

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

РУДНИЦЬКА ГАННА ВІКТОРІВНА

УДК 631.344:634.1-13

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ
І РОЗРОБКА ЗАСОБУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ САДІВ
ВІД ВЕСНЯНИХ ЗАМОРОЗКІВ**

05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Пастухов Валерій Іванович**, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, завідувач кафедри сільськогосподарських машин.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Пастушенко Сергій Іванович**, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, директор навчально-наукового інституту інженерії об'єктів і систем;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник **Караєв Олександр Гнатович**, Мелітопольська дослідна станція садівництва імені М. Ф. Сидоренка Інституту садівництва Національної академії аграрних наук України, заступник директора з наукової роботи, завідувач відділу зрошення.

Захист відбудеться «26» червня 2013 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.832.01 в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

Автореферат розісланий «23» травня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. Д. Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У розвинених державах світу склався досить високий рівень споживання фруктів та ягід, в межах 100...160 кг на людину в рік. В Україні цей рівень дуже низький і не перевищує 25...30 кг. На сьогодні площі плодкових насаджень у сільськогосподарських підприємствах складають 109,4 тис. га.

Причинами щорічного недобору фруктів в Україні є відсутність належного матеріально-технічного забезпечення галузі садівництва, недотримання агротехнічних заходів, висока трудомісткість виробництва. Однією з причин низької врожайності плодкових дерев є загибель генеративних органів під час весняних заморозків.

Навесні, під час цвітіння і зав'язування плодів, ночами спостерігаються заморозки. Температура повітря опускається нижче нуля, тримається протягом 3...4 годин і більше, що призводить до пошкодження або загибелі генеративних органів (0...-1°C).

Для захисту плодкових насаджень інтенсивного типу від весняних заморозків відомо багато способів. Серед найпоширеніших є укриття дерев, димлення, підігрів повітря у міжряддях, перемішування шарів повітря гелікоптерами та стаціонарними пропелерами, дощування. Але на сьогодні в Україні вони не знаходять широкого застосування у виробництві або через їх малу ефективність, або через необхідність великих витрат енергетичних ресурсів. Незважаючи на розробку цілої низки заходів, задача захисту плодкових насаджень не є вирішеною, і на сьогоднішній день відсутній ефективний та економічний спосіб захисту від цього явища природи.

Аналізом проведених досліджень існуючих способів та засобів механізації для захисту плодкових насаджень від заморозків встановлено, що перспективним напрямком є створення комплексної системи, яка складається з моніторингу температурного режиму, технологічного процесу захисту та технічних засобів.

Відсутність теоретичних досліджень створення температурного режиму і підтримання його на протязі заморозку робить неможливим розробку технічних засобів для захисту плодкових насаджень від заморозків.

Таким чином, обґрунтування параметрів процесу створення і підтримання температурного режиму плодкових насаджень та розробка конструкції засобу механізації для його реалізації є актуальним науково-прикладним завданням для розвитку галузі садівництва України. Дослідження в цьому напрямку представляють науковий і практичний інтерес.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно з Державними програмами: «Розробка і впровадження у виробництво машинно-технологічних систем для механізованого виробництва сільськогосподарської продукції на основі енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій і технологічних засобів для різних форм господарювання» (ДР № 0100U005610, 2005-2010 рр.), «Розробка і впровадження у виробництво енергозберігаючих, екологічно безпечних технологічних систем в рослинництві» (ДР № 0106U001213, 2006-2011 рр.); з «Комплексною програмою розвитку сільського господарства Харківської області у 2001-2005 роках та на період до 2010 року» та з «Комплексною програмою інвестиційно-інноваційного розвитку

сільського господарства Харківської області у 2011-2015 роках та на період до 2020 року».

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності процесу захисту генеративних органів плодкових насаджень інтенсивного типу від весняних заморозків шляхом утворення тепловологоізоляційної завіси за рахунок застосування засобу механізації.

Для досягнення даної мети необхідне вирішення наступних задач досліджень:

- провести аналіз існуючих способів і засобів механізації захисту плодкових насаджень від весняних заморозків, створити їх класифікацію;
- розробити математичну модель для оцінки кількості теплової енергії, необхідної для підтримання заданого температурного режиму плодкових насаджень, перевірити її адекватність;
- розробити технологічний процес створення і підтримання заданого температурного режиму плодкових насаджень;
- виконати комплексне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та розробити конструкцію засобу механізації для створення температурного режиму плодкових насаджень;
- експериментально підтвердити результати теоретичних досліджень по забезпеченню виконання технологічного процесу підтримання заданого температурного режиму плодкових насаджень розробленим засобом механізації;
- провести економічну оцінку ефективності використання запропонованого засобу для захисту плодкових насаджень від весняних заморозків.

Об'єктом дослідження є процес захисту плодкових насаджень від весняних заморозків.

Предметом дослідження є обґрунтування параметрів процесу захисту плодкових насаджень інтенсивного типу від весняних заморозків та розробка засобу механізації для його реалізації.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження виконані із застосуванням основних положень аеродинаміки, гідродинаміки, теплотехніки, газової динаміки, методу максимальної правдоподібності, теорії тепло- та масообміну, теорії моделювання та управління процесами, що відбуваються в технічних і агротехнічних системах із застосуванням прикладних програм.

Експериментальні дослідження розробленого засобу проведені в польових умовах. Розрахунки та обробка результатів досліджень виконані із застосуванням положень теорії імовірності та математичної статистики з використанням пакетів програм Origin, MathCad та Excel.

Наукова новизна одержаних результатів:

- для зменшення впливу радіаційного потоку на генеративні органи плодкових дерев вперше теоретично обґрунтовано новий процес підтримання температурного режиму плодкових насаджень з утворенням тепловологоізоляційної завіси, яка складається одночасно з підігрітого та зволоженого повітря;
- для визначення кількості тепла, з метою підтримання заданого температурного режиму генеративних органів, отримала подальший розвиток математична модель теплового балансу плодкових насаджень, яка відрізняється від відомих тим, що враховує взаємний вплив тепло- і масообміну;

– для оцінки впливу розробленого засобу на ефективність процесу захисту плодових насаджень від весняних заморозків вперше виконано комплексне обґрунтування його параметрів з урахуванням технологічних показників (кількість теплоти, розмір крапель води) і параметрів оточуючого середовища.

Практичне значення отриманих результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблена нова конструкція засобу для захисту плодових дерев від радіаційних заморозків, використання якого дає можливість захистити генеративні органи і, таким чином, зберегти майбутній врожай плодових насаджень шляхом неприпустимості розвитку критичних температур.

На підставі обґрунтованих в роботі режимних і конструктивних параметрів сумісно з Краснокутським науково-дослідним центром садівництва Інституту садівництва Національної академії аграрних наук України (НДЦС ІС НААН) виготовлено дослідний зразок засобу механізації, що утворює тепловологоізоляційну завісу, яка не дає температурі зменшуватися до критичної для генеративних органів плодових дерев. Застосування такого засобу дозволяє зберегти врожай до 95% і отримати економічний ефект в розмірі 7,5 тис. грн на один гектар плодових насаджень.

