

ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РІВНОМІРНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ

Савченко В.М. к.т.н., Міненко С.В. к.т.н., Хоменко С.М. к.т.н.
(Житомирський національний агроекологічний університет)

Описано організацію технологічного процесу рівномірного розподілення картопляного вороху для подальшої сепарації на прутковому елеваторі. Наведені математичні залежності, що описують роботу розрихлювача-вирівнювача

Постановка проблеми. При копанні картоплі основною операцією є сепарація картопляного вороху, що пов'язана з використанням значних енергозатрат на відділення бульб картоплі від ґрунту та інших домішок [1,2,3]. Процес ускладнюється необхідністю забезпечити неушкодженість бульб, оскільки це впливає на їх збереженість.

Найпоширенішим видом пристосувань для сепарації картопляного вороху є пруткові елеватори, що мають високу продуктивність та надійність в роботі. Але разом з тим, при їх використанні спостерігається основний недолік: неповне використання робочої поверхні елеваторів [2,3]. Тому, питання рівномірного розподілення картопляного вороху за шириною елеватора на початкових етапах сепарації є актуальним науковим питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки широкого розповсюдження набули комбіновані сепаратори, що дозволяють здійснювати активний вплив на бульбоносний шар. Це досягається встановленням додаткових бітерів, що мають на меті розбити тверді ґрунтові утворення та направити масу на подальшу сепарацію на прутковому елеваторі. Рекомендоване місце розташування бітерів – за підкопуючими робочими органами, де найменше буде відчуватися удар по бульбах картоплі робочими органами. М.Е. Мацепуро встановив, що при обертанні бітерів зі швидкістю до 7,7 м/с забезпечується повне руйнування грудкових утворень, але при цьому збільшується пошкодженість бульб [4].

Комбіновані робочі органи значно покращують якість сепарування на основному сепаруючому пристрої. Дослідження В.М. Алесенка показали високу ґрунтоподрібнювальну здатність роторних бітерів, що розташовані на початку елеваторного сепаратора. Так, при швидкості лопатей бітера 4,7 м/с кількість грудок більше 30 мм, які сходили з елеватора, не перевищувала 1,0%. Але пошкодження бульб картоплі роторними бітерами з суцільними лопатями сягали 12%, а прутковими роторами до 50% [5].

Мета досліджень полягає у математичному обґрунтуванні рівномірності розподілення картопляного вороху за шириною елеватора, що дасть змогу підвищити якість сепарації.

Результати досліджень. Технологічний процес роботи сепаратора полягає в наступному. При русі машини леміш 2 (рис. 1), що встановлений на відповідну глибину копання, підрізає рядок і спрямовує скибу на сепаруючий прутковий елеватор 3. Лемеші встановлені один від одного на відстані ширини міжрядь рядків картоплі і картопляний ворох потрапляє на сепаруючий елеватор у вигляді двох скиб, розміщених одна від одної на цій відстані. 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 (поз. 4, рис. 1), який, згідно виконуемого технологічного процесу, повинен знаходитись на початку сепаруючого елеватора 3.

