

ТАВРІЙСЬКА ДЕРЖАВНА АГРОТЕХНІЧНА АКАДЕМІЯ

КАТЮХА Денис Анатолійович

УДК 631.31.06

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
РОБОЧИХ ОРґАНІВ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ
ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР НА КРАПЕЛЬНОМУ ЗРОШУВАННІ**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Мелітополь, 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Таврійській державній агротехнічній академії (ТДАТА)
Міністерства аграрної політики України

Науковий керівник – Заслужений працівник освіти України, кандидат технічних наук, доцент **Рогач Юрій Петрович**, Таврійська державна агротехнічна академія, проректор з науково-педагогічної роботи, завідувач кафедри «Безпека життєдіяльності»

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор **Бабицький Леонід Федорович**, Південний філіал «Кримський агротехнологічний університет» Національного аграрного університету, завідувач кафедри «Механізація і технічний сервіс»

кандидат технічних наук, доцент **Вершков Олександр Олександрович**, Таврійська державна агротехнічна академія, доцент кафедри «Деталі машин»

Провідна установа – Дніпропетровський державний аграрний університет Міністерства аграрної політики України

Захист відбудеться «02» березня 2007 р. о 10-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К18.819.01 Таврійської державної агротехнічної академії, м. Мелітополь, пр-кт Б.Хмельницького, 18

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ТДАТА за адресою: 72312 Запорізька обл., м.Мелітополь, пр-кт Б.Хмельницького, 18

Автореферат розісланий «17» січня 2007 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Діордієв В.Т.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Збільшення виробництва овочів є стратегічним завданням розвитку агропромислового комплексу України. І рішення цього завдання повинно відбуватися за рахунок кардинальної зміни технологій виробництва овочів, розробки технологій, що дозволять підвищити врожайність в 2...4 рази. Нині перспективними технологіями виробництва овочів є технології з використанням крапельного зрошення.

Необхідною умовою одержання високих і стабільних урожаїв овочевих культур є проведення своєчасного і якісного обробітку ґрунту.

Боротьбу з бур'янами в міжряддях проводять шляхом мульчування поверхні ґрунту органічними й неорганічними матеріалами, застосуванням гербіцидів і знищення бур'янів вручну та за допомогою культиваторів. Боротьба з бур'янами за допомогою культиваторів є найбільш раціональним способом з економічної та екологічної точок зору. Однак, використання серійних культиваторів з **існуючими робочими органами приводить до пошкодження зрошувальної трубки**, а такий показник як повнота підрізання бур'янів не завжди відповідає нормі, враховуючи змінну вологість ґрунту по ширині міжряддя і викликає забивання і залипання культиваторних лап.

Виходячи з вищевикладеного, **дані дослідження** спрямовані на розробку та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів знаряддя, що здатне виконувати обробіток всієї площі міжряддя без ушкодження зрошувальної трубки та поліпшує якісні показники обробітку міжрядь овочевих культур на крапельному зрошуванні – **є актуальними**.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, які склали основу дисертаційної роботи, проводилися в Таврійській державній агротехнічній академії відповідно до її плану науково-дослідних робіт на 2004...2008 роки, «Розробка наукових основ, систем технологій і технічних засобів забезпечення продовольчої безпеки південного регіону України» державний реєстраційний номер 0102U00683, скоординованою з ННЦ ІМЕСГ, виконуваним згідно з «Програмою розвитку на Україні машинобудування та забезпечення сільськогосподарського виробництва машинами та устаткуванням для комплексної механізації технологічних процесів в рослинництві» по програмі «Розробка та опанування нової техніки для сільського господарства та перероблюваних галузей промисловості» (розділ «Рослинництво») Української національної програми розробки та виробництва технологічних комплексів машин та устаткування.

Мета досліджень. Підвищення якості міжрядного обробітку ґрунту в посівах овочевих культур на крапельному зрошенні шляхом розробки нової конструкції робочого органу культиватора і обґрунтування його параметрів на основі моделювання розподілу вологості по ширині міжряддя.

Задачі досліджень:

- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему знаряддя для міжрядного обробітку овочевих культур на крапельному зрошенні;
- встановити статистичні закономірності розподілу бур'янів по ширині міжряддя;

- розробити динамічну модель розподілу вологості в ґрунті в залежності від відстані до зрошувальної трубки та зовнішніх умов;
- теоретично дослідити вплив конструктивно-технологічних параметрів робочих органів культиватора на якість підрізання бур'янів в міжряддях овочів в умовах змінної вологості ґрунту;
- встановити закономірності стабільності руху культиваторної лапи по глибині;
- експериментально встановити залежність впливу основних конструктивно-технологічних параметрів на якість обробки;
- провести виробничі випробування просапного культиватора з розробленими робочими органами та визначити техніко-економічну ефективність його використання.

Об'єктом дослідження є технологічний процес і технічні засоби міжрядної обробки ґрунту в посівах овочевих культур на крапельному зрошенні.

Предмет дослідження: моделі процесу та параметри робочих органів знаряддя для міжрядного обробітку овочевих культур в умовах крапельного зрошення.

Методи досліджень: Теоретичне обґрунтування параметрів і режимів роботи робочого органу культиватора проводилося з використанням математичного моделювання і базувалося на положеннях теоретичної механіки, методів диференціального та інтегрального обчислення, теорії імовірності й математичної статистики.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням як загальноприйнятих, так і розроблених методик і передбачали використання швидкісної кінозйомки, планування багатофакторного експерименту тощо. Обробка результатів дослідження здійснювалася на ПЕОМ із використанням теорії імовірності, регресивного й кореляційного аналізів.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає в тому, що:

- вперше розроблена динамічна модель зміни вологості ґрунту в залежності від відстані до зрошувальної трубки;
- вперше розроблена математична модель руху бур'яну по лезу криволінійної культиваторної лапи в умовах змінної вологості ґрунту;
- вперше отримані теоретичні закономірності стабільності руху культиваторної лапи по глибині в залежності від розподілу бур'янів по ширині міжряддя;
- вперше обґрунтована безпечна траєкторія руху криволінійної поворотної лапи в процесі заглиблення.

Технічна новизна розробленої конструкції робочого органу культиватора підтверджена Деклараційними патентами України №57350А від 16.06.2003р. і №15721 від 17.07.2006 р.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці робочого органу культиватора, використання якого дозволило проводити обробіток ґрунту в міжряддях при крапельному зрошенні без ушкодження зрошувальної трубки більш якісно. Результати досліджень використані ТОВ «Мелітопольпродмашкомплект» (м. Мелітополь, Запорізької області) при розробці та виготовленні ґрунтообробних сільськогосподарських машин. Матеріали досліджень прийняті до використання і впровадження на об'єктах сільськогосподарського виробництва Приазовського та Бердянського районів Запорізької області. Сільськогосподарський агрегат, що

включає самохідне шасі Т-16, оснащений культиватором з експериментальними робочими органами пройшов випробування в господарствах Південного регіону України: ТОВ «Агрофірма Овочівник» Мелітопольського району, ТОВ «Агрос», ФГ «Портнов В.М.» Приазовського району, ПП «АНКОР» Бердянського району Запорізької області; Регіональному учбово-практичному центрі Новокаховського агротехнічного коледжу (м. Нова Каховка Херсонської області), що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача.

