

## Дослідження сепаратора піднімаючо-сходячої дії для коренебульбозбиральних машин

С.М. Грушецький

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

*(м. Кам'янець-Подільський, Україна)*

*email: g.sergiy.1969@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6434-1213*

Україна має унікальний природний потенціал, що дозволяє стати лідером по виробництву сільськогосподарської продукції в Європі. Проте, для успішного виходу на західні ринки необхідно забезпечити перш за все конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні затрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції.

Відповідно, метою дослідження було проведення порівняльного аналізу технологій і машин для збирання картоплі, розробка якісних показників сепарації картопляного вороху за рахунок різноманітних способів активізації сепарації і обладнання додатковими пристроями, покликаними прискорити просіювання ґрунту та руйнування грудок.

Дослідження проводилися шляхом технологічно-конструкційного аналізу технологій і машин для збирання картоплі. У процесі досліджень використовувались методи порівняння та математичного моделювання технологічних процесів. Інформаційною базою досліджень слугували праці українських та зарубіжних науковців з технологій і машин для збирання картоплі.

На основі проведеного порівняльного аналізу технологій, сепаруючих робочих органів і машин для збирання картоплі виявлено основні процеси, що впливають на агротехнічні показники збиральної техніки, запропоновано принципово нову схему сепаруючого пристрою коренебульбозбиральної машини, в якого робочий процес відділення бульб від ґрунту відбувається у піднімаючо-сходячій дії бульбоносного вороху. Виділено чотири характерні зони технологічного процесу сепарації в досліджуваному пристрої: зона переходу бульбоносного пласта ґрунту з лемеша на ворохопідйомний елеватор, визначено сила, що розриває стелон; зона підйому і проходження вороху в місці максимального сходження гілок ворохопідйомного і бульбоприймного елеваторів – розрахункове зусилля, яке чиниться на бульбу в цій зоні не веде до пошкоджень бульб; зона сходження ременів бадилевідокремлювача з поверхнею ворохопідйомного елеватора – ремені, розміщені з інтервалом 10...12 см, виконують функції: відсікають бульби від бадилля, вичавлюють бульби на поверхню потоку вороху, утримують потік ґрунту з бадиллям при сходженні його з кінця ворохопідйомного елеватора; зона зустрічі бульб з бульбовідбійним прутком. Визначено величину ударної реакції, що діє на бульбу в момент зіткнення з прутком.

**Ключові слова:** картопля, картоплезбиральна техніка, технологія, технологічний процес, зони технологічного процесу, процес сепарації, збирання картоплі, сепарація, ворох.

### Постановка проблеми та її актуальність.

Урядом України обрано стратегічний курс на розвиток в аграрно-індустріальному напрямі. Україна має унікальний природний потенціал, що дозволяє стати лідером з виробництва сільськогосподарської продукції в Європі. Проте, для успішного виходу на західні ринки необхідно забезпечити перш за все конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні витрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції [1]. Вирощування картоплі в країні здійснюється за технологіями минулого століття, і якщо раніше вирощування картоплі було механізованим, то на сьогодні в більшості господарств вона вирощується вручну. З проведенням реформ на селі картоплярство розсіялося по малих селянських, фермерських

та садово-городніх ділянках, де розміщено близько 95% цієї культури.

Машини для вирощування картоплі в Україну завозились і завозяться, в основному, з Білорусі та Німеччини [2]. Загальновідомо, що техніка на 70-80% морально застаріла, перебуває не в найкращому стані і потребує суттєвого оновлення. Картоплярі часто беруть за приклад сусідню Білорусь, де технологічний цикл повністю забезпечений державою та працюють відповідні заводи.

Технопарк картоплярства України, в свою чергу, актуалізує. Проблем удосконалення існуючих та винайдення нових перспективних технологій і робочих органів картоплезбиральної техніки, обґрунтування оптимальних режимів їх роботи і, в кінцевому рахунку, забезпечення цієї

галузі рослинництва сучасною, високопродуктивною і надійною збиральною технікою.

Для прискорення просіювання дрібних частинок ґрунту використовують різноманітні способи активізації сепарації. Деякі сепаратори обладнують додатковими пристроями, покликаними прискорити просіювання ґрунту та руйнування грудок, в інших використовують різноманітні способи та режими руху робочих поверхонь. Тому сепаратори потребують подальшого конструктивного вдосконалення, а також теоретичного та експериментального дослідження з метою підвищення якісних показників їх роботи.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Проблемі вирощування та збирання картоплі присвячено чимало друкованих праць. Проблемами картопляної галузі займалися і займаються такі вчені, як Грушецький С.М., Гуцол Т.Д., Булгаков В.М., Смолінський С.В. та ін. [3-11].

Явищем та моделювання процесу сепарації картопляного вороху займався у своїх працях Фірман Ю.П. [5].

