

УДК 681.5.017

КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ НА ОСНОВІ ПРЯМОГО СПАЛЮВАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ МАСИ

Діордієв В. Т., д.т.н.,

Кашкар'єв А. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: 0619-42-57-97

Анотація - проаналізовані технології підтримання параметрів мікроклімату та основні чинники їх коливання. Запропоноване пряме спалювання біологічних матеріалів рослинного походження у теплиці на основі застосування електрофільтру. Така технологія підвищує ККД використання палива та забезпечує насичення очищеним вуглецем об'єм теплиці.

Ключові слова – мікроклімат, спалювання біологічної маси, електрофільтр, теплиця, вуглекислий газ.

Постановка проблеми. Проблема раціонального використання енергетичних ресурсів у сільськогосподарському виробництві з кожним роком стає все більш актуальною в Україні та в усьому світі. Основним фактором, який стримує розвиток та розповсюдження рослинництва захищеного ґрунту є його енергоємність, яка одночасно сприяє упровадженню наукових досягнень, вимагаючи від господаря не тільки раціонального використання ресурсів, а ще й пошуку нових методів ведення господарства [1, 2].

На 1 кг овочів у тепличному господарстві витрачається 10...15 кг умовного палива, а витрати енергоресурсів мають тенденцію до збільшення, крім того зростає їх вартість. Кожний відсоток приросту зумовлює збільшення енерговитрат на 2...3% [2, 4]. Отже, сучасне рослинництво захищеного ґрунту в енергетичному відношенні малоефективне. Між тим, навіть при існуючому рівні питомих енерговитрат овочівництво захищеного ґрунту є незамінним джерелом забезпечення населення ранніми овочами у несезонний період і до того ж забезпечує розсадою відкритий ґрунт, де біля 30% всіх овочів вирощується розсадним способом [3].

При загалом високому рівні електрифікації та автоматизації існуючих технологічних схем підтримання параметрів мікроклімату за-

лишаються ще невирішені проблеми та вузькі місця, що головним чином відносяться до засобів автоматики та технологічних схем [1, 5].

Аналіз останніх досліджень. Теплиці, як об'єкт керування температурним режимом відносяться до найбільш складних об'єктів автоматизації, а визначення їх характеристик супроводжується певними складнощами, які слідує з особливостей об'єкта та умов його функціонування. Відрізняється об'єкт великим значеннями постійної часу, що знижує його керованість та уповільнює реакцію на зовнішні збуджуючі впливи. Теплицю, як об'єкта керування температурним режимом, можна представити схематично (рис. 1) [3].

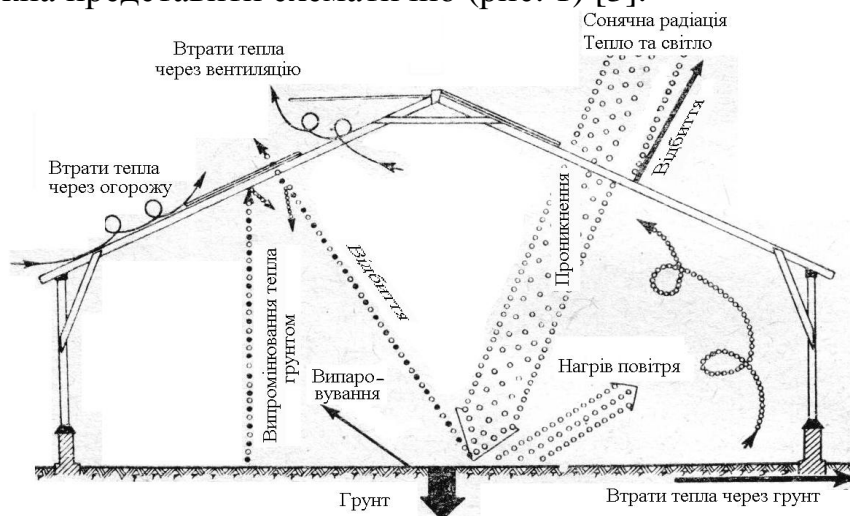


Рис. 1. Теплиця як об'єкта управління температурним режимом

Регулювання температури в теплиці значно відрізняється від регулювання її в житловому будинку. У теплиці, як правило, в період зростання рослин не потрібні додаткові джерела тепла. Регулювання температури тут в основному є регулюванням природних енергетичних потоків. Для цього використовуються кватирки, тіньові екрани, люки, що замикаються, штори, розбризкування води та ін.

