

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Інженерно-технічний факультет  
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
НА ТЕМУ:  
**«ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ ДЛЯ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ  
КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА»**

**Виконав:**

здобувач вищої освіти  
освітнього ступеня «магістр»  
освітньо-професійної програми «Агроінженерія»  
спеціальності 208 «Агроінженерія»  
денної форми навчання

**Максим ГАВРИЛЮК**

**Керівник:**

кандидат технічних наук,  
доцент

**Сергій ГРУШЕЦЬКИЙ**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_

Шкала ECTS \_\_\_\_\_

«\_\_\_» грудня 2025 р.

**Допускається до захисту:**

«\_\_\_» грудня 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми  
«Агроінженерія» спеціальності  
208 «Агроінженерія»,  
кандидат технічних наук, доцент

**Василь ДУГАНЕЦЬ**

м. Кам'янець-Подільський, 2025

## ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ .....	4
АНОТАЦІЯ .....	5
РЕФЕРАТ .....	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ .	7
ВСТУП.....	8
1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	10
1.1. Аналіз сучасних технологій і засобів механізованого збирання картоплі .....	10
1.2. Аналіз конструктивних особливостей і параметрів сепаруючих гірок .....	22
1.3. Завдання досліджень .....	30
Висновки до першого розділу .....	31
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ .....	
2.1. Опис конструкції сепаруючого робочого органу .....	32
2.2. Аналіз умов і принципів розподілу компонентів органами вторинної сепарації.....	34
2.3. Обґрунтування конструктивних параметрів сепаруючого робочого органу .....	42
Висновки до другого розділу.....	49
3. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО ОРГАНУ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН .....	48
3.1. Програма лабораторних досліджень.....	48
3.2. Об'єкт досліджень і вживане обладнання .....	48
3.3. Методика лабораторних досліджень і обробка дослідних даних..	53
3.4. Результати досліджень ефективності функціонування органу виносної сепарації з лопатевим відбійним валиком .....	59
Висновки до третього розділу .....	61

4. ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З УДОСКОНАЛЕНИМ ОРГАНОМ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ .....	62
4.1. Дослідження фізико-механічних властивостей культури картоплі....	62
4.1.1. Об'єкт досліджень фізико-механічних властивостей культури картоплі.....	62
4.1.2. Методика досліджень фізико-механічних властивостей культури картоплі .....	63
4.1.3. Результати досліджень фізико-механічних властивостей культури картоплі на полі.....	67
4.2. Польові дослідження та випробування картоплезбиральних машин	70
4.2.1. Методика проведення досліджень .....	73
4.2.2. Результати досліджень і господарських випробувань ефективності функціонування картоплезбиральних машин	75
Висновки до четвертого розділу .....	77
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СЕПАРУЮЧОЇ ГІРКИ З ЛОПАТЕВИМ ВІДБІЙНИМ ВАЛИКОМ НА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИНАХ .....	78
5.1. Вартість виготовлення та модернізація пристрою .....	78
5.2. Економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат .....	81
5.3. Економічний ефект від зниження пошкоджень і втрат бульб .....	87
Висновки до п'ятого розділу .....	88
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	91
ДОДАТОК А Матеріали комп'ютерної презентації.....	96
ДОДАТОК Б Копії друкованих тез доповідей .....	104

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Інженерно-технічний факультет  
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША  
Освітній ступінь «магістр»  
Спеціальність 208 Агроінженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Анатолій РУДЬ

04 квітня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу здобувачеві вищої освіти**

**ГАВРИЛЮКУ**  
**Максиму Анатолійовичу**

**Тема роботи: «ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА»**

**Керівник роботи:** доцент ГРУШЕЦЬКИЙ Сергій Миколайович

**Затверджено наказом** по Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «04» квітня 2025 року № 355с.

**Строк подання** закінченої кваліфікаційної роботи 20 листопада 2025 року.

**Вихідні дані до роботи:**

1. Науково-технічна література, авторські свідоцтва і патенти на винаходи системи виносної сепарації картоплезбиральних комбайнів.
2. Протоколи випробування системи виносної сепарації картоплезбиральних комбайнів.
3. Результати дослідження та випробування системи виносної сепарації картоплезбиральних комбайнів.

**Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ.

1. Стан питання і завдання досліджень.
2. Теоретичні дослідження робочого органу виносної сепарації.
3. Лабораторні дослідження ефективності функціонування вдосконаленого органу виносної сепарації картоплезбиральних машин.
4. Польові дослідження ефективності функціонування картоплезбиральних машин з удосконаленим органом виносної сепарації.
5. Техніко-економічна ефективність застосування сепаруючої гірки з лопатевим відбійним валіком на картоплезбиральних машинах.

Загальні висновки і рекомендації.

Список використаних джерел.

Додатки.

## АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі магістра представлено підвищення ефективності роботи картоплезбирального комбайна за рахунок оптимізації системи виносної сепарації

На основі аналізу існуючих робочих органів, теоретичних і експериментальних досліджень визначено конструктивну схему та встановлено оптимальні значення параметрів та режимів роботи елементів вторинної сепарації робочих органів для картоплезбиральних машин, які дозволять підвищити якісні показники роботи картоплезбиральної машини в цілому.

За результатами досліджень розроблено та виготовлено експериментальний зразок елементів вторинної сепарації робочих органів для картоплезбиральних машин, виробнича перевірка яких при роботі на картоплезбиральній машині підтвердила його працездатність та ефективність.

Виконано лабораторні дослідження ефективності функціонування вдосконаленого органу виносної сепарації картоплезбиральних машин.