Дисертантом особисто:

- розроблена нова конструкція робочих органів культиватора для обробки ґрунту в міжряддях овочевих культур на крапельному зрошенні [1,8,9];
- розроблена динамічна модель зміни вологості ґрунту в залежності від видалення до зрошувальної трубки та зовнішніх умов [2,3];
- отримана модель руху бур'яну по лезу культиваторної лапи, визначені залежності довжини шляху ковзання бур'яну по лезу до зависання від кута атаки [5];
- розроблена методика проведення експериментальних досліджень процесу руху бур'яну по лезу лапи культиватора [5].

Апробація результатів дисертації. По основних положеннях проведених досліджень були зроблені доповіді, які одержали схвалення на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу Таврійської Державної Агротехнічної Академії (м. Мелітополь, 2001-2006 р.), на міжнародній конференції «Землеробська механіка на рубежі сторіч» (м. Мелітополь, 2001р.), на міжрегіональній науково-практичній конференції «Передові технології виробництва овочевих культур на півдні України: тенденції та перспективи розвитку» (м. Н.Каховка Херсонської області, ННЦ ІМЕСГ, ТДАТА, Scanagri, 2002р.), на міжнародній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м.Мелітополь, 2006р.)

Публікації. Основні положення та результати досліджень опубліковані в 9 наукових працях загальним обсягом 1,85 умовного друкарського аркуша, у тому числі 7 наукових статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України, з них – 4 одноосібні, та два Деклараційних патенти України на винаходи.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури й додатків. Повний обсяг дисертації 178 сторінок, на 141 з них викладено текст роботи та список використаних літературних джерел, на 37 - додатки. Дисертація містить 7 таблиць та 52 ілюстрації (21 рисунки і схеми, 24 графіка, 7 фотографій). Використані літературні джерела 178 найменувань, з них 11 - англійською мовою.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, зазначено мету, задачі, об'єкт і предмет досліджень, окреслено наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів, рівень апробації, наведено загальну характеристику дисертації.

У *першому розділі* «**Стан питання. Постановка задач досліджень**» виконаний аналіз технологій вирощування овочевих культур. Серед існуючих способів

зрошення овочів найбільш прогресивним у теперішній час є крапельне зрошення.

У лабораторії механізації овочівництва на крапельному зрошенні ТДАТА розроблений проект технологій вирощування овочевих культур на крапельному зрошенні в умовах півдня України. В якості енергетичного засобу було обране самохідне шасі Т-16. Запропоновано навішення знарядь проводити у міжвісному просторі самохідного шасі. Схема посадки овочевих культур виконується смугами, у центрі яких знаходиться зрошувальна трубка.

Аналіз способів боротьби з бур'янами в міжряддях овочевих культур (томатів, солодкого перцю й баклажанів) показав, що найбільш раціональним способом при вирощуванні екологічно чистої продукції є знищення бур'янів за допомогою культиваторів з плоскоріжучими лапами.

Основні наукові дослідження процесу роботи плоскоріжучих культиваторних лап належать академікам В.П.Горячкіну, Г.Н.Синеєкову. Подальший розвиток був одержаний в роботах П.М.Василенко, І.М.Панова, О.В.Верняєва, М.В.Бугайченко, А.С.Кушнарєва, Л.Ф.Бабицького, Я.С.Гукова, Д.Г.Войтюка, І.А.Шевченка, В.І. Корабельського, В.О.Дубровіна та інших дослідників.

Відзначено, що при проведенні міжрядних обробок овочів на крапельному зрошенні виникає велика небезпека пошкодження крапельної трубки робочими органами культиваторів. Серійні робочі органи культиваторів, аналіз конструкцій яких представлений, не мають можливості обробітку ґрунту під зрошувальною трубою.

На підставі рівняння водного балансу ґрунту був зроблений висновок про можливість регулювання вологості ґрунту, забезпечуючи, з одного боку, необхідні умови для вирощування культур і, з іншого боку, оптимальну вологість при міжрядних обробках. Проведено аналіз розрахункових методів визначення сумарного водоспоживання (евапотранспірації). Обґрунтовано, що найбільш точним розрахунковим методом є метод Пенмана-Монтейна.

В заключній частині розділу сформульовані і викладені задачі досліджень.

У *другому розділі «Теоретичне обґрунтування процесу обробки міжрядь в умовах крапельного зрошення»* запропоновано технологічну схему знаряддя для міжрядного обробітку овочів (рис.1). На початку руху в рядках знаряддя переводиться з транспортного положення в робоче, при цьому плоскорізальні лапи 2 дотикаються до поверхні ґрунту і знаходяться в положенні І. На початку руху лапи повертаються за допомогою привода 3 та одночасно заглиблюючись, заходять під зрошувальну трубку. В положенні ІІ лапи 2 знаходяться в сталому режимі руху. По завершенні обробітку лапи, що знаходяться в положенні ІІ, повертаються за допомогою привода 3 та виходять з-під зрошувальної трубки.

Конструкцією передбачено рух стійок робочих органів по лінії захисної зони рядка культур. Нерухомо закріплений попереду стійки підгортальник підрізає ґрунт перед стійкою та зсуває його в бік рядка культур та присипає бур'яні в захисній зоні рядка.

Таким чином, використання знаряддя з робочими органами такої конструкції дозволить виконувати обробітку ґрунту та боротьбу з бур'янами в міжряддях овочів, вирощуваних по технологіям з використанням крапельного зрошення в усіх міжряддях, включаючи захисні зони рядків без пошкодження зрошувальної трубки.

Рис.1. Технологічна схема роботи знаряддя для міжрядного обробітку овочевих культур на крапельному зрошенні:
1 – рама; 2 - плоскорізальні лапи; 3 - привод

В результаті проведених досліджень статистичних закономірностей розподілу бур'янів по ширині міжряддя встановлено, що розподіл бур'янів по ширині міжряддя підкоряється закону розподілу Вейбула.

Ступінь узгодження емпіричного розподілу з теоретичним оцінюється довірчою ймовірністю χ^2 , рівною 0,9709. Проведений кореляційний аналіз показав, що інтенсивність росту бур'янів і вологість ґрунту по ширині міжряддя мають пряму кореляційну залежність з коефіцієнтом кореляції 0,79, що надало можливості зробити наступне допущення: так як в період обробітку бур'яни мають нітесвідний стебель та знаходяться суцільному ґрунтовому середовищі, то коефіцієнт тертя бур'янів о лезо чисельно рівний коефіцієнту тертя ґрунту о лезо лапи.

Рух бур'яну по лезу лапи відбувається підкоряючись теорії різання з ковзанням. Однак, у будь-який момент часу в наслідок певних причин рух бур'яну може припинитися. Цими причинами можуть бути: переплетення декількох бур'янів між собою, залипання ділянки леза ґрунтом і т.п. Через деякий час внаслідок усунення причин зупинки рух бур'янів по лезу може відновитися (рис.2).

Рис.2. Розрахункова схема взаємодії лапи з бур'яном.