На мікроклімат теплиці впливають вітер, сніг, лід, інсоляція, похмура погода, зміни температури зовнішнього повітря. У звичайних теплицях з покриттям з поліетиленової плівки в ранній уранішній годинник (близько 5 год) спостерігається похолодання, на відміну від теплиці при житловому будинку, в яку поступає тепло з житлової будівлі. У звичайних теплицях також спостерігається пониження максимуму і підвищення мінімуму температур, при цьому значно поліпшуються умови зростання [1].

Мета статті. Постає задача розробки та вибору енергоекономічних технологічних схем підтримки параметрів мікроклімату, забезпечення режимів роботи, які відповідають агротехнічних умовам закритого ґрунту.

Основні матеріали дослідження. Розвиток і зростання рослин відбуваються в межах невеликої амплітуди температурних коливань, приблизно від 7 до 30 °С. Проте якнайкращі умови для зростання рослин досягаються при ще меншій амплітуді коливань температур. Рослини реагують не тільки на температуру повітря теплиці. При інтенсивній інсоляції температура листя рослин нерідко на 10-12 °С вище за температуру повітря, а вночі вона може опуститися нижче за температуру повітря на 5-6 °С. У прохолодні ночі на листі рослин накопичується волога, яка створює серйозну небезпеку ожеледі і утворення цвілі. Підвищення температури навіть на один градус має велике значення, оскільки відносна вологість повітря при цьому зменшується приблизно на 6%. Таким чином, нічне повітря, що поступає в теплицю, доводиться обігрівати тільки на 2-3 °С, щоб на листі рослин не утворювалися краплі вологи [1]. Зміни температур, сприятливі для перебування людини в теплиці, вельми обмежені, оскільки людина знаходиться в стані спокою (практично без руху), до того ж вона зазвичай легко одягнена.

Основні способи обігріву різних споруд захищеного ґрунту [1-3]:

- основою природного обігріву є парниковий ефект. Проходячи через прозорі конструктивні елементи укриттів (стекло, поліетиленову плівку і ін.) і потрапляючи всередину, сонячні промені нагрівають приміщення, що приводить до підвищення температури повітря;
- серед видів технічного обігріву найбільш популярні водяний, газовий, пічний і електричний;
- для обігріву ґрунту можна також використовувати біологічне паливо, в якому в результаті процесу розкладання матеріалів органічного походження (зазвичай при гнитті гною в суміші з різними органічними відходами) виділяється тепло, а повітря у теплиці насичується вуглекислим газом, який необхідний рослинам для нормальної життєдіяльності;
- способи акумулювання теплоти у теплий період та її віддача за потребою.

В результаті аналізу способів обігріву теплиць звернемо увагу на спалювання біологічних матеріалів рослинного походження безпосередньо у теплиці без випуску відпрацьованого газу у зовнішнє повітря. Такий спосіб забезпечує повне використання генерованого тепла, без його віддачі в оточуюче середовище. Вуглекислий газ іноді називають добривом для рослин: у квітучих рослин настає більш раніше цвітіння, врожайність плодів збільшується, у троянд рідше відмирають бутони і виходять більші квіти. Іноді вуглекислий газ грає в питанні врожайності навіть вагомішу роль, ніж мінеральні добрива. Тому що 94% своєї сухої маси рослина синтезує з води і вуглекислого газу, і тільки решта 6% з мінеральних добрив.

Проте необхідно пам'ятати про забруднюючі речовини, що впливають на стан рослин. В основному це чадний газ (СО), який шкідливий для людей і рослин. Гранично-припустима концентрація складає 20 мг/м^3 повітря теплиці.

