

КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНЕНКО СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ

УДК 631.365.4

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРИХЛЮВАЧА-
ВИРІВНЮВАЧА ВОРОХУ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ
МАШИНИ**

Спеціальність 05.05.11 – Машини і засоби механізації сільськогосподарського
виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кіровоград – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі технічного сервісу та інженерної екології Житомирського національного агроекологічного університету Міністерства аграрної політики та продовольства України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент **Герук Станіслав Миколайович**, Житомирський національний агроекологічний університет, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерної екології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Сало Василь Михайлович**, Кіровоградський національний технічний університет, декан факультету сільськогосподарського машинобудування;

кандидат технічних наук, доцент **Онищенко Володимир Борисович**, Національний університет біоресурсів і природокористування України Кабінету Міністрів України, доцент кафедри сільськогосподарського машинобудування та обладнання лісового комплексу.

Захист відбудеться « 16 » червня 2011 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 23.073.01 в Кіровоградському національному технічному університеті за адресою: 25006, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Кіровоградського національного технічного університету за адресою: 25006, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8.

Автореферат розісланий « 12 » травня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.М. Лещенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Картопля – одна з основних сільськогосподарських культур, що вирощується в Україні. Вона використовується як продукт харчування, цінний корм для тварин та сировина для харчової промисловості. В Україні посівні площі картоплі у 2007 році склали 1453 тис. га, з них 98% припадали на присадибні ділянки населення та дрібні фермерські господарства, площа яких не перебільшує 10 га. Це становить 17,9 % від загальної площі господарств. Середня урожайність картоплі досягає 131 ц/га. Приведена структура господарств потребує створення нових, малогабаритних, недорогих конструкцій машин для вирощування і збирання картоплі.

На сьогодні в основному використовуються технології і засоби механізації ще радянського виробництва або закордонних фірм. Це пояснюється відсутністю нових конструкційних рішень, які можуть бути впроваджені у виробництво перспективної техніки.

Якість бульб і собівартість вирощування картоплі значною мірою визначається технологічним процесом збирання, на який припадає майже 45...70% всіх затрат. З них 50% – це затрати енергії, що йдуть на сепаруючі робочі органи. Такий розподіл енерговитрат пояснюється тим, що в бульбомісткому шарі ґрунту міститься всього 1,5...3 % картоплі. Тому підвищення ефективності відділення картоплі від ґрунту є перспективним напрямком зниження енергозатрат в технологічному процесі збирання картоплі.

Створення нового пристрою для сепарації картопляного вороху, який працюватиме якісно, високопродуктивно, при зменшенні пошкодження бульб, та обґрунтування його параметрів є актуальною задачею механізації збирання картоплі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема роботи зкоординована з напрямком робіт ННЦ «ІМЕСГ» НААН за темою 40.01 «Розробити високопродуктивні технічні засоби для ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій вирощування і збирання овочів і цукрового буряка», яка є складовою «Програми розвитку на Україні машинобудування і забезпечення сільськогосподарського виробництва машинами і устаткуванням для комплексної механізації технологічних операцій в рослинництві», затвердженої Кабінетом Міністрів України. Основні положення роботи увійшли до тематичного плану науково-дослідницької роботи (номер державної реєстрації – №0108 U 001577) «Розробка і впровадження екологічнобезпечних технічних засобів та методів експлуатації і ремонту техніки в умовах АПК України» Житомирського національного агроекологічного університету.

Мета і задачі дослідження. *Мета роботи* – підвищення якісних та кількісних показників технологічного процесу сепарації картопляного вороху шляхом розробки конструкції та раціоналізації параметрів і режимів роботи розрихлювача-вирівнювача вороху картоплезбиральної машини.

Відповідно до поставленої мети сформульовані наступні *задачі* досліджень:

- провести аналіз існуючих способів та пристроїв для сепарації картопляного вороху, вдосконалити їх класифікацію, проаналізувати наукові роботи з дослідження технологічного процесу сепарації та виявити шляхи підвищення його ефективності;
- обґрунтувати параметри технологічного процесу рівномірного розподілення картопляного вороху на сепаруючих елеваторах картоплезбиральних машин;
- запропонувати технічні рішення для здійснення рівномірного розподілення картопляного вороху за шириною сепаруючого елеватора;
- встановити залежності впливу конструктивно-технологічних параметрів розрихлювача-вирівнювача на сепарацію, пошкодженість бульб, а також енергоємність процесу;
- обґрунтувати раціональні конструктивно-технологічні параметри розрихлювача-вирівнювача, що підвищують ефективність його роботи;
- розробити, виготовити та перевірити працездатність дослідного зразка картоплезбиральної машини у польових умовах, проаналізувати результати порівняльних досліджень серійної та удосконаленої машини;
- провести техніко-економічну оцінку і розробити рекомендації щодо ефективного використання розрихлювача-вирівнювача картопляного вороху.

Об'єкт дослідження – технологічний процес сепарації картопляного вороху.

Предмет дослідження – закономірності взаємодії розрихлювача-вирівнювача з картопляним ворохом, а також вплив його параметрів та режимів роботи на якісні показники сепарації.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень диференційного та інтегрального обчислень, теоретичної механіки. Експериментальні дослідження проводились в лабораторних і польових умовах на розробленій експериментальній установці з використання положень планування багатofакторних експериментів. Обробка результатів здійснювалась на ПЕОМ за допомогою прикладних програм.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- обґрунтовано доцільність використання дволопатевого розрихлюючого та вирівнюючого робочого органу на картоплезбиральній машині, що направлено на підвищення якості технологічного процесу сепарації;
- встановлені математичні залежності, що дозволяють отримати конструктивні параметри дволопатевого розрихлювача-вирівнювача щодо конкретних умов роботи машини;
- встановлено вплив робочих органів дволопатевого розрихлювача-вирівнювача на руйнування грудкових утворень та вирівнювання шару картопляного вороху, що потрапляє на прутковий елеватор;

- встановлено основні фактори, що впливають на ступінь сепарації, пошкодженість бульб картоплі та на потужність приводу розрихлювача-вирівнювача;

- обґрунтовано раціональні режими роботи дволопатевого розрихлювача-вирівнювача, що дозволяють підвищити ступінь сепарації при зменшенні затрат енергії.

Новизна технічних рішень картоплезбиральної машини і її робочих органів підтверджена 4 патентами України на корисні моделі № 30193, 34451, 40628, 30102.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці конструкції і обґрунтуванні параметрів розрихлювача-вирівнювача вороху, що дозволили поліпшити сепарацію картоплезбиральної машини на 6...10 %, підвищити продуктивність на 10...14 %, знизити навантаження на привід елеваторів на 12...17 %. Результати роботи впроваджені у ПСП «Сокільча» та ПСП «Новоселиця» Андрушівського району Житомирської області, а також взяті до використання КБ ВАТ «Ковельсільмаш». Основні положення дисертаційної роботи включені в навчальний процес Житомирського національного агроєкологічного університету.