Питаннями розробки та обґрунтування параметрів ротаційного картоплекопача займався Бончик В.С. [7].

Останніми дослідженнями слід вважати науковий пошук і обґрунтування конструкції і параметрів спірального сепаратора картопляного вороху та обґрунтування параметрів поздовжніх транспортерів-сепараторів коренезбиральних машин присвячено дослідження Булгакова В.М., Смолінського С.В., Фльонц І.В. та ін. [8, 11].

Великим вкладом в теорію сепарації на решетах силучих матеріалів стали праці д.ф.-м.н. Е.А. Напнящого, який у ряді своїх праць розглянув математичні основи цього процесу, Г.Д. Петров провів дослідження по визначенню розмірної характеристики ґрунтових грудок, що утворюються при підкопуванні бульбоносного шару [12].

Стратегічні питання з вирощування картоплі в Україні з використанням найсучасніших технологій і техніки, які б мали конкурентоспроможні якісні показники, дослідники у своїх працях, на жаль, оминають аналіз сучасного стану картоплярства в Україні є завжди актуальною проблемою.

**Мета роботи.** Підвищення якісних показників сепарації картопляного вороху за рахунок різноманітних способів активізації сепарації і обладнання додатковими пристроями, покликаними прискорити просіювання ґрунту та руйнування грудок.

**Результати дослідження.** В процесі пошуку раціональної конструкції сепаруючого робочого органу коренебульбозбиральної машини спочатку зупинили вибір на сепараторі відцентрово-вчавного типу. У цьому пристрої процес сепарації, крім сили тяжіння, активізується за рахунок дії відцентрової сили і сили обтиску вороху в кільцевому каналі.

Коренебульбозбиральні машини, побудовані на основі відцентрово-вчавного сепаратора, за всіма показниками роботи перевершують відомі комбайни, побудовані за традиційною схемою. При цьому багато разів зменшуються габаритні розміри комбайна і, відповідно, маса.

Однак інтенсифікація процесу сепарації вороху за рахунок дії додаткових сил, як правило, пов'язана з ушкодженнями бульб. Крім того, просіювання на бульбоприймальному елеваторі 3 (рис. 1 а) фракція ґрунту безперервно сходиться на поверхню приймальної частини основного елеватора 2 і нарощує потік вороху [5]. Це відбувається через те, що верхня гілка ворохопідйомного елеватора 2, огинаючи валець 7, нависає над бульбоприймальним елеватором 3.

В результаті багаторічних пошуків нам вдалося знайти і реалізувати зовсім інший принцип сепарації бульбоносного вороху, що виключає вищевказаний недолік (рис. 1 б) [3-12].

Повернувши ворохопідйомний 2 і бульбоприймальний 3 елеватори проти напрямку руху агрегату, ми отримали принципово новий сепаруючий пристрій, що відділяє бульби і бадилля від ґрунтової маси в висхідному потоці. У новому пристрої не ґрунт відділяється від бульб, а навпаки, бульби відсікаються від потоку, що рухається у воросі. Відпадає необхідність просіювання всієї грантової маси через решета. Це дозволяє скоротити технологічний шлях руху бульб і бадилля в процесі сепарації.

Як видно на рисунку 1, сепаруючі робочі органи складаються з одних і тих же конструктивних елементів. Змінено їх розміщення в просторі, форми і розміри сепаруючих елеваторів. У запропонованій конструкції ворохопідйомний елеватор 2 (рис. 1 б) огинає елементи конструкції, як в попередньому варіанті (рис. 1 а), а розташований під кутом до горизонту. Леміш 1 (рис. 1 б) розміщений між двома дисками 4, які одночасно є і підрізаючими робочими органами. Диски з'єднані між собою стрижнями 9. Елеваторне полотно 3, що є бульбоприймальним, огинає дані стрижні і проходить через провідний 10 і направляючий вал 11.

Ремені бадилевідокремлювача 5 в районі дисків 4 огинають ту ж зону, що і бульбоприймальне полотно 3, а у верхній зоні, в секторі ведучого вала 7 ворохопідйомного елеватора, відтягнуті назад. Для цього використаний направляючий валець 8. Це дозволяє нижнім гілкам бадилевідокремлювача стикатися з прутками ворохопідйомного елеватора.

#### **Технологічний процес.**

Леміш 1 підкопує бульбоносний пласт і відокремлює його від основної маси ґрунту. Обертючі диски 4 підрізають коріння, залишки бур'янів і сприяють переміщенню пласта на ворохопідйомний елеватор 2 без розвалювання.

