

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри**  
сільськогосподарських машин  
(назва кафедри)  
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

\_\_\_\_\_ Гуменюк Ю.О.  
(підпис) (ПІБ)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА**

**на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ МОДЕРНІЗАЦІЮ  
КАРТОПЛЕСОРТУВАЛКИ»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»  
(код і назва)

**Гарант освітньої програми**

К.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Сівак І.М.**

**Керівник дипломного проекту**

К.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Гуменюк Ю.О.**

**Виконав**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Царенко Н.О.**

**КИЇВ – 2025**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Механіко–технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

к.т.н., доц. Гуменюк Ю.О.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
«20» грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на виконання дипломного проекту бакалавра студенту

Царенку Нікіті Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»  
(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра «Удосконалення технологічного процесу збирання картоплі з модернізацією картоплесортувалки»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024р. № 2098 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Базова машина – картоплесортувальний пункт КСП-15, продуктивність – 18 т/год, річний наробіток – 3600 т.

**Перелік питань, котрі потрібно розробити:**

1. Технологічні особливості вирощування і збирання картоплі.
2. Аналіз технічних засобів для сортування та сепарації картоплі.
3. Обґрунтування удосконаленої схеми картоплесортувалки.
4. Обґрунтування параметрів сепаруючого робочого органу.
5. Визначення показників економічної ефективності.
6. Охорона праці.

**Перелік графічних документів:** 1. Типи сепарувальних робочих органів картоплезбиральних машин; 2. Картоплесортувалка. Схема; 3. Спіральний блок; 4. Деталювання; 5. Економічна частина; 6. Охорона праці. 8.

Дата видачі завдання «20» грудня 2024 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра \_\_\_\_\_ Гуменюк Ю.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Царенко Н.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ І ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ.....	6
1.1. Стан вирощування картоплі в Україні.....	6
1.2. Технологія вирощування картоплі.....	7
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ І СОРТУВАННЯ КАРТОПЛІ.....	11
2.1. Способи і технології збирання картоплі.....	11
2.2. Агротехнічні вимоги до механізованого сортування картоплі.....	15
2.3. Аналіз конструктивних схем машин для сортування картоплі.....	16
2.4. Вибір базової машини.....	29
2.5. Аналіз просіювальних сепаруючих сепаруючих робочих органів машин для збирання картоплі.....	31
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ВДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА.....	36
3.1. Визначення основних параметрів і режимів роботи спіралі.....	36
3.2. Розрахунок валу спірального сепаратора.....	40
3.3. Раціональні параметри і режими роботи сепаратора картоплесортувального пункту .....	42
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	43
РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56
ДОДАТКИ.....	59

## ВСТУП

Картопля входить до списку найважливіших продуктів харчування людей у будь якій точці світу. Даний продукт вирощують більш ніж 145 країн світу. Отже, в певному регіоні використовуються різні технології. На сьогоднішній день, для України картопля вважається найбільш доступним продуктом, який використовується як для споживання в чистому вигляді так і в промисловому, наприклад один із видів корму для худоби.

Картопля використовується в таких напрямках:

- столова (для харчування і виробництво продуктів переробки);
- технічна (як сировина у промисловості, сорти із вмістом крохмалю більше 18%);
- кормова (сорти з підвищеним вмістом протеїну).

Вирощування картоплі є одним із найбільш механізованим напрямком в сільському господарстві. Нажаль, для малих господарств є проблема з технічним забезпеченням. Зокрема для вирощування та збирання картоплі, використовується важка техніка, а саме високопродуктивна та енергозатратна техніка. Як висновок ця техніка потребує ефективного використання та окремих знань в сфері сільського господарства.

Фінальною операцією в сфері виробництва картоплі є очищення від домішок та сортування на фракції.

Найважливіший процес – сортування. Саме від цього процесу в першу чергу залежить якісні показники бульб картоплі, а отже і її ринкова ціна.

Тому, удосконалення існуючих машин та розробками більш сучасних машин є важливою темою для АПК.

Данна робота передбачає підвищення якісних показників обробки врожаю бульб, завдяки удосконаленню сепаратору.

Метою є підвищення економічних показників та підвищення ефективності

використання картоплесортувалки. Підвищення показників буде за рахунок застосування в конструкції спірального сепаратора з обґрунтуванням необхідних параметрів та режимів роботи для максимальної ефективності.

## РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ І ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

### 1.1. Стан вирощування картоплі в Україні

Одною із важливих складових АПК в Україні є вирощування картоплі.

Нажаль, станом на 2025 рік, виробничі площі для вирощування картоплі на території України зменшилися.

Основною причиною цього вважається низька закупівельна ціна та товарний надлишок (пропозиція більша за попит).

Саме це призвело до того, що фермери/підприємці нарощують збут врожаю до сусідніх країн. Також цей фактор привів до зростання використання картоплі в індустріальних цілях.

Останнім часом більшість врожаю картоплі отримується в приватному секторі та на фермерських господарствах, що приблизно дорівнює 98% від загальної площі насаджень картоплі на території України. Решта 2% - сільськогосподарського підприємства та агрохолдинги.

Але на сьогоднішній день, зростають показники площ під картоплю, також зростає її врожайність та попит на ринку. При цьому основна маса виробників перебувають в пошуку способів вирішення проблем організаційного характеру.

Лідерами по площам під картоплю на території України є: Вінницька, Волинська та Дніпропетровська область.

Основні області/виробники картоплі є: Вінницька, Київська, Львівська, Житомирська, Чернігівська і Хмельницька, Волинська та Сумська.

Найбільша врожайність має Хмельницька, найменшу – Миколаївська.

Керуючись даними ФАО Україна входить до п'ятірки лідерів з виробництва картоплі, поступаючись лише Китаю (99,1 млн т), Індії ( 43,8 млн т). При цьому, Україна виробляє 5% від всесвітнього валового збору.

Якщо розглядати врожайність, лідером є США (близько 49,2 т/га), Нова Зеландія (48,99 т/га), Німеччина становить (44,42 т/га), Данія (42,4 т/га).

В Україні середня врожайність становить близько 16...19 т/га. Врожайність явно поступається Європейським країнам, хоча ґрунтово-кліматичні умови в Україні достатньо придатні для розвитку картоплі та отриманні гарного врожаю.

Враховуючи збільшення популярності вирощування картоплі, зростання попиту, потрібно розробити чітку стратегію для розвитку цієї галузі, визначити основні напрямки розвитку в цій сфері.

Основною перспективою картоплярства на території України є застосування новітніх технологій, важкої техніки та обладнання яке враховує господарські та природо-кліматичні умови.

## **1.2 Технологія вирощування картоплі**

Особливістю вирощування картоплі є те, що при використанні добрив і якісному обробітку ґрунту, можна отримати високий врожай, навіть після повторного висадження культури. У сівозміні питома вага картоплі коливається в межах 25-50%.

Отже, основні принципи при посадці картоплі:

- одні з найкращих попередників для картоплі є зернобобові культури, а також озимі та ярі;
- забороняється посадка картоплі після пасльонових культур;
- рання картопля здебільшого використовується в зайнятому парі після озимого жита;
- врожайність картоплі складає 8-15 т/га при природній родючості ґрунту.

Добрива:

- щоб отримати 1 тону бульб картоплі, ґрунт споживає в середньому 5-6 кг азоту;

- 1,5-2 кг фосфору;
- 7-10 кг калію, це набагато більше, ніж споживання більшості зернових культур.

Щоб компенсувати втрати мікроелементів з ґрунту, використовують органічні добрива, використовують дозу внесення 20-40 т/га (для мало родючих ґрунтів переважно на півдні України 40-60 т/га).

В середньому з 1-єї тонни гною прибавка до врожаю становить 0,2 т/га.

В процесі вирощування картоплі використовують мікродобрива такі як: мідь, бор, цинк і молібден. Це надає змогу підвищити стійкість картоплі до хвороб.

Посівний матеріал може бути добре обробленим 0,05%-ним розчином солей мікроелементів.

Дуже великий вплив на розвиток бульб картоплі має якість обробітку ґрунту. Лущення стерні робиться після збирання врожаю попередньої культури через 2-3 тижні.

Перше раннє боронування проводять весною, а культивуацію роблять на 12-14 см за пару днів перед посадкою культури. Цей метод використовується для регіонів з легкими ґрунтами. На важких ґрунтах весною проводять обробіток плугами на глибину 22-27 см, але мають бути встановлені передплужники з робочою глибиною 12-14 см.

Процес підготовки картоплі для посадки має такий вигляд:

- калібрування і сортування бульб по фракціям з допомогою картоплесортувального пункту;
- фракція 50-80 г найбільш ефективна для посадки;
- якщо є нестача посадкового матеріалу (бульб), бульби картоплі можуть бути розрізані навпіл, а також розрізані бульби можуть бути обробленими пестицидами;

За 10-12 днів до посадки бульби перебираються. Далі бульби протравлюються задля захищення їх від хвороб.

Найкращим часом для посадки картоплі вважається, коли температура навколишнього середовища становить 7°C. Глибина загортання бульб 6-15см. На території України картопля висаджується з міжряддям 70 см та кроком посадки 25-35 см. Спосіб посадки обирається відносно погодних умов та стану ґрунту. Гребенева посадка має перевагу в районах з гарною вологою, здебільшого це лісостеп.

По гребеневій поверхні прогрів ґрунту є швидшим та більш ефективним, це дозволяє раніше почати посадку картоплі. В районах де волога перебільшує норма застосовують грядово-стрічкову посадку. Цей метод передбачає створення грядок висотою 35 см і шириною підшови 140 см. Рослини розташовують 2-ма зближеними рядами з міжряддям 30 см і великим міжряддям 110 см, крок посадки становить 30 см. Також проводиться досходове боронування – два рази. Це виконується внаслідок того, що досходовий період досить довгий то за цей період сходять багато бур'янів. Інтервал боронування 5-7 днів.

На гребневих посадках допускається міжрядний обробіток ще до появи сходів. Після отримання сходів проводиться міжрядний обробіток. Кількість обробітків становить від 1 до 3.

- глибина при першій обробці: 10-12 см;
- глибина при другій обробці: 6-8 см.

Від першої до другої обробки захисна зона може збільшуватись до 5 см.

Внаслідок хвороб і шкідників втрачається 30% врожаю картоплі. Тому посадки картоплі обов'язково мають бути обробленими. Також під час вирощення картоплі потребує знищення бур'янів.

Гірчиця і рапс використовуються в якості захисту від бур'янів. Ці культури висіваються як проміжні в сівозміні.

Фітофтора – одна з найнебезпечніших захворювань картоплі. Виражається ця хвороба внаслідок надмірної вологості та нестачі мікроелементів в ґрунтах або при надмірному внесенні азотних добрив.

Ступінь дозрівання культури візуально визначається станом його бадиллям. Відмирання бадилля вказує на те що посадка готова до збирання.

Видалення бадилля і бур'янів – один із найважливіших етапів збирання картоплі.

Для прискорення процесу дозрівання бульб та видалення бадилля застосовують дисикацію (приблизно за 10 днів). Перед збиранням врожаю обробити за допомогою оприскувача хлоратом магнію (25 кг/га).

Найбільш ефективно використання комбайну для збирання врожаю буде на середніх ґрунтах. Також доцільно використовувати одночасне перенавантаження бульб із бункера комбайна у ТЗ або причіп.

Роздільне збирання доцільно використовувати для середніх і важких ґрунтів. Укладання викопаних бульб картоплі у валок для просушування та подальшим підбиранням підбирачем або валком комбайну.

Для регіонів з надлишковою вологою слід викопувати бульби картоплекопачем, із їх ручним підбиранням з поверхні поля, або механізувати процес за рахунок картоплезбиральних комбайнів або підбирачем бульб.

Після збирання і перед закладанням бульб, необхідно провести сортування.

При підготовці посівного матеріалу, необхідно мінімізувати пошкодження фракцій бульб. Можливо закладати бульби без сортування, якщо вміст домішок менше 25%. Картопля зберігається в спеціальних приміщеннях, здебільшого їх будують окремо під дану культури. Приміщення має бути оснащеним вентиляційними системами.

## РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ І СОРТУВАННЯ КАРТОПЛІ

### 2.1 Способи і технології збирання картоплі

В загальному збирання картоплі є складним механізованим процесом. Передбачає підготовку поля до механізованого процесу збирання, за рахунок хімічної обробки видалити бадилля, збирання та транспортування врожаю до наступного етапу, а саме: післязбиральна обробка, транспортування до місць зберігання, закладання та зберігання та транспортування на заготівельні пункти.

Як вже було сказано, збирання картоплі є складним динамічним та енергозатратним процесом. Під час цього процесу рядки картоплі підкопуються на потрібну глибину, просіюється ґрунт та подрібнюються грудки, відокремлюється бадилля та бульби.