Особистий внесок здобувача полягає у постановці та вирішенні наукових задач, проведенні теоретичних і експериментальних досліджень. В роботах, опублікованих в співавторстві, автором: проаналізовано існуючі конструкції сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин [1]; побудовано математичну модель взаємодії робочих органів розрихлювача-вирівнювача з картопляним ворохом [5,6]; виконано аналітичні дослідження процесу сепарації картопляного вороху, а також проведено експериментальні дослідження та здійснено обробку результатів методом регресивного аналізу [2,4].

В конструкції розрихлювача-вирівнювача, захищеного патентами України, частка всіх авторів однакова.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на наступних міжнародних науково-практичних конференціях: «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» (сmt. Глеваха, 2006 – 2008 pp.), присвяченій 85-річчю Дніпропетровського державного аграрного університету (Дніпропетровськ, 2007 p.), «Проблеми технічного сервісу сільськогосподарської техніки» (Харків, 2007 p.), «Аграрний форум – 2008» (Суми, 2008 p.), присвяченій 108-й річниці академіка П. Василенка «Сучасні проблеми землеробської механіки» (Львів, 2008 p.), «Інноваційні технології в АПК та лісовому комплексі» (Ковель, 2009 p.), та на щорічних конференціях професорсько-викладацького складу та аспірантів Житомирського національного аграрного університету (2005 - 2009 pp.)

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано в 12 друкованих працях, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях, з яких 3 – одноосібні, отримано чотири патенти України на корисні моделі.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 115 найменувань (в тому числі 8 іноземними мовами) і 8 додатків. Матеріал викладений на 166 аркушах комп'ютерного тексту, з яких основний текст на 125 сторінках, на 27 сторінках – додатки, на 14 сторінках – список використаних джерел. Текст роботи містить 14 таблиць та 55 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, викладено її зв'язок з науковими програмами і планами, сформульована мета та представлена інша інформація стосовно апробацій, публікацій, структури і об'єму роботи.

У **першому розділі** «Аналітичний огляд технологій і техніки для збирання картоплі» приведений аналіз конструкцій картоплезбиральних машин, способів та засобів сепарації картопляного вороху. Обґрунтована необхідність створення нового більш ефективного пристрою для розрихлювання та розподілення вороху.

Значний вклад у дослідження питань сепарації зробили вчені: Петров Г.Д., Верещагін Н.І., Пшеченков К.А., Сафразбекян О.О., Мацапура М.Е., Бішоп К.Д., Бекетов П.В., Булгаков В.М., Бендера І.М., Вірменко Я.І., Размислович І.Р., Угланов М.Б., Ловкіс З.В., Орлов П.Є. та ін.

На підставі проведеного аналізу встановлено, що перспективним для підвищення ефективності роботи картоплезбиральних машин є розробка додаткового розрихлювача-вирівнювача.

За матеріалами першого розділу сформульовані задачі досліджень.

У **другому розділі** «Теоретичне обґрунтування рівномірності розподілення і сепарації картопляного вороху» розглянуті питання раціональної організації технологічного процесу розрихлювання і вирівнювання скиби на робочій поверхні транспортера-сепаратора.

Одним з основних завдань при обробці картопляного вороху є рівномірне розподілення за шириною захвату елеватора. Це відкриває можливість використання повної його площі, тобто отримання максимальної продуктивності і якості сепарації.

Технологічний процес роботи сепаратора полягає в наступному. При русі машини леміш 2 (рис. 1), що встановлюється на відповідну глибину копання, підрізає рядок і спрямовує скибу на сепаруючий прутковий елеватор 3. При одночасній обробці двох рядків лемеші розташовані один відносно одного на відстані ширини міжрядь і картопляний ворох потрапляє на сепаруючий елеватор у вигляді двох скиб, розміщених на відстані одна від одної. Таким чином, центральна і бокові площі поверхні елеватора фактично залишаються незадіяними в процесі сепарації.

Для усунення цього недоліку доцільно ввести додатковий активний робочий орган у вигляді розрихлювача-вирівнювача 4 (рис. 1), який згідно

запропонованого технологічного процесу повинен знаходитись на початку сепаруючого елеватора 3.

Ідея вирівнювання скиби ґрунту полягає у її рівномірному розподіленні за шириною H (рис. 2) сепаруючого елеватора.

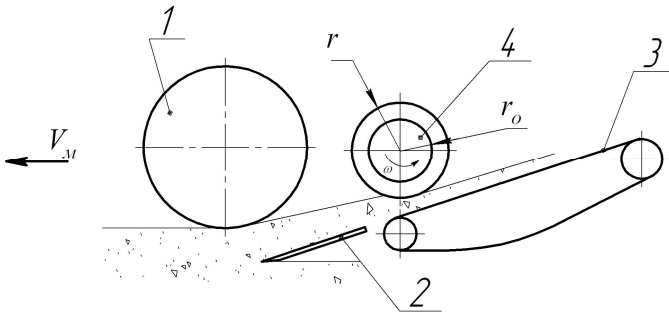


Рис. 1. Схема встановлення розрихлювача-вирівнювача
1 – опорне колесо;
2 – підкопуючий леміш;
3 – транспортер-елеватор;
4 – розрихлювач-вирівнювач

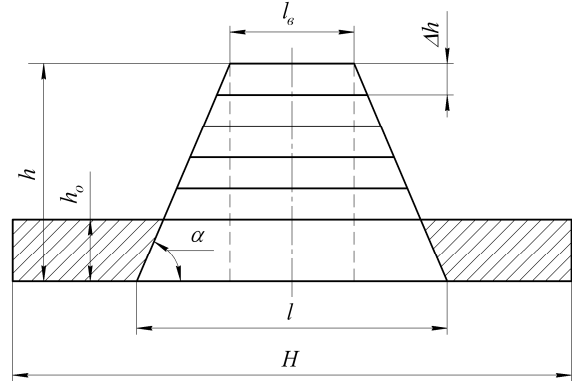


Рис. 2. Розрахункова схема пошарового зчісування (розподілення) скиби ґрунтово-картопляного вороху розрихлювачем-вирівнювачем

Узагальнене поетапне зчісування (перерозподіл) скиби вороху описується як переміщення його шару товщиною Δh попеременно вліво та вправо від основного масиву скиби. Тим самим, загальний об'єм (в перерізі площа W) вороху розподіляється за шириною елеватора H рівномірним шаром товщиною h_0 .

