового балансу проводилася перевірка загальної витрати повітря повітророзподільниками.

Проведені дослідження дали змогу достатньо точно представити фізичну модель розповсюдження повітряних струмин та перевірити аналітичні розрахунки стосовно внутрішньої моделі розповсюдження струмин, перевірити отримані значення температури та порівняти з теоретичними. За результатами експериментальних даних були побудовані графіки розподілу поля швидкості (рис. 2, 3).

Температура повітря в середині дослідної установки розподілялася рівномірно за висотою, довжиною та шириною досліджуваного об'єму. Максимальна температура спостерігалася біля припливних отворів. По мірі наближення до витяжних отворів температура повітря знижувалася. При цьому різниця середньої температури в досліджуваному об'ємі незначна. Проведені експериментальні дослідження підтвердили теоретичні розрахунки: температурне поле рівномірне у всьому об'ємі та становить $t_{\text{вн}} = 22\text{ °C}$ (рис. 4).

Отже, отримані результати вказують на принципову можливість використання інженерних систем децентралізованого забезпечення мікроклімату для створення теплових режимів, необхідних для вирощування зелених культур.

Для дослідження вологості повітря було застосовано психрометричний метод вимірювання відносної вологості повітря в зоні росту та в загальному об'ємі культивативної споруди.

Результати вимірювання підтвердили можливість підтримувати необхідну відносну вологість у зоні росту ($\phi = 65\ldots 80\%$) незалежно від відносної вологості в загальному об'ємі споруди. Вологовміст повітря не змінюється, конденсації не спостерігалось.

У загальному об'ємі споруди, де знаходилася дослідна установка, вимірювалася відносна вологість за допомогою психрометра аспіраційного Ассмана. Попередньо проведені вимірювання вказали на необхідність врахування динамічної похибки при вимірюванні.

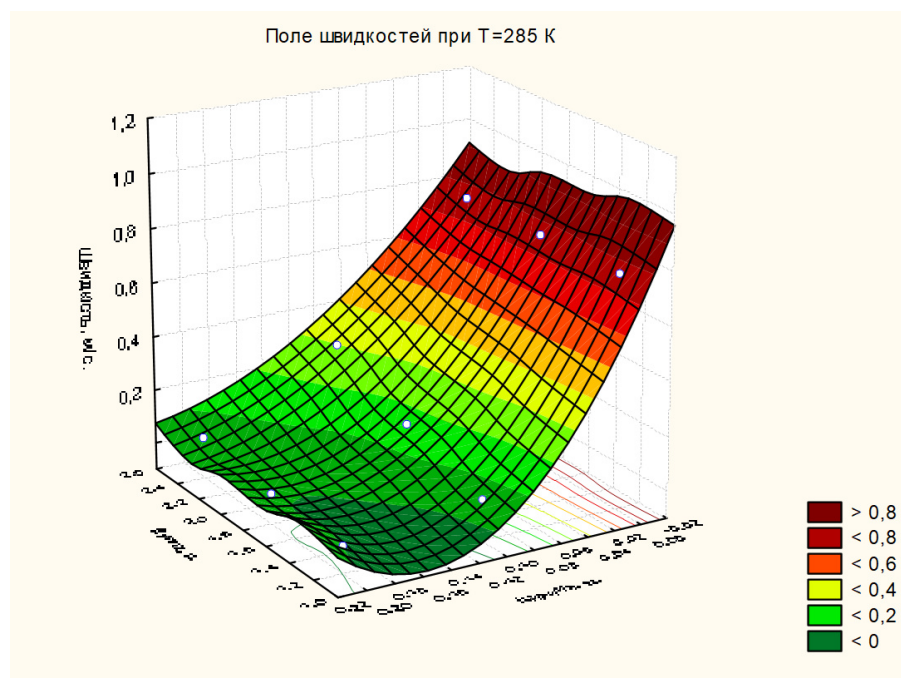


Рис.2. Розподіл поля швидкості (при зовнішній температурі 12°C)