Основні технологічні операції які виконуються при збиранні картоплі:

- збирання бадилля;
- підкопування картоплі;
- відокремлення бульб від бадилля;
- очищення та сортування бульб за фракціями;

Видалення бадилля відбувається за рахунок косарок-подрібнювачів. Ефективним рішенням буде проводити скошування одночасно з дискацією.

За умови сухої погоди, спочатку бадилля обробляється дисикантом, а вже після його засихання – скошують косаркою-подрібнювачем.

Спосіб збирання врожаю обирається виходячи з технічного забезпечення господарства та ґрунтово-кліматичних умов. Вибір способу збирання в подальшому матиме вплив не лише на якість отриманої продукції, а також на продуктивність збиральної машини.

Однофазний спосіб збирання, який наведено на рисунку 2.1. Даний вид збирання картоплі застосовують при можливості якісного просіювання ґрунту на робочих органах збиральної машини. При завчасному видаленні бадилля, за один прохід збиральної машини виконують підкопування бульб (глибина більша на 2-3 см ніж глибина залягання нижньої бульби). Далі виконуються наступні операції:

- відділення бульб від домішок таких як: ґрунтові та рослинні;
- перезавантаження бульб до технологічного транспорту;
- транспортування врожаю до картоплесортувальних пунктів;
- кінцеве очищення бульб від домішок
- сортування картоплі на фракції.



**Рис. 2.1. Комбайнове однофазне збирання картоплі**

Однофазний спосіб збирання виконується за рахунок використання картоплезбиральних комбайнів, копачів навантажувачів та картоплесортувальних пунктів.

Двофазний спосіб збирання використовується при надмірній вологості ґрунту, однофазне збирання не є ефективним на такому виді ґрунту. Даний спосіб збирання поділяється на роздільний та комбінований вид. При цьому способі використовується дві фази збирання.

Перша фаза – використання копачів-валкоутворювачів.

На ґрунтах з надмірною вологістю застосовується роздільне збирання (рис. 2.2) На полях з малої врожайністю вигідним рішенням буде утворювати валки з шести рядків. Спочатку виконують викопування бульб, потім очищують від домішок, а після цього укладають у валки з двох, чотирьох або шести рядів.



**Рис. 2.2. Роздільне збирання картоплі**

Друга фаза при такому виді збирання виконується наступним чином:

- підбирання валка;
- очищення бульб від домішок;
- завантаження бульб в причіп або кузов транспортного засобу;
- транспортування врожаю на післязбиральну обробку до картоплесортувальних пунктів.

Тут відбувається фінальне очищення бульб картоплі від домішок та сортування на фракції.

Скошування бадилля не є доцільним рішенням при двофазному способі збирання тому, що багато рослинних залишків потрапляють до валку. В результаті цього втрачається продуктивність збиральної машини за рахунок того, що рештки складно відокремлюються. Це призведе до більших витрат на збирання врожаю.

На легких ґрунтах застосовують комбінований спосіб збирання картоплі. Спочатку викопують бульб, попередньо з формуванням валка бульб у міжрядді невикопаних рядків та очищують її від домішок.

Процес комбінованого збирання обґрунтовується таким чином. Спочатку копачем-валкоутворювачем викопують бульби з суміжних рядків та укладають їх у міжряддя двох незібраних рядків, а бадилля скидають на поверхню поля. Після цього бульби викопуються з двох залишених рядків та одночасно підбирається валок, після цього бульби очищуються від домішок та завантажуються до причепу або транспортного засобу, який рухається паралельно збиральній машині для транспортування врожаю до картоплесортувальних пунктів. Далі бульби картоплі до очищуються від домішок то сортуються за фракціями. Бульби з двох незібраних рядків одночасно збираються комбайном та підбираються укладені в міжряддях валки бульб.

Одно та двофазне збирання здійснюється за рахунок потоковій та потоково-перевалочній технології збирання.

При потоковій технології збирання:

-бульби із збиральної машини вивантажуються в ТЗ, задля їх подальшого транспортування до пункту післязбиральної обробки. Тут відбувається відокремлення бульб від домішок, проводиться сортування бульб по якості (пошкоджені, гnilі та хворі бульби), також сортування бульб на фракції. Готову продукцію відправляють до місць збуту та зберігання.

При потоково-перевалочній технології послідовність наступна:

- врожай транспортується та укладається у кагати для тимчасового зберігання до 12 днів. Це надає змогу шкірці картоплі стати міцнішою, що забезпечить зменшення пошкодження від робочих органів. Також під час цього зберігання, хворі бульби картоплі проявляються, та будуть відібрані на картоплесортувальних пунктах.

## **2.2. Агротехнічні вимоги до механізованого сортування картоплі**

При сортуванні бульб важливими пунктами є: точність розподілу бульб по фракціям, рівень пошкоджених бульб та продуктивність машини.

Сортування бульб картоплі не залежно від техніки (вітчизняного чи закордонного виробництва) здійснюється за розмірною ознакою.

Бульба картоплі за своїми розмірами представлена у вигляді еліпсоїда.

Під час проектування картоплесортувалок потрібно враховувати співвідношення маси картоплі від її розміру, оскільки сортування проводиться за параметрами самої картоплі. Саме через масу бульби визначаються параметри бульб.

Відношення до довжини і ширини бульби, її товщина в більшості залежить від маси. Виходячи з цього сортувальні машини, суть яких розділення бульб картоплі по товщині, є більш ефективними та перспективними, тому що мають менші межі регулювання сортувальних щілин, а також вони є більш компактні.

При сортуванні бульби поділяються на 3 фракції. Керуючись агровимогами, картоплесортувалки поділяють бульби на:

- крупна фракція (більше 80г);
- середня фракція (40-80г);
- дрібна фракція (20-40г).

Бульба вважається відходом коли її маса менша двадцяти грамів. Наявність в основній фракції бульб картоплі інших фракцій до 10% є в межах допуску. Пошкоджені бульби не повинні перевищувати 1%.

При наявності великої кількості різних сортів з явно відмінною масою та розміром, слід провести регулювання сортувальних зазорів, щоб забезпечити потрібну точність сортування врожаю.

Вагомий вплив на точність та ефективність сортування має:

- будова робочого органу;
- конструктивні та кінематичні параметри робочого органу;
- безпосередньо характеристика бульби.

### **2.3. Аналіз конструктивних схем машин для сортування картоплі**

Картоплесортувалки, які працюють за принципом різниці розміру різних фракцій, мають вищі технічні та економічні показники, якщо порівнювати їх з іншими типами машин.

Картоплесортувалки поділяються за типом сортувальної поверхні:

- роликові;
- транспортерні;
- барабанні;
- грохотні;

В картоплесортувалках плоско-решітного типу, тобто грохотних, використовуються решета з паралельним і послідовним розміщенням решет.

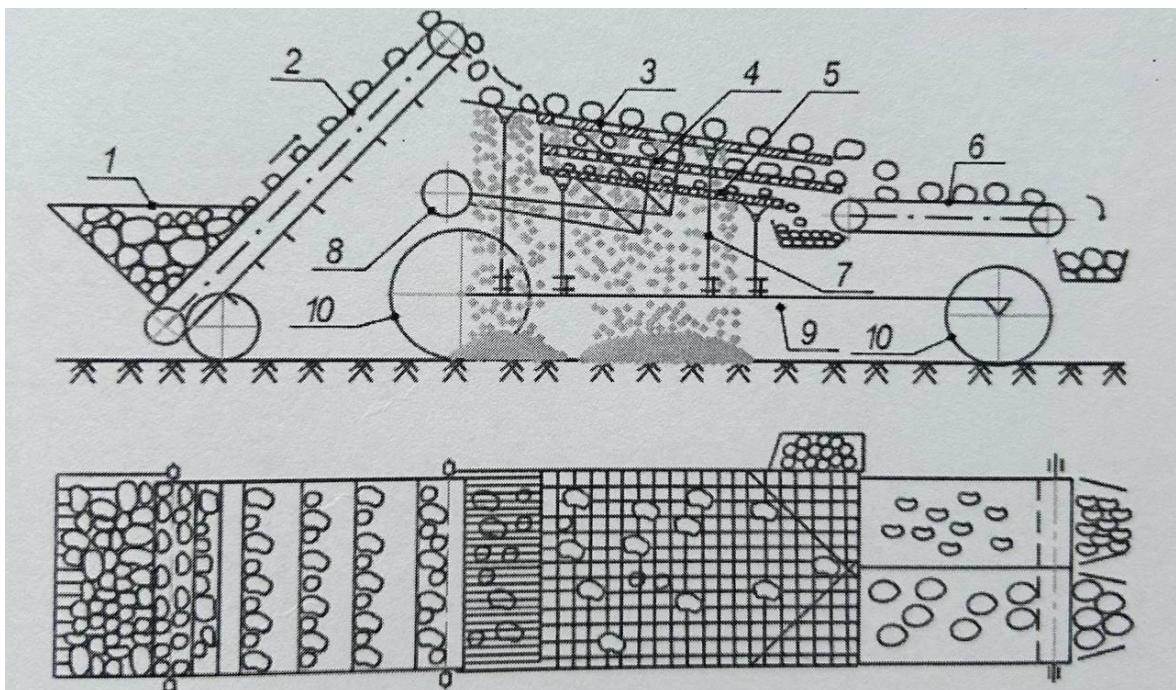
Досить велике поширення мають сортувалки з паралельним розміщенням решіт.

Картоплесортувалка Л-701 (рис. 2.3; 2.4) використовуються для сортування бульб на фракції: велику, насінневу і дрібну. Робочими органами є

обгумовані решета з квадратоподібними отворами. Продуктивність даної картоплесортувалки складає 5 т/год.



**Рис. 2.3** Картоплесортувалка Л-701



**Рис. 2.4** Технологічна схема картоплесортувалки Л-701: 1 – бункер; 2,6 – транспортери; 3, 4, 5 – решета; 7 – підвіски; 8 – привод; 9 – основа; 10 – колеса.

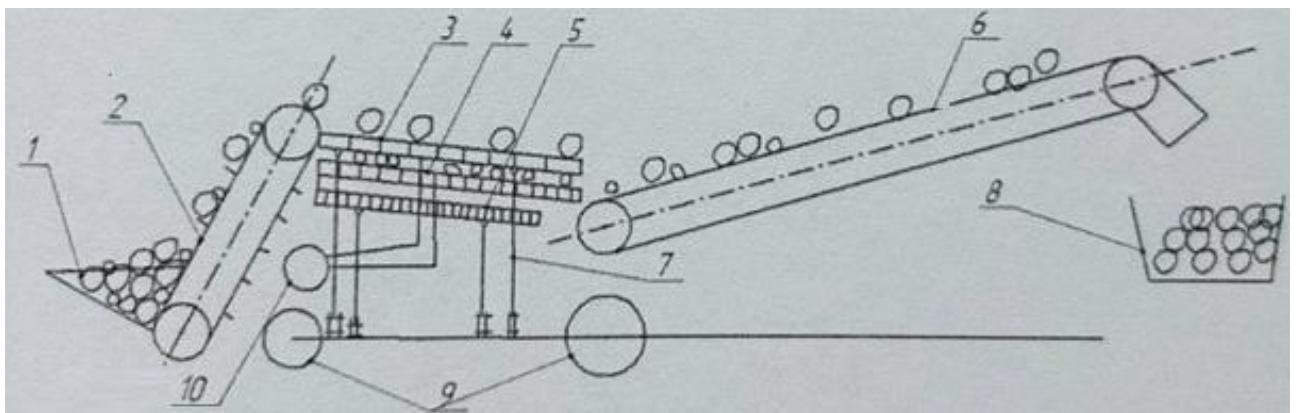
Конструктивними проблемами цієї машини можна назвати велику кількість елементів, які швидко зношуються та потребують частого технічного обслуговування. Також проблемою даної машини є невідносна вага решіт, машина має складну конструкцію та потребує велику енергоємність.

Машина М-616 (рис. 2.5) призначена для сортування бульб картоплі та цибулі. Використовується задля сортування на 4 фракції: дрібну (відходи), насінневу I і II сорту; крупну.



**Рис. 2.5** Сортувалка М-616

Загальна будова сортувалки М-616 представлена на (рис. 2.6) Продуктивність даної машини складає до 6 т/год.