Очевидно, що для забезпечення найкращої рівномірності розподілення шарів по сторонам бажано мати кількість шарів n . Тоді розподіл по сторонам, виходячи з проведеного аналізу, описується наступним чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{II} = n \cdot l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot ctg\alpha \sum_{i=1}^{n-1} i; \quad i = 1, 3, 5 \dots n-1 \quad \text{– ліва сторона;} \\ W_{II} = n \cdot l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot ctg\alpha \sum_{i=2}^n i; \quad i = 2, 4, 6 \dots n \quad \text{– права сторона,} \end{array} \right. \quad (1)$$

де α – кут природного укосу ґрунтово-картопляної суміші, град; l_g – ширина вершини гребеня, м; i – порядковий номер шару, що знімається.

Представлені рівняння моделюють поетапне зчісування вороху в різні боки робочим органом вирівнювача. Система рівнянь (1) представляє собою математичну модель, що описує роботу вирівнювача. Для рівномірного вирівнювання скиб ґрунту за шириною елеватора розроблено конструктивне рішення робочого органу у вигляді дволопатевого розрихлювача-вирівнювача.

$$\begin{cases} x_a = V_m t + r \sin(\omega t); \\ y_a = \operatorname{tg} \beta \cdot r \cdot \sin(\omega t); \\ z_a = r \cdot \cos(\omega t), \end{cases} \quad (3)$$

де x_a, y_a, z_a – координати загального переміщення частинки, м; t – час переміщення, с; β – кут встановлення півдисків, град; V_m – швидкість руху картоплезбиральної машини по полю, м/с; ω – кутова швидкість розрихлювача-вирівнювача, рад/с; r – радіус півдиска розрихлювача-вирівнювача, м.

Перше і третє рівняння системи (3) задають в перерізі траєкторію руху точки контакту робочого органу з частинкою у вигляді циклоїди.

Важливим в технологічному процесі, що виконує вирівнювач, є переміщення відокремлених часток скиби по сторонам у напрямку осі Oy , що описується другим рівнянням системи (3).

Ступінь пошкодженості бульб залежить від абсолютної швидкості їх взаємодії з робочим органом. Величини швидкостей за координатними осями можна знайти продиференціювавши рівняння системи (3):

$$\begin{cases} V_{xa} = \frac{d}{dt} x_a = V_m + \omega \cdot r \cdot \cos(\omega t); \\ V_{ya} = \frac{d}{dt} y_a = \omega \cdot r \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos(\omega t); \\ V_{za} = \frac{d}{dt} z_a = -\omega \cdot r \cdot \sin(\omega t). \end{cases} \quad (4)$$

де V_{xa}, V_{ya}, V_{za} – проекції абсолютної швидкості на координатні осі Ox_a, Oy_a, Oz_a , м.

Величина абсолютної швидкості визначається з відомої залежності:

$$V_a = \sqrt{V_{xa}^2 + V_{ya}^2 + V_{za}^2}, \quad (5)$$

де V_a – абсолютна швидкість, м/с.

Підставивши значення складових абсолютної швидкості, після відповідних перетворень отримаємо:

$$V_a = \sqrt{V_m^2 + 2V_m r \omega \cos(\omega t) + r^2 \omega^2 [1 + \operatorname{tg}^2 \beta \cos(\omega t)]}. \quad (6)$$

З рівняння (6) видно, що абсолютна швидкість досягає максимуму при $\cos(\omega t) = 1$, що матиме місце при $t = 0$ або $\varphi = 0$.

Таким чином:

$$V_{a \max} = \sqrt{V_m^2 + 2V_m r \omega + r^2 \omega^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)} \leq V_{kp}, \quad (7)$$

де $V_{\dot{\theta}}$ – критична швидкість травмування бульб картоплі, м/с; $V_{a \max}$ – максимальна величина абсолютної швидкості руху, м/с.

Отримане рівняння (7) дає можливість варіювання параметрами робочого органу для забезпечення якісного виконання технологічного процесу без пошкодження бульб.

Потужність N , що необхідна для роботи розрихлювача-вирівнювача, в основному, витрачається на переміщення відокремлених частин скиби:

$$N = \Sigma F \cdot V_a. \quad (8)$$

Сумарне зусилля ΣF пов'язане з абсолютною величиною прискорення a_a і масою елемента скиби m відомим рівнянням динаміки руху:

$$\Sigma F = m \cdot a_a. \quad (9)$$

Складові абсолютного прискорення знаходяться шляхом диференціювання системи рівнянь (4). Підставляючи значення прискорень і маси відокремленої частини скиби, одержимо систему рівнянь динаміки руху за осями переміщень:

$$\begin{cases} (l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot r^2 \cdot q \cdot \omega^2 \cdot \arccos\left(\frac{r - \Delta h}{r}\right) \cdot \sin(\omega t) = \Sigma F_x; \\ (l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot r^2 \cdot q \cdot \omega^2 \cdot \arccos\left(\frac{r - \Delta h}{r}\right) \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin(\omega t) = \Sigma F_y; \\ (l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot r^2 \cdot q \cdot \omega^2 \cdot \arccos\left(\frac{r - \Delta h}{r}\right) \cdot \cos(\omega t) = \Sigma F_z, \end{cases} \quad (10)$$

де q – щільність вороху, кг/м³.

На підставі рівняння визначення потужності (8), враховуючи значення складових швидкості V_{xa} , V_{ya} і V_{za} з системи рівнянь (4), визначимо витрати потужності при переміщеннях по осях Ox , Oy і Oz :

$$\begin{cases} N_x = (l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot r^2 \cdot q \cdot \omega^2 \cdot \arccos\left(\frac{r - \Delta h}{r}\right) \cdot \sin(\omega t) \cdot [V_m + \omega \cdot r \cdot \cos(\omega t)]; \\ N_y = (l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot r^3 \cdot q \cdot \omega^3 \cdot \arccos\left(\frac{r - \Delta h}{r}\right) \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin(\omega t) \cdot \cos(\omega t); \\ N_z = (l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot r^3 \cdot q \cdot \omega^3 \cdot \arccos\left(\frac{r - \Delta h}{r}\right) \cdot \cos(\omega t) \cdot \sin(\omega t). \end{cases} \quad (11)$$

Загальна потужність, що споживає робочий орган, на виконання технологічного процесу по розподіленню скиби вороху рівним шаром заданої

товщини для подальшої сепарації дорівнює сумі отриманих потужностей N_x , N_y , N_z .

Підставивши складові (11) у рівняння (8), після відповідних перетворень отримаємо:

$$N = \left(l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha \right) \cdot r^2 \cdot \omega^2 \cdot q \cdot \arccos \left(\frac{r - \Delta h}{r} \right) \cdot \sin(\omega t) \times \\ \times \left\{ V_m + r \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \left[2 + \operatorname{tg}^2 \beta \right] \right\}. \quad (12)$$

Таким чином, аналізуючи рівняння (12), потужність на привід розрихлювача-вирівнювача в основному витрачається на динаміку переміщення відокремленої частки скиби і подолання при цьому сил тертя.

У **третьому розділі** «Програма і методика експериментальних досліджень» викладено програму і методику досліджень, а також описано обладнання, на якому проведені досліди.