Таким чином, у загальному випадку рух бур'яну являє собою серію пересувань і зупинок, тобто траєкторія його являє собою криву. Причому питома кількість бур'янів на лезі збільшується з видаленням від носка лапи. Це приводить до того, що причини зупинок бур'янів виникають все частіше, що в остаточному підсумку приводить до забивання лапи бур'янами.

Побудова моделі руху бур'яну по лезу лапи виконувалася з використанням елементів теорії різання з ковзанням, теорії імовірності й теорії масового обслуговування.

Припустимо, що бур'яни з'являються на лезі поодиночі, тобто потік подій є ординарним. Використовуючи термінологію теорії масового обслуговування, на лезо надходить потік подій, що викликають забивання. Щільність цього потоку λ у кожній точці лапи залежить від положення точки, тобто від параметра b , або $\lambda = \lambda(b)$

Приведений кут тертя залежить від імовірнісних параметрів λ і m , які характеризують щільність потоків подій забивання й очищення відповідно. Причому параметр λ змінюється по довжині леза, в залежності від середньої кількості бур'янів на одиниці довжини леза, а ця кількість збільшується з видаленням від носка лапи.

В загальному випадку траєкторія руху бур'яну в ґрунті описується приведеним кутом тертя $\varphi_{пр}$. Зміну приведенного кута тертя можна пояснити чергуванням процесів руху бур'янів по лезу та їх короткочасних зупинок.

$$\varphi_{пр} = \arctg \left(\operatorname{tg}(\gamma + \varphi) + \frac{\lambda}{\mu} (\operatorname{ctg} \gamma + \operatorname{tg}(\gamma + \varphi))(1 - \eta) \right) - \gamma, \quad (1)$$

де γ - кут атаки культиваторної лапи к напрямку руху, град;

φ - кут тертя бур'яну по лезу, град;

z - коефіцієнт, що враховує частку бур'янів, перерізаних лезом лапи.

Отже, з видаленням від носка лапи **приведений кут тертя зростає внаслідок:**

- збільшення питомої кількості бур'янів на лезі лапи;

- збільшення вологості ґрунту.

Для перевірки адекватності приведеної залежності процесу підрізання бур'янів культиваторною лапою, були розраховані значення приведенного кута тертя для різних параметрів лап і режимів роботи культиватора. При цьому визначалися: приведений кут тертя для різних точок леза залежно від різних кутів γ ; довжина шляху ковзання по лезу до зависання і ефективна ширина захвату лапи залежно від кута γ ; ефективна ширина захвату лапи при різних способах кріплення лапи. Отримані результати порівнювалися з даними інших дослідників.

Залежність приведенного кута тертя від відстані до носка лапи представлена на рис.3 ($\varphi = 37^\circ$, $\mu = 0,0075 \text{ с}^{-1}$, $\eta=0,2$, $V_m=2,2 \text{ м/с}$).

При рішенні задачі обробітку міжрядь із крапельним зрошенням стикаємося з тим фактом, що вологість ґрунту не однакова по всій ширині захвату полільної лапи. У зв'язку із цим була прийнята **наукова гіпотеза, що підвищити якість обробітку міжрядь з змінною вологістю по ширині захвату можна шляхом використання лап з лезом криволінійної форми**. Для обґрунтування форми леза була побудована математична модель, що дає уявлення про величину вологості ґрунту в будь-якій точці оброблюваного шару, як у процесі зрошення, так і через певний час після його припинення.

Рис.3. Залежність приведенного кута тертя від відстані до носка лапи (точки - експериментальні дані, крива - теоретичні дані).

Фронт поширення вологи в ґрунті має форму еліпса, у центрі якого знаходиться зрошувальна трубка. Форму еліпса також має крива, проведена через кінці векторів швидкостей розповсюдження вологи (рис.4). Рівняння цієї кривої являє собою:

$$\frac{V_y^2}{V_\Gamma^2} + \frac{V_z^2}{V_B^2} = 1, \quad (2)$$

де V_y , V_z – відповідно горизонтальна та вертикальна складова швидкості розповсюдження вологи від зрошувальної трубки (точка О) к точці А, м/с;

V_Γ , V_B – відповідно швидкості розповсюдження вологи в горизонтальному і вертикальному напрямках, м/с.

Рис.4. Розрахункова схема до визначення швидкості розповсюдження вологи в ґрунті.

При побудові математичної моделі водного балансу для будь-якої точки оброблюваного шару розглядалися два протилежних процеси: насичення ґрунту вологою внаслідок зрошення й збиток вологи внаслідок випару.

Абсолютна вологість ґрунту в момент часу t на глибині z складе:

$$W_a = \frac{\rho_B}{\rho_d} \left(\frac{2q}{\pi} \left(\frac{1}{\sqrt{y^2 V_B^2 + z^2 V_\Gamma^2}} - \frac{1}{V_\Gamma V_B t} \right) - \frac{ET_0 e^{-\alpha z}}{V_{BB}} \right), \quad (3)$$

де ρ_B – щільність води, кг/м³;

ρ_d – дійсна щільність ґрунту, кг/м³;

q – питома витрата води, що подається на поле зі зрошувача, м³/год;

ET_0 – сумарне водоспоживання (евапотранспірація), $m^3/m^2 \cdot год$;

V_{BB} – швидкість розповсюдження вологи в ґрунті вертикально вгору, m/c ;

α – дослідний коефіцієнт.

З часом абсолютна вологість ґрунту росте, асимптотично наближаючись до певного максимуму (рис.5):

$$W_a = \frac{\rho_B}{\rho_d} \left(\frac{2q}{\pi \sqrt{y^2 V_B^2 + z^2 V_r^2}} - \frac{ET_0 e^{-\alpha z}}{V_{BB}} \right), \quad (4)$$

Рис.5. Зміна вологості ґрунту при зрошенні в залежності від часу ($z=10$ см, $y=20$ см, $q=1,5$ л/год).

Аналізуючи графік рис.5 можна зробити висновок про те, що після включення крапельного зрошення вологість ґрунту досягне значення, близького до певного максимуму, приблизно через 12 годин. Оскільки реальний час зрошення звичайно перевищує це значення та вологість на початку зрошення $W_{a0} \neq 0$, то будемо вважати, що при вимиканні зрошувальної системи з метою проведення міжрядної обробки ґрунт має максимальну вологість, що можлива для даного типу ґрунтів при обраному режимі зрошення.

Для ґрунтів південного регіону України та системи зрошення, що характеризується відстанню між крапельницями 25 см з витратою води однією крапельницею 1,5 л/год при сталому режимі будемо мати наступну абсолютну вологість ґрунту на глибині обробки: біля зрошувальної трубки 28%, біля рядка рослин 24%.