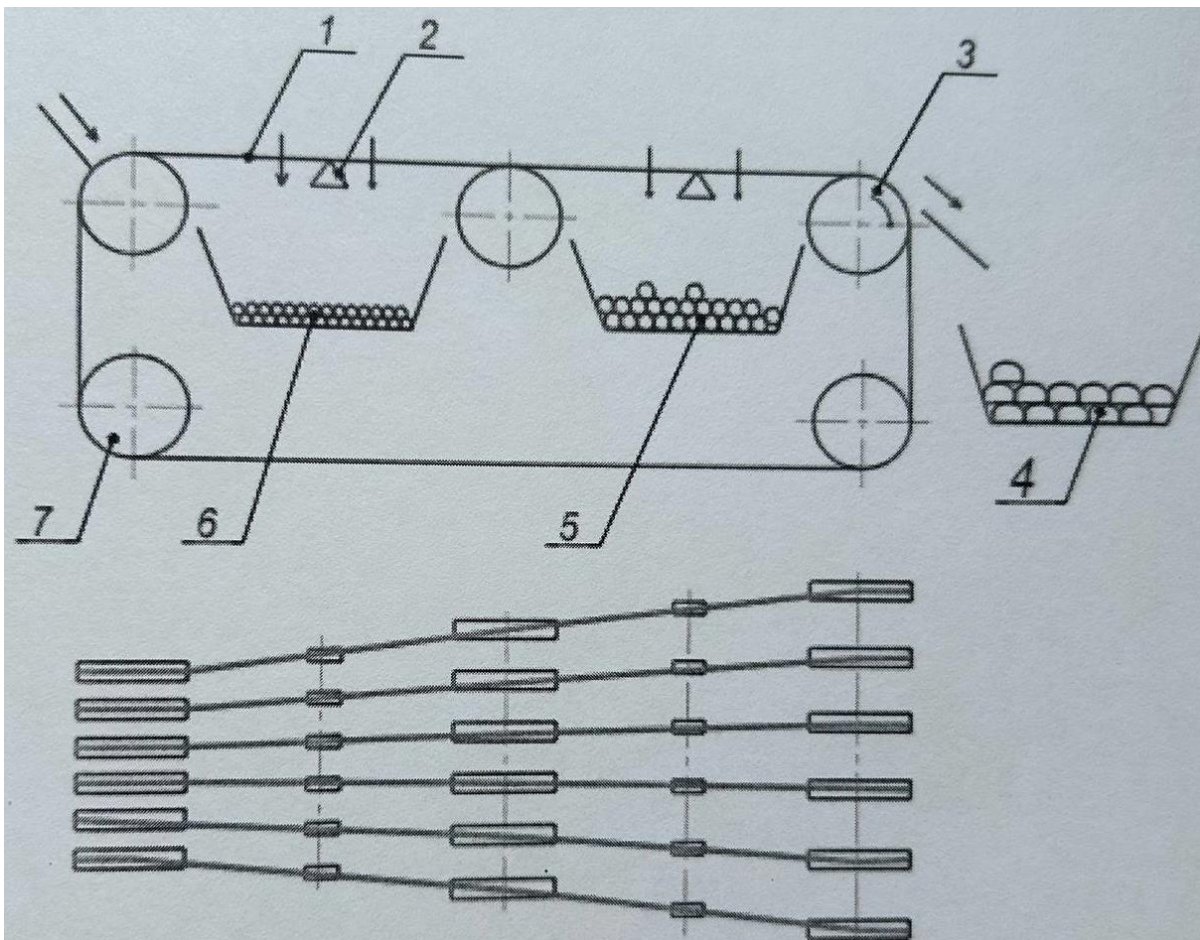


**Рис. 2.6** Технологічна схема картоплесортувалки М-616

1 – бункер; 2,6 – транспортери; 3,4,5 – решета; 7 – підвіски; 8 – відсортовані бульби; 9 – колеса; 10 – привод.

Недоліком таких картоплесортувалок являється незначний ступінь очищення бульб від бур'янів, ймовірність високої пошкодженості врожаю.

Картоплесортувалки транспортерного типу бувають двох видів. Струнними або пасовими. В машинах пасового типу (рис. 2.7) сортувальна поверхня представлена як гумово-тканинні паси круглого перерізу, які розташовані паралельно або каскадно за напрямом руху бульб картоплі.



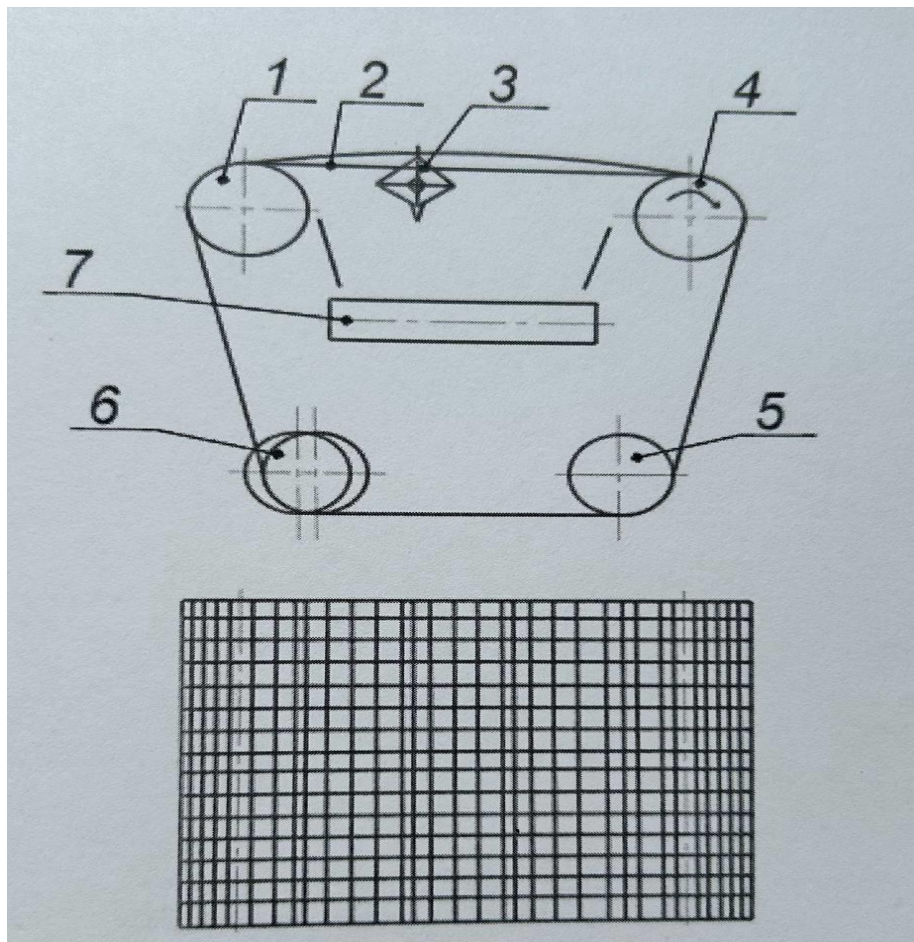
**Рис. 2.7** Картоплесортувалка пасового типу: 1 – пас; 2 – струшувач; 3 – приводний шків; 4,5,6 – місткості для фракцій; 7 – натяжний пристрій.

Картоплесортувалка із сітчастою сортувальною поверхнею (рис. 2.8) складається з чотирьох валів, та в середині встановлено транспортер для вивантаження фракцій бульб.

Калібрувальна сітка виконується з пружинного дроту діаметр якого від 2 до 4 мм, форма отворів сітки може бути різною.

Дані сортувалки сортують бульби з невеликими пошкодженнями, але одночасно з цим, ці машини мають невелику точність сортування (60...70% в середньому). Це значення залежить від продуктивності виконання процесу.

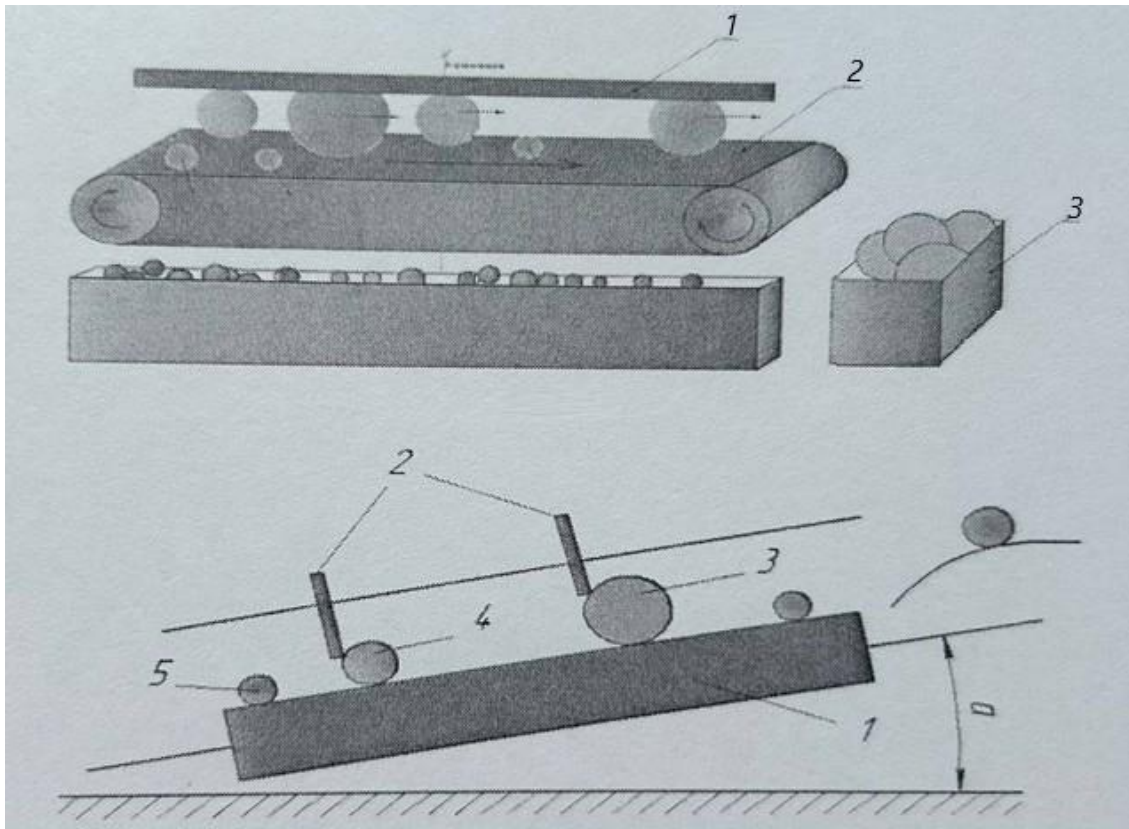
Невисока точність обґрунтовується тим, що під час роботи машини, бульби рухаються одночасно із стрічкою транспортеру, тому взаємодія із сортувальними отворами не є значною.



**Рис. 2.8 Картоплесортувалка з сітчастою сортувальною поверхнею:**

1 – приводний шків; 2 – сітчата поверхня; 3 – струшувач; 4,5,6 – шківів;  
7 – транспортер.

Стрічкова картоплесортувалка (рис. 2.9). Внаслідок застосування у схемі паралельної схеми поділу фракцій картоплі має високу якість отриманої продукції. Нажаль ці машини не є дуже ефективними, адже мають низьку продуктивність, високу енергоємність та складну конструкцію.