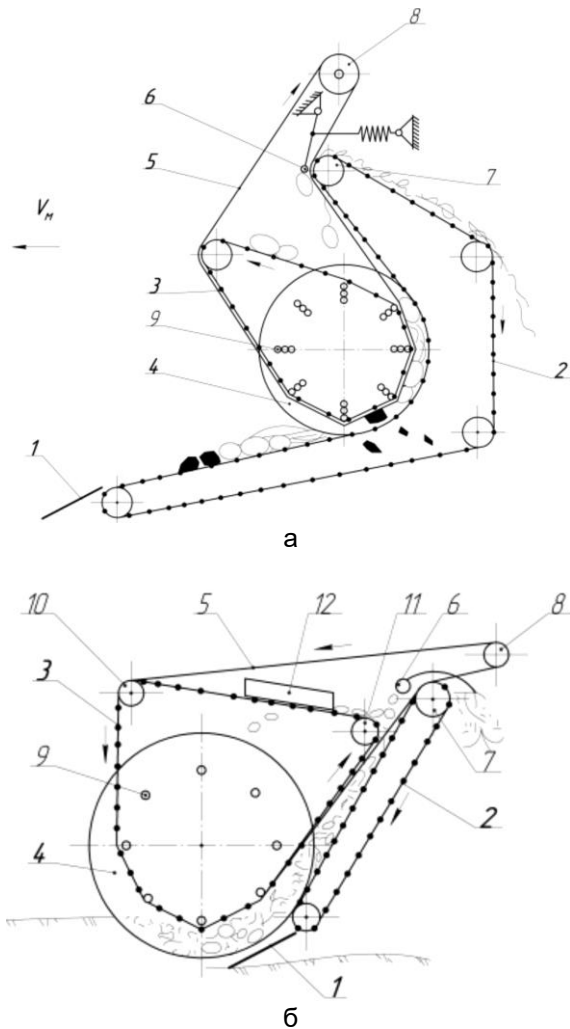


Рис. 1. Схеми досліджуваних сепараторів: а – відцентрово-вичавної дії; б – піднімаючо-сходячої дії: 1 – леміш; 2 – ворохопідійомний елеватор; 3 – бульбоприймний елеватор; 4 – диск; 5 – бадилевідокремлюючі ремені; 6 – прутковідбійний пруток; 7 – провідний вал ворохопідійомного елеватора; 8 – направляючий валець; 9 – стрижень; 10 – провідний вал; 11 – направляючий вал; 12 – відбивач

На ворохопідійомному елеваторі 2 пласт з бульбами піднімається вгору, утримуваний ременями бадилевідокремлювачами 5 і прутками бульбоприймного елеватора 3. Відстань між елеваторами 2 і 3 у міру підйому зменшується, утворюючи піднімаючо-сходячу активну зону сепарації. При цьому пласт руйнується, бульби втрачають зв'язок з бадилля. Основна частина грудок ґрунту при проході між прутками елеваторів 2 і 3 в зоні їх найбільшого зближення руйнується.

Далі, на верхній вільній похилій ділянці бульби, звільнившись від передньої опорної поверхні (прутків елеватора 3), відокремлюються від маси, притиснутою ременями бадилевідокремлювача 5, скочуються вниз і підхоплюються

верхньою горизонтальною гілкою бульбоприймного елеватора 3. Чисті бульби картоплі, переміщуючись по ній, зустрічаються з відбивачем 12, змінюють напрямок руху на  $90^\circ$  і сходять на похилий лоток, по якому надходять в тару.

Частина, що залишилася ґрунту, бадилля і рослинні залишки, притиснуті бадилевідокремлюючими ременями 5 до прутків елеватора 2, піднімаються до верхньої точки і перекидаються назад по ходу агрегату. Весь технологічний процес відділення бульб від ґрунту відбувається на шляху приблизно 1 метр.

При підйомі (сходженні) вороху, укладеного між поступово сходячими гілками ворохопідійомного і бульбоприймного елеваторів, спостерігається безперервний процес відриву бульб від бадилля. Пояснити це явище можна тим, що на бульби безперервно діє складова сили тяжіння, як самих бульб, так і лавини падаючої вниз ґрунтових частинок.

Крім того, особливо слід виділити чотири характерні зони технологічного процесу (рис. 2):

I - зона переходу бульбоносного пласта ґрунту з лемеша на ворохопідійомний елеватор;

II - зона підйому і проходження вороху в місці максимального зближення гілок ворохопідійомного і бульбоприймного елеваторів;

III - зона сходження ременів бадилевідокремлювача з поверхнею ворохопідійомного елеватора;

IV - зона зустрічі бульб з бульбовідбійним прутком.