Розроблений на основі отриманих теоретичних і експериментальних досліджень засіб механізації впроваджено у Краснокутському НДЦС ІС НААН України.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем особисто. У наукових працях, виконаних у співавторстві, особистий внесок полягає в наступному: [1, 12] – проведений аналіз існуючих способів і засобів механізації захисту плодових насаджень від весняних заморозків та створена їх класифікація; [2] – отримала подальший розвиток математична модель для оцінки кількості теплової енергії, необхідної для підтримання заданого температурного режиму плодових насаджень; [3, 13] – розроблений технологічний процес утворення і підтримання заданого температурного та вологісного режиму плодових насаджень; [7] – розроблений засіб для захисту плодових дерев від заморозків, що агрегується з трактором і дозволяє підвищити ефективність обігріву плодових насаджень за рахунок рівномірності розподілу повітряного потоку; [11, 16] – виконано комплексне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і розроблена конструкція засобу механізації для утворення температурно-вологісного режиму плодових насаджень; [6, 15] – експериментально підтверджені результати теоретичних досліджень щодо забезпечення виконання технологічного процесу підтримання заданого температурного режиму плодових насаджень; [4, 5, 14] – розроблені рекомендації з підтримання заданого температурно-вологісного режиму для захисту плодових насаджень від весняних заморозків з використанням [8] – пристрою моніторингу температурного і вологісного стану плодових насаджень, [9] – пристрою управління потужністю джерелом обігріву і [10] – пристрою пошуку раціональної траси переміщення.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідалися на міжнародних науково-практичних конференціях: «Технічний прогрес в АПК» (ХНТУСГ імені Петра Василенка, м. Харків, 2007 р., 2011 р.,

2013 р.); «Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения» (ФГОУ ВПО БГСХА им. В. Я. Горина, Россия, Белгородская обл., пос. Майский, 2008 г.); «Моделювання технологічних процесів в АПК» (ТДАТУ, м. Мелітополь, 2010 р.); «Молодь і технічний прогрес в АПК» (ХНТУСГ імені Петра Василенка, м. Харків, 2011-2013 рр.), XIV Всеукраїнській науковій конференції молодих учених (УНУС, м. Умань, 2013 р.).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 6 наукових статтях у виданнях, затверджених ДАК Міністерства освіти і науки України, 5 збірниках доповідей і 5 деклараційних патентах України. Дві статті є одноосібними.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, додатків і списку використаних джерел з 116 найменувань. Повний обсяг дисертації викладено на 207 сторінках комп'ютерного тексту (основна частина – 140 сторінок), в тому числі містить 44 рисунки, 14 таблиць і 5 додатків на 67 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, наведено зв'язок роботи з програмами, планами і темами, сформульовані мета і завдання досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, а також особистий внесок здобувача в надрукованих роботах. Подана інформація щодо апробації результатів дисертаційних досліджень.

У першому розділі наведено аналіз способів та засобів механізації захисту від заморозків та математичних моделей теплового балансу плодкових насаджень.

Обґрунтуванню способів захисту плодкових насаджень присвячені роботи J. K. Ballard, R. D. Burman, F. M. Turrell, V. I. Valli, R. L. Snyder, J. Paulo De Melo-Abreu, S. Matulich, A. Ангстрема, Р. Н. Асейкіна, І. Б. Арабян, М. Є. Берлянд, Д. Брента, А. Дефанта, В. В. Вольвача, О. І. Караєва, П. Н. Красикова, В. С. Лаврійчук, І. Г. Лютерштейна, Р. С. Мкртчяна, Т. Г. Омїадзе, С. І. Пастушенка, С. Г. Фрішева, Д. Г. Челїдзе, А. Ф. Чудновського, М. І. Юдіна, В. Юргеса та інших авторів.

Захист плодкових насаджень від заморозків можливо здійснити наступними способами: забезпечити приплив тепла; зменшити нічне випромінювання ґрунту або виконати перемішування шарів повітря. Серед засобів механізації поширене використання набуло дощування, застосування мобільних обігрівачів, вітрових машин, застосування авіації. Вибір способу захисту плодкових насаджень визначається природою виникнення заморозку (адвективний, радіаційний, адвективно-радіаційний).

З метою вибору перспективного напрямку підвищення ефективності процесу захисту плодкових насаджень від критичних температур створена класифікація способів і засобів механізації для захисту від заморозків.

При слабких заморозках ($-1...-2^{\circ}\text{C}$) ефективним є застосування наземних мобільних агрегатів, що здійснюють обігрів і перемішування шарів повітря. Цей спосіб є найбільш оперативним і низьковитратним. З метою підвищення

рівномірності обігріву в зоні росту плодкових дерев і скорочення енергетичних витрат розроблено засіб для захисту плодкових дерев від заморозків.

Встановлено, що при сильних ($-3...-4^{\circ}\text{C}$) та дуже сильних заморозках ($-5...-6^{\circ}\text{C}$) ефективним є комплексне поєднання декількох способів з використанням засобів механізації в єдиній системі. При використанні такої системи підвищується витрата енергоресурсів, але і зростає ефективність захисту плодкових насаджень. Раціональним рішенням зниження цих витрат та підвищення ефективності є створення комплексного засобу механізації. Це дозволить захистити насадження від радіаційних заморозків утворенням тепловологоізоляційної завіси, що складається з одночасно підігрітого і зволоженого повітря. Вона протистоїть виникненню заморозку і дає можливість захистити майбутній врожай плодкових насаджень шляхом неприпустимості розвитку критичних температур для генеративних органів. Для забезпечення даного технологічного процесу запропонований відповідний засіб механізації.

Таким чином, необхідно вирішити науково-прикладне завдання з обґрунтування параметрів процесу та засобу механізації для утворення й підтримання температурно-вологісного режиму плодкових насаджень.

У другому розділі наведені теоретичні дослідження параметрів, які впливають на тепловий баланс плодкових насаджень. Отримала подальший розвиток математична модель теплового балансу плодкових насаджень, яка відрізняється від відомих тим, що враховує взаємний вплив процесів тепло- і масообміну. Обґрунтовано новий процес підтримання температурного режиму плодкових насаджень з утворенням тепловологоізоляційної завіси, яка складається з одночасно підігрітого і зволоженого повітря.

Теплообмін поверхні генеративної бруньки дерева з навколишнім середовищем залежить від наступних параметрів: температури ґрунту; його відбивної здатності (альbedo); площі поверхні бруньки; вологості повітря; температури навколишнього середовища; теплофізичних властивостей поверхні генеративної бруньки і оточуючого повітря; швидкості конвективного переносу.

Рівняння теплового балансу поверхні генеративної бруньки представимо так:

$$\pm Q_{conv} \pm Q_{cond} \pm Q_{r\Sigma} = 0, \quad (1)$$

де Q_{conv} – конвективний тепловий потік до поверхні генеративної бруньки;

Q_{cond} – тепловий потік за рахунок конденсації водяної пари з навколишнього повітря на генеративні бруньки;

$Q_{r\Sigma}$ – сумарний радіаційний тепловий потік від ґрунту, навколишнього повітря і потік випромінений генеративною брунькою.

Рівняння теплового балансу дає змогу фізично обґрунтувати рівноважну температуру і необхідний тепловий потік, підведення якого дозволить підтримати температуру на заданому рівні. У плодкових насадженнях слід враховувати взаємний вплив процесів тепло- і масовіддачі до поверхні бруньок, залежність коефіцієнта тепловіддачі α від швидкості конвективного переносу W_6 . Коефіцієнт тепловіддачі є складною функцією, що залежить від теплофізичних параметрів середовища, форми теплообмінної поверхні бруньки та характеру обтікання.

Конвективний тепловий потік до поверхні генеративних бруньок визначимо по рівнянню Ньютона-Ріхмана:

$$Q_{conv} = \alpha \cdot F_{\Sigma} \cdot T_a - T_{\Sigma} \quad (2)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К), який визначається як $\alpha = (4 + 2 \cdot W_{\Sigma})$;
 W_{Σ} – швидкість конвективного переносу, м/с;
 F_{Σ} – площа поверхні генеративних бруньок, м²;
 T_a – температура навколишнього повітря, К;
 T_{Σ} – температура генеративних бруньок, К.

Тепловий потік за рахунок конденсації водяної пари з навколишнього повітря на генеративних бруньках запишемо так:

$$Q_{cond} = \beta \cdot F_{\Sigma} \cdot \rho_{va} - \rho_v \cdot r_{cond} \quad (3)$$

де β – коефіцієнт масовіддачі, м/с;
 ρ_{va} – щільність парів води в навколишньому повітрі, кг/м³, яка визначається як $\rho_{va} = (\varphi \cdot \rho_v) / 100\%$;
 φ – відносна вологість навколишнього повітря, %;
 ρ_v – щільність насичених парів води в повітрі при даній температурі, кг/м³;
 r_{cond} – теплота конденсації (пароутворення), Дж/кг.

Для розрахунку коефіцієнта масовіддачі β використані результати теорії прикордонного шару і теорії подібності – потрійної аналогії Рейнольдса-Прандтля. Для розрахунку коефіцієнта масовіддачі за допомогою коефіцієнта тепловіддачі візьмемо рівність числа Стентона St і дифузійного числа Стентона St_D :

$$St = \frac{\alpha}{\rho \cdot c_p \cdot W} = St_D = \frac{\beta}{W} \quad (4)$$

де c_p – масова теплоємність середовища, Дж/(кг·К);
 ρ – щільність середовища, кг/м³;
 W – швидкість середовища, м/с.