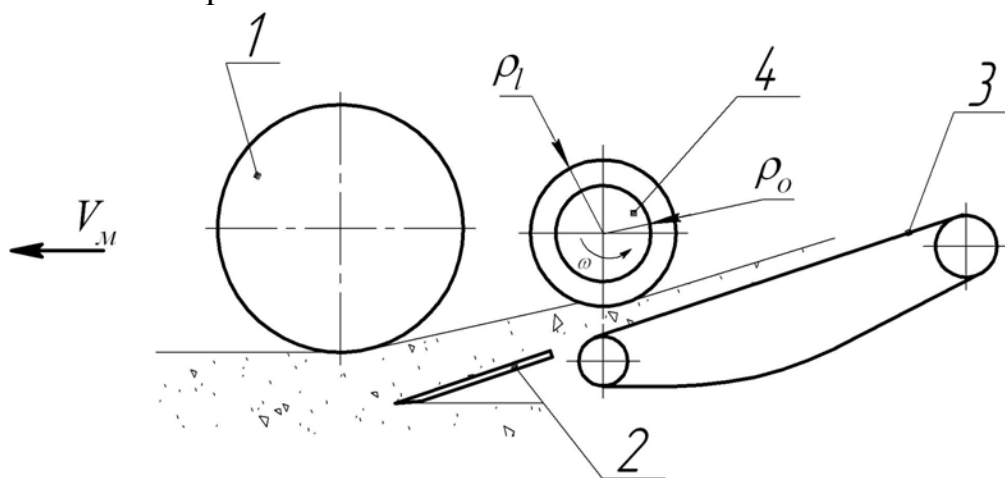


Рис. 1. Схема встановлення розрихлювача-вирівнювача 1 – опорне колесо, 2 – підкопуючий леміш, 3 – транспортер-сепаратор, 4 – розрихлювач-вирівнювач

Ідея вирівнювання скиби ґрунту полягає у його рівномірному розподіленні по ширині сепаруючого елеватора.

Для подальшого математичного опису організації технологічного процесу з достатньою для практичних цілей точністю переріз ґрунто-картопляної скиби можна представити у вигляді рівнобічної трапеції (рис. 2).

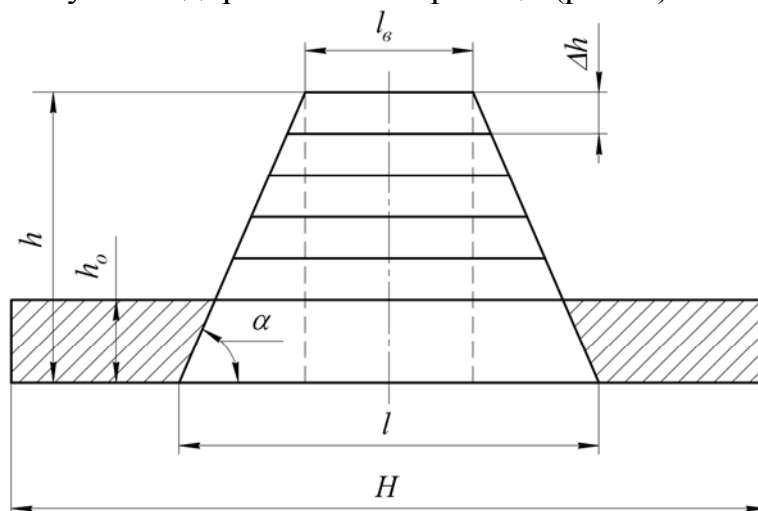


Рис. 2. Схема пошарового зчісування (розподілення) скиби ґрунто-картопляного вороху

Узагальнено 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) вороху розподіляється по ширині елеватора H рівномірним шаром товщиною h_0 .

Таким чином, за один прохід робочий орган знімає шар вороху Δh і направляє його в одну із сторін (вліво чи вправо) від центральної осі скиби. Наступним суміжним проходом знімається наступний шар такої ж товщини Δh , але направляється в бокову сторону протилежну попередньому проходу. В подальшому процес повторюється до досягнення граничної товщини шару h_0 .

Об'єм (в перерізі площа) скиби, що відокремлюється від загальної маси згідно прийнятої схеми (рис. 2) може бути визначений наступним чином. Для першого шару об'єм (площа) складається з двох ділянок: прямокутної та двох трикутних:

$$W_{ш1} = W_{\square} + 2W_{\triangle}. \quad (1)$$

Відповідно складові дорівнюють:

$$W_{\square} = l_g \cdot \Delta h,$$

$$W_{\triangle} = \frac{1}{2} \cdot \Delta h^2 \operatorname{ctg} \alpha,$$

де α – кут природного укосу картопляно-ґрунтового вороху.

Підставляючи значення складових в рівняння (1) маємо:

$$W_{ш1} = l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \operatorname{ctg} \alpha. \quad (2)$$

По аналогії для другого шару з урахуванням збільшення основи трапеції маємо:

$$W_{ш2} = (l_g + \Delta h \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \Delta h + \Delta h^2 \operatorname{ctg} \alpha = l_g \cdot \Delta h + 2 \cdot \Delta h^2 \operatorname{ctg} \alpha.$$

Отриманий результат показує, що об'єм шару складається з постійної величини (перша складова) і доданку (друга складова) величина якого залежить від порядкового номеру шару. Це дає змогу записати формулу для визначення об'єму вороху, що знімається робочим органом вирівнювача в будь-якому довільному шарі:

$$W_{ши} = l_g \cdot \Delta h + i \cdot \Delta h^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3)$$