**Рис. 2.9 Картоплесортувалка стрічкового типу:**

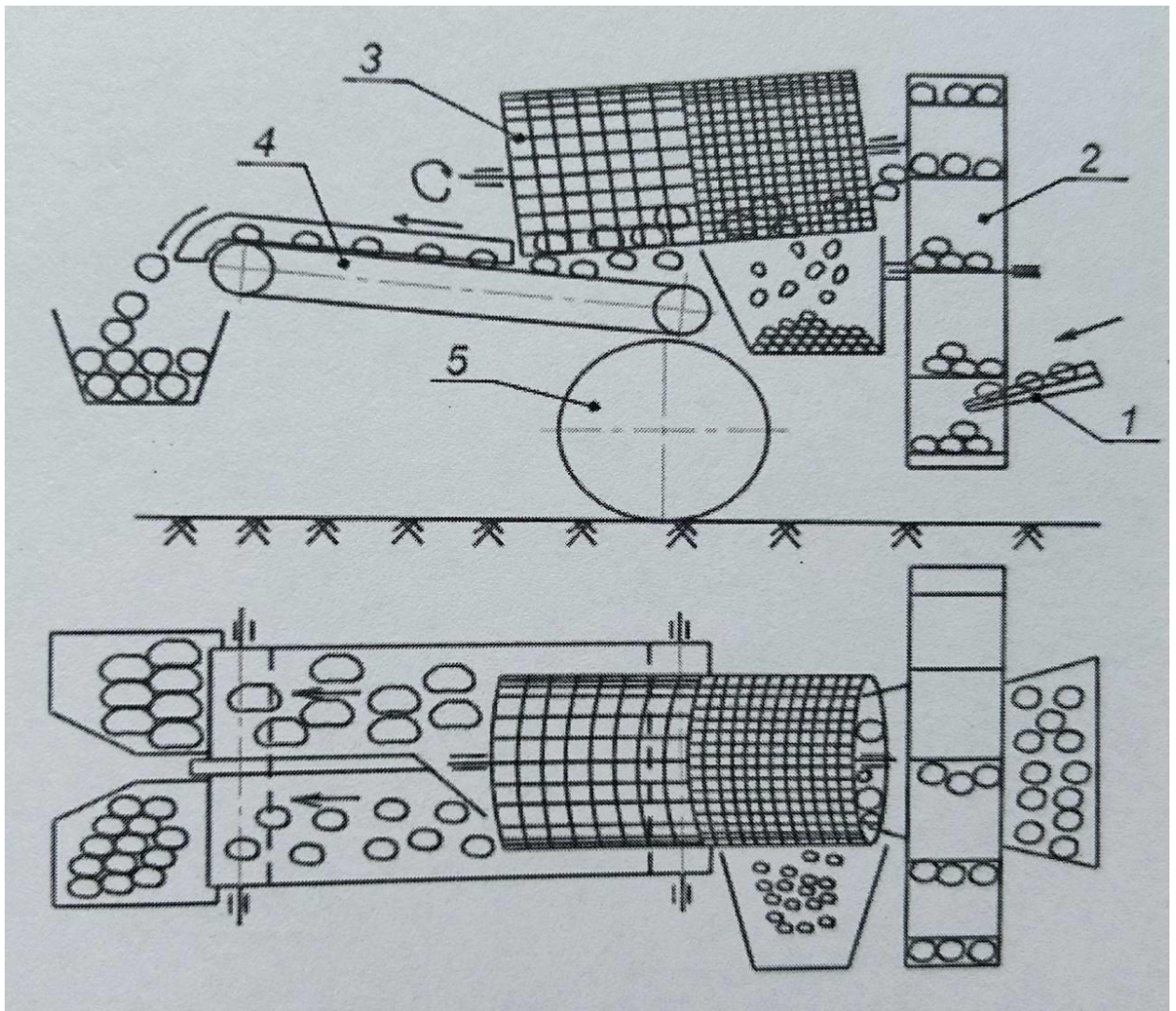
1, 2 – транспортери; 3, 4, 5 – схід різних фракцій бульб картоплі

Картоплесортувалки барабанного типу (рис. 2.10) можуть бути: конічні, циліндричні, призматичні. Найпопулярнішими є картоплесортувалки барабанного типу з циліндричною сортувальною поверхнею.



**Рис. 2.10 Картоплесортувалка барабанного типу.**

Основним сортувальним робочим органом виступає барабан з решітною поверхнею, на цій поверхні відбувається розподіл бульб картоплі за розмірами (рис. 2.11)



**Рис. 2.11 Барабанна картоплесортувалка:**

1 – завантажувач; 2 – пристрій для подачі бульб; 3 – барабан; 4 – перебиральний стіл; 5 – каток.

Картопляний ворох рухається до сортувальної поверхні, яка обертається та розташована під кутом. В даній машині бульби картоплі розподіляються на 3 фракції:

- дрібні бульби вивантажуються за межі машини через малі отвори;
- середні бульби відокремлюються через отвори більшого розміру;

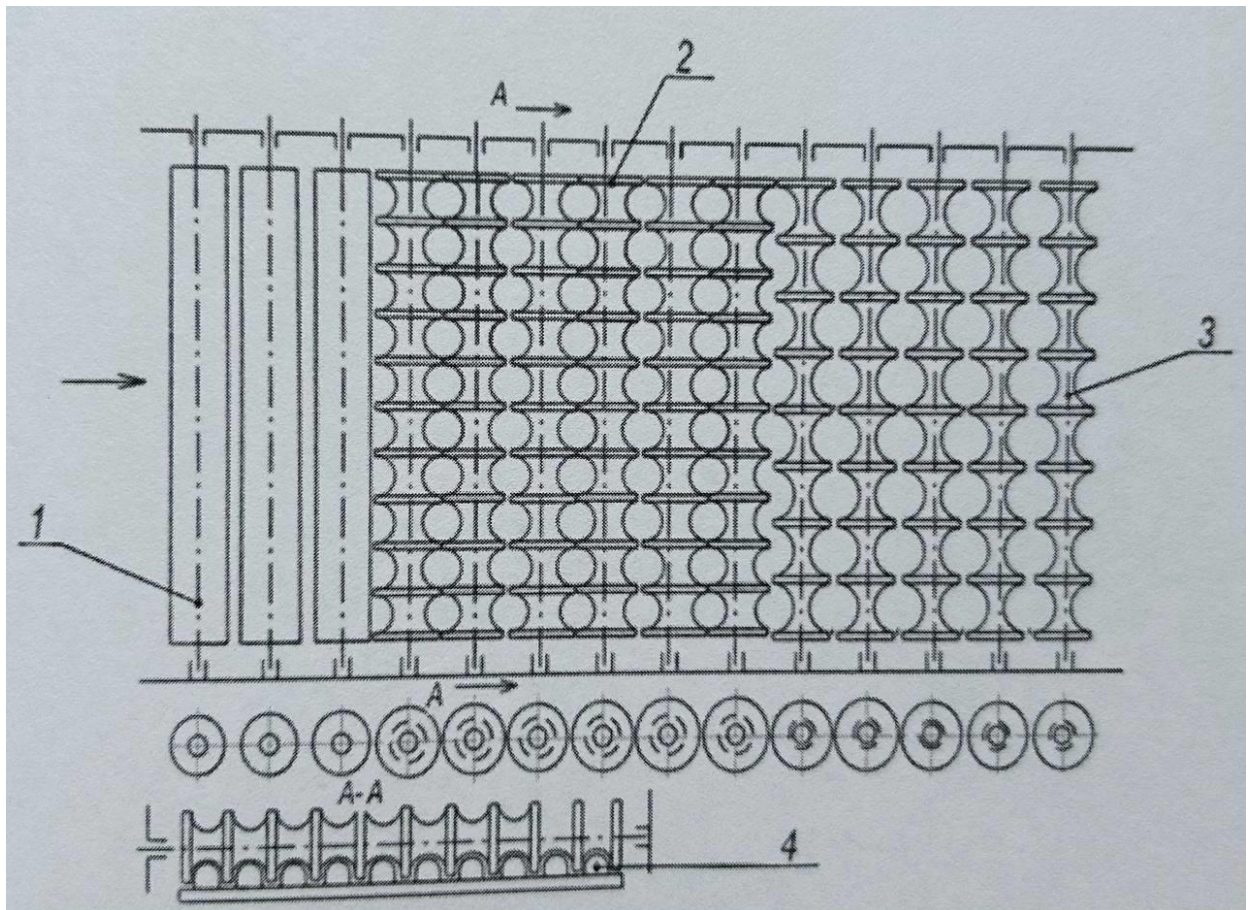
- крупні бульби виводяться самим барабаном.

Потім вже розподілені за фракціями бульби подаються на перебиральні столи із щитком для розділення потоку бульб різних фракцій.

Даний тип сортувалок мають високу точність сортування бульб, мають досить просту конструкцію, а також, що не мало важливо – надійність.

В порівнянні із грохотними машинами, барабанні картоплесортувалки забезпечують більш високу якість очищення врожаю від домішок. Але з іншого боку, бульби мають більший відсоток пошкоджуваності.

Картоплесортувалки роликівого і вальцевого типу мають 2 види робочих органів (рис. 2.12) – повздовжні і поперечні.



**Рис. 2.12 Роликів сортувальна поверхня:**

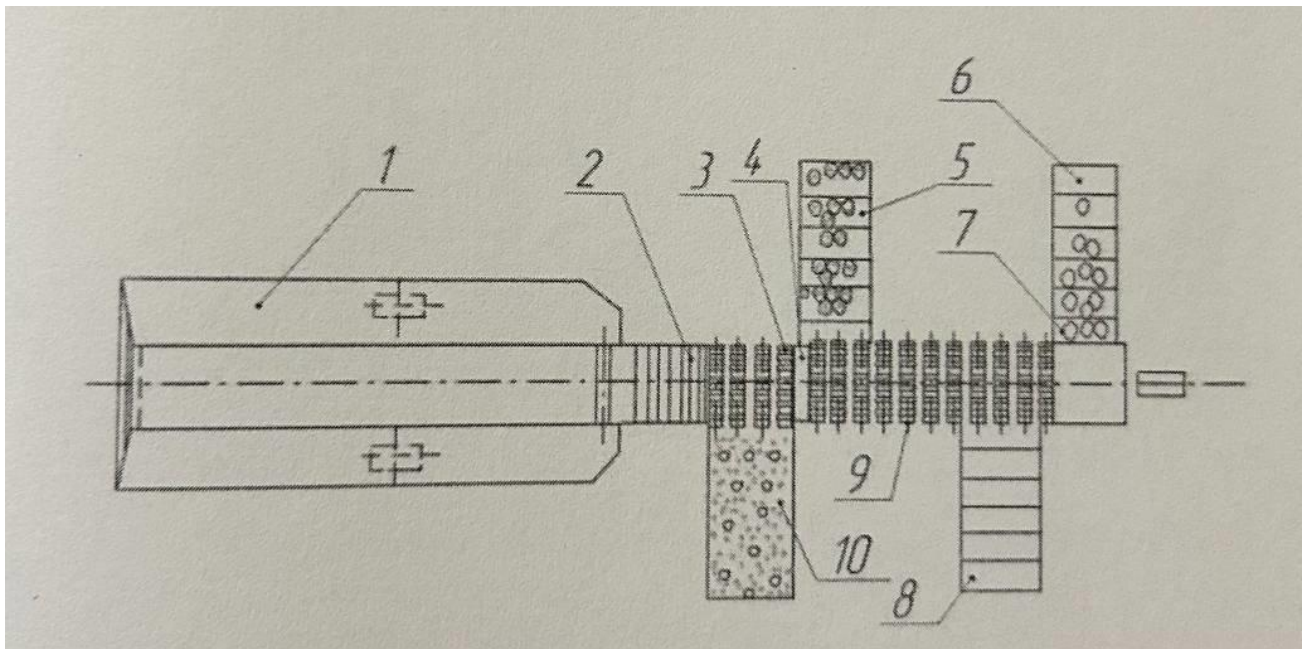
1 – гладенькі ролики; 2 – сортувальні ролики для дрібної фракції; 3 – сортувальні ролики для середньої фракції; 4 – чистик.

В схемах картоплесортувальних пунктах найбільш поширені поперечні робочі органи. Картопляний ворох подається транспортером задля очищення від різних видів домішок, потім очищенні бульби сортуються на 3 фракції: дрібну, середню і велику.

Дані сортувалки характеризуються високою точністю і продуктивністю при сортуванні, але одночасно з цим можливе збільшення рівня пошкодження бульб (рис. 2.13; рис. 2.14).



**Рис. 2.13 Картоплесортувальний пункт КСП-15 з роликовою сортувальною поверхнею**



**Рис. 2.14 Картоплесортувальний пункт**

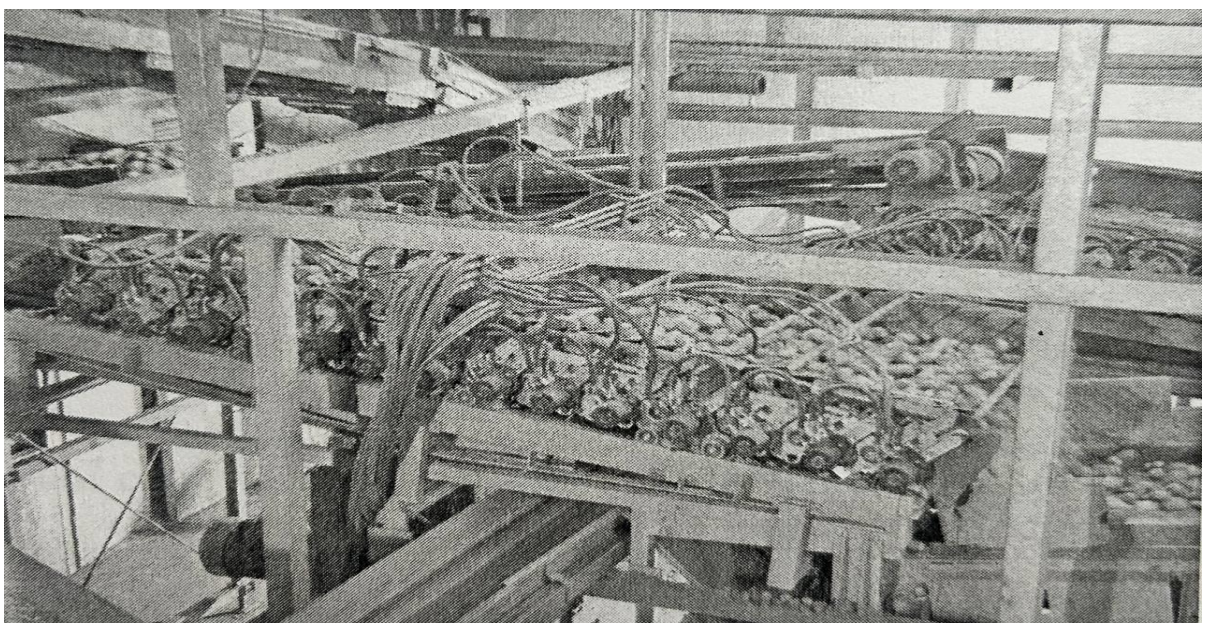
1 – завантажувальний пристрій; 2,6,8 – транспортери; 3,4 – сортувальні ролики; 5,7,9,10 – вивантажувальні транспортери для різних фракцій і ґрунтових домішок.