З (4) отримаємо:

$$\beta = \frac{\alpha}{c_p \cdot \rho}, \text{ м/с.} \quad (5)$$

Сумарний радіаційний тепловий потік від ґрунту, навколишнього повітря та потік випромінений генеративними бруньками представимо так:

$$Q_{r\Sigma} = Q_{rn} + Q_{ra} - Q_{rl} \quad (6)$$

де Q_{rn} – радіаційний тепловий потік від ґрунту до генеративних бруньок;
 Q_{ra} – радіаційний тепловий потік від навколишнього повітря до бруньок;
 Q_{rl} – радіаційний тепловий потік від бруньок у ґрунт та навколишнє повітря.

Кожний з радіаційних теплових потоків визначається на основі закону Стефана-Больцмана:

$$Q_r = \sigma \cdot F \cdot T^4 \quad (7)$$

де σ – константа випромінювання сірого тіла, Вт/(м²·К⁴), що дорівнює $\sigma = (1 - A) \cdot \sigma_0$;
 A – альbedo (відбивна здатність) поверхні;
 σ_0 – константа випромінювання Стефана-Больцмана абсолютно чорного тіла ($5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴));
 F – площа випромінюючої поверхні, м²;

T – температура поверхні, К.

Тоді радіаційний тепловий потік від ґрунту:

$$Q_{rn} = \sigma \cdot F_{ln} \cdot T_n^4, \quad (8)$$

де F_{ln} – площа поверхні генеративних бруньок, звернена до ґрунту, м²;

T_n – температура ґрунту, К.

Оскільки повітря поглинає і випромінює, але не відбиває, радіаційний тепловий потік від навколишнього повітря представимо так:

$$Q_{ra} = \sigma_0 \cdot 0,526 + 0,065 \cdot \sqrt{p_{va}} \cdot F_{la} \cdot T_a^4, \quad (9)$$

де p_{va} – парціальний тиск парів води в навколишньому повітрі на висоті 2 м, Па, який визначається як $p_{va} = (\varphi \cdot p_v)/100\%$;

p_v – парціальний тиск насичених парів води в повітрі при даній температурі, Па;

F_{la} – площа поверхні бруньок, звернена до навколишнього повітря, м²;

T_a – температура навколишнього повітря, К.

Випромінювання всіх генеративних бруньок:

$$Q_{rl} = \sigma \cdot F_{ln} + F_{la} \cdot T_l^4. \quad (10)$$

У результаті тепловий баланс можемо записати:

$$Q_{conv} T_l + Q_{cond} T_l + Q_{rn} + Q_{ra} - Q_{rl} T_l = \alpha \cdot F_l \cdot T_a - T_l + \beta \cdot F_l (\rho_{va} - \rho_v) \cdot r_{cond} + \sigma \cdot F_{ln} \cdot T_n^4 + \sigma_0 \cdot 0,526 + 0,065 \cdot \sqrt{p_{va}} \cdot F_{la} \cdot T_a^4 - \sigma \cdot F_{ln} + F_{la} \cdot T_l^4 = 0. \quad (11)$$

Якщо задамо граничну температуру генеративних органів T_{lim} – мінімальну температуру, яку вони витримують без пошкодження, то рівняння визначає необхідний тепловий потік, підведення якого дозволить підтримати температуру на необхідному рівні:

$$\Delta Q = Q_{conv} T_{lim} + Q_{cond} T_{lim} + Q_{rn} + Q_{ra} - Q_{rl} T_{lim}. \quad (12)$$

На основі аналізу метеоданих Харківської області за п'ятирічний період визначена емпірична залежність між температурою повітря та ґрунту під час весняних заморозків:

$$T_{ночв} = T_{возд} - 7, \quad (13)$$

де $T_{возд}$ – температура повітря під час заморозку, °С;

$T_{ночв}$ – температура ґрунту під час заморозку, °С.

Результати числових розрахунків рівноважної температури по (11) та (12) (площа поверхні генеративних бруньок звернених до навколишнього повітря та ґрунту по 3,0 м²; альbedo ґрунту 0,05; альbedo генеративних бруньок 0,15), представлені на рис. 1.

Так, при температурі навколишнього повітря T_a 4,0°С і вологості 40%, температура на поверхні ґрунту буде – 3,0°С, а температура генеративних бруньок T_l буде дорівнювати 0°С. При тих же умовах навколишнього повітря і ґрунту, але вологості 100%, температура генеративних бруньок буде 2,0°С.

Нижня межа температури генеративних бруньок 0°С в інтервалі вологості від 40 до 100% відповідає температурі навколишнього повітря від 2,0 до 4,0°С.

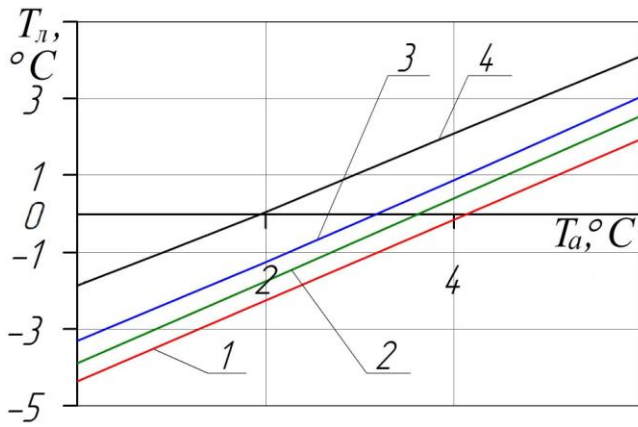


Рис. 1. Залежності рівноважної температури генеративних бруньок від температури навколишнього повітря і різній вологості навколишнього повітря: 1 – 40%; 2 – 60%; 3 – 80%; 4 – 100%

потрібна більша кількість теплоти для підтримання заданої температури генеративних органів. Збільшення вологості повітря веде до зменшення потрібної кількості теплоти. Так, при температурі повітря 4°C, температурі ґрунту – 3°C і відносній вологості 40% потрібно 91,65 МДж теплоти для підтримання температури на рівні 1°C. При тих же умовах, але відносній вологості 80%, потрібно вже 56,70 МДж теплоти, а при відносній вологості 100% заморозок уже не виникає.

Задану температуру забезпечуємо подачею тепла, кількість якого визначається з формули (12). Створений баланс тепла в шарі розташування генеративних бруньок постійно порушується радіаційним потоком від ґрунту, який має температуру нижчу за температуру повітря. Для збереження створеного балансу тепла в надґрунтовому шарі, де розташовані генеративні органи, необхідно уповільнити вплив радіаційного потоку, що надходить від ґрунту.

При розгляді радіаційного теплообміну враховано той факт, що тіла не тільки випромінюють власну, але і віддзеркалюють отриману ззовні енергію. Встановлений результуючий тепловий потік дорівнює різниці ефективних теплових потоків від навколишнього повітря і ґрунту. Оскільки ґрунт не віддзеркалює випромінювання, а повітря тільки поглинає, то, з урахуванням формул (8), (9) і (10), результуючий тепловий потік має вигляд:

$$q_{r\ddot{r}a} = \varepsilon_{\ddot{r}} \cdot \sigma_0 \cdot T_{\ddot{r}}^4 - \varepsilon_a \cdot \sigma_0 \cdot T_a^4 \quad (14)$$

де ε_n , ε_a – ступінь чорноти тіла, відповідно ґрунту та навколишнього повітря, за законом Кіргофа $\varepsilon = 1 - A$.

Графічний вигляд теоретичної залежності (14) з урахуванням рівноважної температури при різній вологості навколишнього повітря наведений на рис. 2, який підтверджує, що збільшення вологості повітря позитивно впливає на втрати питомого радіаційного результуючого теплового потоку.

Для зниження втрат тепла підігрітого повітря встановлюється тепловологоізоляційна завіса, що складається з одночасно підігрітого і зволоженого повітря.

Збільшення вологості веде до підвищення температури генеративних органів, і до цього треба прагнути при проведенні захисту від заморозків.

Керувати процесом захисту генеративних органів можна шляхом змінювання або вологості, або температури повітря, або їх комбінацією.