де $i = 1 \dots n$ – порядковий номер шару;

Відповідно весь об'єм, що знімає робочий орган, починаючи від вершини скиби до граничної товщини h_0 дорівнює:

$$W = \sum_{i=1}^n W_{ши} = n \cdot l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \operatorname{ctg} \alpha \cdot \sum_{i=1}^n i. \quad (4)$$

В ідеальному рішенні знімаємий об'єм ґрунто-картопляного вороху повинен бути розподілений на обидві бокові сторони у вільних зонах товщиною шару h_o (на рис. 2. заштриховано).

Об'єми вільних зон по сторонах дорівнюють:

$$W_{л} = W_{п} = \frac{1}{2} h_o (H - l + h_o \operatorname{ctg} \alpha). \quad (5)$$

Таким чином, виходячи з попереднього аналізу і представлених схематичних побудов (рис. 2), а також використовуючи рівняння (4 і 5) можна записати:

$$n \cdot l_g \cdot \Delta h + \Delta h^2 \operatorname{ctg} \alpha \sum_{i=1}^n i = h_o (H - l + h_o \operatorname{ctg} \alpha).$$

Вирішивши рівняння відносно товщини шару, що залишається h_o , маємо:

$$h_o = \frac{h^2}{(H - l) \operatorname{tg} \alpha + 2h}. \quad (6)$$

Очевидно, що товщина шару h_o , що формується розрихлювачем-вирівнювачем і подається на сепаруючий елеватор повинна мати максимальний розмір самої великої картоплини з додатковими технологічними припусками на відсутність забивання робочого органу. Це відкриває можливість, задавшись доцільним значенням розміру товщини шару h_o , знайти необхідну ширину транспортера H . Тоді, загальна висота шару скиби h залежить від вибраної продуктивності машини.

Може бути вирішена і зворотна задача, коли відомими є h_o і h , а необхідно визначити ширину транспортера-сепаратора, що забезпечує безперебійний технологічний процес роботи. В цьому випадку повертаючись до рівняння (6) вирішуємо його відносно невідомої ширини H :

$$H = \frac{h^2 - 2hh_o}{h_o \operatorname{tg} \alpha} + l.$$

Визначення можливої мінімальної ширини транспортера дає:

$$\frac{dH}{dh} = \frac{1}{h_o \operatorname{tg} \alpha} (2h^2 - 2h_o) = 0.$$

Звідкіля H_{\min} досягається, коли $h = h_o$, тобто коли з самого початку скиба вороху розкладається шаром необхідної товщини h_o для подальшої ефективної сепарації.

Зі збільшенням товщини шару h ширина транспортера-сепаратора нелінійно та інтенсивно зростає (рис. 3).