На даний час техніку для сортування картоплі на світовому ринку СГ техніки пропонують такі компанії: Grimme, APH Group, Ekko, Herbert, Downs, Vare – Grabers, Meidema BV тощо (рис. 2.15, 2.16).

Одна із модифікацій такого картоплесортувального пункту є сортувальний робочий орган який являє собою шестигранний вал, на якому закріплені диски і гумові пальці.



**Рис. 2.15 Сортувалка Grimme із сітчастою сортувальною поверхнею**



**Рис. 2.16 Сортувалка Grimme із спіральною сортувальною поверхнею**

Всі картоплесортувалки працюють в широкому діапазоні показників таких як: точність сортування; продуктивність; рівномірність пошкодження бульб.

При великому обсягу врожайності, найефективнішими машинами будуть виступати картоплесортувалки транспортерного типу.

Картоплесортувалки барабанного типу є найбільш поширеними тому, що більшість врожаю бульб картоплі збирається дрібними та приватними господарствами.

При порівнянні продуктивності машин маємо:

- найбільшу продуктивність має картоплесортувалка транспортерного типу (приблизно 8,7 т/год.);
- найменша продуктивність відноситься до барабанних машин (3,5 т/год).

Потужність приводу робочих органів варіюється в таких діапазонах:

- роликові – 2,1...2,3 кВт;
- транспортерні – 1,7...1,9 кВт;
- барабанні – 1,3...1,7 кВт;
- грохотні – 1,8...2.0 кВт.

Точність сортування цих машин становить:

- роликові – 65...90%;
- транспортерні – 40...85%;
- барабанні – 65...90%;
- грохотні – 75...95%.

Отже, поширені роликові картоплесортувалки є досить продуктивними, але одночасно з цим найбільш енергомісткі та мають одну з найменших точність сортування.

Якщо більш зануритись в тему якості сортування, то маємо такі показники. Для роликової сортувальної поверхні:

- для дрібної фракції – 70...75%; середньої фракції – 65...80%; крупної фракції – 65...75%.

Точність розподілу на транспортерній сортувалці:

- для дрібної фракції – 60...70%; середньої фракції – 80...65%; крупної – 40...85%.

Грохотна сортувалка має наступні показники:

- для дрібної – 75...85%; середня – 80...85%; крупна – 85...95%.

Для барабанної сортувалки точність складає:

- для дрібної фракції – 65...75%; середньої – 75...80%; крупної – 70...90%.

Аналізуючи всі параметри та результати, можна зробити певні висновки до кожної сортувалки.

Транспортерні картоплесортувалки мають досить високу продуктивність та низькій рівень пошкоджуваності бульб, але паралельно з цим не володіють високою точністю сортування, мають складну конструкцію та певні труднощі з ремонтними роботами. А також на переміщення полотна сортувалки йдуть значні затрати енергії.

Щодо роликкових сортувалок, то вони характеризуються високою продуктивністю та точністю сортування при значній енергомісткості та істотному пошкодженні бульб.

Висока якість розділення врожаю на фракції та проста конструкція машини відноситься до барабанних картоплесортувалок, але з іншого боку не володіють високою продуктивністю. Значна частина енергії витрачається задля обертання барабану, при тому що лише 20% площі барабану є активною зоною сортування.

Проста конструкція, висока продуктивність та висока точність розподілу на фракції є притаманним для грохотних картоплесортувалок. Але цей тип сортувалок має недоліки у вигляді: високої вібрації та шуму, а також складною системою приводу решіт в роботу.

Автоматичний відокремлювач каміння і грудок від бульб картоплі на основі різниці в ступені поглинання рентгенівських променів.

Даний пристрій складається з таких елементів: багатоканальна стрічка, генератор рентгенівського променя, приймач, привід штовхачів, транспортери для вивантаження домішок і бульб, компресором і гіркою.

Багатоканальна стрічка призначена для розподілу бульб на кілька потоків, кожен з цих потоків сприймає рентгенівське проміння від генератора до приймача. Датчик приймача аналізує інтенсивність проміння, датчик подає сигнал до виконавчого пристрою привода штовхача, що відкидатимуть домішки, а бульби подаються на наступний пристрій. Дані пристрої видають до 30 т/год продуктивності. Але необхідно проводити заходи з охорони праці, задля захисту робітників від опромінювання.

#### **2.4 Вибір базової машини**

Виходячи з всіх зазначених параметрів, дійшли до висновку, що при зазначених вихідних умовах, найбільш доцільним рішенням буде використовувати картоплесортувалки роликового типу. Найпопулярніша в Україні пересувна картоплесортувалка – картоплесортувальний пункт КСП-15.

Картоплесортувальний пункт КСП-15Б використовують для потокового доочищення картоплі від домішок, сортування бульб на фракції та подальше їх завантаження в мішки, контейнери або транспортні засоби.

Завдяки ДВЗ потужністю 3,5 кВт, електродвигуна потужністю 2,8 кВт або ВВП трактору робочі органи КСП-15Б приводяться в рух. Даний пункт має змогу працювати стаціонарно, в полі або у сховищі.

Приймальний бункер має рухоме дно – транспортер з прогумованого полотна. Задача даного транспортеру забезпечувати рівномірну подачу бульб до наступних елементів конструкції.

Бульби подаються на завантажувальний транспортер завдяки стрічкового транспортеру. Далі бульби направляються до роликового сепаратору, на якому домішки та бульби дрібної фракції (відходи) проходять

через обертові ролики (рис. 2.17). Дані бульби після проходження сортувального зазору виносяться за межі машини.

Ті бульби які залишилися на роликах, подаються на сортувальну поверхню, яка складається з набору обертових фігурних обгумованих роликів. Роликова поверхня являє собою частини для відокремлення дрібної і середньої фракцій, де ролики створюють зазори шириною 45 та 55мм.

При русі в сортувальній частині бульби розподіляються на 3 зони:

- 1 зона – дрібні бульби;
- 2 зона – середня фракція;

З третьої зони великі бульби потрапляють на перебиральний стіл задля додаткового відокремлення домішок від крупної фракції. Бульби які пройшли сортування в першій та другій зоні, вивантажуються окремими транспортерами та завантажуються в контейнери або інші місткості, які в більшості випадків встановлені на виході з транспортерів.



**Рис. 2.17 Роликова сортувальна поверхня картоплесортувального пункту**

При зміні швидкості приймального транспортеру – можна регулювати подачу бульб. Також в пункті може змінюватися нахил завантажувального транспортеру.

Продуктивність даної машини сягає до 15 т/год. Для обслуговування даного пункту необхідна наявність оператора та 5...8 працівників.

При необхідності підвищити ефективність роботи картоплесортувального пункту, слід розглянути можливість підвищення продуктивності очищення, тому що саме очищувальний блок найбільш виступає в якості «гальма».

## **2.5 Аналіз просіювальних сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин.**

Сепаруючі робочі органи – призначені для виділення із бульб різних типів домішок. Дані органи є основними складовими в картоплезбиральних машинах. Саме вони забезпечують високоякісне збирання врожаю бульб картоплі.

В загалом, всі сепаруючі елементи поділяються на 2 групи:

- робочі органи первинної сепарації;
- робочі органи вторинної сепарації (виносної сепарації).

Робочі органи первинної сепарації діляться на підгрупи. Для відділення бульб від дрібного, сухого та сипучого ґрунту та відділення ґрунтових і рослинних домішок (бадилля також).

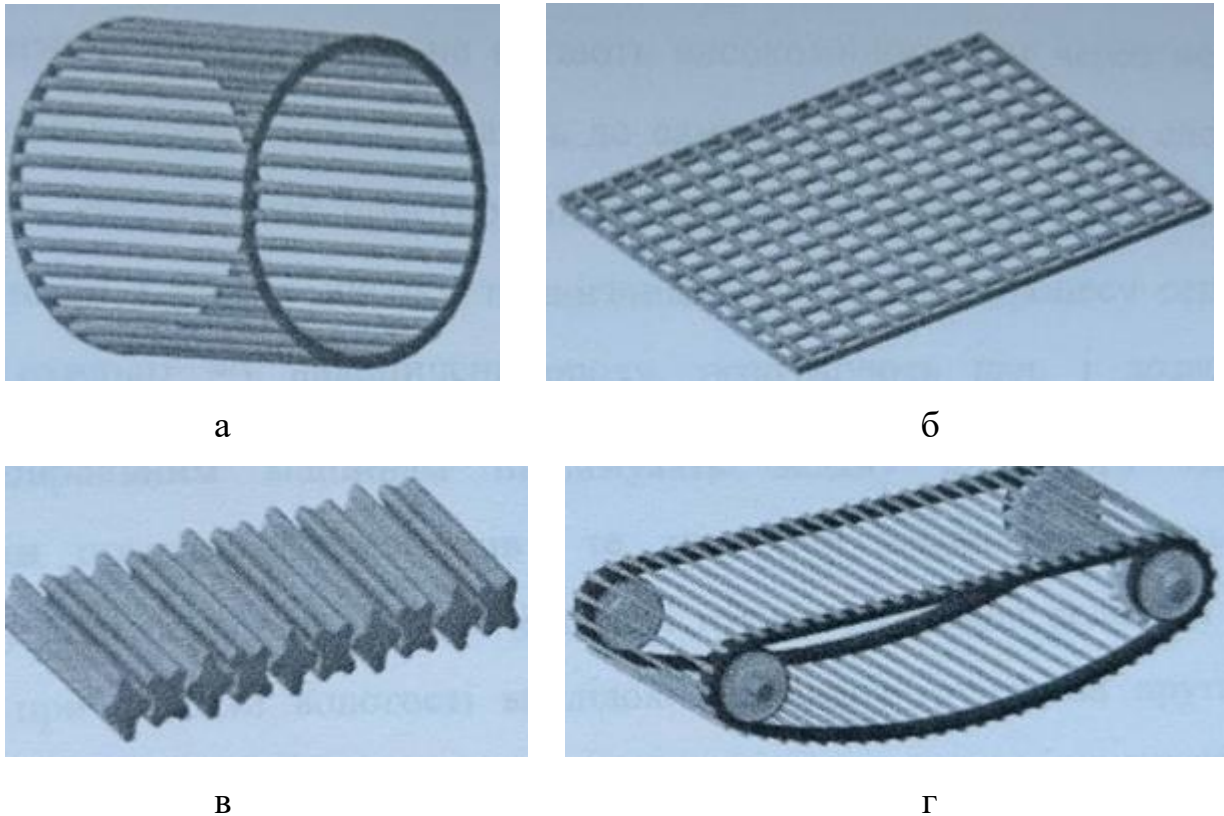
Робочі органи вторинної сепарації – здебільшого це пальчасті гірки різних конструкцій, які використовуються задля доочищення бульб картоплі від дрібних ґрунтових та рослинних домішок.

При оптимальних умовах, робочі органи первинної сепарації мають змогу відокремлювати до 90% домішок. Значна перевага цих пристроїв є мала пошкодженість бульб та висока пропускна спроможність.

Отже, пристрої первинної сепарації мають важливий вплив на процес відділення домішок, а також, від якості роботи робочих органів первинної

сепарації залежить ефективність роботи сепаруючих пристроїв вторинної сепарації, що в майбутньому матиме вплив на кінцеву якість отриманого продукту.

На рисунку 2.18. представлено різновиди сепаруючих робочих органів первинної сепарації картоплезбиральних машин такі як: барабанні, грохотні з коливальним рухом решіт, ротаційні та прутковий елеватори.