Рациональним рішенням є комбінована зміна температури і вологості повітря, що приймається для конкретних вихідних умов. Найбільш небезпечними умовами є температура навколишнього повітря 4°C з вологістю менше 40%. При більш сухому повітрі

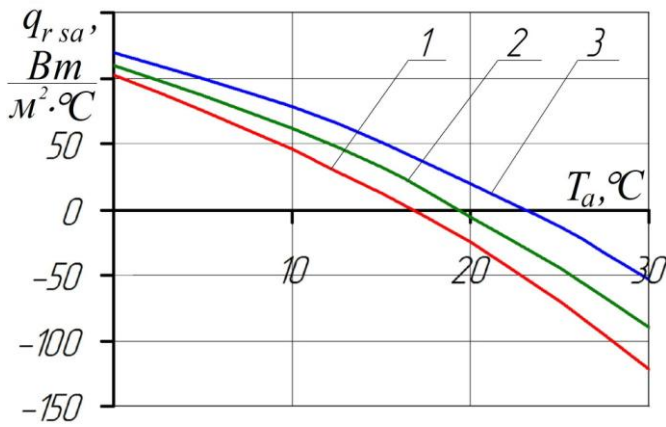


Рис. 2. Залежності питомого радіаційного результуючого теплового потоку між навколишнім повітрям і поверхнею ґрунту при різній відносній вологості: 1 – 100%; 2 – 70%; 3 – 40%

Визначені швидкості осідання і випаровування крапель води у повітрі в залежності від їх розмірів. Отримані дані дозволили обґрунтувати вибір розпилюючого обладнання для встановлення тепловологоізоляційної завіси.

Швидкість осідання краплі визначимо за формулою Стокса:

$$W_k = \frac{d^2 \cdot \rho_k - \rho_0 \cdot g}{18 \cdot \mu_a}, \text{ м/с}, \quad (15)$$

де d – діаметр краплі, м;
 ρ_k – щільність краплі, кг/м^3 ;
 ρ_0 – щільність повітря, кг/м^3 .
 μ_a – в'язкість краплі, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Швидкість випаровування визначимо за формулою Максвелла:

$$I = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot D \cdot c_k - c_0, \text{ кг/с}, \quad (16)$$

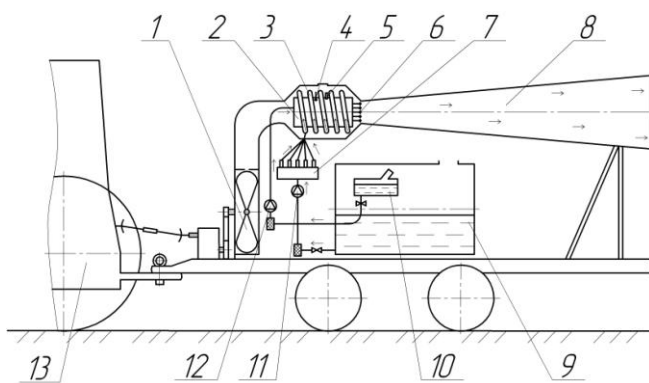
де D – коефіцієнт дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$;

c_k – концентрація водяної пари біля краплі, кг/м^3 ;

c_0 – концентрація водяної пари у навколишньому повітрі, кг/м^3 .

За формулами (15) і (16) визначено, що кращий ефект виникає через наявність у тепловологоізоляційній завісі частинок води діаметром 2,5 мкм, швидкість осідання яких $1,9673 \cdot 10^{-4}$ м/с та швидкість випаровування $3,3067 \cdot 10^{-13}$ кг/с. Ці частинки беруть надлишкову кількість теплоти і передають її навколишньому середовищу в умовах градієнта температур.

У третьому розділі наведені програма та методика експериментальних досліджень, для проведення яких розроблений та спільно з Краснокутським НДЦС ІС НААН виготовлений засіб для захисту від радіаційних заморозків (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Конструктивно-технологічна схема (а) та загальний вигляд (б) засобу для захисту дерев від радіаційних заморозків: 1 – вентилятор; 2 – камера згоряння; 3 – змійовик; 4 – форсунка паливна; 5 – система запалення; 6 – форсунки для води; 7 – розподільник; 8 – раструб; 9 – бак з водою; 10 – бак паливний; 11 – насос для води; 12 – насос паливний; 13 – трактор

Засіб для захисту від радіаційних заморозків працює наступним чином. Під час руху трактора 13 міжряддями плодових насаджень навколишнє повітря всмоктується вентилятором 1. Частина повітряного потоку подається до камери згоряння 2, друга частина подається в раструб 8. Паливо з паливного баку 10 насосом 12 подається в камеру згоряння до форсунки 4. Частина потоку з повітропроводу скрізь отвори потрапляє у камеру, змішується з паливом від форсунки, і паливо-повітряна суміш запалюється від системи запалення 5. Одночасно з цим вода, що знаходиться в баку 9, насосом 11 подається через фільтр на розподільник 7, який спрямовує рідину на змійовик 3, розташований навкруги камери згоряння. Вода, проходячи по змійовику, підігривається і вприскується за допомогою розпилювачів 6 у раструб. Повітряно-крапельна суміш направляється в міжряддя.

З метою обґрунтування конструкції та режимів роботи засобу проведено низку експериментів з визначення раціональних конструктивних параметрів раструба, кута його нахилу, кутової швидкості вентилятора, а також визначений вплив дії засобу на температурно-вологісний режим плодових насаджень. Експерименти проводили в яблуневих насадженнях дослідного поля «Центральне» ХНТУСГ імені Петра Василенка, розташованому у Харківському районі Харківської області. В якості контрольно-вимірювальної апаратури обрані цифровий мультиметр MS-8229 і міні-термометри ST-2.

Для визначення раціональних конструктивних та режимних параметрів робочих органів засобу всередині раструба, вздовж його осі, з інтервалом 0,50 м встановлені датчики температури. Значення температур повітряно-крапельного потоку виведені на цифрові дисплеї (рис. 4).

Для виміру параметрів, що контролюються, та мінімізації витрат часу на зняття даних розроблена температурна сітка (рис. 5), на якій розташовані датчики температури і вологості, а результати вимірів виведені на дисплеї. Температурна сітка складається з декількох модулів, що дозволяє використовувати її в заданому умовами дослідження трьохвимірному просторі.

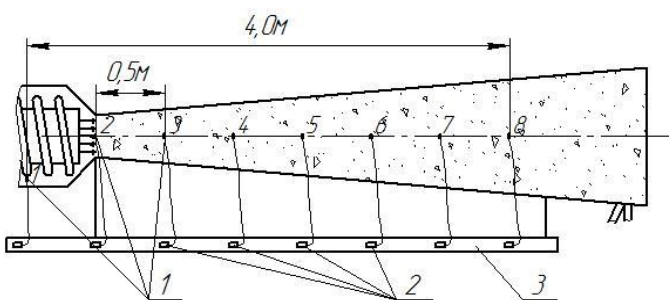


Рис. 4. Схема встановлення датчиків в раструбі: 1 – датчики вимірювання температури потоку; 2 – цифрові дисплеї; 3 – планка кріплення дисплеїв

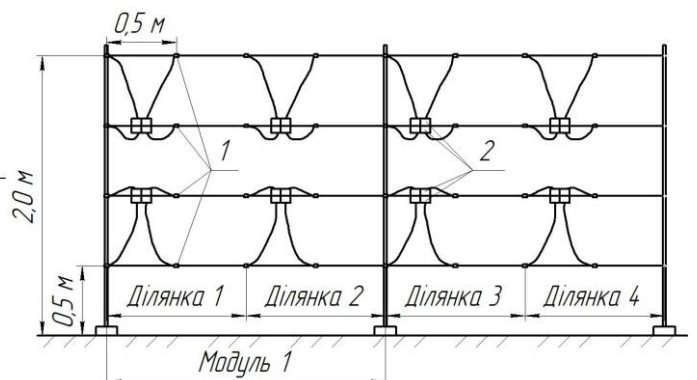


Рис. 5. Схема встановлення датчиків на температурній сітці: 1 – датчики вимірювання температури; 2 – цифрові дисплеї

З метою обґрунтування кутової швидкості вентилятора виконували дослідження розподілу теплового потоку вздовж і по ширині міжрядь. В потік теплого повітря вводилася вода, яка за допомогою форсунок розпорошувалася на краплі діаметром від 1,6 мкм до 3,9 мкм. Для виміру параметрів встановлена температурна сітка. Відстані між вимірами по довжині струменя становили: 10 м, 20 м і 30 м від раструба. Досліджували потоки повітря при кутових швидкостях вентилятора 56,52 рад/с і 107,18 рад/с.