Основними пунктами програми є:

- вивчення впливу конструктивних параметрів і режимів роботи пристрою на якість і повноту виділення грудкових утворень;
- встановлення раціональних параметрів та режимів роботи розрихлювача-вирівнювача, що підвищують ефективність сепарації картопляного вороху;
- встановлення впливу параметрів і режимів роботи комбінованого сепаратора на потужність, що витрачається на привід картоплезбиральної машини.

Лабораторно-польові дослідження проведені на дослідному зразку картоплекопача КСТ – 1,4А (рис. 4) зі встановленим на ньому розрихлювачем-вирівнювачем картопляного вороху (рис. 5).



Рис. 4. Загальний вигляд лабораторно-польової установки



Рис. 5. Розрихлювач-вирівнювач комбінованого сепаратора

Сепаруюча здатність картоплезбиральної машини оцінюється за коефіцієнтом сепарації картопляного вороху:

$$\eta_c = \frac{m_n - m_{cx}}{m_n}, \% \quad (13)$$

де η_c – коефіцієнт сепарації картопляного вороху, m_n – маса вороху, що потрапляє на сепаратор, кг; m_{cx} – маса вороху, що сходить з сепаратора, кг.

Визначення пошкодженості бульб картоплі здійснювалось згідно ОСТ 10.3.5 – 87. «Машины для уборки и сортирования картофеля. Программа и методика испытаний».

Для одержання порівняльного показника ступеню пошкодження бульб Π_{σ} виконувався перерахунок числа випадків різних видів пошкоджень знайдених на бульбах до умовного числа (100 бульб) за формулою:

$$\Pi_{\sigma} = \frac{n_{\sigma} \cdot 100}{n_k}, \% \quad (14)$$

де n_{σ} – число випадків пошкоджень, n_k – число бульб в пробі.

Потужність, що витрачається на привід розрихлювача-вирівнювача розраховується за формулою:

$$N_{роз} = M \cdot \frac{\pi \cdot n_{роз}}{30}, \quad (15)$$

де M – крутний момент на розрихлювачі-вирівнювачі, $n_{роз}$ – частота обертання розрихлювача-вирівнювача.

Критерії оптимізації роботи картоплезбиральної машини досліджуються на екстремум: Π_{σ} та $N_{роз}$ – на мінімум, а критерій η_c – на максимум.

Факторами, що суттєво впливають на критерій оптимізації є:

- частота обертання валу розрихлювача-вирівнювача – $n_{роз}$;
- кут нахилу півдисків до осі барабана розрихлювача – β ;
- швидкість руху агрегату – V_m .

Картоплезбиральний агрегат, в дослідженнях, проходив ділянками шириною в два рядки і довжиною 14,3 м. Частота обертання розрихлювача-вирівнювача вимірювалась за допомогою датчика ДФ-1 (406.384.705 0-03), що встановлювався напроти шестипроменевої зірочки. Для визначення потужності на привідному валу лабораторно-польової установки фіксувались крутний момент та частота обертання за допомогою датчиків Холла SS 14 А PDF. Фіксування сигналів, що поступають від датчиків (тахометра та спідометра), здійснювалось за допомогою спеціальних програм персонального комп'ютера. Перед використанням датчиків виконувалось їх тарування.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження процесу розподілення і сепарації картопляного вороху» визначено вплив основних конструктивних та технологічних параметрів розрихлювача-вирівнювача на якість сепарації і пошкодженість бульб.

В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії було отримано наступну математичну модель другого порядку, що описує залежність коефіцієнта сепарації від змінних факторів:

$$y = 0,9 + 0,058x_1 + 0,038x_2 - 0,0425x_3 - 0,015x_1x_2 + 0,0225x_1x_3 + 0,0075x_2x_3 - 0,05x_1^2 - 0,015x_2^2 - 0,0175x_3^2, \quad (16)$$

де y – критерій оптимізації – коефіцієнт сепарації картопляного вороху; x_1, x_2, x_3 – кодовані значення факторів, відповідно частота обертання валу розрихлювача-вирівнювача, кут нахилу півдисків, швидкість руху агрегату.

Перевірка на адекватність при 5% рівні значущості показала, що модель є адекватна, оскільки $F_{табл} = 2,1 > F_{розр} = 0,532$.

Для аналізу рівняння регресії (16) використовуючи метод двомірних перерізів було отримано поверхні відгуку та їх двомірні перетини (рис. 6-8).

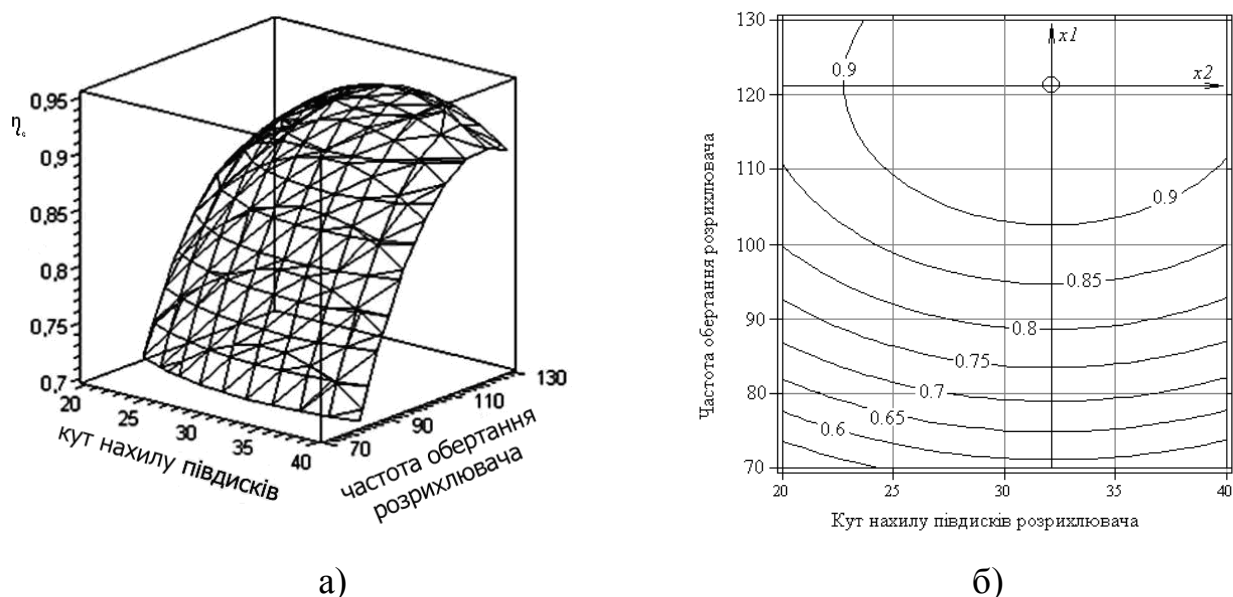


Рис. 6. Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність коефіцієнту сепарації картопляного вороху при $x_3 = 0$.