**Рис. 2.18** Схеми просіювальних сепарувальних робочих органів картоплезбиральних машин.

а) барабанні грохоти; б) решітні грохоти; в) ротаційні грохоти; г) прутковий елеватор.

В якості сепаруючих і підйомно-транспортних пристроїв в картоплезбиральних машинах використовуються барабанні грохоти (рис. 2.18, а). Їхня перевага в тому, що споживають мало енергії, мають високу надійність та відсутність неврівноваженої інерційної сили. Основними недоліками можна назвати низку ефективність при використанні на ґрунтах з надмірною

вологістю. Попре наявних переваг, барабанні грохоти не отримали широкого поширення в конструкціях картоплезбиральних машин.

При використанні решітних грохот, картопляний ворох переміщується вгору по поверхні в результаті періодичного підкидання, скочування маси (рис. 2.18, б). Дані пристрої здатні відсівати значну кількість ґрунту при оптимальних умовах роботи. Але, при надмірній вологості ґрунту, дані грохоти стають практично не ефективними через налипання на решета. Це призводить до поступового накопичення вороху та в результаті припинення технологічного процесу. Також внаслідок коливального руху виникають інерційні сили.

В ротаційних та валкових грохотах картопляний ворох (рис. 2.18, в) рухається по поверхні внаслідок роботи кулачків, та піддається швидкому руйнуванню. Значними перевагами даних пристроїв являється: висока інтенсивність руйнування бульбоносного шару, що дозволяє отримувати високу чистоту бульб при оптимальних умовах роботи.

Основна перевага в порівнянні з іншими пристроями є можливість самоочищення, що дає змогу використовувати данні пристрої при надмірній вологості ґрунту. Але одночасно з цим мають велике значення пошкодження бульб внаслідок високих навантажень.

Щоб досягти найбільш ефективного результату при використанні валкових грохотів, необхідно попередньо видалити бадилля.

Найбільшої популярності серед сепаруючих пристроїв первинної сепарації набули пруткові елеватори (рис. 2.18, г). При транспортуванні картопляного вороху по полотну, частина домішок та ґрунту просіюється між прутками, а бульби картоплі та каміння транспортуються далі за технологічною схемою картоплезбиральної машини. Дані елеватори мають змогу відокремити значну частину ґрунту при оптимальній вологості. Мають високу змогу самоочищення.

Пруткові елеватори в порівнянні з іншими пристроями мають найнижчі показники пошкоджуваності бульб та одночасно з цим мають високу

технологічність виконання процесу сепарації. Дані машини не схильні до накопичення вороху, що дозволяє підтримувати задані робочу швидкість для картоплезбиральної машини.

До недоліків можна віднести те, що пруткові елеватори не мають високу ефективність роботи на сухих ґрунтах внаслідок великої кількості грудок, також даний елеватор не буде ефективним при надмірній вологості ґрунту за рахунок налипання ґрунту на прутки, що в результаті призводить до забивання зазорів між прутками.

Для підвищення інтенсивності відділення домішок від вороху на пруткових елеваторах, застосовують інтенсифікатори сепарації.

Еліптичні струшувачі є найпопулярнішими інтенсифікаторами сепарації. Вони розміщуються на краях полотна елеватора. Під час транспортування вороху полотном, паси або ланцюги входять в зчеплення з еліптичними зірочками (струшувачами) під їх дією ворох піддається вертикальному підкиданню, саме це підвищує ефективність сепарації ґрунту. Перевагами еліптичного струшувача можна виділити просту конструкцію та плавну взаємодію з полотном, що мінімізує пошкодження бульб. Відсутність змоги змінювати лінійну швидкість полотна є головним недоліком;

Інтенсифікатор сепарації активної дії. Даний інтенсифікатор являє собою різного виду ротори, які встановлені над полотном елеватора. Кожний ротор може мати різний режим руху робочих елементів, що дозволяє підвищити інтенсивність процесу порушення зв'язаності вороху та розпушувати його. Одночасно з цим забезпечується вирівнювання потоку та підвищення сепарації ґрунту, в результаті цього зменшується вміст ґрунтових домішок;

Пальчаста гірка. Поєднання пруткового елеватора та пальчастої гірки дозволяє частково просіювати на елеваторі. Бульби картоплі перебувають на стрижнях. Бульби можуть бути зняті з стрижнів практично без ґрунту, навіть при недостатньо повної сепарації. Стрижні покриваються пружним елементом задля виключення пошкоджень бульб. В порівнянні з прутковим елеватором,

сепаруюча здатність пальчастої гірки буде меншою за рахунок опору пальців. Також, крім якості відділення домішок з вороху, ефективність збиральної машини оцінюється і за кількістю пошкоджених бульб.

Задля зниження пошкодження бульб, використовують різні пристрої та матеріали. Одним і з них є сепаруючий пристрій, який складається з просівного елеватора, з консольно-закріпленими пружинними елементами овального перетину до прутка. Дані елементи виготовлені з еластичного матеріалу та орієнтовані таким чином, що максимальна ширина їх перетину паралельно розташована напрямку руху елеватора. Це дає можливість прогину задля обмеження контакту бульб з металевою поверхнею бічних стінок картоплезбиральних машин. Наслідком цього є зниження пошкоджень бульб картоплі.

Під час аналізу сепаруючих елеваторів було виявлено, що картоплезбиральні машини, на яких дані пристрої встановлені, не відповідають агротехнічним вимогам в повній мірі через велику різноманітність ґрунтово-кліматичних умов проведення збиральних робіт.

## РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

### 3.1. Визначення основних параметрів і режимів роботи спіралі

Основні параметри та режими роботи спірального сепаратора картоплесортувального пункту, котрі повинні бути обґрунтовані:

Довжина спіралі, мм;

Діаметр спіралі, мм;

Колова швидкість обертального руху, рад/с;

Крок навивки, мм;

Діаметр прутка навивки, мм;

Зазор між витками, мм;

Зазор встановлення спіралей, мм;

Швидкість руху по сепарувальній поверхні визначається за формулою:

$$U = \pi d_p n k, \quad (3.1)$$

де  $n$  – частота обертання,  $k = 0,4 \dots 0,6$  – коефіцієнт ковзання по сепарувальній поверхні. Приймаємо  $k = 0,5$ , це значення є оптимальним для картоплі.

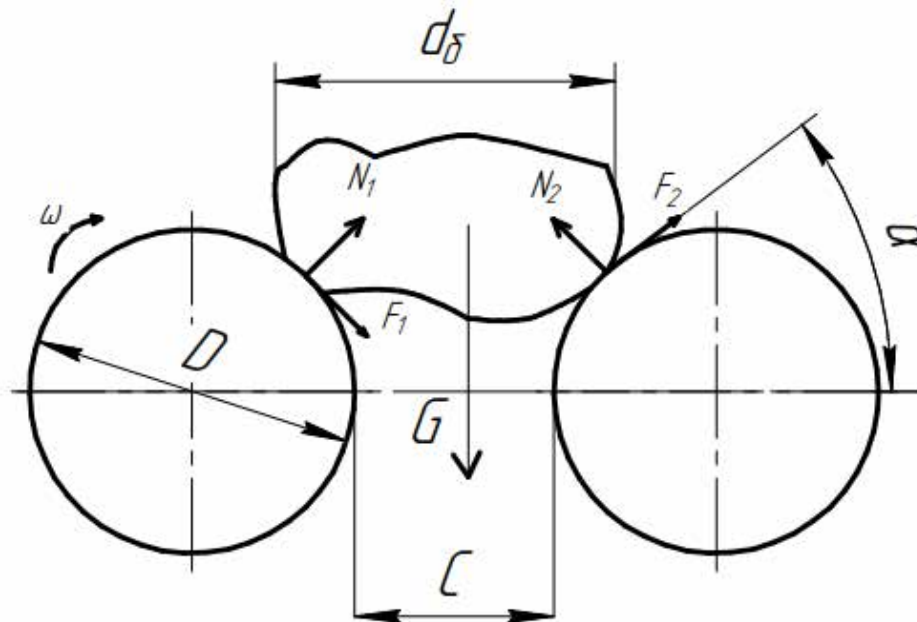
Частоту обертання має бути в межах 180...220 об/хв. При такій швидкості руху, пошкодження бульб картоплі буде мінімальним.

Ширина сепаратора:

$$B = \frac{Q}{g}, \quad (3.2)$$

де  $Q$  – розрахункова продуктивність, т/год,  $g$  – допустима питома подача, т/год м.

Допустима питома подача вороху для сепаратора картоплесортувалки має буде в межах 16...23 т/год м.



**Рис 3.1** Схема взаємодії тіла зі спіральною сепарувальною поверхнею

Кут контакту із сепаратором визначають за формулою:

$$\sin \alpha = \frac{D+c}{D+d_{\delta}}, \quad (3.3)$$

де  $D$  – діаметр спіралі,  $c$  – зазор між вальцями.

Діаметр спіралі визначається:

$$D = \frac{d_{\delta} \sin \alpha - c}{1 - \sin \alpha}, \quad (3.4)$$

Максимальне значення діаметра спіралі визначається за умовою  $\alpha \leq \varphi$ :

$$D_{\max} \leq \frac{d_{\delta} \sin \varphi - c}{1 - \sin \varphi}, \quad (3.5)$$

де  $\varphi$  – кут тертя вороху по сепарувальній поверхні.

Зазори для решетування домішок повинні встановлюватись у відповідності з найбільш допустимим розміром домішок.

Радіус проточки визначається:

$$R_{\text{пр.д}} = \frac{C_{\text{д}}}{2}, \quad (3.6)$$

Діаметр спіралі:

$$D_{\text{д}} = 1,1D_{\text{д}}, \quad (3.7)$$

Зовнішній діаметр спіралі визначається за формулою:

$$D_{\text{з.д}} = D_{\text{д}} + C_{\text{д}} - a, \quad (3.8)$$

Осьова відстань між валами за формулою:

$$l_{\text{д}} = C_{\text{д}} + D_{\text{з.д}}, \quad (3.9)$$

Крок проточок жолобів за формулою:

$$t_{\text{л}} = C_{\text{д}} + \varepsilon, \quad (3.10)$$

За формулою визначаємо ширину сепаратора:

$$B = \frac{Q}{q}, \text{ м}, \quad (3.11)$$

Кількість спіральних вальців за формулою:

$$z_{\text{д}} = \frac{L_{\text{д}}}{l}, \quad (3.12)$$

Визначаємо фактичну довжину сепаратора:

$$L_{\phi} = l(z_{\text{д}} - z_{\text{с}}), \quad (3.13)$$

Визначаємо швидкість руху вороху по робочій площині сепаратора:

$$v_{\delta} = \frac{Q}{Bd_c\psi y}, \quad (3.14)$$

Потужність приводу картоплесортувального пункту за формулою:

$$N_3 = (N_1 + N_2 + N_i)/\eta, \text{ кВт}, \quad (3.15)$$

де  $N_1, N_2, N_i$  – потужність на різних робочих органах, кВт,  $\eta$  – загальний ККД привода.

Потужність приводу сепаратора обчислюється по затратам енергії на виконання процесу:

$$N_1 = Qq,$$

$$\text{де } (q = 0,02 \dots 0,05 \text{ кВт/(т/год)}), \quad (3.16)$$

Ширина картопляного вороху на робочій поверхні сепаратора за формулою:

$$H_c = \frac{q_m \beta}{B_c V_{п.о} \rho}, \quad (3.17)$$

де -  $q_m$  - пропускна здатність картоплесортувалки, кг/с ( $q_m = 20 \text{ кг/с}$ ),

$B_c$  – ширина сепаратора,  $V_{п.о}$  – колова швидкість вальців,  $\rho$  – густина вороху, кг/м<sup>3</sup>.