Окрім чадного газу шкідливу дію чинять оксиди азоту (NO_x) і сірки (SO_2). Оксиди азоту виходять при окисленні азоту повітря палива, що подається в пальник для спалювання. Гранично-припустима концентрація для людей складає по NO_x 7 мг/м^3 повітря. Концентрація NO_2 $0,00002 - 0,00006\%$ знижує врожай і виникає ушкодження поверхні листя. За даними деяких джерел допустима концентрація SO_2 складає $0,00001\%$. При збільшенні концентрації SO_2 в повітрі теплиці понад $0,00001\%$ спостерігається некроз листя. До «шкідливих» газів можна віднести етилен, фтор. Також пари фарб і розчинників, що потрапляють в атмосферу теплиці при проведенні ремонтних робіт.

Враховуючи шкідливий вплив прямого спалення пропонуємо виконувати очищення диму у двокаскадному електрофільтрі [4], а очищення від сірчаних домішок виконувати за допомогою вапняного фільтру [6] (рис. 2).

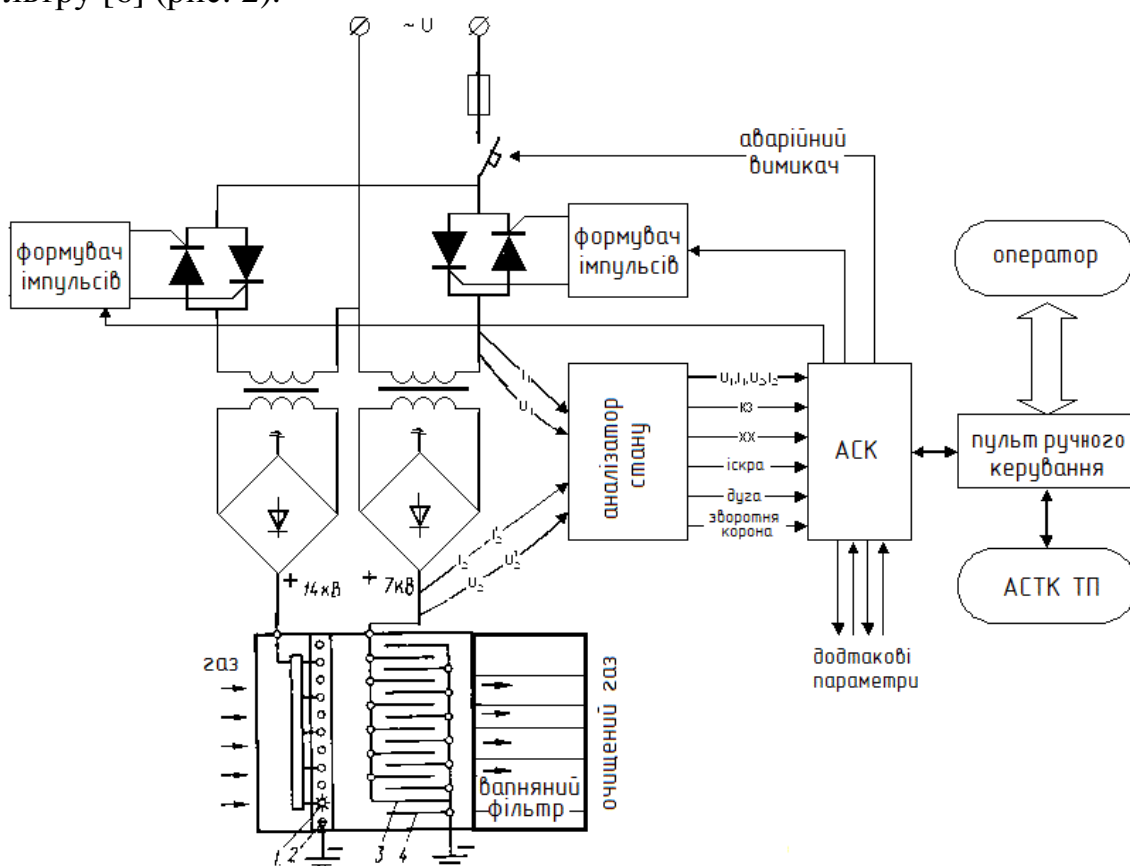


Рис. 2. Схема пристрою очищення вуглекислого газу

Електрофільтр відноситься до найбільш ефективних пиловловлюючих апаратів. Ефективність очистки досягає $99,9\%$ у широких межах концентрацій (від декількох мг до 200 г/м^3) і дисперсності час-