Обґрунтування кута нахилу раструба виконували на основі дослідження розподілу теплового потоку по ширині ділянки плодкових насаджень. Засіб працював в режимі подачі повітряно-крапельної суміші в плодіві насадження із зміною кута нахилу раструба до горизонту. На відстані 10 м від вихідного отвору раструба встановлювали температурну сітку.

Для визначення ефективності роботи засобу проводили експерименти, що враховували температурний, вологісний і часовий фактори. Методика експериментів передбачала моніторинг ділянки плодкових насаджень до початку роботи засобу, одразу після проходження та через годину після проходження засобу по міжряддю.

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень та виконано їх аналіз.

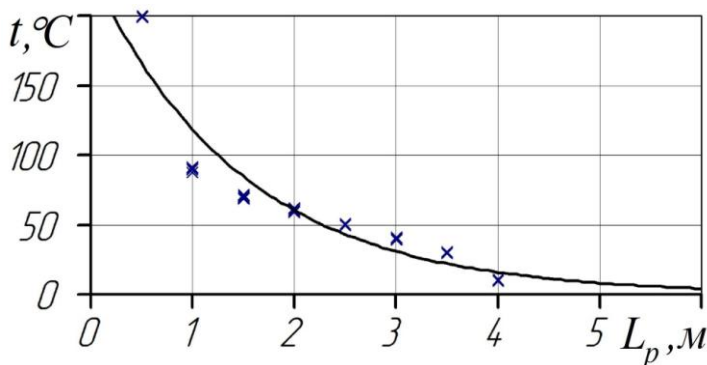


Рис. 6. Залежність температури повітряно-крапельного потоку від довжини раструбу

З метою визначення раціональних конструктивних параметрів раструба отримана залежність температури повітряно-крапельного потоку від його довжини (рис. 6).

Температурну залежність по довжині раструба апроксимували аналітичним виразом:

$$t = 232,06e^{-0,3368L_p}. \quad (17)$$

Отримана залежність дозволяє обґрунтувати конструкцію раструба з

урахуванням гранично допустимої температури повітря, що подається вентилятором на плодіві насадження. Температура потоку, який підводиться до дерев, не повинна перевищувати температуру генеративних бруньок більш ніж на 5°C. З урахуванням того, що в міжрядді температура розподіляється за нормальним законом розподілу, а максимальні значення кривої Гауса перебільшують периферійні значення в 2,5...3,0 разів, то температура на виході з раструба T' буде розраховуватися за залежністю:

$$T' = T_a + 5 \cdot 2,5 \dots 3,0, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (18)$$

Відповідно до результатів теоретичних досліджень, гранична температура генеративних органів дорівнює 2,0...4,0°C, що відповідає температурі навколишнього повітря 7,0...9,0°C. Тоді температура на виході з раструбу повинна бути в межах 21,0...27,0°C. Відповідно до залежності (15), такій температурі відповідає довжина раструба 5,5...6,1 м.

Для обґрунтування кутової швидкості вентилятора проведені дослідження розподілу температури по ширині міжряддя (рис. 7). Встановлено, що тепловий потік відповідає нормальному закону розподілу. На відстані від раструба закон розподілу зберігається, але відносно прирощення температури на деревах збільшується з 0,05 відн. од. при 10 м до 0,1 відн. од. при 30 м. Таким чином, у динамічному процесі дерева отримують відносно прирощення температури 0,1 відн. од.

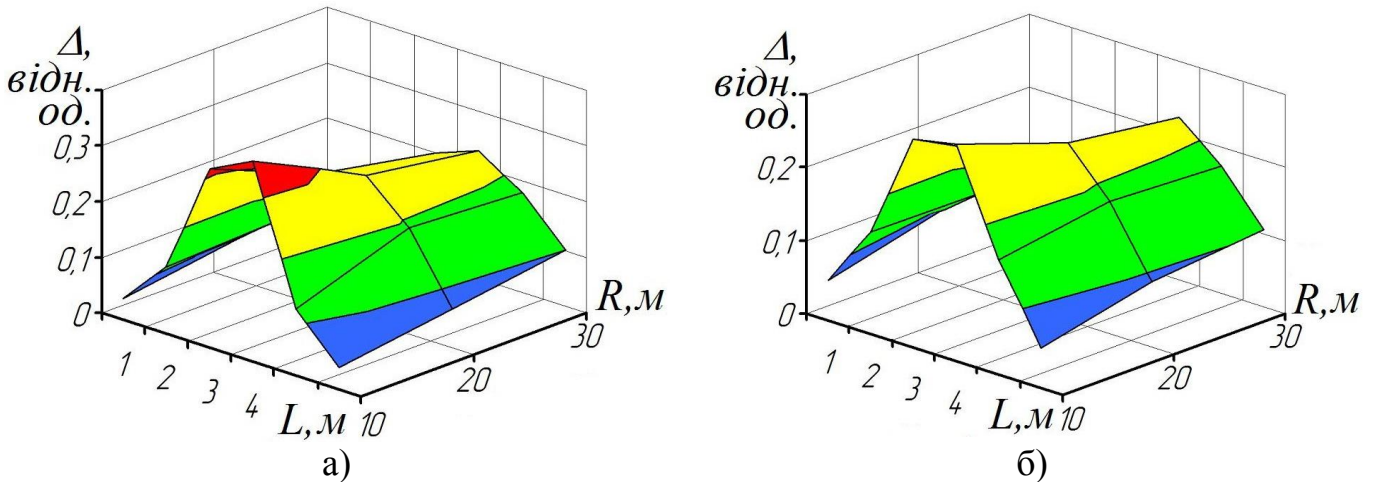


Рис. 7. Залежності розподілу відносного прирощення температури по ширині міжряддя L на відстані від раструба R при кутових швидкостях вентилятора: а) – 56,52 рад/с; б) – 107,18 рад/с

При збільшенні обертів з 56,52 рад/с до 107,18 рад/с дерева отримують тепло на рівні відносного прирощення температури 0,1 відн. од. вже на відстані 20 м.

Таким чином, при кутовій швидкості 107,18 рад/с до дерев надходить більший об'єм підігрітого повітря. Це сприяє більшій швидкості підвищення температур у зоні їх крони.

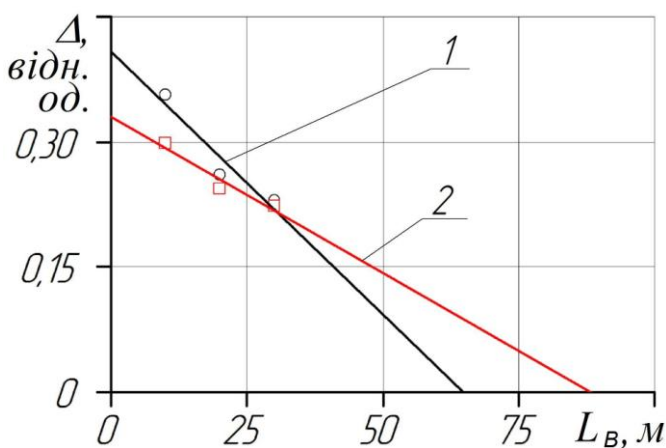


Рис. 8. Залежності розподілу відносного прирощення температури по довжині струменя при різних кутових швидкостях вентилятора: 1 – 56,52 рад/с; 2 – 107,18 рад/с

Дослідження розподілу температури за довжиною ділянки дозволили зробити висновок про те, що в безпосередній близькості від джерела тепла (до 1,5 м від раструба засобу) температура вздовж міжряддя розподіляється за експоненційною закономірністю. Дані, отримані на відстані від 10 до 30 м, і їх екстраполяція на відстань до 100 м дозволила зробити припущення про можливість ліанерізації залежностей (рис. 8): при швидкості вентилятора 56,52 рад/с $\Delta = -0,0063 \cdot L_B + 0,41$; при швидкості вентилятора 107,18 рад/с $\Delta = -0,0038 \cdot L_B + 0,33$.