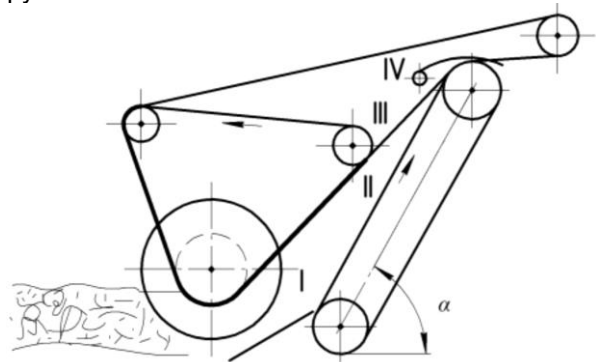


Рис. 2. Зони технологічного процесу

У зоні I (рис. 3) переходу бульбоносного пласта ґрунту з лемеша на ворохопідійомний елеватор швидкість компонентів вороху змінюється різко від нуля до величини швидкості руху елеватора. Причому бадилля набуває таку швидкість, раніше бульб. Виникаючі при цьому інерційні сили різної величини призводять до розриву столонів.

Для визначення величини розривної сили  $T$  скористаємося теоремою, яка стверджує, що зміна кінематичної енергії матеріальної точки за деякий проміжок часу дорівнює сумі робіт доданих до неї сил на відповідному переміщенні [13].

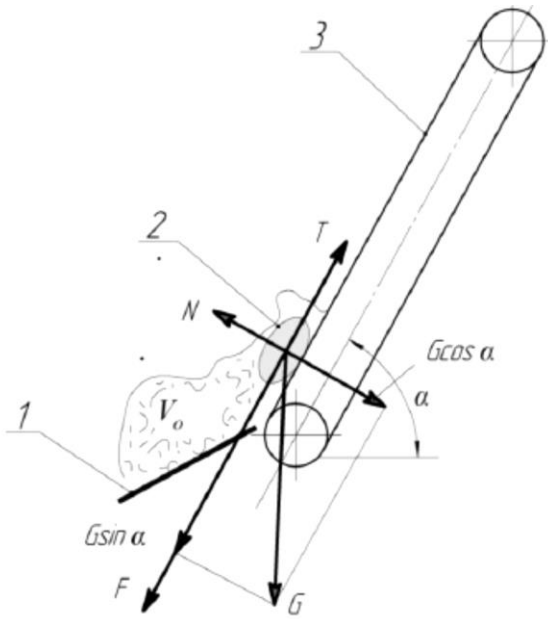


Рис. 3. Сили, що діють на бульбу в зоні I:  
1 – леміш; 2 – бульба; 3 – елеватор

Прийmemo бульбу за матеріальну точку, до неї прикладена активна сила  $G$ . Відкинемо зв'язок – похилу поверхню елеватора, замінивши її нормальною реакцією  $N$  і силою тертя  $F_{mp}$ , спрямованої в даному випадку проти руху бульби.

Складемо рівняння зміни кінетичної енергії бульби для шляху переходу з лемеша на елеватор  $S$ . Тиск, який чиниться на бульбу визначимо за формулою [13]

$$\frac{mV_e^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = (T - F_{mp} - G \sin \alpha) \times S. \quad (1)$$

Отже

$$F_{mp} = fG \cos \alpha. \quad (2)$$

Звідки

$$T = G \left( \frac{V_e^2 - V_0^2}{2g} + f \cos \alpha + \sin \alpha \right). \quad (3)$$

Для визначення величини розриваючої стон сил  $T$  використовували такі дані:

$$G = mg = 0,15 \cdot 9,8 = 1,47 \text{ Н}; V_e = 1,7 \text{ м/с};$$

$$V_0 = 0; S = 0,1 \text{ м}; f = 0,74; \alpha = 45^\circ [13].$$

Отримали  $T = 33,1 \text{ Н}$ .

**У другій зоні** (рис. 4) бульбонесущий ворох під час підйому ущільнюється за рахунок зближення двох елеваторів (піднімаючо-сходячої дії), товщина його зменшується. Компоненти вороху: грудки, ґрунт, бадилля, рослинні домішки – деформуються і постійно знаходяться в «пуль-

суючому» потоці (втрачають свою швидкість і прагнуть скотитися вниз, але зустрівшись з висхідним потоком, піднімаються вище). Таке явище супроводжується розривом стонів від бульб. Величини діючих сил впливають на ступінь деформації бадилля.

Товщина бульбонесущого вороху  $H$  в процесі підйому звужується до величини  $h$  (величина максимального розміру бульби). Вибравши початок координат  $O_1$  в точці перетину діаметра, перпендикулярного до площини руху вороху, з поверхнею вороху, виділимо на дузі кола бульбонеприємного елеватора, що стикається з ворохом елементарний відрізок  $dl$ .