Таким чином, зміна абсолютної вологості ґрунту після відключення зрошення внаслідок випаровування буде змінюватися згідно виразу:

$$W_a = \frac{\rho_B}{\rho_d} \left(\frac{2q}{\pi} \left(\frac{1}{\sqrt{y^2 V_B^2 + z^2 V_r^2}} - \frac{1}{V_r V_B t_n} \right) - ET_0 \alpha e^{-\alpha z} t \right) \quad (5)$$

Вираз (5) представляє собою рівняння водного балансу для будь-якої точки ґрунту, що знаходиться на глибині z і на відстані y від зрошувальної трубки. Рівняння дозволяє розрахувати абсолютну вологість ґрунту для будь-якого моменту часу після припинення поливу. Динаміка зміни вологості внаслідок евапотранспірації зображена на рис.6. Аналізуючи приведений графік і задавшись допустимим для обробки інтервалом вологості $W_a = 15 \dots 20\%$, бачимо, що обробіток ґрунту можна починати в момент часу $t_n = 16$ год, коли вологість ґрунту поблизу кінця лапи досягне верхньої границі допустимого інтервалу, і закінчувати в момент $t_k = 22$ год, коли вологість ґрунту поблизу носка лапи досягне нижньої границі допустимого інтервалу.

Рис.6. Зміна абсолютної вологості ґрунту на глибині 5 см після закінчення зрошення від часу ($V_{\text{вв}}=0,04$ м/год, $ET_0=0,12$ мм/год):
1 – під зрошувальною трубою;
2 – у рядка рослин.

На підставі виразу (5) зобразимо графічно діапазон вологості ґрунту по всій ширині захвату лапи в інтервалі часу, коли можлива обробка ($W_{\text{а доп}} = 15\ldots 20\%$) (рис.7). Так як кут тертя ґрунту о сталь залежить від вологості ґрунту, зобразимо графік залежності кута тертя від видалення до зрошувальної трубки в період, коли можна проводити обробіток. (рис.8.)

Рис.7. Залежність абсолютної вологості ґрунту на глибині 5 см від відстані до рядка рослин: 1 – на початку обробки; 2 – наприкінці обробки

Рис.8. Залежність коефіцієнту тертя ґрунту по сталі на глибині 5 см від відстані до рядка рослин: 1 – на початку обробки; 2 – наприкінці обробки

При обґрунтуванні кута атаки лез лап культиватора користуються нерівністю:

$$\gamma \leq 90^\circ - \varphi_{\text{пр}} \quad (6)$$

В якості кута тертя необхідно брати саме приведений кут тертя, тому що в цьому випадку будуть враховуватися процеси накопичення бур'янів на лапі при ковзанні, а також їхніх короткочасних зупинок.

Щоб зробити висновок про можливість процесу ковзання бур'яну по лезу лапи, зобразимо графічно залежність $\varphi_{\text{пр}} + \gamma = f(\gamma, b)$ у вигляді двовірних перетинів поверхні (для початку й закінчення обробки) (рис.9). Очевидно, що ковзання неможливо при $(\varphi_{\text{пр}} + \gamma) \geq 90^\circ$. Для забезпечення ковзання апіорі встановимо граничне значення $\varphi_{\text{пр}} + \gamma$ на рівні 80° . Подальше зменшення цього показника недоцільно, оскільки призведе до збільшення довжини леза, і, відповідно, до нерівномірності ходу лапи як у горизонтальній, так і у вертикальній площині.

а)

б)

Рис.9.Двовірні перетини поверхні $\varphi_{\text{пр}} + \gamma = f(\gamma, b)$ на початку (а) і в кінці (б) обробітку

Через те, що найбільша небезпека забивання лапи існує на початку обробітку, для подальших досліджень вибираємо відповідну криву, яку можна апроксимувати поліномом третього ступня:

$$\gamma = -1600b^3 + 321,74b^2 - 74,894b + 52,027 \quad (7)$$

Рівнянням кривої леза лапи є функція $dy = db \operatorname{ctg}(\gamma(b))$. Вирішуючи це рівняння за допомогою чисельного методу Ейлера, отриману криву апроксимуємо поліномом другого ступеню.

$$b = -1,2719y^2 + 1,2721y \quad (8)$$

Довжина криволінійного леза лапи 27 см. У випадку застосування прямолінійного леза, необхідно прийняти кут $\gamma = 28^\circ$ (за мінімальним значенням). При цьому довжина леза складе 43 см. Таким чином, застосування криволінійного леза дозволяє скоротити його довжину в 1,6 рази.

Довжина леза розробленого робочого органу перевищує аналогічний показник серійних лап. В умовах змінної вологості в міжрядді й нерівномірності розміщення бур'янів по ширині міжряддя для якісного виконання робочого процесу обробки необхідно забезпечити стабільність ходу лапи по глибині на всій ширині захвату.

Розглянемо процес вичісування бур'янів досліджуваною культиваторною лапою (рис.10):

Поверхню, що вступає у взаємодію із ґрунтом умовно можна розділити на наступні ділянки:

АВ - зминання ґрунту, частки ґрунту зсковзують по поверхні вниз, дно борозни ущільнюється;

ВС і CD - зминання ґрунту, частки ґрунту переміщуються вперед по ходу робочого органу;

DE, EF і FG - розпушування ґрунту з ковзанням часток по поверхні робочого органу.

Зминання ґрунту відбувається тільки на поверхні, утвореною округленою кромкою леза. Це приводить до ущільнення ґрунту, а також до виникнення сил, що дестабілізують рівномірність ходу лапи по глибині.

Рис.10. Розрахункова схема взаємодії лапи з бур'яном

Сила, що виштовхує лезо з ґрунту визначається:

$$r_{л.у} = \frac{1}{2} \delta r (\cos \varphi - \sin \varphi), \quad (9)$$

де δ - твердість ґрунту, Н/м²;

r - радіус затуплення кромки леза, м;

φ - кут тертя, рад.

Заглиблююча сила, що діє на лапу в ґрунті:

$$p_{л.у} = \frac{a(k + \varepsilon V^2)}{\operatorname{tg}(\varphi + \beta)}, \quad (10)$$

тут a - глибина обробки ґрунту, м;

k - коефіцієнт залежний від типу ґрунту, Н/м²;

ε - коефіцієнт, що залежить від типу робочого органу, Н·с²/м⁴;

V - швидкість руху машини, м/с;

β - кут нахилу леза лапи до горизонту, рад.

При відсутності бур'янів, в ідеальних умовах виштовхуюча сила (9) значно менше заглиблюючої (10). Це співвідношення змінюється, якщо на лезі на певний час зависають бур'яни. З огляду на раніше зроблені допущення, що коефіцієнт тертя бур'янів мало відрізняється від коефіцієнта тертя ґрунту, вважаємо що бур'яни тільки додають виштовхуючу силу, а заглиблююча сила не змінюється. Виштовхуюча сила, викликана зависанням бур'янів на лапі визначається:

$$r_{с.у} = \frac{1}{2} V t n_{тр} e^{-\lambda L_1} \delta d (r + d) \cdot (\cos \varphi - \sin \varphi), \quad (11)$$

де t - середній час зависання бур'яну на лезі лапи, що визначається експериментально за допомогою відеозйомки процесу, с;

$n_{тр}$ - концентрація бур'янів біля зрошувальної трубки, м⁻²;

λ - коефіцієнт, м⁻¹;

d - середній діаметр бур'янів, м.