Продуктивність сепаратора визначається:

$$Q = B_c H_c V_{п.о} \rho, \quad (3.18)$$

Звідси, колова швидкість визначається за формулою:

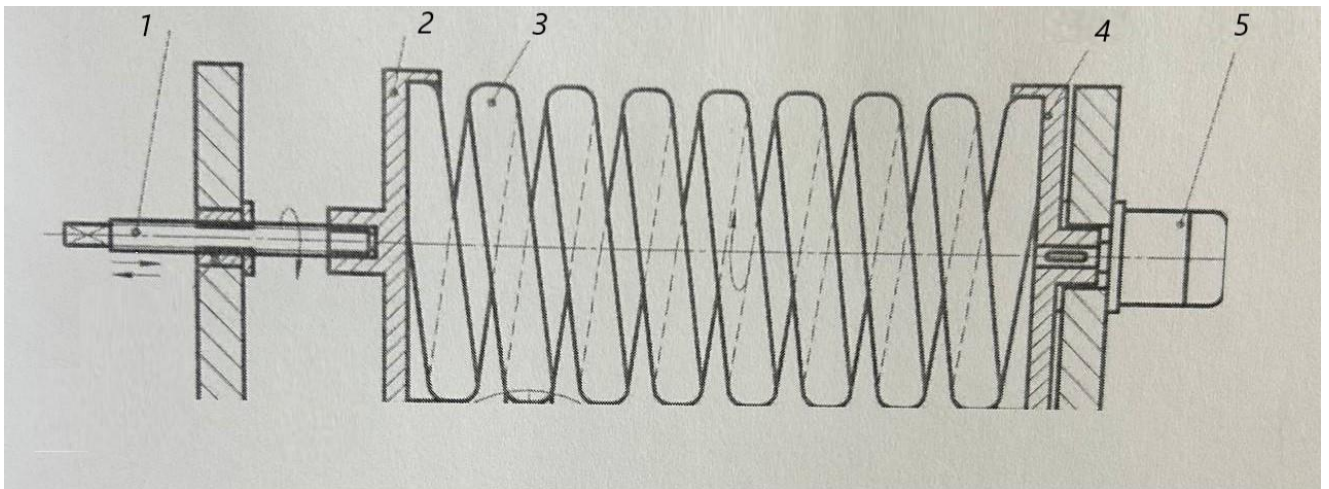
$$V_{п.о} = \frac{q}{B_c H_c \rho}, \quad (3.19)$$

Мінамальне значення кутової швидкості спіральних вальців:

$$\omega = \frac{2V_{п.о}}{D_{max}}, \quad (3.20)$$

При відомій кутовій швидкості можемо встановити частоту обертання за формулою:

$$n = \frac{30\omega}{\pi}, \quad (3.21)$$



**Рис. 3.2 Спіраль сортувалки:**

1 – вісь, 2, 4 – шайби, 3 – пружина, 5 - гайка

Конструктивні параметри спіральних вальців є:

Кут піднімання гвинтової лінії

Діаметри спіралей

Крок гвинтової лінії

Міжвитковий просвіт

Кут нахилу лінії центрів сепаратора

Зазор роторів

### 3.2 Розрахунок валу спірального сепаратора

Кут піднімання гвинтової лінії визначається за формулою:

$$\gamma = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}, \quad (3.22)$$

де  $\varphi$  – кут тертя вороху по сепарувальній поверхні. Для бульб картоплі  $\varphi$  становитиме в межах  $11...35^\circ$ .  $\varphi_{\text{ср.}} = 23^\circ$

Крок навивки гвинтової лінії за формулою:

$$S = S_1 + d_n, \quad (3.23)$$

де  $S_1$  - зазор між витками спіралі,  $d_n$  – діаметр прудка навивки.

Перекриття спіралей за формулою:

$$k = (0,5 \dots 1,0)d_n, \quad (3.24)$$

Відстань між центрами спіралей визначається за формулою:

$$a_w = R_1 + R_2 - k, \quad (3.25)$$

де  $R_1, R_2$  – відповідно радіуси спіралей.

$$R_1 = R_2 = R = \frac{D}{2}, \quad (3.26)$$

звідки виходить:

$$a_w = D - k, \quad (3.27)$$

де  $D$  – діаметр зовнішньої спіралі.

Умова незаклинювання бульб:

$$\alpha_1 + \alpha_2 < 2\varphi, \quad (3.28)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – відповідно кути контакту бульб з поверхнею спіралей.

Отже умова, в результаті тригонометричних перетворювань  $\alpha' < \varphi$  ( $\cos\alpha' > \cos\varphi$ ). На основі параметрів спіралі умова буде мати наступний вигляд:

$$\cos\alpha' = \frac{a_w - S_1}{D - k}, \quad (3.29)$$

Але  $\operatorname{tg}$  кута тертя рівний коефіцієнту тертя  $\operatorname{tg}\varphi = f$ , тоді

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+f^2}} \quad \text{або} \quad \frac{a_w - S_1}{D - k} > \frac{1}{\sqrt{1+f^2}} \quad (3.30)$$

Діаметр спіралі визначається виходячи із умови:

$$D > k + \frac{S_1}{1 - \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}}. \quad (3.31)$$

Таким чином частота обертання визначається виходячи із умови:

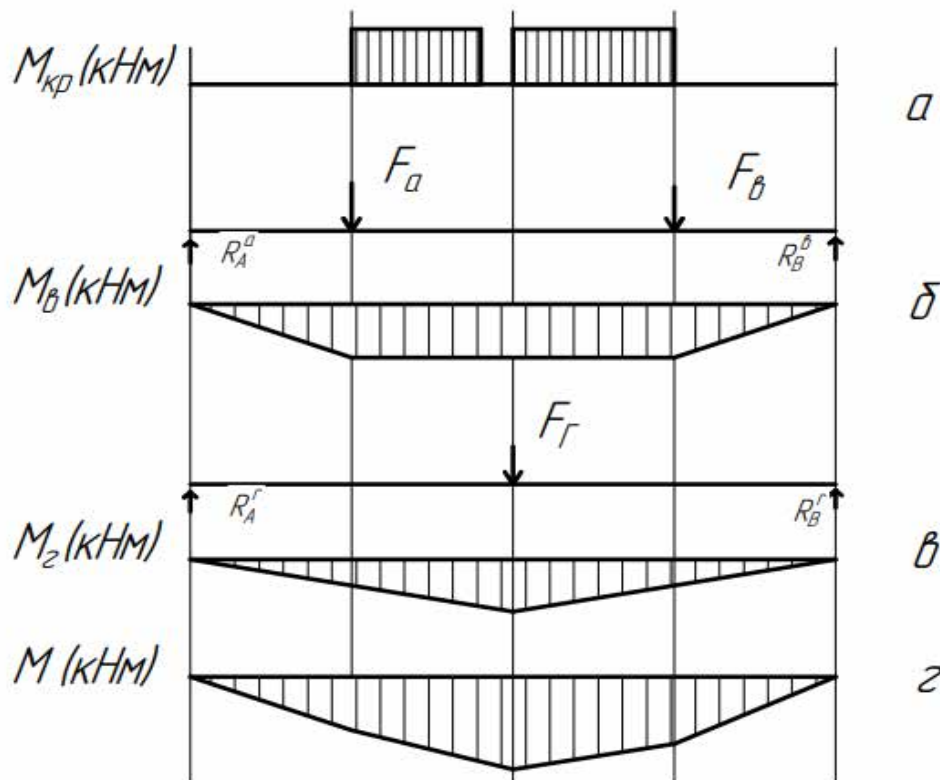
$$n > \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{R - 2d_n}} \quad (3.32)$$

Для оцінки роботи спірального сепаратора, розрахуємо потужність на привід спірального пальця за формулою:

$$N_{\text{роб}} = N_{\text{xx}} + N_{\text{тр}} \quad (3.33)$$

$$W = \frac{\pi d^3}{16}, \quad (3.34)$$

де  $W$  – полярний момент опору.



**Рис. 3.3 Епюра крутних і згинальних моментів вала.**

а – епюра крутних моментів, б – епюра згинальних моментів від вертикальних навантажень, в – епюра згинальних моментів від горизонтальних, г – епюра результуючих згинальних моментів.

### 3.3. Раціональні параметри і режим роботи сепаратора.

Скориставшись формулами розрахунків параметрів картоплесортувального пункту та врахувавши умови роботи за допомогою програми MathCad отримали раціональні значення параметрів і режимів роботи спірального сепаратору картоплесортувального пункту:

Колова швидкість обертального руху 4,5...6 рад/с

Зазор між витками 20...30 мм.

Діаметр спіралі 112...124 мм.

Крок навивки - 30...36 мм.

Діаметр прутка навивки - 6...8 мм.

Довжина спіралі 500 мм.

#### 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічні показники, які описують ефективність використання удосконаленого картоплесортувального пункту визначаємо завдяки стандарту ДСТУ 4397:2005.

Таблиця 4.1

##### Вихідні умови для розрахунку економічної ефективності машини

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Продуктивність, т/год	15	18
Потужність Електродвигуна, кВт	20	20
Коефіцієнт використання робочого часу зміни	0,7	0,7
К-сть обслуговуючого персоналу, чол.	8	6
Вміст домішок у воросі %	5	2
Пошкодження бульб %	11	5
Балансова вартість машини, грн	60000	63000

Для порівняльної аналітики, приймаємо картоплесортувальний пункт КСП-15 якій має привід від електродвигунів, а за удосконалений варіант – картоплесортувальний пункт КСП-15 якій має привід електродвигунів, в якому ролик сепарувальна поверхня замінена на спіральну. Використання даної модернізації забезпечить підвищити продуктивність пункту в середньому на 15..20% та дозволить підвищити якість продукту на виході.

Доцільним рішенням буде зменшити вимоги до якості очищення від домішок, але також буде доцільним підвищити навантаження на картоплесортувальний пункт.

Для обрахунків приймаємо оплату праці – 110грн/год на одного працівника, тариф електроенергії – 11 грн/кВт станом на 16.02.2025 р. Максимальне навантаження в межах допуску є 200 год. Навантаження при середній врожайності бульб 18 т/га та площа насадження картоплі 200га.

Тоді маємо навантаження по масі:  $18 \cdot 200 = 3600$  т.

Прямі експлуатаційні затрати  $C$  розраховуються за формулою:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн/т.} \quad (4.1)$$

де  $C_1$ - затрати на оплату праці,  $C_2$ - затрати на електроенергію,  $C_3$ - затрати на амортизацію машини,  $C_4$ - затрати на ремонт і ТО машини.

Проводимо розрахунки затрат:

-оплата праці

$$C_1 = \frac{\sum L_i CT_i}{W_3}, \text{ грн/т} \quad (4.2)$$

де  $L_i$  – кількість робітників відповідного класу, люд. Для базової машини – 8 чол., для удосконаленої – 6 чол.  $CT_i$  – погодинна ставка робітника грн/год.люд.

Тоді

для базової машини

$$C_1 = 8 * 100/15 = 53,3 \text{ грн/т.}$$

для удосконаленої машини

$$C_1 = 6 * 100/18 = 33,3 \text{ грн/т.}$$

Затрати на електроенергію:

$$C_2 = NЦ/W, \text{ грн/т.} \quad (4.3)$$

де  $N$  – потужність двигунів машини, кВт,  $Ц$  – ціна 1 кВт год електроенергії, грн.

Тоді

для базової машини:

$$C_2 = 20 * \frac{11}{15} = 14,6 \frac{\text{грн}}{\text{т.}}$$

для модернізованої машини:

$$C_2 = 20 * \frac{11}{18} = 12,2 \frac{\text{грн}}{\text{т.}}$$

Затрати на амортизацію машини:

$$C_3 = \frac{B_M a_M}{Q_M}, \text{ грн/т} \quad (4.4)$$

де  $a_M$ - норма відрахувань на амортизацію машини ( $a_M = 16,6\%$  або  $0,166$ )

для базової машини:

$$C_3 = 60000 * 0,166/3600 = 2,77 \text{ грн/т.}$$

для модернізованої машини:

$$C_3 = 63000 * 0,166/3600 = 2,91 \text{ грн/т.}$$

Затрати на ремонт та ТО

$$C_4 = \frac{B_M b_M}{Q_M}, \text{ грн/т} \quad (4.5)$$

де  $b_M$ - норма відрахувань на ремонт та ТО машини. ( $b_M = 15\%$  або  $0,15$ ).

для базової машини:

$$C_4 = 60000 * 0,15/3600 = 2,5 \text{ грн/т.}$$

для удосконаленої машини:

$$C_4 = 63000 * 0,15/3600 = 2,63 \text{ грн/т.}$$

Тоді сумарні експлуатаційні затрати:

для базової машини:

$$C = 73,17 \text{ грн/т.}$$

для удосконаленої машини:

$$C = 51,04 \text{ грн/т.}$$

Розмір капітальних вкладень розраховується за формулою:

$$K = \frac{B_M}{Q_M}, \text{ грн/т.} \quad (4.6)$$

для базової машини:

$$K = 60000/3600 = 16,67 \text{ грн/т.}$$

для удосконаленої машини:

$$K = 63000/3600 = 17,5 \text{ грн/т.}$$

Для визначення приведених експлуатаційних витрат є вираз:

$$П = e * K + C, \text{ грн/т} \quad (4.7)$$

де  $e$  – нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень ( $e = 0,15$ )

для базової машини:

$$П = 0.15 * 16,67 + 73,17 = 89,99 \text{ грн/т.}$$

для удосконаленої машини:

$$П = 0,15 * 17,5 + 51,04 = 68,69 \text{ грн/т.}$$

З цих виразів маємо зниження приведених експлуатаційних затрат:

$$88,99 - 68,69 = 20,3 \text{ грн/т.}$$

Визначаємо інноваційний ефект. Якщо ринкова ціна 1т картоплі становить (станом на 12.02.2025 р.): для бульб високої якості 8500 грн, для бульб середньої якості – 8000 грн. З цього маємо інноваційний ефект рівний 500 грн/т.