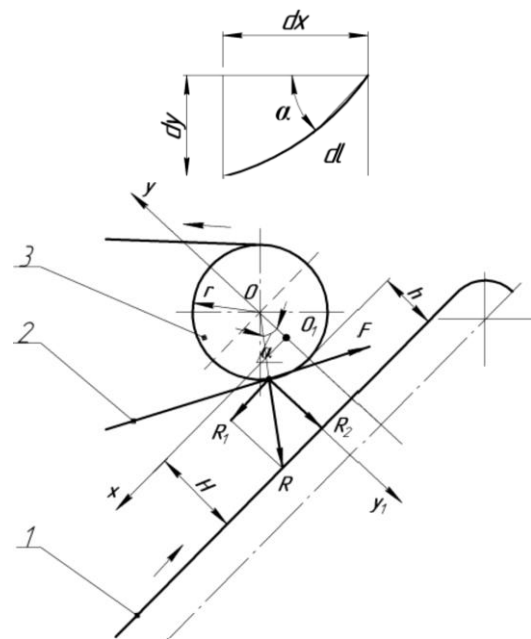


Рис. 4. Сили, що діють на бульбу в зоні II:  
1 – ворохпідіймний елеватор; 2 – ремінь  
бульбоприймного елеватора; 3 – вал

На поверхні елеватора шириною  $b$  виділимо елементарну поверхню  $ds = bdl$ , яку можна вважати прямокутником. Тоді елементарна сила реакції на цю поверхню визначається за формулою

$$dR = q b d l, \quad (4)$$

де  $q$  – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту,  $\text{Н/м}^3$ .

При зменшенні товщини, бульбонесущого вороху в межах пропорційності, коли питомий опір зростає, визначимо величину деформації за формулою

$$G = q d y, \quad (5)$$

де  $dy$  – лінійна деформація ґрунту.

Частина сегмента з елементарними сторонами  $dl, dy, dx$  можна прийняти за трикутник, у якого кут між сторонами  $dl, dx$  дорівнює

центральному куту  $\alpha$  (як кут між взаємно перпендикулярними сторонами), тоді

$$dl = qy \sin \alpha. \quad (6)$$

Підставивши вираз для елементарної сили значення  $q$  і  $dl$ , отримаємо

$$dR = bqy \frac{dl}{\sin \alpha}. \quad (7)$$

У результаті інтегрування отримаємо

$$R = \frac{b \cdot d(H - h)^2}{2 \sin \alpha}, \quad (8)$$

де  $b$  – ширина елеватора, м;  $y$  – деформація по осі  $Oy$ ;  $H$  – товщина бульбонесущого вороху, м;  $h$  – відстань найбільшого зближення елеваторів, м.

За умови рівноваги, сила опору затягування вороху в зону максимального сходження елеваторів  $h$  розраховуємо за формулою

$$R_1 = R \sin \alpha = bq(H - h)^2 / 2 \quad (9)$$

Сила опору  $R_2$ , спрямована перпендикулярно площині руху вороху, дорівнює

$$R_2 = R \cos \alpha = bq(H - h)^2 \cdot ctga. \quad (10)$$

Питомий тиск на ворох можна отримати поділом сили  $R_2$  на площу прямокутної форми, довгою стороною якого є ширина вороху, короткою – проекція дуги контакту гілки бульбоприймного елеватора з ворохом на площину ворохопідійомного елеватора

$$p = R_2 \div \frac{H - h}{tga}, \quad (11)$$

$$p = \frac{b \cdot q(H - h)^2 ctga}{2} \div \frac{(H - h) \cdot b}{tga}, \quad (12)$$

$$p = \frac{q(H - h)}{2}, \frac{H}{\text{см}^2}. \quad (13)$$

Знаючи величину питомого тиску, що виникає в масі вороху, неважко визначити зусилля, що діє на бульбу, скориставшись формулою

$$P_6 = p \cdot F, \quad (14)$$

де  $F$  – перетин бульби, ( $\text{м}^2$ ), значення якого можна прийняти мінімальним

$$F = \pi r^2, \quad (15)$$

де  $r$  – радіус поперечного перерізу круглого бульби, м.

$$P_6 = \frac{\pi r^2 q(H - h)}{2}, H. \quad (16)$$

Під дією сили  $P_6$  бульба зміщується всередині рухомого вороху в поперечному напрямку. При значному зміщенні бульба відривається від бадилля.

Однак масовий відрив бульб відбувається під дією протидії сили  $R_1$ . Бадилля стискається і легко проходить через вузьку щілину, а бульби відчувають опір як в поздовжньому, так і поперечному напрямках. Важливо, щоб цей опір не був причиною пошкодження бульб.

Внаслідок цього для зменшення складових сили опору  $R_1$  і  $R_2$  необхідно передбачити пристрій для регулювання величини мінімального проміжку між гілками ворохопідійомного і бульбоприймного елеваторів.

Приклад розрахунку зусилля, діючого на бульбу. При:

$$m = 0,15 \text{ кг}; r = 0,05 \text{ м}; q = 0,3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3;$$

$$H = 0,25 \text{ м}; h = 0,125 \text{ м} [13],$$

отримали  $P_6 = 1,47 \text{ Н}$ .