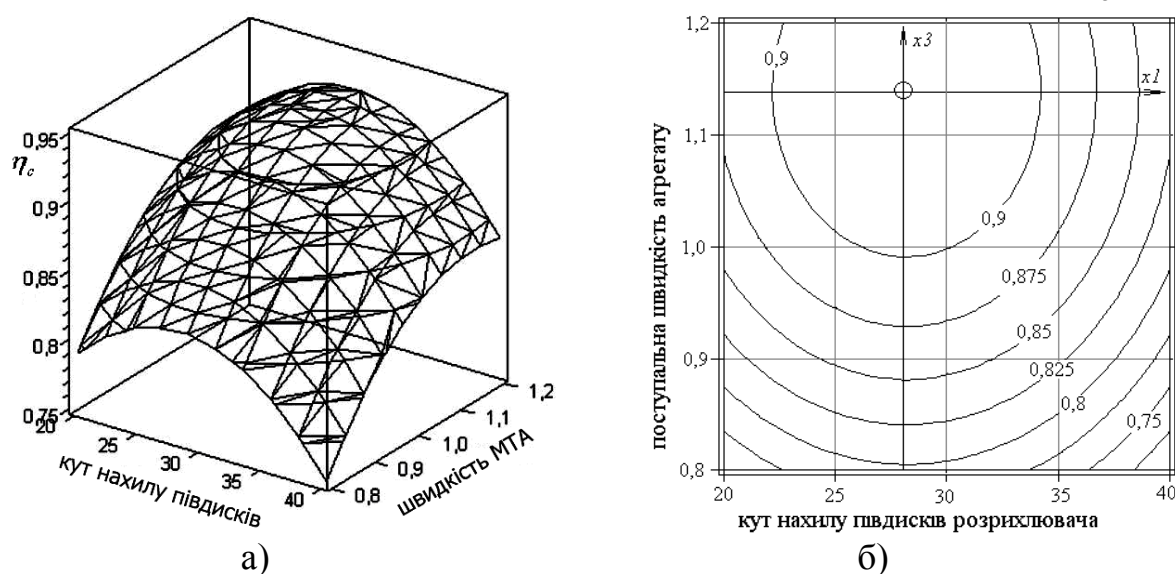


Рис. 7. Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність коефіцієнту сепарації картопляного вороху при $x_2 = 0$.

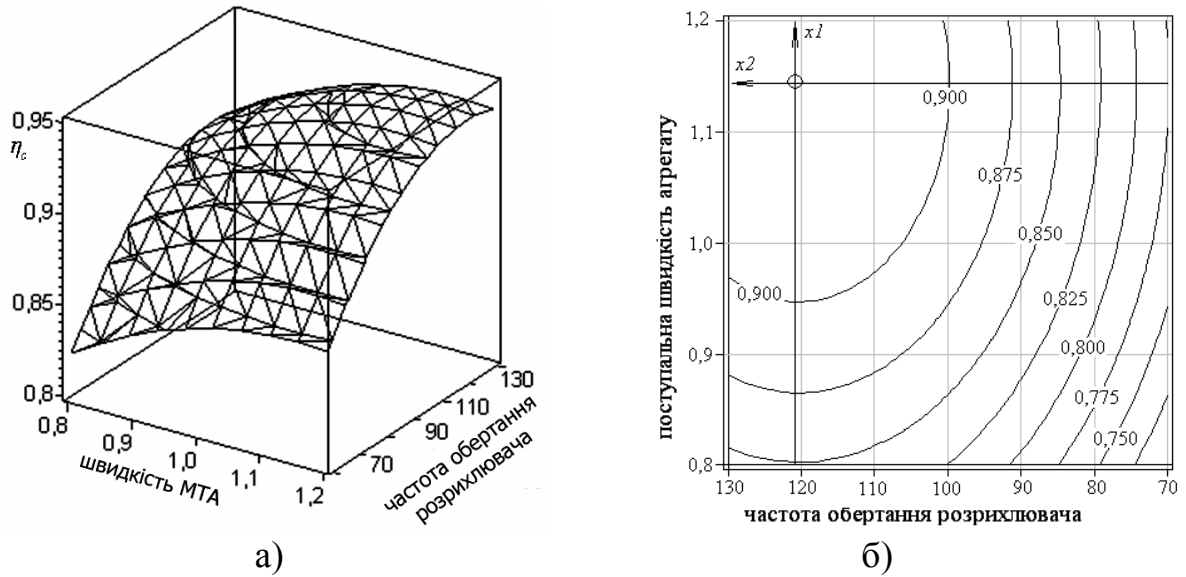


Рис. 8. Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує залежність коефіцієнту сепарації картопляного вороху при $x_1 = 0$.

Після проведення розкодування рівняння (16), для використання її в якості розрахункової формули, одержимо:

$$\eta_c = -1,1713 + 0,1301\beta + 0,0126n_{роз} - 0,3528V_m - 0,00015\beta n_{роз} + 0,0184\beta V_m + 0,0015n_{роз}V_m + 0,002\beta^2 + 0,000037n_{роз}^2 + 0,2915V_m^2 \quad (17)$$

де η_c – коефіцієнт сепарації картопляного вороху, %; β – кут нахилу півдисків до осі барабана розрихлювача, град.

Сумісний аналіз впливу факторів на коефіцієнт сепарації показав, що оптимальним є використання розрихлювача-вирівнювача з кутом нахилу півдисків $\beta = 30$ град, частотою обертання $n_{роз} = 90$ об/хв, що дає змогу отримати коефіцієнт сепарації на прутковому елеваторі картоплезбиральної машини в межах $\eta_c = 0,91 \dots 0,94$, який відповідає існуючим вимогам для картоплезбиральної техніки.

Науковий і практичний інтерес представляє встановлення впливу розрихлювача-вирівнювача на сепарацію картопляно-ґрунтової суміші. Результати порівняльних досліджень представлені на рис. 9.

Як видно з графіку (рис. 9) при використанні розрихлювача-вирівнювача коефіцієнт сепарації на пруткових елеваторах збільшується на ~ 6 %, але при збільшенні швидкості руху агрегату ця різниця зменшується, що пояснюється швидким транспортуванням вороху по елеватору та невстиганням його просіювання.

Пошкодженість бульб картоплі при збиранні є основним фактором, який регламентується агротехнічними вимогами. При роботі картоплезбиральної машини пошкодженість бульб не повинна перевищувати 3 %, що впливає на їх збереженість. Тому, пошкодженість виступає одним з основних параметрів,

який необхідно перевіряти при розробці робочих органів картоплезбиральних машин.