Таким чином, сумарне розподілене навантаження в кожній точці леза визначаються:

$$p_y = -r_{л.у.} + p_{л.у.} - r_{с.у.}, \quad (12)$$

Рис.11. Епюри сил, що діють на лезо у вертикальному напрямку по довжині леза:

1 - епюра сил,

2 - епюра моментів

Аналізуючи графіки (рис.11), бачимо, що внаслідок зависання бур'янів на лезі на певній відстані від стійки сили виштовхування перевищують заглиблюючі сили і лапа може виштовхуватися з ґрунту. Для рішення цієї проблеми була виготовлена лапа, на кінці якої встановлений хвостовик, глибина ходу якого нижче глибини, на якій знаходяться корені бур'янів. Цей хвостовик створює додаткове заглиблююче зусилля. У цьому випадку розподілене навантаження визначиться як:

$$P_y = -r_{л.у.} + P_{л.у.} - r_{с.у.} - r_{х.у.} + P_{х.у.}, \quad (13)$$

де $r_{х.у.}$, $p_{х.у.}$ – виштовхуюча та заглиблююча сили, діючі на хвостовик, Н.

Визначено, що при ширині хвостовика 5 см і глибині ходу 10 см, забезпечується відсутність негативних (виглиблюючих) сил і моментів в усіх перетинах; максимальна заглиблююча сила становить 250...300 Н, що забезпечує стабільність ходу по глибині.

При заглибленні лапи досліджуваного робочого органу культиватора відбувається її поворот відносно вертикальної вісі. Робоче положення лапа приймає вже на певній глибині. Завдяки цьому зрошувальна трубка не пошкоджується. Обґрунтування траєкторії руху лапи в процесі заглиблення проведено з метою недопущення пошкодження зрошувальної трубки.

$$z = \int_0^t \operatorname{tg} \varepsilon \cdot \sin \varphi \cdot (V_m + \omega(t)R \sin \varphi(t)) dt, \quad (14)$$

де z – глибина обробітку, м;

ε - кут постановки леза к дну борозни, рад;

φ - кут повороту лапи відносно точки обертання, рад;

V_m – швидкість руху культиватора, м/с;

ω - кутова швидкість повороту лапи, рад/с;

R – довжина леза, м.

Для руху лапи під час заглиблення доцільно виконання наступної умови: тривалості повороту і заглиблення повинні бути приблизно однаковими. Пояснюється ця умова тим, що при швидкому повороті лапи до робочого положення можливо пошкодження зрошувальної трубки, оскільки заглиблення ще не відбулося. Повільний поворот лапи теж небажаний, тому що під час повороту бур'яни підрізаються не повністю.

У третьому розділі «Програма та методика експериментальних досліджень» викладено програму експериментальних досліджень, наведено методику їх проведення, описано експериментальні установки, прилади та обладнання.

Експериментальні дослідження були умовно розділені на два етапи: перший передбачав дослідження розподілу вологи в ґрунті при крапельному зрошенні. Другий - виявлення кількісних залежностей між параметрами досліджуваного культиватора і якісними показниками його роботи.

Для визначення вологості ґрунту використовувався метод гарячої сушки її зразків за відомою методикою. У його основу покладене визначення кількості води, наявної в ґрунті, шляхом висушування зразків, вийнятих із ґрунту.

При реалізації другого етапу експериментальних досліджень як критерій оптимізації прийнятий ефективна ширина захвату лапи, тобто максимальна ширина захвату лапи, при якій не спостерігається зависання бур'янів на лезі.

На підставі теоретичного вивчення процесу були обрані фактори, які впливають на критерій оптимізації (табл. 1) та був обраний симетричний композиційний план Боксу В₃, який має найкращі показники з позиції D-оптимальності, тобто точності оцінки коефіцієнтів регресії.

Таблиця 1 -

Фактори та рівні їх варіювання

Позначення фактора	Найменування факторів	Рівні варіювання	
		нижній	верхній
X ₁	Кут γ , град	25	55
X ₂	Швидкість руху культиватора, м/с	1	3
X ₃	Глибина обробітку, см	4	12

Була виготовлена експериментальна установка, що дозволяє змінювати глибину обробітку в необхідних межах за допомогою опорного колеса та кут повороту лапи γ у широких межах за допомогою регульовальних дисків.

Культиватор навішувався в міжосьовий простір трактора Т-16. В кузові трактора встановлювався ноутбук. Безпосередньо над культиваторною лапою за допомогою жорсткого кріплення до стійки прикріплювалася web-камера. (рис.12) Жорстке кріплення необхідно для зведення до мінімуму взаємного переміщення камери й лапи. Камера з'єднувалася з ноутбуком за допомогою кабелю USB довжиною 5 м.

Кожний дослід проводився в чотириразовій повторності. Процес руху бур'янів по лезу лапи знімався камерою й записувався на жорсткий диск ноутбука. Дослід тривав до явного забивання лапи.

При покадровому перегляді визначалося місце зависання бур'янів на лезі. Причому зависанням вважалося не короткочасне припинення руху, а остаточне, коли на зупинений бур'ян «наповзають» інші й це не викликає поновлення ковзання. За допомогою лінійки, встановленій над лапою, визначалася відстань від місця зависання до осі руху лапи, тобто ефективна ширина захвату.

Крім того, після обробки результатів експериментів для найкращого сполучення факторів будувалися траєкторії руху бур'яну відносно ґрунту. Траєкторії будувалися методом координування положення бур'яну при покадровому перегляді відеозйомки процесу.

Рис.12. Експериментальна установка.

Четвертий розділ «Результати експериментальних досліджень» містить результати експериментальних досліджень розподілу вологості в ґрунті та польових випробувань культиватора з експериментальними робочими органами.

За результатами експериментальних і теоретичних досліджень вологості ґрунту побудовані двомірні перетини шару ґрунту (рис.13, 14).

Рис.13. Двомірні перетини шару ґрунту через 2 години після включення зрошення.

Рис.14. Двомірні перетини шару ґрунту через 2 години після відключення зрошення.

Проведений аналіз адекватності теоретичної моделі вологості ґрунту в умовах крапельного зрошення показав, що для моделі (3) довірна ймовірність становить 92,8%, а для моделі (5) - 91,9%.

За допомогою критерію Кохрена визначено, що при проведенні дослідів дисперсії відгуків однорідні з довірчою ймовірністю 95%.

Реалізація плану експерименту другого етапу експериментальних досліджень дозволила одержати наступне рівняння регресії математичної моделі, що адекватно описує розглянутий процес із імовірністю 95%:

$$Y=21,73-4,28X_1-0,46X_2+1,26X_3+1,45X_1X_2+1,23X_1X_3-0,80X_2X_3+2,96X_1^2+1,52X_2^2+1,40X_3^2 \quad (15)$$

Отримана модель була проаналізована за допомогою методу двовимірних перетинів, у результаті чого був зроблений наступний висновок: зі збільшенням глибини умови обробки трохи поліпшуються, що проявляється в зростанні ефективної ширини захвата. При будь-якому значенні глибини обробки найкращим значенням кута γ є його мінімальне значення.

Для більше детального аналізу моделі був побудовано ще один двовимірний перетин для $X_3=-0,5$, що відповідає глибині обробки 6 см, тобто глибині, на якій планується реально проводити міжрядну обробку (рис.15).