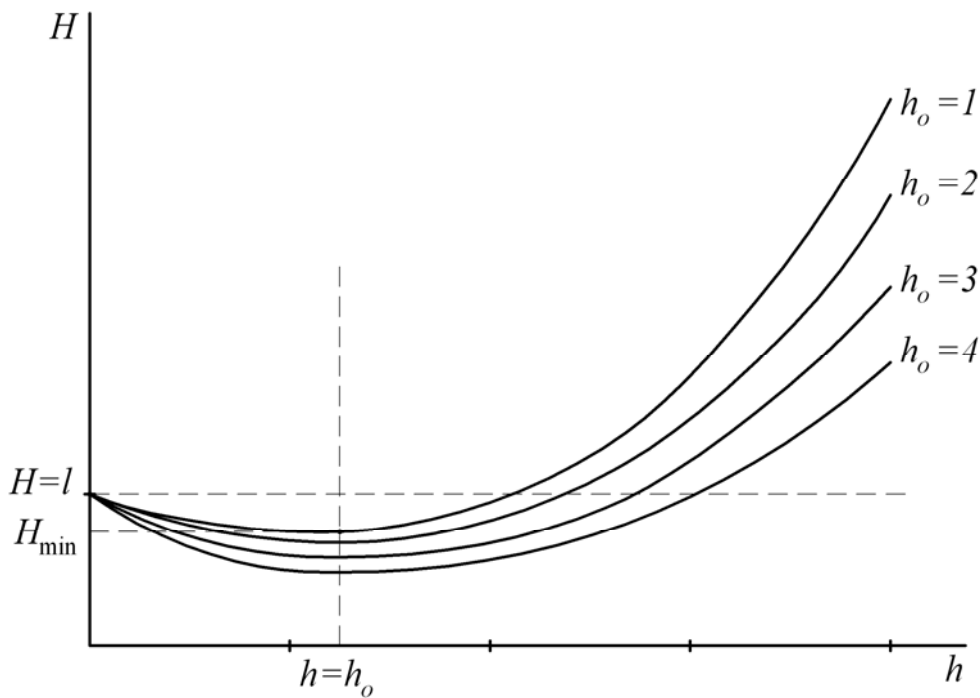


Рис. 3. Залежність зміни ширини транспортера-сепаратора H від висоти скиби вороха h

Область значень, коли $h < h_o$, немає практичної реалізації, так як не відповідає фізичній сутності поставленої задачі, коли мінімальний розкладаємий на транспортері шар вороху повинен мати граничну кінцеву величину h_o , обумовлену геометричними розмірами бульб картоплі. Однак, для обґрунтування раціональних параметрів розрихлювача-вирівнювача визначимо вплив кінцевої товщини шару h_o на робочу ширину транспортера H (рис.3).

Якісний аналіз показує, що збільшення товщини шару h_o принципово не змінює загального вигляду кривої, але призводить до зниження ширини H . Це природно, оскільки для укладання одного і того ж об'єму вороху з більшою кінцевою товщиною h_o потрібна менша загальна ширина транспортера-сепаратора.

Згідно прийнятої схеми організації поетапного пошарового знімання картопляного вороху кількість шарів може бути визначена згідно формули:

$$n = \frac{h - h_o}{\Delta h}.$$

Очевидно, що для забезпечення рівномірності розподілення шарів по сторонам необхідно, щоб кількість шарів n була парною величиною. Тоді, розподіл по сторонам на підставі залежності (4) можна записати:

$$\text{- ліва сторона} \quad V_{II} = n \cdot l_e \cdot \Delta h^2 \cdot \text{ctg} \alpha \sum_{i=1}^{n-1} i; \quad i = 1, 3, 5 \dots n-1 \quad (7)$$

- права сторона
$$V_{II} = n \cdot l_g \cdot \Delta h^2 \cdot ctg\alpha \sum_{i=1}^n i; \quad i = 2, 4, 6 \dots n$$

Представлені рівняння моделюють поетапне зчісування вороху в різні боки робочим органом вирівнювача. Система рівнянь фактично представляє собою математичну модель, що описує роботу вирівнювача, конструктивні реалізації якого можуть бути різними. Якщо робочий орган побудований таким чином, що послідовно та поетапно знімає певний шар товщиною Δh , є активним обертаючись навколо центра O (рис.1), то зрозуміло, що робочі елементи зчісування шарів повинні знаходитись на різних радіусах:

$$\rho_i = \rho_o + j\Delta h, \quad (8)$$

де ρ_o – початковий радіус розташування робочих елементів;

$j = 1, 2, 3 \dots n$ – порядковий номер робочого елемента з загальної кількості рівномірно розташованих по периметру робочого органу.

З урахуванням існуючих конструкцій транспортерів-сепараторів картоплезбиральних машин існують варіанти їх рішень, коли привід пруткового елеватора здійснюється по боковим сторонам транспортерної стрічки. Доцільним в таких випадках стає розподілення скиби вороху не на два боки відносно її центру, а на один – в середину транспортера. Дане рішення обумовлене необхідністю не направляти ґрунто-картопляну суміш в крайні зони стрічки, де працюють елементи приводу транспортера, щоб не ускладнювати його роботу.

Особливістю даного варіанту (рис. 4) організації роботи є тільки те, що ліва і права сторони співпадають з одним з вибраних напрямків орієнтації ґрунто-картопляного вороху, а індекси i у формулах (7) приймають безперервні значення від 1 до n . Тобто теоретично опис організації технологічного процесу не відрізняється від розробленої універсальної і узагальненої моделі за винятком номерів індексів i , а конструктивно робочий орган такого розрихлювача-вирівнювача може бути представлений схемою (рис. 4).