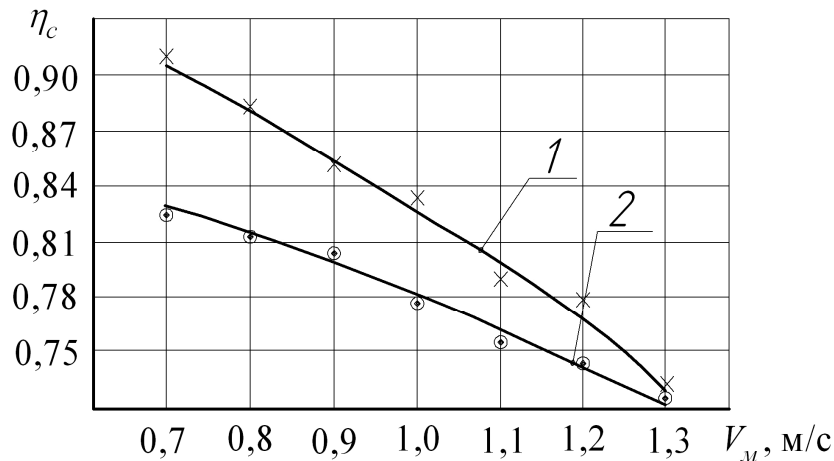


Рис. 9. Графіки залежності коефіцієнту сепарації від швидкості руху агрегату:
1) з використанням розрихлювача-вирівнювача ($n_{роз} = 80$ об/хв, $\beta = 30$ град);
2) без використання розрихлювача-вирівнювача (базова машина).

Згідно отриманих результатів досліджень в межах швидкості контактної взаємодії робочого органу з бульбами критичної для їх травмування, при швидкості руху машини $V_m = 0,9$ км/год збільшення кута нахилу півдисків приводить до зменшення пошкодженості (рис. 10).

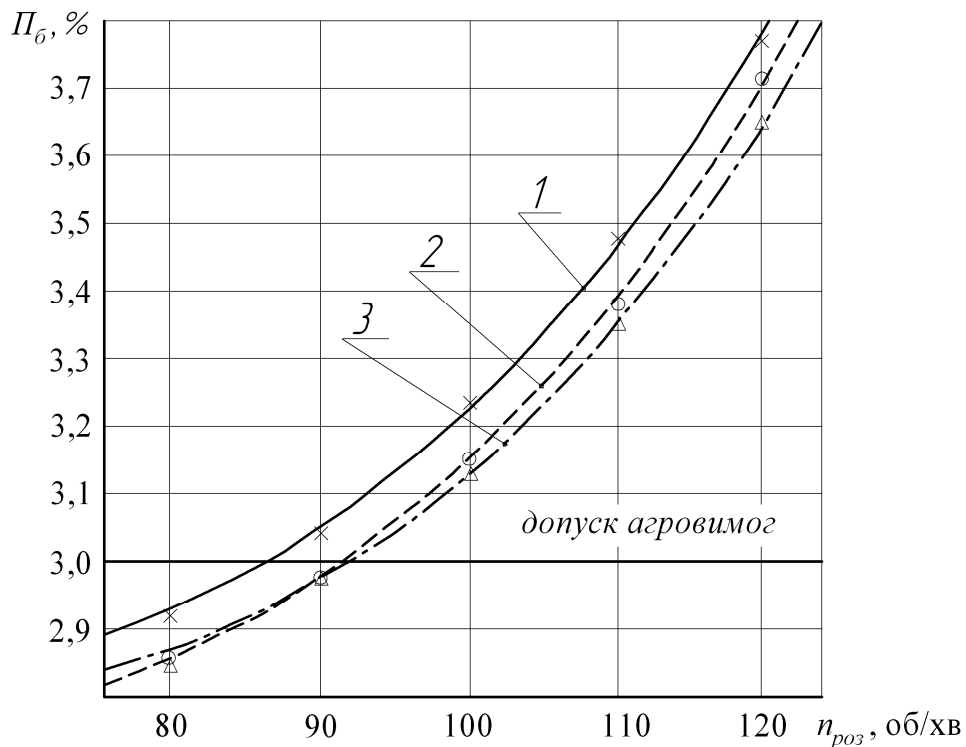


Рис. 10. Графіки залежності пошкодженості бульб картоплі від кута нахилу півдисків:
1) $\beta = 25$ град, 2) $\beta = 30$ град, 3) $\beta = 35$ град.

Зростання частоти обертання розрихлювача-вирівнювача, призводить до збільшення пошкодженості, що пояснюється збільшенням кількості ударів по бульбам. Не бажано, щоб вона перевищувала 90 об/хв.

Найбільш раціональними значеннями параметрів, що запобігають пошкодженості при ефективному виконанні технологічного процесу є: $n_{роз} = 90$ об/хв, $\beta = 30$ град, $V_m = 0,8...1,11$ м/с.

Встановлено, що використання розрихлювача-вирівнювача сприяє інтенсивності просіюванню вороху на швидкісному та на основному елеваторах, що призводить до зменшення кількості транспортуемого ґрунту і, як наслідок, зменшення потужності на їх привід.

Для визначення потужності на привід робочих органів картоплезбиральної машини було отримано рівняння регресії в загальному вигляді:

$$y = 8,1 - 0,063x_1 - 0,1075x_2 + 1,5125x_3 - 0,0075x_1x_2 - 0,0625x_1x_3 + 0,0525x_2x_3 + 0,5488x_1^2 + 0,4188x_2^2 + 0,4538x_3^2 \quad (18)$$

де y – критерій оптимізації – потужність на привід робочих органів картоплезбиральної машини; x_1, x_2, x_3 – кодовані значення факторів, відповідно частота обертання валу розрихлювача-вирівнювача, кут нахилу півдисків, швидкість руху агрегату.

Після розкодування рівняння (18) має вигляд:

$$N_{ВВП} = 39,1717 - 1,2763\beta - 0,2222n_{роз} - 6,9758V_m - 0,000075\beta n_{роз} - 0,051\beta V_m + 0,0107n_{роз}V_m + 0,0219\beta^2 + 0,001n_{роз}^2 + 7,5602V_m^2 \quad (19)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність на привід робочих органів картоплезбиральної машини, кВт; β – кут нахилу півдисків до осі обертання барабана, град; $n_{роз}$ – частота обертання розрихлювача-вирівнювача, об/хв; V_m – швидкість руху картоплезбиральної машини, м/с

Рівняння 19 показує, що при знаходженні факторів на нульовому рівні ($\beta = 30$ град, $n_{роз} = 100$ об/хв., $V_m = 0,9$ м/с) потужність, що споживається картоплезбиральною машиною на привід робочих органів складає $N_{ВВП} = 8,1$ кВт, а найбільший вплив на зміну даного параметру здійснює швидкість руху агрегату, що пояснюється збільшенням подачі картопляного вороху на робочі органи картоплезбиральної машини.