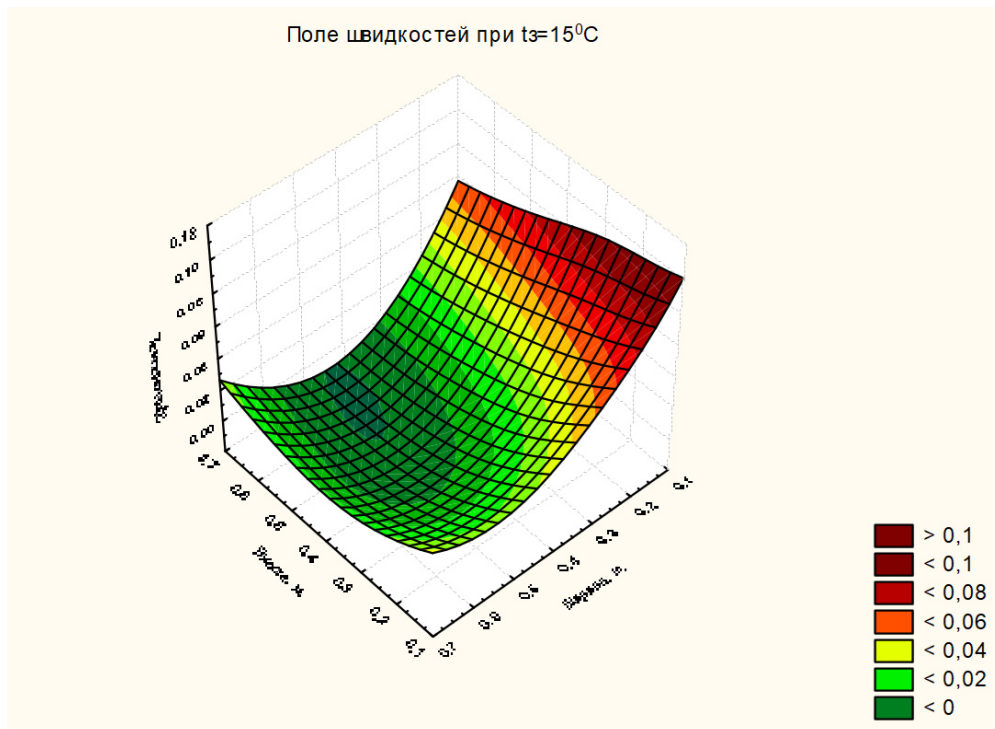


Рис. 3. Розподіл поля швидкості (при зовнішній температурі 15 °C)

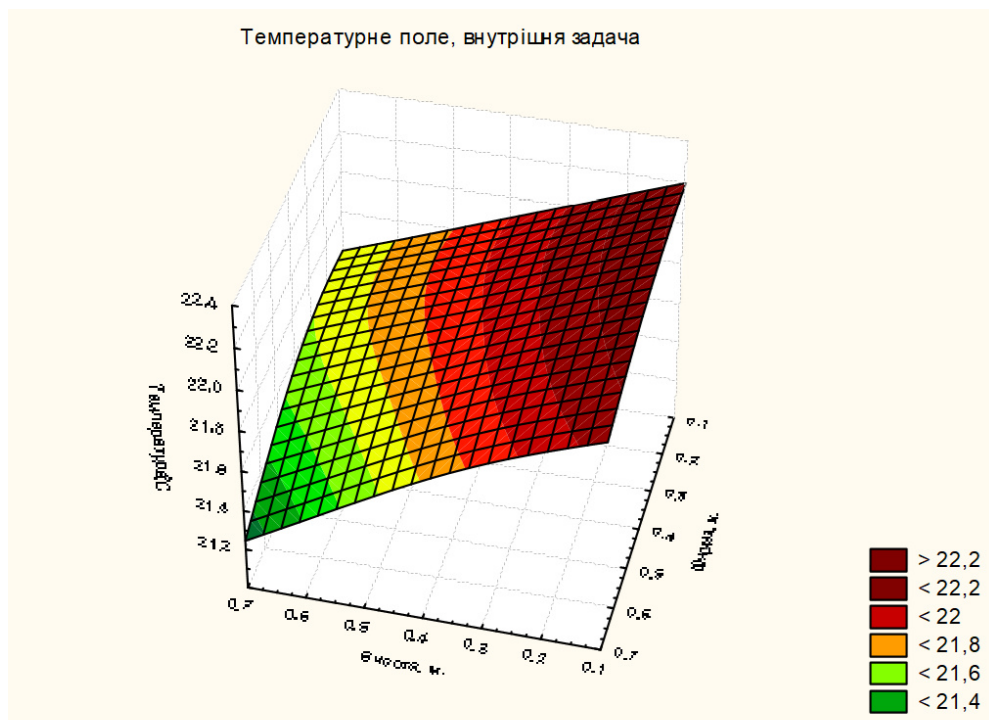


Рис. 4. Розподіл поля температур (при зовнішній температурі 15 °C)