Також враховуємо зниження приведених експлуатаційних затрат та інноваційного ефекту економічний ефект від модернізації картоплесортувального пункту КСП-15, через встановлення спірального сепаратора становить:

$$500 + 20,3 = 520,3 \text{ грн/т.}$$

При проведенні розрахунків маємо: загальний економічний ефект від модернізації картоплесортувального пункту КСП-15, а саме заміна роlikової сепарувальної поверхні на спіральну для відокремлення домішок. Ця заміна призвела до збільшення ціни внаслідок отримання продукту вищої якості. Приріст складає 520,41 грн/т.

Таблиця 4.2

#### Показники техніко-економічної ефективності

Показник	Базова машина	Модернізована машина
1	2	3
Затрати на оплату праці, грн/т	53,3	33,3
Затрати на електроенергію, грн/т	14,6	12,2
Витрати на амортизацію, грн/т	2,77	2,91
Прямі експлуатаційні витрати, грн/т	73,17	54,01

продовження таблиці 4.2

1	2	3
Розмір капітальних вкладень, грн/т	16,67	17,5
Приведені експлуатаційні витрати, грн/т	88,99	68,69
Витрати на ремонт і ТО, грн/т	2,5	2,63
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/т	20,3	
Інноваційний ефект, грн/т	500	
Загальний економічний ефект, грн/т	520,3	

## РОЗДІЛ 5 ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Перед запуском в роботу:

- візуально перевірте технічний стан машини, переконайтесь в відсутності зовнішніх дефектів наприклад тріщин;
- перевірте надійність всіх кріплень;
- переконайтесь в присутності захисного кожуху карданного валу, а також огорожень робочих органів;
- на картоплезбиральних комбайна з гідропідсилювачем керма варто перевірити справність фіксатора рульового управління. В разі несправності цього вузла робота даного комбайна не допускається;
- перевірте наявність захисного тенту;
- причіпні та напівнавісні агрегати, приєднувати до трактора з допомогою поперечки. Агрегаткування техніки з трактором іншими пристроями не допускається;
- переконайтесь, що кріплення та сам гідроциліндр для фіксації тракторного причепа є справним;
- перевірити стан та наявність агрегатів для очищення робочих органів;
- при транспортуванні техніки колеса всіх причіпних, напівнавісних агрегатів (машин) та інші робочі органи мають бути встановленні в транспортне (підняте) положення;
- переконайтесь про наявність та справність інструменту для обслуговування машини;
- перевірити стан всіх тар, таких як: ящики, корзини, відра. Всі тар повинні бути цілими без дірок та з присутніми ручками. В роботу не допускається будь яка тара з виступаючими цвяхами;

В процесі роботи:

- перед запуском машини (на початку гону) керуючий технологічною операцією має переконатися, що весь персонал знаходиться на місцях, немає ніяких перешкод для руху агрегату, під машиною немає людей. Після цих дій подати сигнал механізатору;
- сигнал про запуск машини виконує сам механізатор;
- під час будь якої зупинки вимкніть привід робочих органів агрегату;
- під час тривалої зупинки навісну машину слід опустити;
- на самохідних комбайнах перед тим як вийти з кабіни необхідно зафіксувати кермо;
- очищення робочих органів здійснюється лише після зупинки двигуна та необхідним для цього інструментом;
- у разі потреби в ремонтних роботах, агрегат необхідно загальмувати та дати йому статичне положення. Під колеса підставити упори. Не допускається використовувати не надійні підставки такі як: деталі машин, цегли, каміння, тощо.
- після закінчення будь яких обслуговуючих чи ремонтних робіт не залишати в полі та на машині будь які інструменти або деталі;
- не перебувати біля бадиллеподрібнювача;
- під час роботи стежити за ротором. Не допускати присутність людей біля ротору;
- важливо дотримуватись дистанцію між іншими транспортними засобами. При завантаженні та під час руху бокова дистанція має бути в межах 2х метрів;
- не перебувати біля вивантажувального транспортера під час його дії;
- перед розвантаженням бульб картоплі самоскидом, слід переконатися в відсутності людей поряд. Тільки після цього можете вмикати гідропідйомник;

- якщо після закінчення вивантаження в транспортному засобі залишаються бульби картоплі, їх слід видаляти не підіймаючись до бункера, наприклад, лопатою з продовгуватою ручкою або скребком.

- всі ручні роботи, такі як: ручне перебирання бульб, вибірка бульб, добірка коренеплодів, доочищення, затарювання, проводяться виключно на тій території, де не проводяться механізовані роботи.

- під час ручного доочищення бульб картоплі, займіть зручне місце відносно перероблюваної продукції. На витягнуту руку необхідно встановити тару для очищеної продукції.

- за необхідності очищення від бадилля виконується в ручному режимі та в наступній послідовності;

- одягніть рукавицю, візьміть корінь. Після огляду, точним рухом ножа відріжте гичку на відстані 1-2 см від головки, потім киньте коренеплод в тару;

- при груповій роботі, дотримуйтеся відстані 2 метрів між працівниками;

- викладайте коренеплоди таким чином, щоб уникнути пустот;

- ручне завантаження виконується лише при зупиненому двигуні та в статичному положенні;

- під час ручного завантаження продукції, один або 2 працівники повинні знаходитись в кузові транспортного засобу;

- відкривати та закривати борти лише в двох, також необхідно перебувати збоку від бортів, щоб уникнути можливості травмування працівників;

- при несправності платформи причепу, втрати робочої рідини з гідросистеми, технічні роботи виконуються лише при опущеній платформі;

- при виконанні будь-яких ремонтних робіт, після завершення уважно перевірити:

- кріплення всіх вузлів які піддавались ремонту;

- після ремонтних робіт з гідроциліндрами, перед продовженням роботи, прокачати робочу рідину декількома підйомами та опусканнями.

- якщо трапився вирив кульової опори гідроциліндра з «гнізда» ремонтні роботи проводяться наступним чином: обов'язково застосувати підйомний кран. Платформа причепу повинна бути закріплена, піднята краном та закріплена запобіжною стійкою. Після встановлення платформи, кран продовжує утримувати платформу. Після даних процедур, розгерметизуйте гідросистему, встановіть кульову опору гідроциліндру на своє місце. Далі загерметизуйте гідросистему, задля зняття платформи з запобіжної стійки, необхідно підняти платформу за допомогою крану, приберіть платформу. Після усунення проблеми, обов'язково перед продовженням роботи прокачати гідросистему. Виконайте декілька підйомів та опускань.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- Щоб підвищити ефективність збирання картоплі, слід зменшити навантаження на сепарувальну технологічну лінію та збільшити частку відокремлення домішок на сепарувальних робочих органах. Для підвищення ефективності використання картоплесортувалок пропонується зміна в конструктивній схемі, а саме заміна робочого органу на спіральний сепаратор, що дає змогу підвищити якість роботи та підвищити економічні показники картоплесортувального пункту.

- Виходячи з інженерних розрахунків, підібрані оптимальні значення параметрів та режиму роботи спірального сепаратора:

Колова швидкість обертального руху 4,5...6 рад/с

Зазор між витками 20...30 мм.

Діаметр спіралі 112...124 мм.

Крок навивки 30...36 мм.

Діаметр прутка навивки 6...8 мм.

Довжина спіралі 500 мм.

-Опираючись на економічні розрахунки, доведено що дане вдосконалення є економічно доцільним. Після обрахунків маємо такі результати:

- підвищення якості продукції, отже більша ціна на ринку;
  - інноваційний ефект складає – 500 грн/т;
  - загальний економічний ефект – 520,3 грн/т;
- зменшення приведених експлуатаційних витрат на вдосконалений картоплесортувальний пункт складає – 20,3 грн/т.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шведик М. С. Аналіз картоплесортувальних машин і обґрунтування вибору конструкції сепаратора для фермерських господарств та кутової швидкості його обертання / М.С. Шведик, Б.В. Бойчук, В.В. Теслюк //Сільськогосподарські машини. - 2017. - Вип. 36. - С. 169-174. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/silmah\\_2017\\_36\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/silmah_2017_36_24)
2. Смолінський С. В. Аналіз основних показників технічної характеристики сучасних картоплезбиральних машин. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. К. : ВЦ НУБіП України, 2018. Вип. 282. С. 200 – 207.
3. Грушецький С. М. Інноваційна картопляна техніка – комплексне рішення задач. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб. Під заг. ред. І. М. Черновола. Кіровоград: КНТУ, 2009. Вип. 39. С. 68–81.
4. Шимко А.В. Удосконалення підкопуючих робочих органів корнеклубнезбиральних машин. Вісник національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць Рівне: НУВГП, 2015 Вип. №2(70). С.165-171.
5. Налобіна О.О., Шимко А.В. Аналіз розвитку галузі картоплярства та огляд картоплезбиральної техніки. Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст. Луцьк: ЛНТУ, 2015. Вип. №31. С.106-113.
6. Шимко А.В. Дослідження коефіцієнтів тертя кочення та ковзання бульб картоплі. Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. Луцьк: ЛНТУ, 2016. Вип. №34. С.124-129 .

7. Гевко Р.Б. Підвищення техніко-економічних показників машин для збирання картоплі. Український журнал прикладної економіки. 2016. Том 1. № 1. С. 39-49.
8. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002 – 512 с.
9. Патент України на винахід № 43907 Очисник вороху коренебульбоплодів від домішок / Булгаков В.М., Зиков П.Ю., Войтюк Д.Г., Смолінський С.В., Березовий М.Г., Бондаренко А.Л. // 2002., Бюл. № 1.
10. Сільськогосподарські машини. /Войтюк Д.Г., Барановський В.М. та ін. – К.: 2015. – 514с.
11. Сільськогосподарські машини. Основні теорії та розрахунки: Підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005 – 454 с.
12. Системний аналіз підкопуючих робочих органів картоплезбиральних машин. /О.О. Налобіна, М.Г. Грушецька, А.В. Шимко //Сільськогосподарські машини. – 2015. – Вип. 32. – С. 134 - 138. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/silmah\\_2015\\_32\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/silmah_2015_32_25)
13. Пушка О.С., Войтік А.В., Оляднічук Р.В., Кутковецька Т.О. Аналіз конструкцій і режимів роботи сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин. Вчені записки Таврійського нац. унів. ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2022. Том 33 (72). №.2. С. 7-12
14. Liske P., Fischer L. Baugruppen zur Verminderung der Kartoffellbelastungen in der Annahmesorte bei schwierigen Einsatzbedingungen. Agrartechnik. - 2007. Bd. 37. Jg. 8. - s. 352-353.
15. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник За редакцією І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. – 640 с.
16. Робочі процеси і розрахунок сільськогосподарських машин: навч. посіб. / К.І. Шмат та ін. - Херсон : ОЛДІ-плюс, 2004. - 308 с.
17. Bell V. Farm machinery. – Ipswich: Oldpond publishing. 2005. – 326 p.

18. Моделювання робочих процесів і машин. Методичні вказівки до вивчення дисциплін «Основи наукових досліджень» і «Моделювання робочих процесів і машин» студентами інженерних спеціальностей /С.В. Смолінський, О.В. Ямков /К.: Видавництво НУБіП України, 2012. – 35 с.
19. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування Кн. 1: Машини для рільництва / П. В. Сисолін, В. М. Сало, В.М. Кропівний. – К.: Урожай, 2001. - 384 с.
20. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Система машин і механізмів АПК - Тернопіль:, 2002. - 264 с.
21. Данильченко М.Г. Сільськогосподарські машини. – Тернопіль «Економічна думка», 2001. – 280с.
22. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей М. Г Данильченко, Б.Б. Гладич, Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко. – Тернопіль: Економічна думка, 2001. – 61 с.
- 23.Стаття: Машини для збирання картоплі. – режим доступу: <https://licey58.zp.ua/lesson/tema-mashini-dlya-zbirannya-kartopli>
24. Grimme (електронний ресурс). Режим доступу: <https://www.shop.grimme.co.uk/de>
25. Синій С.В., Гевко Р.Б., Осуховський В.М. Новий малогабаритний комбайн для збирання картоплі. Вісник Інженерної академії України. Київ. 2012. Вип. 3–4. С. 72–76.
26. Грушецький С. М. Дослідження сепаратора піднімаючо-сходячої дії для коренебульбозбиральних машин. Інженерія природокористування / ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків, 2021. № 2 (20). – С. 60-67.

## **ДОДАТКИ**