Отримані залежності дозволяють регулювати зону дії теплового потоку при кутовій швидкості вентилятора 56,52 рад/с до 64 м і при 107,18 рад/с до 87 м.

Зміною кута нахилу раструба по вертикалі від -10° до 10° визначено, що інтенсивність надходження тепла до дерев знаходиться в межах відносного прирощення температури від 0,01 відн. од. до 0,06 відн. од.

Зміна кута від 0° до 10° призводить до зниження кількості теплоти, що подається до дерев.

Зміна кута більше -10° призводить до зменшення дальності дії струменя і підвищення гранично допустимої температури в зоні росту дерев вздовж міжряддя. Це веде до зниження ефективності дії засобу та пошкодження генеративних бруньок.

Таким чином, враховуючи залежності (рис. 9), раціональним є кут нахилу раструба від 0° до -10° , при якому відбувається відносно прирощення температури в зоні росту дерев на рівні від 0,04 відн. од. до 0,05 відн. од.

Для обґрунтування впливу засобу на плодові насадження за експериментальними даними побудовані графіки розподілу зміненої температури навколишнього повітря до проходу засобу по міжряддю t_n , після проходу засобу t_k і через годину після проходу засобу t_o (рис. 10).

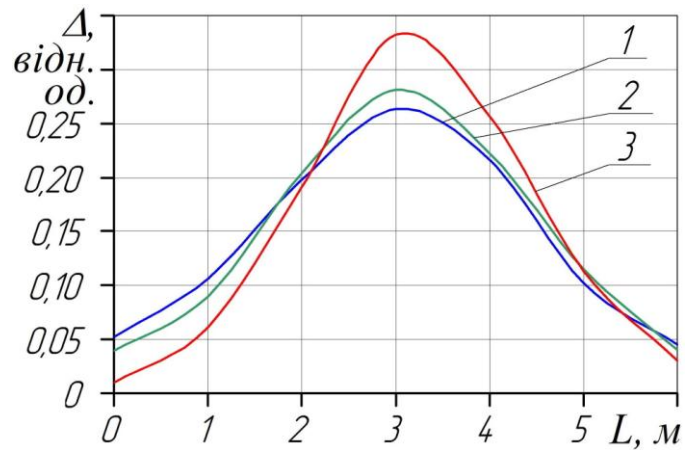
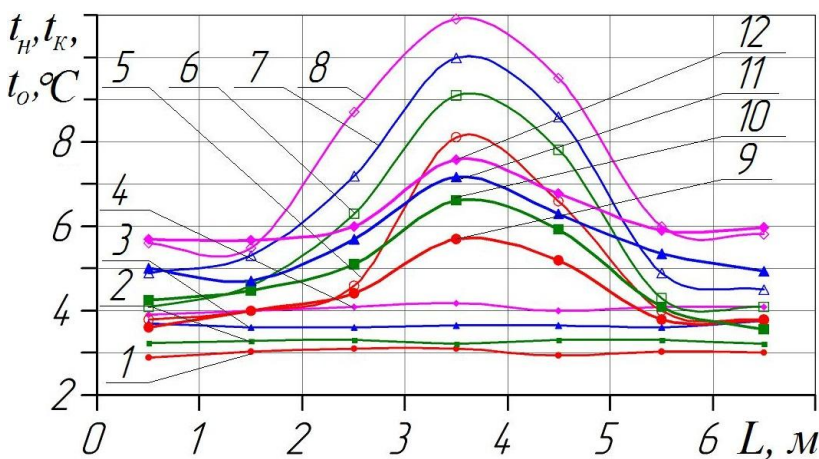
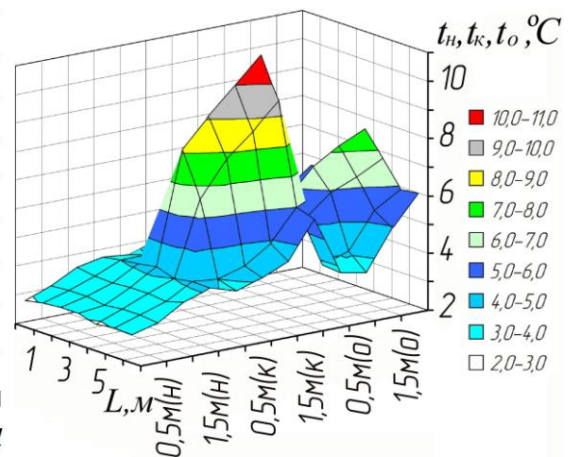


Рис. 9. Залежності розподілу відносного прирощення температури повітряно-крапельного потоку по ширині міжряддя при різних кутах нахилу раструба:

1 – (-10°) ; 2 – 0° ; 3 – 10°



а)



б)

Рис. 10. Залежності зміни температури повітря по ширині досліджуваної ділянки на різних висотах: а) – площинна залежність; б) – поверхнева залежність;

1 – t_n (0,5 м); 2 – t_n (1,0 м); 3 – t_n (1,5 м); 4 – t_n (2,0 м); 5 – t_k (0,5 м); 6 – t_k (1,0 м); 7 – t_k (1,5 м); 8 – t_k (2,0 м); 9 – t_o (0,5 м); 10 – t_o (1,0 м); 11 – t_o (1,5 м); 12 – t_o (2,0 м)

Початкові температури на різних висотах розміщуються площинно з незначною різницею в $0,2...0,5^{\circ}\text{C}$.

Кінцева температура t_k після проходу засобу значно підвищилася в центрі досліджуваної ділянки до $11,0^{\circ}\text{C}$. Незважаючи на відносно високі значення температури навколишнього повітря по центру міжряддя, до генеративних органів вона підходить в кілька разів менша, ніж в центрі. Різниця температур відносно початкових значень складає $6,1^{\circ}\text{C}$ в центрі і $1,5...1,7^{\circ}\text{C}$ на межах.

Через годину після проходу засобу залишкові значення температури t_o знизилися, проте залишалися вище початкових t_n . Різниця температур відносно кінцевих значень складає $2,8^{\circ}\text{C}$ в центрі і $0,2...0,4^{\circ}\text{C}$ на межах.

Різниця залишкових значень температури відносно кінцевих значень складає $3,4^{\circ}\text{C}$ в центрі і $1,5...1,6^{\circ}\text{C}$ на межах досліджуваної ділянки.

При цьому початкова вологість складає $45...47\%$, після обробки – $82...85\%$. Через годину значення вологості коливаються від 65 до 67% .

За результатами теоретичних і експериментальних досліджень визначено раціональні значення конструктивно-технологічних параметрів засобу: кількість теплоти, що виробляється $56,7...164,4$ МДж; робоча швидкість засобу $0,8...2,2$ м/с; витрата палива $1,5...4,4$ кг/год.; об'єм баку для палива не менше 20 л, витрата води до 140 л/га; об'єм баку для води 2000 л, кутова швидкість вентилятора $56,52...107,18$ рад/с; продуктивність $7...14$ га/год.

У п'ятому розділі наведені рекомендації з підтримання заданого температурного і вологісного режиму плодкових насаджень та виконана економічна оцінка використання засобу для захисту плодкових насаджень від радіаційних заморозків.

Використовуючи комплексний підхід до процесу підтримання заданого температурного режиму та для мінімізації енергетичних витрат раціонально застосовувати систему, яка включає: пристрій моніторингу температурного стану плодкових насаджень, пристрій управління потужністю джерела тепла, пристрій пошуку раціональної траси переміщення.

Економічний ефект при застосуванні запропонованого засобу для захисту плодкових дерев від радіаційних заморозків складає $7,5$ тис. грн на один гектар плодкових насаджень за рахунок збереження врожаю і підвищення температури.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, що виявляється в математичному моделюванні процесу захисту плодкових насаджень від весняних заморозків як процесу утворення і підтримання температурного режиму тепловологоізоляційною завісою з тепловим балансом середовища, що враховує взаємодію теплових потоків: конвективного до поверхні генеративних бруньок, конденсації водяної пари та сумарного радіаційного від ґрунту та навколишнього повітря і потоку, що випромінюється генеративними бруньками. Це дозволило підвищити ефективність процесу захисту плодкових

насаджень від весняних заморозків, розробити і впровадити засіб у науково-дослідному центрі садівництва ІС НААН України.