Поправка до показників сухого та мокрого термометрів визначали за формулами:

$$\Delta t_c = a_c \left(\frac{dt}{d\tau} \right)_0,$$

$$\Delta t_m \approx 0,298 a_m \left(\frac{dt_{nm}}{d\tau} \right)_0 - 0,011 (t_c + \Delta t_c - t_{nm}),$$

де a_c , a_m – відповідно експериментально визначені постійні за часом сухого та мокрого термометрів, °C; t_c та t_m – відповідно показники сухого та мокрого термометрів, °C; $(dt_c / d\tau)_0$ і $(dt_{nm} / d\tau)_0$ відповідно швидкість зміни температури по сухому і мокрому термометрам в початковий період часу, після закінчення, °C / с.

Висновки. На основі проведених експериментів та отриманих даних можна зробити наступні висновки, що проведені експери-

ментальні дослідження дозволяють визначити основні параметри повітряного середовища, як в зоні росту так і поза неї. Аналіз експериментальних досліджень показав, що запропонована інженерна система може підтримувати стабільні та рівномірні нормативні параметри мікроклімату, при цьому різниця середніх температур по досліджуваному об'єму не перевищувала 1,5 °С. Вологовміст і відносна

вологість не виходили за рамки норм технологічного проектування, випадання конденсату не спостерігалось.

Перспективи подальших досліджень. Впровадження інженерних систем забезпечення децентралізованого мікроклімату дає змогу удосконалити метод вирощування зелених культур і низькорослих рослин в сучасних культивацийних спорудах.

Література

1. Іваненко П. П. Закритий ґрунт / П. П. Іваненко, О. В. Приліпка. – Київ. : Урожай, 2001. – 360 с.
2. Аутко А. А. Приоритеты современного овощеводства / А. А. Аутко, Г. И. Гануш, Н. Н. Долбик. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 157 с.
3. Куртнер Д. А. Исследование и разработка способов обогрева культивационных сооружений защищенного грунта / Д. А. Куртнер, Н. Г. Захаров // Сборник трудов по агрофизике. – Вып. 26. – 1970. – С. 3-16.
4. Малкін Е. С. Ефективність системи локального мікроклімату у розсадних відділеннях теплиць / Е. С. Малкін, Н. В. Чепурна // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: наук.-техн. зб. / ДНДІСТ. – №15– 2000. – С.113-116.
5. Чепурна Н. В. Експериментальні дослідження параметрів повітря в системі локального мікроклімату в розсадних відділеннях теплиць / Е. С. Малкін, Н. В. Чепурна // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2001. – Вип. 1. – с. 3-7.
6. Малкін Е. С. Дослідження параметрів повітря в системі децентралізованого мікроклімату розсадного відділення теплиць / Е. С. Малкін, Н. В. Чепурна // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2002. – Вип. 4. – с. 3-7.
7. Малкін Е. С. Аналітичні дослідження процесів повітрообміну всередині зон децентралізованого мікроклімату розсадних відділень теплиць / Е. С. Малкін, І. Е. Фуртат, Н. В. Чепурна // Збірник Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: наук.-техн. зб. / ДНДІСТ. – 2002. – Вип. 17. – 102-105.
8. Чепурна Н. В. Системи з штучним децентралізованим мікрокліматом - шлях до підвищення енергоефективності та конкурентоздатності тепличних господарств / Н. В. Чепурна // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2004. – Вип. 74. – с.74-81.
9. Чепурна Н. В. Методика інженерного розрахунку систем водяного опалення теплиць з децентралізованими мікрокліматичними камерами / Н. В. Чепурна // Нова тема. – 2007. – №1 – с. 9-11.
10. Чепурна Н. В. Збереження енергоресурсів та підвищення конкурентоздатності тепличних господарств. / Н. В. Чепурна, В. В. Чепурний // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2007. – Вип. 11. – с. 83-88.
11. Чепурна Н. В. Розрахунок теплового режиму та системи опалення теплиць з децентралізованими мікрокліматичними камерами / Н. В. Чепурна // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА: Тези доповідей / Київський національний університет будівництва і архітектури. – К.: КНУБА, 2008. – С. 144-145.
12. Декларацийний патент на винахід № 57292. Енергозберігаюча теплиця/ А. А. Худенко, М. А. Кириченко, В. В. Чепурний, Н. В. Чепурна // Опубл. 25.12.03. Бюл. №6.
13. Патент на корисну модель №22407 UA A01G9/24. Міні-теплиця / Е. С. Малкін., І. Е. Фуртат, В. В. Чепурний, Н. В. Чепурна // Опубл. 25.04.07. Бюл. №5.
14. Пат. №81367 Україна UA A01G9/14. Спосіб вирощування розсади та низькорослих рослин у теплиці / Е. С. Малкін, І. Е. Фуртат, В. В. Чепурний, Н. В. Чепурна // Опубл. 25.12.07. Бюл. №21.