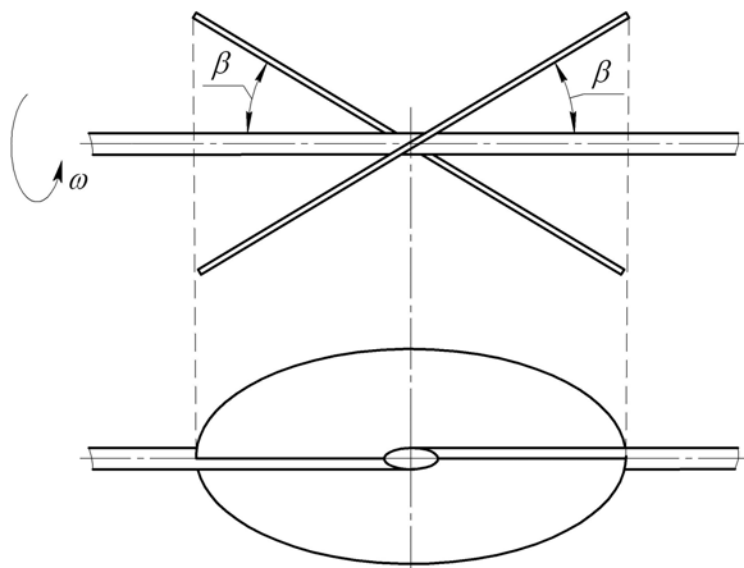


Рис. 4. Схема дволопатевого робочого органу розрихлювача-вирівнювача односторонньої дії

В даному технічному рішенні робочий орган складається з двох елементів (напівдисків) закріплених на загальному валу. Диски встановлені під кутом β в зустрічних напрямках з кутових інтервалом 180° . Можливі рішення робочих органів і з більшою кількістю робочих елементів (дисків лопатей).

При обертанні робочого органу даної конструкції лопаті по чергово взаємодіють із скибою вороху переміщуючи захвачений шар маси в одному і тому ж напрямку від периферії (зони приводу) стрічки до її центру. При цьому скиба рівномірно розподіляється по ширині транспортера-сепаратора заданою товщиною h_0 .

Висновки. 1. Рівномірне розподілення картопляного вороху по площі транспортера-сепаратора може бути досягнуто послідовним пошаровим зчісуванням частин скиби спеціальним активним робочим органом. В загальному вигляді робота розрихлювача-вирівнювача математично моделюється отриманими в дослідженні рівняннями (7).

2. Конструктивно розрихлювач-вирівнювач може бути виконаний в різних рішеннях: диференційний робочий орган, двосторонньої, односторонньої дії, або 2-х, 4-х і т.д. лопатевим, в залежності від загального рішення і компоновки картоплезбиральної машини.

Список літератури

1. Бекетов П.В. Снижение потерь картофеля и овощей при уборке и хранении. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 220 с.
2. Верещагин Н.И. и др. Уборка картофеля в сложных условиях / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков, В.С. Герасимов. – М.: Колос, 1983. – 208 с.
3. Сучасні тенденції розвитку с.-г. техніки. В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін. За ред. В.І. Кравчука та ін. – К.: Агр. наука, 2004. – 394 с.
4. Мацепуро М.Е. Технологические основы механизации уборки картофеля. – Минск: Гос. изд-во, 1969. – 301 с.
5. Алесенко В.М. Обоснование параметров и режимов работы роторного битера для разрушения картофельной грядки /Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1969. – Вып.2 – с.24-29.

Аннотация

Организация технологического процесса равномерного распределения картофельного вороха для сепарации

Савченко В.Н., Миненко С.В., Хоменко С.М.

Описано организацию технологического процесса равномерного распределения картофельного вороха для дальнейшей сепарации на прутковом

элеваторе. Приведены математические зависимости, которые описывают работу рыхлителя-выравнивателя

Abstract

Organization of technological process of even distributing of potato lots for separation

V. Savchenko, S. Minenko, S. Khomenko

Organization of technological process of the even distributing of potato lots is described for further separation on a twig elevator. Mathematical dependences which describe work of potato digger are resulted