Швидкість агрегату теж значно впливає на потужність (рис. 11). Збільшення швидкості агрегату від 0,69 м/с до 1,2 м/с призводить до збільшення потужності на привід пруткових елеваторів до 30 %, що пояснюється невстиганням просіювання ґрунту через зазори пруткового елеватора і транспортування великої кількості вороху на прутках елеваторів. Використання розрихлювача дає змогу зменшити кількість вороху, що

перебуває на основному і каскадному елеваторах до 30...40 % і, як наслідок, зменшення потужності на привід останніх.

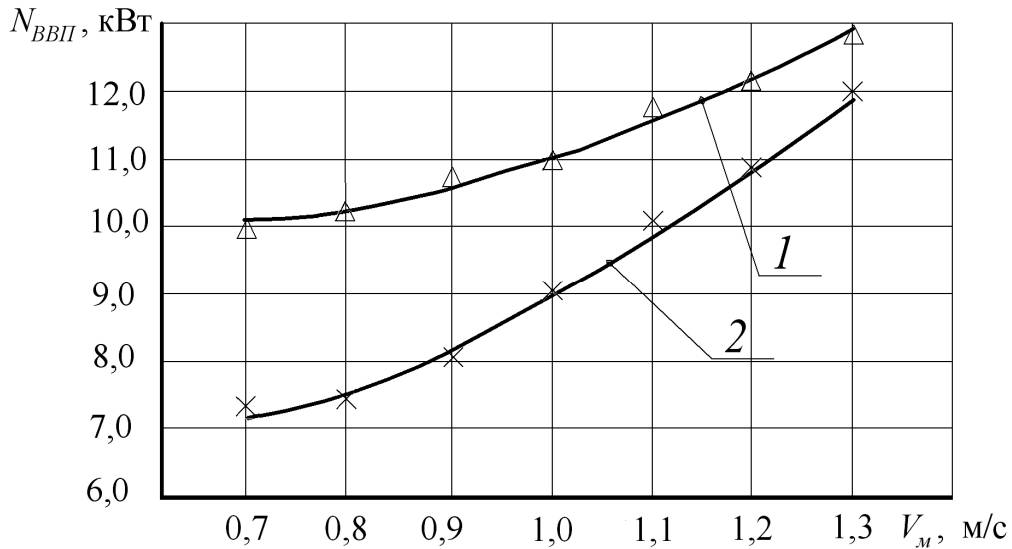


Рис. 11. Графіки залежності потужностей на привід робочих органів картоплезбиральної машини від ВВП трактора при різних швидкостях руху агрегату:

- 1) без використання розрихлювача-вирівнювача; 2) з використанням розрихлювача-вирівнювача.

При різних режимах роботи розрихлювач-вирівнювач споживає в середньому близько 2 кВт потужності, що дає змогу знизити витрати потужності на привід елеваторів в середньому до 8,8 кВт. Отже, загальне споживання потужності на привід робочих органів картоплезбиральної машини при використанні розрихлювача складає близько 11 кВт, а серійної машини близько 12,5 кВт

У п'ятому розділі «Техніко-економічна ефективність впровадження результатів досліджень» доведено, що використання розрихлювача-вирівнювача підвищує коефіцієнт сепарації на 6...10 % при зниженні потужності на привід до 10...12 %. Це дає змогу збільшити продуктивність картоплезбирального агрегату до 0,3 га/год. Річний економічний ефект від експлуатації модернізованої картоплезбиральної машини з встановленим розрихлювачем-вирівнювачем становить 5685 грн.

ВИСНОВКИ

1. Проведеним аналізом встановлено, що основним фактором, який обмежує ефективність роботи картоплезбиральних машин, є недостатній рівень сепарації вороху при відокремленні бульб. Перспективними конструкціями в цьому напрямку слід вважати просіюючі робочі органи з активним руйнуванням твердих грудкових утворень.

2. Рівномірне розподілення вороху по площі транспортера-сепаратора досягається покрововим зчісуванням частин скиби спеціальними активними робочими органом, математична модель роботи якого описується системою рівнянь (1).

3. Одержана математична модель роботи вирівнюючого робочого органу (1) описує і допускає різні його конструктивні рішення: диференційний, двосторонньої або односторонньої дії; 2, 4 і т.д. лопатевий, залежно від загального призначення і компоновки картоплезбиральної машини.

4. Для запобігання травмувань окремих бульб при взаємодії з робочим органом картоплезбиральної машини, абсолютна швидкість в контакті не повинна перевищувати величину, визначену умовою (7).

5. Дослідженнями динаміки руху відокремлених частин скиби виявлені сили, що сприяють рівномірності розташування вороху на транспортері-сепараторі і встановлено зв'язок між конструктивними параметрами розрихлювача-вирівнювача і потужністю, необхідною на його привід, описаною рівнянням (12).

6. За результатами досліджень встановлено, що раціональними конструктивними параметрами розрихлювача-вирівнювача є кут нахилу півдисків $\beta = 30$ град, діаметр барабану розрихлювача-вирівнювача 200 мм, висота лопаті півдиску 70 мм, відстань від робочої кромки півдиску до полотна елеватора 80 мм.

7. Експериментально підтверджено, що застосування розрихлювача-вирівнювача підвищує ефективність сепарації картопляного вороху на 6...10 % порівняно з серійною машиною, при цьому втрати бульб не перевищили 1,8 % (дрібна фракція), а пошкодженість поверхні бульб склала 2,7 %, що відповідає існуючим агротехнічним вимогам.

8. Встановлено, що якісними показниками модернізованої картоплезбиральної машини є:

- ступінь сепарації – 0,92;
- пошкодженість бульб – 2,7 %,

що досягається при обертанні розрихлювача-вирівнювача з усередненою частотою до 100 об/хв, куті нахилу півдисків – 30 град, швидкості руху агрегату – 1,18 м/с.

9. Економічний ефект від використання двохрядного картоплекопача із встановленим на ньому розробленим сепаратором складає (в цінах на 1.10.2008 р.) 5685 грн на одну машину за умови навантаження близько 60 га. Результати проведеного дослідження передані в КБ ВАТ «Ковельсьільмаш» і використані при розробці нових картоплезбиральних машин.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Герук С.М. Активізація процесу сепарації картопляного вороху при використанні пруткових елеваторів / С.М. Герук, С.В. Міненко // Вісник

Сумського національного аграрного університету (Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»): Зб. наук. праць. – Суми, 2008. – Випуск 1(17). – С. 145-150.

2. Герук С.М. Методика планування експерименту з визначення оптимальних параметрів розрихлювача-вирівнювача картоплезбиральної машини / С.М. Герук, С.В. Міненко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць., випуск 38. – Кіровоград, 2008. – С. 234-237.

3. Міненко С.В. Визначення потужності на привід розрихлювача-вирівнювача картоплезбиральної машини / С.В. Міненко // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. праць. – Луцьк, 2009. – Випуск 18. – С. 299-305.