References

1. Ivanenko P. P., Prylipka O. V. *Zakrytyj grunt*. Urozhaj, 2001.
2. Autko A. A., Ganush G. I., Dolbik N. N. *Priorytety sroverennogo ovoshchevodstva*. UP «Texnoprynt», 2003.
3. Kurtener D. A., Zakharov N. G. «Issledovanie i razrabotka sposobov obogreva kultivacionnyh sooruzhenij zashchishhennogo grunta.» Sbornik trudov po agrofizyike, Iss. 26, 1970, pp. 3-16.
4. Malkin E. S., Chepurna N. V. «Efektyvnist systemy lokalnoho mikroklimatu u rozsadnykh viddilenniakh teplyts.» *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 15, Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut sanitarnoi tekhniki ta obladnannia budivel ta sporud, 2000, pp. 113-116.
5. Malkin E. S., Chepurna N. V. «Eksperymentalni doslidzhennia parametriv povitria v systemi lokalnoho mikroklimatu v rozsadnykh viddilenniakh teplyts.» *Ventyliatsiia, osvittennia ta teplohapostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 1, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2001, pp. 3-7.
6. Malkin E. S., Chepurna N. V. «Doslidzhennia parametriv povitria v systemi detsentralizovanoho mikroklimatu rozsadnoho viddilennia teplyts.» *Ventyliatsiia, osvittennia ta teplohapostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 4, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2002, pp. 3-7.
7. Malkin E. S., Furtat I. E., Chepurna N. V. «Analitichni doslidzhennia protsesiv povitroobminu vsередyni zon detsentralizovanoho mikroklimatu rozsadnykh viddilen teplyts.» *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 17, Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut sanitarnoi tekhniki ta obladnannia budivel ta sporud, 2002, pp. 102-105.
8. Chepurna N. V. «Systemy z shtuchnym detsentralizovanyim mikroklimatom - shliakh do pidvyshchennia enerhoefektyvnosti ta konkurentozdatnosti teplychnykh hospodarstv.» *Ventyliatsiia, osvittennia ta teplohapostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss.7, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2004, pp. 74-81.
9. Chepurna N. V. «Metodyka inzhenernoho rozrakhunku system vodianoho opalennia teplyts z detsentralizovanyim mikroklimatychnymy kameramy.» *Nova Tema*, no.1, 2007, pp. 9-11.
10. Chepurna N. V., Chepurnii V. V. «Zberezhennia enerhoesursiv ta pidvyshchennia konkurentnozdatnosti teplychnykh hospodarstv.» *Ventyliatsiia, osvittennia ta teplohapostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss.11, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2007, pp. 83-88.
11. Chepurna N. V. «Rozrakhunok teplovoho rezhymu ta systemy opalennia teplyts z detsentralizovanyim mikroklimatychnymy kameramy.» *Tezy dopovidei Naukovoi konferentsii molodykh vchenykh, aspirantiv i studentiv*, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2008, pp. 144-145.
12. Khudenko A. A., Kyrychenko M. A., Chepurnyi V. V., Chepurna N. V. «Enerhozberihaiucha teplytsia.» Patent of Ukraine 57292. 25 December 2003.
13. Malkin E. S., Furtat I. E., Chepurnii V. V., Chepurna N. V. «Minni-teplytsia.» Patent of Ukraine №22407 April 2003.
14. Malkin E. S., Furtat I. E., Chepurnii V. V., Chepurna N. V. «Sposib vyroshchuvannia rozsady ta nyzkoroslykh roslin u teplytsi.» Patent of Ukraine № 81367 December 2007.