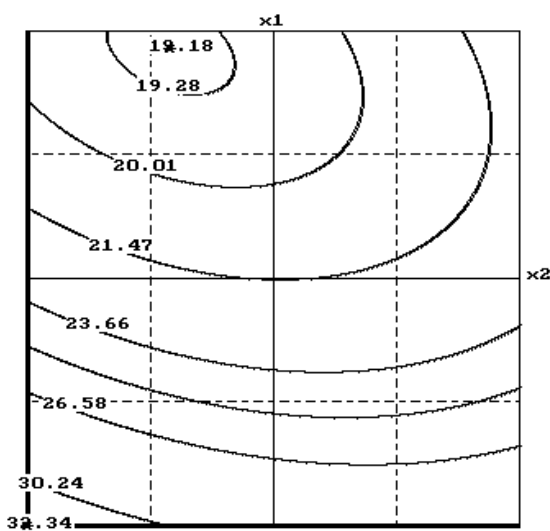


Рис.15. Двовимірний перетин поверхні відгуку при $X_3=-0,5$

На основі аналізу математичної моделі зроблені наступні висновки:

- Кут γ значно впливає на критерій оптимізації (зі зменшенням кута критерій оптимізації поліпшується). Для забезпечення ширини захвата лапи 25 см необхідно фактор X_1 встановлювати на рівні $X_1 = -0,65$, тобто $\gamma = 30^\circ$, що сходиться з отриманими теоретичними висновками. Незважаючи на те, що зменшення кута γ приводить до збільшення поздовжнього розміру лапи, істотне його збільшення недоцільно, тому що це може приводити до забивання лапи бур'янами;
- величина швидкості обробки дуже залежить від значення фактора X_1 (велика парна взаємодія): при великому значенні кута γ з збільшенням швидкості критерій поліпшується, при малому – істотно не змінюється, що дозволяє довільно вибирати робочу швидкість.

Збільшення приведенного кута тертя в процесі ковзання бур'яну по лезу демонструють траєкторії його руху відносно ґрунту (рис.16). Траєкторії отримані шляхом координування положень бур'янів при покадровому перегляді відеозйомки процесу.

Криволінійна лапа характеризується тим, що збільшення в процесі ковзання приведенного кута тертя бур'яну об лезо компенсується зменшенням кута γ . В результаті в ідеальному випадку траєкторії руху бур'янів повинні являти собою прямі лінії.

За середнім значенням траєкторій руху бур'яну під дією плоскоріжучих культиваторних лап (рис.16) було побудовано умовні траєкторії. Траєкторію руху бур'яну під дією прямолінійної культиваторної лапи можна апроксимувати рівнянням параболу $y=926,08x^4-331,83x^3+39,181x^2+0,1744x$ з вірогідністю апроксимації 0,9993.

Траєкторію руху бур'яну під дією криволінійної культиваторної лапи апроксимуємо рівнянням прямої $y=3,1589x$ з вірогідністю апроксимації 0,9955. Кут нахилу прямої до напрямку руху становить $17,57^\circ$. Нескладно визначити, що $\varphi_{пр}+\gamma=72,43^\circ$, тобто умова ковзання виконується й на підставі чого робимо висновок,

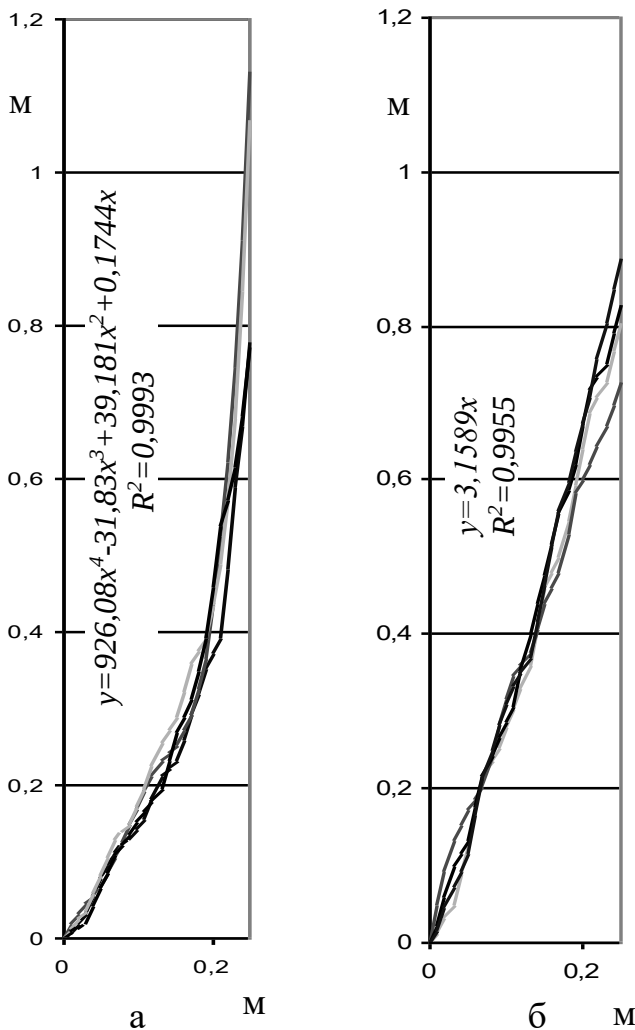


Рис.16. Траєкторії руху бур'янів відносно ґрунту при ковзанні по лезу культиваторної лапи:

а – експериментальна прямолінійна лапа;
б – розроблена криволінійна лапа.

руху бур'янів прямолінійними лапами коливалася в межах 55...80%, а запропонованими криволінійними - 68...96%.

Ступінь приживлюваності бур'янів після проходження всіх випробуваних лап була практично однаковою і часом доходила до 15...26%. Після обробки прямолінійними лапами ступінь приживлюваності бур'янів була незначно більше за рахунок залишених незрізаних бур'янів.

Ступінь кришення ґрунту оцінювалася по агрегатному складу. Пропоновані криволінійні лапи забезпечують трохи гірше кришення ґрунту, у порівнянні із прямолінійними. Це пов'язане зі зменшенням дійсного кута кришення по ширині захвату криволінійної культиваторної лапи з 15° до 8° .

Перемішування ґрунту. Запропоновані криволінійні лапи, у порівнянні із прямолінійними, перемішують ґрунт на 15...25% менше.

Профіль поверхні міжряддя. Прямолінійні лапи значно уступають по цьому показнику запропонованим. При обробці останніми площа обробленого міжряддя

що застосування криволінійного леза виправдане.

Проведена оцінка агротехнічних показників запропонованих криволінійних лап у порівнянні із прямолінійними виконувалася відповідно до загальноприйнятих методик на випробування культиваторів.

Стабільність ходу лап по глибині на міжрядній обробці дуже сильно залежить від попередніх культивацій.

При першій культивації коефіцієнт варіації глибини був 8...15%, при наступних - 5...10%. Досить високі показники стійкості лап при наступних обробках забезпечувалися збільшенням захисних зон рядків, і, як наслідок зменшенням ширини оброблюваного міжряддя. Кращі показники стійкості ходу лап досягнуті завдяки використанню хвостовиків.