ток (до доль мкм) і невисокою витраті електроенергії (близько 0,1 ... 0,5 кВт·год на 1000 м³ газів) [7]. Електрофільтр може знепилувати вологу і корозійноактивну газову середу з температурою до 500 ° С. Продуктивність електрофільтрів досягає сотень тисяч м³/год газу, що очищається. До недоліків електрофільтрів відноситься їх висока чутливість до підтримання параметрів очистки, висока металоємність і великі габарити, а також висока вимогливість до рівня монтажу та обслуговування.

Застосування електрофільтрації має ряд обмежень. Електрофільтр не може бути використаний для уловлювання пилу, який має високий електричний опір. Не можна направляти в електрофільтри вибухонебезпечні газові викиди, в тому числі і такі, які можуть стати вибухонебезпечними в процесі обробки. Не слід використовувати електроочистку, якщо осадження зважених частинок може супроводжуватися електрохімічними реакціями з виходом токсичних продуктів і тим більше - додавати такі (наприклад, SO₃, NH₄ і ін.) [7], для інтенсифікації процесу електрофільтрації.

Осадження часток в електрофільтрах відбувається під дією кулонівських або електричних сил на частинки. Швидкість осадження збільшується одночасно із швидкістю міграції часток, яка повинна мати максимальне значення. Математичне моделювання процесу вловлювання залежать від характеру потоку газу. В умовах теплиць необхідну продуктивність можливо забезпечити ламінарним потоком. У такому випадку швидкість осадження можна визначити, використовуючи закони класичної механіки та електростатики:

$$F_e = q \cdot E - \text{закон Кулона електростатичної взаємодії}; \quad (1)$$

$$F_c = \frac{q \cdot E}{6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r_c} \left(1 + A \frac{\lambda}{r_c} \right) - \text{закон опору Стокса-Кенігема}. \quad (2)$$

де q – заряд частинки, Кл;

E – напруженість електричного поля, В/м;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості газу, Па·с;

r_c – радіус частинки, м;

λ – довжина середнього вільного пробігу молекул газу, у наближених розрахунках приймається $\lambda = 10^{-7}$ м;

A – безрозмірний коефіцієнт, значення якого для атмосферного повітря дорівнює $\approx 0,86$ (у наближених розрахунках його значення коливається від 0,815 до 1,63).

При визначення швидкості дрейфу часток до осаджувального електроду припускають, що $F_e = F_c$. У свою чергу, дослідним шляхом

було визначено, що у межах використання формули Стокса швидкість міграції визначається за формулами [7]:

- для часток діаметром ≥ 1 мкм

$$v_d = \frac{0,118 \cdot 10^{-10} \cdot E^2 \cdot r_q}{\mu}; \quad (3)$$

- для часток діаметром ≤ 1 мкм

$$v_d = \frac{0,17 \cdot 10^{-11} \cdot E}{\mu} \left(1 + A \frac{\lambda}{r_q} \right). \quad (4)$$

Важливішим фактором, який впливає на розміри електрофільтру, є час, необхідний для того, щоб частинка досягла осаджувального електроду. Цей час повинен бути завжди менше часу загального перебування у повітряному потоці, який проходить через електрофільтр. Зазначені часові інтервали при ламінарному потоці розраховуються за формулами класичної механіки, тобто умова нормальної роботи електрофільтра матиме вигляд

$$\frac{d}{v_d} \leq \frac{L}{v}, \quad (5)$$

- де d – відстань між електродами, що коронує та осаджує, м;
- L – відстань руху газу, що проходить електроди, м;
- v – середня витратна швидкість газу у фільтрі, м/с.