УДК 697:631.237

Исследования параметров микроклимата в камерах для выращивания зеленых культур

Н. В. Чепурная¹, М. А. Кириченко², В. В. Чепурной³

¹к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, ChepurnayaNV@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8044-7563

²к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, m-kirichenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3651-3153

³ст. препод. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, ChepurnoyVV@ukr.net

Аннотация. Важной задачей аграрного сектора является увеличение производства, расширение ассортимента и повышение качества зелёных культур в зимний и ранневесенний периоды. Решением данной задачи является активное развитие тепличных хозяйств. Одной из основных проблем тепличных хозяйств являются высокие затраты тепловой энергии на поддержание необходимых параметров микроклимата. Большое энергопотребление обусловлены поддержкой высокой температуры и влажности воздуха во всем объеме теплиц. Внедрение инженерных технологий, которые обеспечат необходимые для развития растений оптимальные параметры микроклимата непосредственно в зонах роста, а за их пределами - минимально допустимые, позволило бы значительно уменьшить энергопотребление по поддержке микроклимата по сравнению с традиционными системами. Одним из вариантов решения данной задачи является организация изолированных микрозон с инженерными системами для создания необходимого микроклимата в виде стеллажных камер, с прозрачным для света, лёгким подъёмным вертикальным ограждением. Были проведены исследования параметров микроклимата в камерах для выращивания зелёных культур. Исследования проводились в специально разработанной камере в

рабочих условиях (натурные исследования) тепличного комбината. Обогрев рабочей зоны осуществлялся с помощью воздушного отопления, путём нижней раздачи нагретого и увлажнённого воздуха. При этом проводились исследования температурного поля, поля скоростей и изменения влажности воздуха в зоне выращивания растений и в общем объёме культивационных сооружения. Проведённые исследования позволили достаточно точно представить физическую модель распространения воздушных струй и проверить аналитические расчёты относительно внутренней модели распространения струй, проверить полученные значения и сравнить с теоретическими. За результатами исследований предлагается инженерная система, которая обеспечит необходимые технологические требования к параметрам микроклимата непосредственно в этих камерах. Расчёты показывают возможность значительно экономить на энергопотреблении за счёт поддержания необходимых параметров только в зоне вегетации зелёных культур.

Ключевые слова: система отопления, параметры микроклимата, камера выращивания зелёных культур.

UDC 697:631.237

Research of Microclimate Parameters in Chambers for Growing Green Crops

N. Chepurna¹, M. Kirichenko², V. Chepurnoy³

¹Ph.D, associate professor. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, ChepurnayaNV@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8044-7563

²PhD, associate professor. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, m-kirichenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3651-3153

³Senior Lecturer. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, ChepurnoyVV@ukr.net

Abstract. An important task of the agricultural sector is to increase production, expand the range and improve the quality of green crops in the winter and early spring periods. The solution to this problem is the active development of greenhouses. One of the main problems of greenhouses is the high cost of thermal energy to maintain the necessary parameters of the microclimate. Large energy consumption due to the maintenance of high temperature and humidity throughout the volume of greenhouses. The introduction of engineering technologies that will provide the optimal microclimate parameters necessary for the development of plants directly in the growth zones, and beyond their limits - minimally acceptable, would significantly reduce the energy consumption of the microclimate support compared to traditional systems. One of the solutions to this problem is the organization of isolated microzones with engineering systems to create the necessary microclimate in the form of shelving chambers, with a light-transparent, light-lifting vertical fencing. Microclimate parameters were studied in chambers for growing green crops. The studies were conducted in a specially designed chamber in the working conditions (field studies) of the greenhouse complex. The heating of the working area was carried out with the help of air heating, by means of the lower distribution of heated and humidified air. At the same time, studies were carried out on the temperature field, velocity field, and changes in air humidity in the zone of growing plants and in the total volume of cultivation facilities. The conducted research allowed us to fairly accurately represent the physical model of the propagation of air jets and check the analytical calculations regarding the internal model of the propagation of jets, verify the values obtained and compare with the theoretical ones. For the results of research, an engineering system is proposed that will provide the necessary technological requirements for the parameters of the microclimate directly in these chambers. Calculations show the ability to significantly save on energy consumption by maintaining the necessary parameters only in the vegetation zone of green crops

Keywords: heating system, microclimate parameters, green crop growing chamber.

Надійшла до редакції / Received 01.06.2018.