Ступінь підрізання бур'янів. У дослідках по визначенню ступеня підрізання бур'янів всі випробувані лапи мали крайню межу затуплення, тобто товщина лез була рівна 0,6...0,8 мм.

Запропоновані лапи криволінійної форми в порівнянні із прямолінійними підрізали бур'яни значно краще. У середньому ступінь підрізання

менше на величину до 17%, тобто після проходження криволінійними лапами оброблена поверхня є більш вирівняною.

Опір лап. Тяговий опір запропонованих криволінійних лап у порівнянні із прямолінійними менше за рахунок зменшення довжини лапи в 1,6 рази й зменшення кута кришення по ширині захвату.

У *п'ятому розділі «Техніко-економічна оцінка ефективності використання культиватора»* приведені розрахунки техніко-економічних показників, виконаних на основі досліджень. В теперішній час для боротьби з бур'янами в рядках овочевих культур на крапельному зрошенні відомі типи культиваторів для міжрядної обробки не застосовуються, тому аналіз техніко-економічної ефективності проводиться по напрямку порівняння трьох технологій боротьби з бур'янами, зокрема це знищення бур'янів хімічним способом, за допомогою гербіцидів, механічним способом за допомогою культиватора, та знищення бур'янів, використовуючи тільки ручну працю (прополка).

При цьому відзначено, що технологія з використанням гербіцидів не може бути використана для виробництва екологічно чистої овочевої продукції.

Розрахунки показали зниження прямих експлуатаційних витрат на 50 грн./га за сезон у порівнянні з ручною прополкою. Річний економічний ефект становить 30,5 грн./га. Строк окупності культиватора з розробленими робочими органами при річному завантаженні 10 га - 1,7 року.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-практичної задачі підвищення якості міжрядного обробітку в посівах овочевих культур на крапельному зрошенні на підставі розкриття сукупного впливу фізико-механічних властивостей та розподілу вологи в ґрунті і конструктивно-технологічних параметрів лап з криволінійним лезом на ефективність підрізання бур'янів.

1. В результаті аналізу засобів боротьби з бур'янами в міжрядях овочевих культур на крапельному зрошенні встановлено, що серійні знаряддя не мають можливості обробки міжрядь без пошкодження зрошувальної трубки та не відповідають існуючим вимогам по якості роботи (не враховують змінну вологість по ширині захвату), тому доцільно використовувати знаряддя, робочі органи яких мають можливість повороту і заходу під трубку та забезпечують більш високу якість підрізання бур'янів за рахунок використання лап криволінійної форми.

2. В результаті проведених статистичних досліджень розподілу бур'янів по ширині міжряддя встановлено, що розподіл бур'янів по ширині міжряддя підкоряється розподілу Вейбула. Ступень узгодження емпіричного розподілу з теоретичним оцінюється довірчою ймовірністю, рівною 0,9709. Проведений кореляційний аналіз показав, що інтенсивність росту бур'янів та вологість ґрунту по ширині міжряддя мають пряму кореляційну залежність з коефіцієнтом кореляції 0,79, що надало можливості зробити наступне допущення: так як в період обробітку бур'яни мають ніте-евідний стебель та знаходяться у суцільному ґрунтовому середовищі, то коефіцієнт тертя бур'янів о лезо чисельно рівний коефіцієнту тертя ґрунту о лезо лапи.

3. На підставі розробленої динамічної моделі зміни вологості ґрунту визначено, що при сталому режимі зрошення вологість ґрунту на глибині обробітку становить: під зрошувальною трубкою - 28%, біля рядку рослин – 24%. Виходячи з допустимого інтервалу вологості для обробітку ($W_a=15\ldots 20\%$) в умовах півдня України, міжрядний обробіток можна починати через $t_n=16$ годин після відключення зрошення, та закінчувати в момент часу $t_k=22$ год, коли вологість ґрунту біля носка лапи досягне нижньої границі допустимого інтервалу. При експлуатаційній продуктивності $W=0,97$ га/год агрегат зможе провести міжрядний обробіток до висихання ґрунту на площі 5,8 га.

4. Теоретичними дослідженнями встановлено, що узагальненим показником, який визначає траєкторію руху бур'яну в ґрунті при впливі на нього лапи культиватора можна вважати приведений кут тертя. Значення його змінюється від $\alpha_{\text{пр}}=37^\circ$ до $\alpha_{\text{пр}}=57^\circ$ при віддаленні від носка лапи, внаслідок збільшення питомої кількості бур'янів на лезі й підвищення вологості ґрунту.

5. Виходячи з умов ковзання бур'яну по лезу було отримане рівняння зміни кута атаки по ширині захвату ($\gamma=-1600b^3+321,74b^2-74,894b+52,027$) та кривої леза лапи ($b=-1,2719y^2+1,2712y$) відповідно. Порівняльні випробування показали, що застосування криволінійного леза в порівнянні із прямолінійним дозволить скоротити його довжину в 1,6 рази за умови відсутності залипання лап та однакової ширини захвату.

6. Для забезпечення стійкості руху культиваторної лапи по глибині було запропоновано використання лапи з хвостовиком та були визначені конструктивні параметри хвостовика – ширина 5 см, глибина ходу – 10 см.

7. В результаті експериментальних випробувань встановлено, що вплив швидкості руху при обробітку залежить від вибраного кута атаки культиваторних лап: при збільшенні значення кута з підвищенням швидкості якості підрізання поліпшується, при зменшенні – істотно не змінюється, що дозволяє довільно вибирати робочу швидкість з агротехнічно допустимого інтервалу.

8. Порівняльні випробування розроблених криволінійних лап з прямолінійними, проведені з метою визначення якості виконання технологічного процесу показали, що запропоновані лапи показали кращі показники по ступеню підрізання та приживлюваності бур'янів, перемішування ґрунту та тяговому опору в порівнянні з аналогічними показниками прямолінійних лап та поступили їм лише по ступеню кришення ґрунту.

9. Впровадження культиватора з криволінійними поворотними лапами дозволяє знизити прямі експлуатаційні витрати і одержати річний економічний ефект 30,5 грн./га в порівнянні з технологіями, що передбачають тільки ручну працю або боротьбу з бур'янами за допомогою гербіцидів. Строк окупності культиватора з розробленими робочими органами при річному завантаженні 10 га - 1,7 року.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Катюха Д.А. Використання технічних засобів механізації для міжрядної обробки овочевих культур на краплинному зрошенні.//Праці ТДАТА. Вип. 35 – Мелітополь: ТДАТА. – 2006. – С.139-142.