Максимально допустимий тиск  $P_{\text{max}} = 700 \text{ Н}$  [13].

**У III зоні** (рис. 2) столони перерізаються і бульби відсікаються ремнями-бадилевідокремлювачами круглого перетину при їх сходженні з поверхнею пруткового елеватора. Сила, що діє на столони, залежить від натягу ременів. Відокремлені бульби витискаються на поверхню рухомого вгору потоку вороху, скочуючись вниз, надходять на поверхню бульбоприймного елеватора. За допомогою ременів потік вороху разом з притиснутим бадиллям викидаються назад по ходу машини.

Отже, ремені, розміщені з інтервалом 10...12 см, виконують три функції:

- відсікають бульби від бадилля;
- вичавлюють бульби на поверхню потоку вороху;
- утримують потік ґрунту з бадиллям при сходженні його з кінця ворохопідійомного елеватора.

**У IV зоні** на верхньому кінці ворохопідійомного елеватора розміщений бульбовідбійний пруток. Пруток відокремлює в основному дрібні і не відірвані від столонів бульби. Крім того, пруток запобігає викиду вільних клубнів разом з бадиллям і ґрунтом з кінця ворохопідійомного транспортера, для чого забезпечується щитком.

Розглянемо бульба масою  $m$ , вдаряючі об нерухомий стрижень.

Діючою на бульбу ударною силою буде при цьому реакція стрижня (прутка). Імпульс цієї сили за час удару назвемо  $J$ .

Якщо нормаль до поверхні бульби в точці його дотику зі стрижнем проходить через центр мас, то удар буде прямим. В цьому випадку, скористаємося формулою [12, 13]

$$J = m(1 + k)V, \quad (17)$$

де  $k$  – коефіцієнт відновлення;  $V$  – швидкість удару, м/с.

Так при розрахунках  $m = 0,08 \dots 0,1 \text{ кг}$ ;  $V = 1,5 \dots 3,0 \text{ м/с}$ ;  $k = 0,6 \dots 0,76$  [12] маємо  $J = 0,192 \dots 0,528 \text{ Н} \cdot \text{с}$ .

**Висновки.** У результаті вивчення і порівняльної оцінки сепаруючих робочих органів коренебульбозбиральних машин можна зробити наступні висновки:

1. Запропоновано принципово нову схему сепаруючого пристрою коренебульбозбиральної машини, в якого робочий процес відділення бульб від ґрунту відбувається у піднімаючо-сходячій дії бульбоносного вороху.

2. Виділено чотири характерні зони технологічного процесу сепарації в досліджуваному пристрої:

– зона переходу бульбоносного пласта ґрунту з лемеша на ворохопідйомний елеватор. Визначено сила (3), що розриває столон;

– зона підйому і проходження вороху в місці максимального сходження гілок ворохопідйомного і бульбоприйомного елеваторів. Розрахункове зусилля, яке чиниться на бульбу в цій зоні (16) не веде до пошкоджень бульб;

– зона сходження ременів бадилевідокремлювача з поверхню ворохопідйомного елеватора. Ремені, розміщені з інтервалом 10...12 см, виконують функції: відсікають бульби від бадилля, вичавлюють бульби на поверхню потоку вороху, утримують потік ґрунту з бадиллям при сходженні його з кінця ворохопідйомного елеватора;

– зона зустрічі бульб з бульбовідбійним прутком. Визначено величину ударної реакції, що діє на бульбу в момент зіткнення з прутком (17).

Отже, сепаратори піднімаючо-сходячої дії бульбоносного вороху потребують подальшого конструктивного вдосконалення, а також теоретичного та експериментального дослідження з метою підвищення якісних показників їх роботи.

#### Література:

1. Hrushetskiy S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo V.M. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. INMATEH-Agricultural Engineering. 2019. Vol. 59. № 3. pp. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11. <http://repository.vsau.org/card.php?lang=en&id=23148>.

2. Грушецький С.М., Рудь А.В., Семенишина І.В., Медведєв Є.П. The technological process pattern of potato root harvester. Журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка». № 31. Кам'янець-Подільський. 2019. DOI: 10.37406/2706-9052-2019-2-7.

3. Грушецкий С.Н. Модель технологических процессов картофелеуборочных машин. Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции (24-25 октября 2019 года). В 2 ч.. Минск :

БГАТУ. 2019. Ч. 1. С. 125-127: ил., схемы. – ISBN 978-985-25-0009-8 (ч. 1). <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/8670/1/27.pdf>.

4. Грушецький С.М., Підлісний В.В. Аналіз конструкцій та результати досліджень сепараторів картопляного вороху. Сучасний рух науки: тези доп. VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience». 4-5 квітня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 274-282. [http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/13556/1/kostuyk\\_3-1.pdf](http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/13556/1/kostuyk_3-1.pdf).