4. Міненко С.В. Експериментальні дослідження комбінованого сепаратора картопляного вороху / С.В. Міненко, С.М. Герук // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць., випуск 39. – Кіровоград, 2009. – С. 226-331.

5. Міненко С.В. Динамічні властивості ґрунтових часток в киплячому шарі / С.В. Міненко // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету: Зб. наук. праць. – Житомир, 2009. – Випуск 2. – С. 313-318.

6. Міненко С.В. Дослідження показника кінематичного режиму роботи розрихлювача-вирівнювача картоплезбиральної машини / С.В. Міненко // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Зб. наук. праць Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2007. – Т.2: Випуск 67. – С. 72-77.

7. Міненко С.В. Методика визначення площі поперечного перерізу гребенів картопляного поля / С.В. Міненко // Вісник Державного вищого навчального закладу «Державний агроекологічний університет»: Зб. наук. праць. – Житомир, 2007. – Випуск 2. – С. 268-272.

8. Міненко С.В. Підвищення надійності машин для копання картоплі / С.В. Міненко // Наука-виробництво. Збірник тез доповідей: Кіровоград, 2009. – С. 81-83.

9. Пат. 30102 Україна, МКИ А 01 D 19/00. Сепаруючий пристрій картоплезбиральної машини / С.М. Герук, С.В. Міненко; Заявник Державний вищий навчальний заклад «Державний агроекологічний університет». – № u200711875; заявл. 29.10.2007; опублік. 11.02.2008, Бюл. № 2, 2009 р.

10. Пат. 30193 Україна, МКИ А 01 D 19/00. Сепараторний пристрій картоплезбиральної машини / С.В. Міненко, С.М. Хоменко, В.Л. Куликівський; заявник Державний вищий навчальний заклад «Державний агроекологічний університет». – № u200712976; заявл. 23.11.2007; опублік. 11.02.2008, Бюл. № 2, 2009 р.

11. Пат. 34451 Україна, МКИ А 01 D 19/00. Картоплекопач / С.М. Герук, С.В. Міненко, С.М. Хоменко; заявник Державний вищий навчальний заклад

«Державний агроекологічний університет». – № u200803486; заявл. 18.03.2008; опублік. 11.08.2008, Бюл. №15, 2009 р.

12. Пат. 40628 Україна, МКИ А 01 D 19/00. Розпушувач вороху картоплезбиральної машини / С.М. Герук, С.В. Міненко; заявник Державний вищий навчальний заклад «Державний агроекологічний університет». – № u200809406; заявл. 17.07.2008; опублік. 27.04.2009, Бюл. №8, 2009 р.

АНОТАЦІЯ

Міненко С.В. Обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів розрихлювача-вирівнювача вороху картоплезбиральної машини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград, 2011.

У дисертації вирішені наукові питання підвищення ефективності сепарації картопляного вороху шляхом додаткового введення в конструкцію і обґрунтування параметрів спеціального розрихлювача-вирівнювача. Розглянуті питання раціональної організації розподілення ґрунтово-картопляної суміші за шириною поверхні елеватора.

Аналітичним дослідженням проаналізована динаміка руху суміші і встановлені раціональні параметри робочих органів. Доведена можливість інтенсифікації і підвищення продуктивності процесу збору врожаю.

Експериментально встановлені режими роботи розрихлювача і сепаратора при яких досягається ефективна сепарація з мінімальним пошкодженням бульб картоплі.

Проведені виробничі випробування картоплезбиральної машини та розраховано економічний ефект від її використання.

Ключові слова: сепарація, розрихлювач-вирівнювач, картопляний ворох, рівномірність розподілу.

АННОТАЦИЯ

Миненко С.В. Обоснование технологических и конструктивных параметров рыхлителя-выравнивателя вороха картофелеуборочной машины. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Кировоградский национальный технический университет, Кировоград, 2011.

Диссертационная работа посвящена вопросу увеличения качественных и количественных показателей работы сепарирующих органов картофелеуборочных машин путем дополнительного введения в конструкцию и

обоснование параметров специального рыхлителя-выравнивателя, как составной части сепарирующего устройства.

В работе выполнен анализ существующих способов сепарации и конструкций сепарирующих рабочих органов, который показал, что прутковые элеваторы, как наиболее распространенный вид сепарирующих устройств, не полностью используют рабочее пространство полотна, поэтому важным заданием есть разработка нового устройства для сепарации картофельного вороха, который позволяет увеличить продуктивность без увеличения повреждаемости клубней картофеля.

На основании проведенного анализа рассмотрены вопросы организации распределения картофельного вороха по ширине сепарирующего элеватора, что дало возможность получить математические зависимости, которые описывают процесс работы дополнительного рыхлителя-выравнивателя и допускают его различные конструктивные решения.

Аналитическими исследованиями проанализирована динамика движения почвенно-картофельной смеси и установлены рациональные параметры рабочих органов рыхлителя-выравнивателя. Доказана возможность интенсификации и увеличения продуктивности процесса уборки урожая, путем уменьшения мощности потребляемой машиной при работе.

Разработана и изготовлена полевая установка, а также экспериментально установлены рациональные режимы работы рыхлителя-выравнивателя и сепаратора, при которых достигается эффективная сепарация с минимальной повреждаемостью клубней картофеля.

Проведено экономическое оценивание эффективности использования картофелеуборочной машины с установленным рыхлителем-выравнивателем. Годовой экономический эффект от использования машины с рыхлителем-выравнивателем составляет около 5685 грн.

Ключевые слова: сепарация, рыхлитель-выравниватель, картофельный ворох, равномерность распределения.

ANNOTATION

Minenko S.V. Explanation of Technological and Construction Parameters of Ripper-Land Leveler of Heap of Potato Harvester. – Manuscript.

The dissertation for obtaining a scientific degree in Mechanization of Agriculture Production. – Kirovograd National Technical University, Kirovograd, 2011.

The Paper solves scientific issues of increasing sufficiency of separation of potato heap by additional implementation to the construction and explanation of parameters of special ripper – land leveler and considers issues of rational organization of distribution of soil-potato mixture by the width of elevator surface.

Analytic research analyses a dynamics of moving mixture and determines ration parameters of working parts. Proves possibility to intense and increase productivity of crop harvesting process.

Determines working modes of the ripper and separator which allow separating potatoes with minimum damage to potato through experiments.

Provided production tests of potato harvester and calculated economic effect of its use.

Keywords: separation, ripper – land leveler, potato heap, uniformity of distribution

Підписано до друку 04.05.2011 р.

Умов. друк. арк. 0,9

Наклад 100 примірників. Зам. № 130

Віддруковано в Житомирському національному
агроекологічному університеті, 2011

Свідоцтво суб'єкта про державну реєстрацію

ДК № 3402 від 23.02.2009 р.

10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7, тел.: (0412) 37–49–44