2. Катюха Д.А., Рогач Ю.П., Просвирнин В.И. Оперативное регулирование влажности почвы при выращивании овощных культур.//Праці ТДАТА. – Мелітополь: ТДАТА. – 2004. – С.75-80 (Автором запропоновано прогнозування вологості ґрунту за допомогою рівняння водного балансу)
3. Катюха Д.А. Побудова та аналіз динамічної моделі вологості ґрунту при краплинному зрошенні.//Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль: ТДТУ. Том 11 №2 – 2006. – С.82-87
4. Катюха Д.А. Аналіз розподілу бур'янів по ширині міжрядь овочевих культур при використанні крапельного зрошування.//Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім.П.Василенка – Вип.40 – Харків, 2005. – С.166-169
5. Катюха Д.А. Експериментальні дослідження процесу руху бур'яну по лезу лапи культиватора.//Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім.П.Василенка – Вип.41 – Харків, 2005. – С.435-440
6. Катюха Д.А. Мирненко Ю.П. Вплив системи агрегаткування культиватора на точність руху в міжряддях. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії – Вип.11- Мелітополь, 2003. – С.64-68 (Автором визначені величини бічних зсувів робочих органів культиватора в залежності від системи агрегаткування)
7. Катюха Д.А., Мирненко Ю.П. Методика експериментального визначення силових характеристик ґрунтообробних знарядь. // Праці ТДАТА, Вип. 13. – Мелітополь, 2003. – С. 52-57 (Автором розроблені методи динамометрування ґрунтообробних машин без порушення кінематики механізмів)
8. Патент України №57350А МКИ А01В35/28, 39/00 Робочий орган культиватора / Рогач Ю.П., Катюха Д.А. - №2002097161 Заявл. 03.09.2002, Друк. 16.06.2003. Бюл.№6 (Автором розроблено конструктивну схему робочого органу культиватора з можливістю повороту плоскоріжучих лап)
9. Патент України №15721 МКИ А01В35/28, 39/00 Робочий орган культиватора / Шевченко І.А., Рогач Ю.П., Катюха Д.А. - №u200600215 Заявл. 10.01.2006, Друк. 16.07.2006. Бюл.№7 (Автором запропоновано конструкцію стійки робочого органу з підгортальником)

АНОТАЦІЯ

Катюха Д.А. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів знаряддя для міжрядного обробітку овочевих культур на крапельному зрошенні – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Таврійська державна агротехнічна академія, Мелітополь, 2007.

Дисертаційна робота присвячена рішенням науково-прикладної задачі підвищення якості міжрядного обробітку ґрунту в посівах овочевих культур на крапельному зрошенні шляхом розробки нової конструкції робочого органу культиватора і обґрунтування його параметрів на основі моделювання розподілу вологості по ширині міжряддя.

Розроблені динамічна модель зміни вологості ґрунту в залежності від відстані до зрошувальної трубки та математична модель руху бур'яну по лезу криволінійної культиваторної лапи в умовах змінної вологості ґрунту. Встановлені теоретичні закономірності стабільності руху культиваторної лапи по глибині в залежності від розподілу бур'янів по ширині міжряддя. Обґрунтована безпечна траєкторія руху криволінійної поворотної лапи в процесі заглиблення. Визначені раціональні параметри робочого органу знаряддя для міжрядного обробітку овочевих культур на крапельному зрошуванні. Економічно доведена доцільність використання культиваторів з розробленими робочими органами для боротьби з бур'янами в міжряддях на крапельному зрошуванні.

Ключові слова: міжрядний обробіток, крапельне зрошування, вологість ґрунту, коефіцієнт тертя, культиваторна лапа.

АННОТАЦІЯ

Катюха Д.А. Обоснование конструктивно-технологических параметров рабочих органов орудия для междурядной обработки овощных культур на капельном орошении. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Таврическая государственная агротехническая академия, Мелитополь, 2007.

Диссертационная работа посвящена решению научно-прикладной задачи повышения качества междурядной обработки почвы в посевах овощных культур на капельном орошении путем разработки новой конструкции рабочего органа культиватора и обоснование его параметров на основе моделирования распределения влажности по ширине междурядья.

В работе теоретически и экспериментально исследован процесс междурядной обработки овощных культур на капельном орошении рабочими органами, с учетом переменной влажности по ширине захвата. Впервые разработана динамическая модель изменения влажности почвы в зависимости от расстояния до оросительной трубки и математическая модель движения сорняка по лезвию криволинейной культиваторной лапы в условиях переменной влажности почвы. Получены теоретические закономерности стабильности движения культиваторной лапы по глубине в зависимости от распределения сорняков по ширине междурядья. Обоснована безопасная траектория движения культиваторной поворотной лапы в процессе заглабления.

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработана новая конструктивно-технологическая схема орудия для междурядной обработки овощей в условиях капельного орошения, позволяющего выполнить обработку всего междурядья без повреждения оросительной трубки за счет захода плоскорежущих лап под трубку.

Теоретическими исследованиями установлено, что обобщенным показателем, определяющим траекторию движения сорняка в почве при воздействии на него культиваторной лапы можно считать приведенный угол трения. Показано, что величина

его увеличивается с удалением от носка лапы вследствие увеличения удельного количества сорняков на лезвии и повышения влажности почвы.

Сравнительные испытания криволинейных лап с прямолинейными, проведенные с целью определения качества выполнения технологического процесса показали, что результаты работы предложенных лап по степени подрезания и приживаемости сорняков, перемешивания почвы и тяговому сопротивлению превосходят аналогичные показатели прямолинейных лап и уступают им лишь по степени крошения почвы.

Результаты исследований внедрены в производство в ООО «Мелитополь-продмашкомплект». Новые технические решения защищены двумя Декларационными патентами Украины на изобретения. Экспериментальные образцы орудий с предложенными рабочими органами прошли апробацию в производственных условиях на сельскохозяйственных предприятиях Запорожской и Херсонской областей.

Экономическими расчетами доказана эффективность использования орудия с разработанными рабочими органами для борьбы с сорняками в междурядьях овощных культур на капельном орошении. Годовой экономический эффект составляет 30,5 грн./га. Срок окупаемости орудия с разработанными рабочими органами при проведении обработок на 10га – 1,7 года.

Ключевые слова: междурядная обработка, капельное орошение, влажность почвы, коэффициент трения, культиваторная лапа.

SUMMARY

Katyukha D.A. Substantiation of technological and design parameters of tools for vegetable intercultivation under drip irrigation. – Manuscript.

Dissertation for academic degree of Candidate of Technical Sciences by specialty 05.05.11 – Machines and Means of mechanization for agricultural production. – Tavria state agrotechnical academy, Melitopol, 2007

Dissertation is devoted to the decision of a scientifically-applied task of improvement of quality in-row cultivation of ground in crops of vegetable cultures on a drop irrigation by development of a new design of tools of cultivator and substantiation of its parameters on the basis of modeling distribution of humidity on width row.

Are developed dynamic model of change of humidity of a ground depending on distance up to an irrigating tube and mathematical model of movement of a weed on an edge curvilinear cultivation paws in conditions of variable humidity of ground. Theoretical laws of stability of movement cultivation paws on depth depending on distribution of weeds on width in-row are established. The safe trajectory of movement of a curvilinear rotary paw on the shovel movement is proved. Rational parameters of tools for intercultivation vegetable cultures on a drop irrigation are certain. The expediency of use of a cultivator with the developed tools for struggle against weeds in-row on a drop irrigation is grounded economically.

Key words: intercultivation, drip irrigation, soil moisture, friction coefficient, cultivator tool.

Підписано до друку 09.01.07 Формат 6090/16. Папір офсетний.

Друк офсетний. Обсяг 0,9 ум. друк. арк. Тираж 100 прим. Зам. № 1025

Надруковано в типографії Таврійської державної агротехнічної академії
72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18