5. Фирман Ю.П., Грушецкий С.Н. Кинематический анализ работы динамического ленточного сепаратора. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2015. Vol. 17. № 1. P. 11-16.

6. Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. Modelling of the separation process of the potato stack. Agricultural Engineering: czasopismo. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. 2017. Vol. 21, № 4. P. 27-35.

7. Бончик В.С., Федирко П.П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2015. Vol. 17. № 5. pp. 3-6.

8. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. Agronomy Research. 2018. 16(1). pp. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037.

9. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Захарова Т.Н., Калетник Г.М., Яропуд В.М. Плоскі вертикальні криві, які забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». ВНАУ. 2014 р. Вип. 1 (73). С. 5-12.

10. Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural. INMATEH - Agricultural Engineering. vol. 54, no.1. 2018. P. 95-104.

11. Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. Agronomy Research. 2019. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073.

12. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. Машиностроение. 1984. 320 с.

13. Токар А.М. Теоретична механіка. Кінематика: Методи і задачі. Навчальний посібник. Либідь, 2001. 416 с.

#### References:

[1] Hrushetskiy S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo V.M. (2019). Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the

potato's harvesting machines. INMATEH - Agricultural Engineering. Vol. 59. № 3. pp. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11. <http://repository.vsau.org/card.php?lang=en&id=23148>. [in English].

[2] Hrushetskiy S.M., Rud A.V., Semenyshyna I.V., Medvedyev YE.P. (2019). The technological process pattern of potato root harvester. Zhurnal «Podil's'kyu visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika». № 31. Kam"yanets'-Podil's'kyu. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>. [in English].

[3] Hrushetskiy S.N. (2019). Model' tekhnolohycheskykh protsessov kartofeleuborochnykh mashyn [Model of technological processes of potato harvesting machines]. Tekhnicheskoe y kadrovoe obespechenye ynnovatsyonnykh tekhnolohyy v sel'skom khozyaystve: materyaly Mezhdunarodnoy nauchno-praktycheskoy konferentsyy (24-25 oktyabrya 2019 hoda). V 2 ch.. Mynsk : BHATU. 2019. CH. 1. S. 125-127. <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/8670/1/27.pdf>. [in Russian].

[4] Hrushetskiy S.M., Pidlisnyy V.V. (2019). Analiz konstruktivnykh ta rezul'taty doslidzhen' separatoru kartoplyanoho vorokhu [Analysis of designs and research results of potato pile separators]. Suchasny rukh nauky: tezy dop. VI mizhnarodnoy naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi zhurnal «Way-Science». 4-5 kvitnya 2019. Dnipro. pp. 274-282. [http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/13556/1/kostuyk\\_3-1.pdf](http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/13556/1/kostuyk_3-1.pdf). [in Ukrainian].

[5] Fyrman YU.P., Hrushetskiy S.N. (2015). Kynematycheskyy analiz raboty dynamycheskoho lentochnoho separatora [Kinematic analysis of the operation of a dynamic belt separator]. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 17. № 1. pp. 11-16. [in Russian].

[6] Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Serhiy. (2017). Modelling of the separation process of the potato stack. Agricultural Engineering : czasopismo. Polskie Towarzystwo Inzynierii Rolniczej. Vol. 21, № 4. pp. 27-35. [in English].

[7] Bonchik V.S., Fedirko P.P. (2015). Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy geometricheskikh parametrov kartofel'noy gryadki pri rabote kartofeleuborochnykh mashin [The results of experimental studies of the geometric parameters of the potato beds during the work of potato harvesters]. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 17. № 5. pp. 3-6. [in Russian].

[8] Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. (2018). Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. Agronomy Research. 16(1). pp. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037. [in English].

[9] Bulhakov V.M., Pylypaka S.F., Zakharova T.N., Kaletnik H.M., Yaropud V.M. (2014). Ploski vertykal'ni kryvi, yaki zabezpechuyut' postiyni tysk i shvydkist' rukhu material'noyi tochky [Flat vertical curves that provide constant pressure and velocity of material point]. Vseukrayins'kyi nauko-tekhnichnyy zhurnal «Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh». VNAU. Vyp. 1 (73). S. 5-12. [in Ukrainian].

[10] Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural [Modeling of mechanical and technological processes of agricultural]. INMATEH - Agricultural Engineering. vol. 54, no.1. pp. 95-104. [in English].

[11] Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. (2019). Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. Agronomy Research. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073. [in English].

[12] Petrov G.D. (1984). Kartofeleuborochnyye mashyny [Potato harvesting machines]. Engineering. 320 p. [in Russian].

[13] Tokar A.M. (2001). Theoretical mechanics. Kinematics: Methods and Problems [Theoretical mechanics. Kinematics: Methods and Tasks]. Tutorial. Libid. 416 p. [in Ukrainian].