Ступінь очищення (%) може бути визначений за формулою [7]

$$\varepsilon = \left(1 - e^{-v_d \frac{F}{V_B}} \right) \cdot 100, \quad (6)$$

- де F – загальна площа осаджувальних електродів, м²;
- V_B – витрата газів, які очищуються, м³/с.

На практиці швидкість дрейфу менша за розрахункову у 1,5~2 рази. Тому необхідну площу (м²) активного перетину електрофільтра знаходять з урахуванням коефіцієнту запасу за формулою [7]

$$S = (1.5 \dots 2) \frac{V_B \cdot d}{3600 \cdot v_d \cdot L}. \quad (7)$$

Отже, у загальному випадку, на основі представлених рівнянь (5-7) можна сформувати систему рівнянь (швидкість дрейфу (3, 4) визначається відповідно до розміру часток)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{v_d} \leq \frac{L}{v} \\ S = (1.5 \dots 2) \frac{V_B \cdot d}{3600 \cdot v_d \cdot L} \\ \ln\left(1 - \frac{\varepsilon}{100}\right) = v_d \cdot \frac{F}{V_B} \end{array} \right. \quad (8)$$

Представлена система рівнянь дозволить за заданими техніко технологічними показниками обґрунтувати вибір серійного фільтру, або спроектувати основні параметри нового. Додаткове очищення продуктів згоряння біологічної маси можливе за рахунок використання різних хімічних фільтрів. Одним з таких можна запропонувати мокровапняний спосіб. Цей спосіб очищення вуглекислого газу від сірчаних домішок заснований на інтенсивному промиванні димових газів в абсорбері, встановленому за високоефективним золоуловлювачем (електрофільтр), вапняковою суспензією з отриманням двохводного гіпсу [6]. Ця технологія є абсолютно безпечною, оскільки вапняк і гіпс – нейтральні малорозчинні речовини.

Висновок. Пропонований спосіб підігріву теплиці дозволяє підвищити ефективність опалювальної системи та забезпечити насичення простору теплиці вуглекислим газом, що повинно забезпечити підвищення загальної економічної ефективності. При автоматизації процесу спалювання стає можливим суттєво скоротити постійну часу об'єкту керування, що призведе до підвищення керованості об'єкту.

Література

1. Автоматизация и электрификация защищенного грунта [Под ред. Л.Г. Прищеп]. – М.: Колос, 1976. – 322 с.
2. Агаркова А.М. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплиц/ А.М. Агаркова, Г.Г. Ивешко. - К.: Будівельник, 1985.-120с.
3. Корчемний М. Энергобережения в агропромышленном комплексе / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники. – 2001. – 984 с.
4. Кудрявцев И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология/ И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.:Колос, 1975 – 384 с.
5. Тигранян Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения / Р.Э. Тигранян. – М.: ИП РадиоСофт, 2005. – 112 с.
6. Экологические проблемы в теплоэнергетике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://hizdis.ru/teploes/elektroseti53.htm>
7. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие / А.Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. - с. 210

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦЕ НА ОСНОВЕ ПРЯМОГО СЖИГАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МАССЫ

В.Т. Диордиев , А.А. Кашкарёв

Аннотация - проанализированы технологии поддержания параметров микроклимата и основные факторы их колебания. Предложено прямое сжигание биологических материалов растительного происхождения в теплице на основе применения электрофильтра. Такая технология позволит повысить КПД использования топлива и обеспечивает насыщение очищенным углекислым газом объем теплицы.

CONTROL OF THE PARAMETERS OF THE MICROCLIMATE IN THE GREENHOUSE ON THE BASIS OF DIRECT BURNING BIOMASS

V. Diordiev, A. Kashkarov

Summary

Analyzed technologies maintain microclimate parameters and factors of their hesitation. Propose direct burning biological material of plant origin in the greenhouse on the basis of application of the electrostatic precipitator. This technology will enhance the fuel efficiency and provides enrichment of purified carbon dioxide greenhouse volume.