Головними підсумками виконаної роботи є наступні результати:

1. Проведеним аналізом результатів відомих досліджень способів і засобів механізації захисту від заморозків встановлено, що застосування відомих агробіологічних та активних способів захисту не дає позитивного ефекту. Доцільним способом захисту плодів насаджень від заморозків є утворення тепловологоізоляційної завіси, яка складається з одночасно підігрітого і зволоженого повітря, протистоїть виникненню заморозку і дає можливість захистити майбутній врожай плодів насаджень шляхом неприпустимості розвитку критичних температур для генеративних органів.

Зменшення врожайності фруктів викликається весняними заморозками в період вегетації плодів культур, а ступінь пошкодження дерев залежить від багатьох факторів, найвагомим з яких є критична температура. Генеративні органи плодів дерев гинуть при температурі $0... - 1^{\circ}\text{C}$.

2. Для встановлення закономірностей зрівноваження теплового балансу плодів насаджень під час заморозку отримала подальший розвиток математична модель теплового балансу з урахуванням взаємного впливу процесів тепло- і масовіддачі до поверхні генеративних бруньок, залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості конвективного переносу, яка дає змогу оцінити кількість теплової енергії, необхідної для підтримання заданого температурного режиму плодів насаджень.

Отримані критичні параметри середовища плодів насаджень: при температурі навколишнього повітря $4,0^{\circ}\text{C}$ і вологості 40% температура на поверхні ґрунту буде $- 3,0^{\circ}\text{C}$, а температура генеративних бруньок буде дорівнювати 0°C . При тих же умовах навколишнього повітря і ґрунту, але вологості 100%, температура генеративних бруньок буде $2,0^{\circ}\text{C}$. Нижня межа температури генеративних бруньок 0°C в інтервалі вологості від 40 до 100% відповідає температурі навколишнього повітря від $2,0$ до $4,0^{\circ}\text{C}$.

3. Для обґрунтування параметрів процесу і розробки засобу механізації захисту плодів насаджень від заморозків теоретично визначена необхідна сумарна потужність джерела теплоти для підтримки температури плодів насаджень на необхідному рівні з урахуванням питомого радіаційного результуючого теплового потоку між навколишнім повітрям і поверхнею ґрунту при різній відносній вологості, що знаходиться в діапазоні 56,7...164,4 МДж.

Найбільш небезпечними умовами є температура навколишнього повітря 4°C з вологістю менше 40%. При температурі повітря 4°C , температурі ґрунту $- 3^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості 40% потрібно 91,65 МДж теплоти для підтримання температури генеративних бруньок на рівні 1°C . При тих же умовах, але відносній вологості 80%, потрібно вже 56,70 МДж теплоти, а при відносній вологості 100% заморозок уже не виникає.

4. Підтримання створеного температурного режиму забезпечується за допомогою збільшення вологості повітря шляхом введення в тепловий потік дрібнодисперсних крапель води і встановлення тепловологоізоляційної завіси.

Теоретично визначено, що кращий ефект виникає через наявність у тепловологоізоляційній завісі частинок води діаметром 2,5 мкм, швидкість осідання яких $1,9673 \cdot 10^{-4}$ м/с та швидкість випаровування $3,3067 \cdot 10^{-13}$ кг/с. Ці частинки беруть надлишкову кількість теплоти і передають її навколишньому середовищу в умовах градієнта температур.

5. Аналізом результатів теоретичних та експериментальних досліджень визначено раціональні значення конструктивно-технологічних параметрів засобу для захисту плодкових дерев від радіаційних заморозків. Довжина раструба, з урахуванням гранично допустимої температури повітряного потоку, що подається вентилятором, знаходиться в діапазоні 5,5...6,1 м, при цьому температура на виході з раструбу повинна знаходитися в межах 21...27°C. Кут нахилу раструба 0°... – 10°; зона дії теплового потоку 64...87 м; робоча швидкість засобу 0,8...2,2 м/с; витрата палива 1,5...4,4 кг/год.; об'єм баку для палива 20 л; витрата води до 140 л/га; об'єм баку для води 2000 л; форсунки з отворами для води, що розпорошують краплі діаметром 1,6... 3,9 мкм; кутова швидкість вентилятора 56,52...107,18 рад/с; продуктивність 7...14 га/год.

6. Підтверджено, що засіб для захисту плодкових дерев від заморозків подає нагріту повітряно-крапельну суміш з розрахунковою кількістю теплоти і дотриманням дисперсних характеристик крапель. Позитивна різниця температур утримується протягом розрахункового часу.

Початкові температури до обробки досліджуваної ділянки засобом на висотах 0,5 м, 1,0 м, 1,5 м, 2,0 м розподіляються площинно з незначною різницею в 0,2...0,5°C.

Температура після проходження засобу значно підвищилася в центрі досліджуваної ділянки до 11,0°C. Незважаючи на відносно високі значення температури повітря по центру міжряддя, до генеративних бруньок вона підходить в кілька разів менша, ніж в центрі. Різниця температур відносно початкових значень складає 6,1°C в центрі і 1,5...1,7°C на межах.

Через годину після проходження засобу залишкові значення температури знизилися, проте залишалися вище початкових. Різниця температур відносно кінцевих значень складає 2,8°C в центрі і 0,2...0,4°C на межах. Різниця залишкових значень температури відносно початкових значень температури складає 3,4°C в центрі і 1,5...1,6°C на межах досліджуваної ділянки.

7. Засіб виконує перерозподіл температур по ширині міжрядь і забезпечує температурний режим плодкових насаджень, що виключає загибель генеративних органів. При цьому початкова вологість складає 45...47%, після обробки збільшується у 1,82 разів і знаходиться в діапазоні 82...85%. Через годину значення вологості коливаються від 65 до 67%, що вище початкової вологості у 1,4 разів.

8. Розроблений засіб впроваджено у Краснокутському науково-дослідному центрі садівництва інституту садівництва Національної академії аграрних наук України. Економічний ефект від застосування засобу становить 7,5 тис. грн на один гектар плодкових насаджень за рахунок збереження врожаю і підвищення температури.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Фришев С. Г. Методы борьбы с весенними заморозками в плодово-ягодных садах / С. Г. Фришев, В. И. Пастухов, А. В. Рудницкая, А. А. Борисовский // Механізація с.г. виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2007. – Вип. 59, Т. 2. – С. 20 – 25 (здобувачем проведено аналіз існуючих способів і засобів механізації захисту садів від весняних заморозків).

2. Пастухов В. И. Обоснование мощности источника теплоты для обеспечения тепловых моделей режимов агроэкосистемы / В. И. Пастухов, А. В. Сергеева, А. В. Рудницкая // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т. 8 – С. 120 – 131 (здобувачем наведена математична модель теплового балансу в саду).

3. Пастухов В. И. К вопросу тепловой защиты открытой агроэкосистемы в период заморозка путём распыления жидкости / В. И. Пастухов, А. В. Минячихин, Г. В. Рудницкая // Механізація с.г. виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2011. – Вип. 107, Т. 1. – С. 68 – 75 (здобувачем теоретично обґрунтовані параметри тепловологоізоляційної завіси).

4. Путятин В. П. Анализ особенностей технологического процесса обогрева открытой агроэкосистемы / В. П. Путятин, А. В. Рудницкая, А. Б. Элькин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – № 2/6 (44), 2010. – С. 62 – 66 (здобувачем проведено аналіз особливостей технологічного процесу обігріву агроекосистеми).

5. Рудницкая А. В. Технические средства защиты растений от заморозков для систем точного земледелия / А. В. Рудницкая // Східно-Європейський журнал передових технологій. – № 6/8 (48), 2010. – С. 8 – 12.

6. Рудницкая Г. В. Анализ розподілення температури у теплоізоляційній завісі / Г. В. Рудницкая // Механізація с.г. виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2013. – Вип. 135. – С. 57 – 63.

Додаткові публікації

7. Пат. 32163 Україна, МПК А01G 13/06 (2006). Мобільний пристрій для захисту рослин від заморозків / С. Г. Фришев, Г. В. Рудницкая, І. О. Колосок; замовник та патентовласник Національний аграрний університет. – № u 2007 13756; заявл. 10.12.07; опубл. 12.05.08, Бюл. № 1 (здобувачем розроблена конструкція засобу механізації).