## Аннотация

### Исследование сепаратора восходяще-сходящего действия для коренеклубнеуборочных машин

С.Н. Грушецкий

Украина имеет уникальный природный потенциал, позволяющий стать лидером по производству сельскохозяйственной продукции в Европе. Однако, для успешного выхода на западные рынки необходимо обеспечить прежде всего конкурентоспособность собственной продукции, что достигается при комплексной механизации технологических процессов, снижении затрат труда, увеличении урожайности и качества получаемой продукции.

Соответственно, целью исследования было проведение сравнительного анализа технологий и машин для уборки картофеля, разработка качественных показателей сепарации картофельного вороха за счет различных способов активизации сепарации и оборудования дополнительными устройствами, призванными ускорить просеивания почвы и разрушения комков.

Исследования проводились путем технологически конструкционного анализа технологий и машин для уборки картофеля. В процессе исследований использовались методы сравнения и математического моделирования технологических процессов. Информационной базой исследований послужили труды украинских и зарубежных ученых по технологиям и машин для уборки картофеля.

На основе проведенного сравнительного анализа технологий, сепарирующих рабочих органов и машин для уборки картофеля выявлены основные процессы, влияющие на агротехнические показатели уборочной техники, предложено принципиально новую схему сепарирующего устройства корнеклубнеуборочной машины, у которого рабочий процесс отделения клубней от почвы происходит в восходящее-сходящее действия клубненосного вороха. Выделены четыре характерные зоны технологического процесса сепарации в исследуемом устройстве: зона перехода клубненосного пласта почвы с лемеха на ворохоподъемный элеватор, определена сила разрывающая стolon; зона подъема и прохождения вороха в месте максимального восхождения ветвей ворохоподъемного и клубнеприемного элеваторов - расчетное усилие, которое оказывается на картофель в этой зоне не ведет к повреждениям клубней; зона восхождение ремней ботвоотделителя с поверхностью ворохоподъемного элеватора - ремни, размещены с интервалом 10...12 см, выполняют функции: отсекающие клубни от ботвы, выжимают клубни на поверхность потока вороха, содержат поток почвы с ботвой при восхождении его с конца ворохоподъемного элеватора; зона встречи клубней с бульбоотбойным прутком. Определена величина ударной реакции, действующая на клубень в момент столкновения с прутком.

**Ключевые слова:** *картофель, картофелеуборочная техника, технология, технологический процесс, зоны технологического процесса, процесс сепарации, уборки картофеля, сепарация, ворох.*

## Abstract

### Study of a lifting separator for potato machines

S.N. Hrushetskiy

Ukraine has a unique natural potential that allows it to become a leader in agricultural production in Europe. However, for successful entry into Western markets, it is necessary to ensure first of all the competitiveness of its own products, which is achieved through comprehensive mechanization of technological processes, reducing labor costs, increasing yields and quality of products.

Accordingly, the aim of the study was to conduct a comparative analysis of technologies and machines for potato harvesting, development of quality indicators of potato heap separation due to various ways to activate separation and equipment with additional devices designed to accelerate soil sieving and destruction of lumps.

The research was carried out by technological and structural analysis of technologies and machines for harvesting potatoes. In the process of research methods of comparison and mathematical modeling of technological processes were used. The information base of the research was the work of Ukrainian and foreign scientists on technologies and machines for potato harvesting.

Based on the comparative analysis of technologies, separating working bodies and machines for potato harvesting, the main processes influencing agrotechnical indicators of harvesting equipment are revealed, a fundamentally new scheme of root-harvesting machine separating device is proposed, in which the working process of separating tubers from soil takes place. bulbous heap. Four characteristic zones of technological process of separation in the investigated device are allocated: a zone of transition of a bulbous layer of soil from a ploughshare to a hoisting elevator, the force breaking a stolon is defined; the zone of lifting and passing of the heap in the place of maximum ascent of the branches of the heap-lifting and tuber-receiving elevators - the calculated force exerted on the tuber in this zone does not lead to damage to the tubers; the zone of convergence of the tops separator belts with the surface of the hoisting elevator - the belts placed with an interval of 10 ... 12 cm perform the functions: cut the tubers from the tops, squeeze the tubers on the surface of the heap flow, keep the soil flow with the tops meeting area of tubers with a tuber-bale bar. The magnitude of the shock reaction acting on the tuber at the time of contact with the rod is determined.

**Keywords:** *potatoes, potato harvesting equipment, technology, technological process, zones of technological process, separation process, potato harvesting, separation, heap.*

## Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Hrushetskiy, S. N. (2021) "Study of a lifting separator for potato machines," *Engineering of nature management*, (2(20), pp. 60 - 67.

*Подано до редакції / Received: 21.04.2021*