8. Пат. 42497 Україна, МПК G06G 7/46 (2009.01). Пристрій для керування джерелом обігріву агроекосистеми / В. І. Пастухов, В. П. Путятін, Г. В. Рудницкая; замовник та патентовласник Харків. нац. техн. ун-т сільск. госп. ім. П. Василенка. – № u 2009 00678; заявл. 30.01.09; опубл. 10.07.09, Бюл. № 13 (здобувачем запропонована ідея пристрою).

9. Пат. 43162 Україна, МПК G06G 7/56 (2009.01). Пристрій для моніторингу теплового режиму агроекосистеми / В. І. Пастухов, В. П. Путятін, Г. В. Рудницкая;

замовник та патентовласник Харків. нац. техн. ун-т сільск. госп. ім. П. Василенка. – № у 2009 00695; заявл. 30.01.09; опубл. 10.08.09, Бюл. № 15 (здобувачем запропонована ідея пристрою).

10. Пат. 47954 Україна, МПК G06G 7/46 (2009.01). Пристрій для пошуку раціональної траси обігріву агроєкосистеми / В. П. Путятін, Г. В. Рудницька, Б. С. Елькін, О. Б. Елькін; замовник та патентовласник Харків. нац. техн. ун-т сільск. госп. ім. П. Василенка. – № у 2009 10571; заявл. 19.10.09; опубл. 25.02.10, Бюл. № 4 (здобувачем запропонована ідея пристрою).

11. Пат. 79187 Україна, МПК A01G 13/06 (2006.01). Мобільний пристрій для захисту рослин від радіаційних заморозків / В. І. Пастухов, Г. В. Рудницька; замовник та патентовласник В. І. Пастухов, Г. В. Рудницька. – № у 2012 12870; заявл. 12.11.12; опубл. 10.04.13, Бюл. № 7 (здобувачем розроблена конструкція засобу механізації).

12. Пастухов В. И. Классификация методов защиты от весенних заморозков в садах / В. И. Пастухов, А. В. Рудницкая // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: Материалы XII международной научно-производственной конференции. – Белгород: издательство Белгородской ГСХА, 2008. – С. 32.

13. Рудницкая А. В. Тепловая защита открытой агроэко системы в период заморозка путём распыления жидкости / А. В. Рудницкая, В. И. Пастухов // Молодь і технічний прогрес в АПК: Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. – С. 62.

14. Рудницька Г. В. Комплекс технічних засобів захисту рослин від заморозку для систем точного землеробства / Г. В. Рудницька, М. В. Ткаченко // Молодь і технічний прогрес в АПК: Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2012. – С. 90.

15. Рудницька Г. В. Результати експериментальних досліджень мобільного пристрою для захисту рослин від радіаційних заморозків / Г. В. Рудницька, В. І. Пастухов // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених. – Умань: УНУС, 2013. – Ч. 1.: Сільськогосподарські, біологічні та технічні науки. – С. 185.

16. Рудницька Г. В. Механізований захист плодових насаджень від заморозків шляхом встановлення теплоізоляційної завіси / Г. В. Рудницька, В. І. Пастухов // Молодь і технічний прогрес в АПК: Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – С. 44.

АНОТАЦІЯ

Рудницька Г.В. Обґрунтування параметрів процесу і розробка засобу механізації захисту садів від весняних заморозків. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, 2013.

У дисертації вирішено наукове завдання, спрямоване на підвищення ефективності процесу захисту генеративних органів плодових насаджень від весняних заморозків шляхом утворення тепловологоізоляційної завіси за рахунок застосування засобу механізації. Підтримання заданого температурного режиму забезпечується за рахунок створення засобом завіси, що складається з одночасно підігрітого і зволоженого повітря.

Отримала подальший розвиток математична модель теплового балансу плодових насаджень з урахуванням взаємного впливу процесів тепло- і масовіддачі, залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості конвективного переносу. Обґрунтовані конструктивні параметри і режими роботи засобу, що забезпечує необхідний температурний режим. В результаті проведених досліджень та економічних розрахунків доведена ефективність застосування засобу.

Ключові слова: плодові насадження, захист від заморозків, засіб механізації, тепловологоізоляційна завіса, ефективність.

АННОТАЦІЯ

Рудницкая А.В. Обоснование параметров процесса и разработка средства механизации защиты садов от весенних заморозков. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко. Харьков, 2013.

В диссертации решено научное задание, которое направлено на повышение эффективности процесса защиты генеративных органов плодовых насаждений от весенних заморозков путем создания тепловлагоизоляционной завесы, обеспечивающей поддержание заданного температурного режима за счет применения средства механизации.

Разработанное и изготовленное устройство создает тепловлагоизолирующую завесу, состоящую из подогретого и увлажненного воздуха, которая противостоит возникновению заморозка и дает возможность защитить будущий урожай в плодовых насаждениях путем недопустимости развития критических температур для генеративных органов. Объектом исследования является процесс защиты плодовых насаждений от весенних заморозков.

Получила дальнейшее развитие математическая модель теплового баланса плодовых насаждений, которая дает возможность оценить количество тепловой энергии необходимой для поддержания заданного температурного режима, с учётом взаимного влияния процесса тепло- и массоотдачи к поверхности генеративных органов, зависимости коэффициента теплоотдачи от скорости конвективного переноса.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований обоснованы конструктивные и режимные параметры, которые обеспечивают технологический процесс разработанного устройства для защиты растений от радиационных заморозков.

Длина раструба, с учетом предельно допустимой температуры воздушного потока, подаваемого вентилятором в плодовые насаждения, находится в диапазоне 5,5...6,1 м, при этом температура на выходе из раструба должна находиться в пределах 21...27°C. Рациональный угол наклона раструба в диапазоне 0°...– 10°; зона действия теплового потока при угловой скорости вентилятора 56,52 рад/с – до 64 м, соответственно при 107,18 рад/с – до 87 м.

Произведены расчеты необходимой суммарной мощности средства с учетом удельного радиационного результирующего потока между окружающим воздухом и поверхностью почвы при различных значениях относительной влажности воздуха. Поддержание установленного температурного режима обеспечивается увеличением влажности воздуха путем введения в тепловой поток частиц воды диаметром 1,9...3,9 мкм.

Применение комплексной защиты плодовых насаждений, включающей мониторинг температурного режима плодовых насаждений, управление мощностью источника тепла, маршрутизацию перемещения устройства по территории, обеспечивает защиту от радиационных заморозков.

Разработанное устройство внедрено в Краснокутском НИЦС ИС НААН Украины. Экономический эффект от использования устройства составляет 7,5 тыс. грн на гектар плодовых насаждений за счет сохранения урожая и повышения температуры.

Ключевые слова: плодовые насаждения, защита от заморозков, средство механизации, тепловлагоизоляционная завеса, эффективность.

ANNOTATION

Rudnytska G. The process parameters substantiation and mechanization means working out for spring frosts orchards protection. – Manuscript.

The thesis for getting the scientific degree of the Candidate of technical sciences on the speciality 05.05.11 – Machines and mechanization means of agricultural production. – National Technical University of Agriculture named after Petro Vasilenko. – Kharkiv, 2013.

Dissertational research deals with solving scientific problem directed to strengthen the protection of generative organs of fruit trees in orchards against radiation frosts by the mechanized protection means working out. Maintenance of required thermal conditions are being provided by creation of insulating veil consisting of both heated and humidified air.

The heat balance mathematical model for orchard, enabling to define heat energy amount needed to maintain specified temperature mode taking into account both heat and mass transfer interference from generative buds surface, has been improved; the design parameters as well as device operation mode providing specified temperature have been substantiated. The effectiveness of the developed device has been confirmed by the results of experimental research and economic calculations.

Key words: fruit orchards, frost protection, mechanization means, heat and damp insulating the veil, efficiency.

Видавництво ФОП Шейніна О. В.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовників
і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2779 від 15.02.2007 р.

Комп'ютерний набір та верстка: Г. В. Рудницька
Підписано до друку 20.05.2013 р. Здано до набору 20.05.2013 р.
Формат 60 x 84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Цифровий друк. Обл. – вид. арк. 0,9.
Тираж 120 примірників. Замовлення № 25/7

ДРУК ФОП Шейніна О. В.
61052, м. Харків, вул. Слов'янська, 3, оф. 5.