Проведено польові дослідження ефективності функціонування картоплезбиральних машин з удосконаленим органом виносної сепарації.

Розраховано техніко-економічну ефективність застосування сепаруючої гірки з лопатевим відбійним валиком на картоплезбиральних машинах.

## THE SUMMARY

The master's thesis presents the improvement of the efficiency of the potato harvester due to the optimization of the removal separation system

Based on the analysis of the existing working bodies, theoretical and experimental studies, a design scheme was determined and the optimal values of the parameters and modes of operation of the elements of the secondary separation of the working bodies for potato harvesters were determined, which will improve the quality indicators of the potato harvester as a whole.

Based on the results of research, an experimental sample of elements of secondary separation of working bodies for potato harvesters was developed and manufactured, production testing of which during work on a potato harvester confirmed its operability and efficiency.

Laboratory studies of the effectiveness of the functioning of the improved organ of remote separation of potato harvesting machines were performed.

Field studies of the effectiveness of potato harvesters with improved remote separation were conducted.

The technical and economic efficiency of using a separating slide with a bladed breaker roller on potato harvesting machines is calculated.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 90 аркушах формату А4, яка вміщує 5 розділів, 7 таблиць, 61 рисуноків, 61 найменування використаних джерел і презентаційного матеріалу на 16 аркушах.

Мета кваліфікаційної роботи присвячена питанням підвищення якості сепарації картопляного вороху за рахунок удосконалення сепаруючих робочих органів вторинної сепарації для картоплезбиральних машин. На основі аналізу існуючих робочих органів, теоретичних і експериментальних досліджень визначено конструктивну схему та встановлено оптимальні значення параметрів та режимів роботи елементів вторинної сепарації робочих органів для картоплезбиральних машин, які дозволять підвищити якісні показники роботи картоплезбиральної машини в цілому. За результатами досліджень розроблено та виготовлено експериментальний зразок елементів вторинної сепарації робочих органів для картоплезбиральних машин, виробнича перевірка яких при роботі на картоплезбиральній машині підтвердила його працездатність та ефективність.

Ключові слова: КАРТОПЛЯНИЙ ВОРОХ, БУЛЬБА КАРТОПЛІ, ПІДКОПУЮЧИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН, ВІНОСНА СЕПАРАЦІЯ, МОДЕЛЬ.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифровка скорочень
ВАТ	Відкрите акціонерне товариство
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра
ЕК	Екзаменаційна комісія
МТА	Машинно-тракторний агрегат
$m$	маса проби в природному стані, кг
$m_m$	маса висушеної проби (твердої фази)
$m_v$	маса вологи (рідкої фази)
$m_c$	маси вологи і сухого ґрунту
$W_n$	польова (загальна) вологоємність
$W_a$	абсолютна вологість ґрунту
$a$	глибина заглиблення голок диска, м
$k$	коефіцієнт пропорційності, $k = 1,2$ кг/см
$P$	горизонтальна складова, Н
$b$	довжина лунки, м
$n$	число зубів на диску
$R$	радіус кола, при якому диск рухається без ковзання, м
$d$	діаметр голки, м
$h$	глибина обробітку, м
$\theta$	кут сколювання ґрунту
$\varphi$	кут тертя голки об ґрунт
$h_{max}$	максимальна глибина обробітку
$a$	висота стерні
$d$	діаметр маточини
$n$	частота обертання уповільненого диска
$n_o$	частота обертання диска- шляховимірювача
$a_n$	деформація стискання пружини, см

## ВСТУП

*Актуальність роботи.* Картоплярство – одна з галузей сільськогосподарського виробництва, робота в якій пов'язана зі значними енерговитратами і витратами праці. Затрати на механізоване збирання складають 50-60% від загальних затрат, з них близько 55% затрати енергії припадають на сепаруючі робочі органи. До 60-70% затрат праці витрачається на збиранні. Це пояснюється тим, що в підкопаній бульбоносній масі, яка подається на сепаруючі робочі органи, вміст бульб картоплі складає всього 2-3% від загальної маси. Тому якість вихідного продукту більшою мірою залежить від роботи сепараторів. З цього випливає, що сепаруючі робочі органи є основою для забезпечення якісних показників роботи картоплезбиральних машин.

Враховуючи технічне та соціальне значення розробки нових та удосконалення існуючих конструкцій картоплезбиральних машин в цілому та сепаруючих пристроїв зокрема, недостатні теоретичне обґрунтування та практичні розробки в галузі, темою дипломної роботи обрано “Підвищення ефективності функціонування картоплезбиральних машин за рахунок вдосконалення системи виносної сепарації”.

*Мета і завдання досліджень.* Підвищення ефективності функціонування сепаруючої гірки картоплезбиральних машин, що забезпечує видалення ґрунтових і рослинних домішок при рівні пошкоджень і втрат бульб картоплі, який відповідає агротехнічним вимогам.

Відповідно до мети дослідження поставлені такі *завдання*:

- узагальнити результати наукових досліджень органів вторинної сепарації картоплезбиральних машин і виявити перспективний напрямок досліджень;
- розробити конструкцію сепаруючої гірки з метою підвищення ефективності її функціонування;
- теоретично і експериментально обґрунтувати раціональні параметри удосконаленої сепаруючої гірки;

визначити економічну ефективність застосування картоплезбиральних машин з удосконаленою сепаруючою гіркою.

*Об'єкт дослідження* – картоплезбиральні машини, робочий орган виносної сепарації картоплезбиральних машин, сепаруюча прямоточна пальчаста гірка.

*Предмет дослідження* – теоретичні та експериментальні закономірності процесу виносної сепарації в картоплезбиральних машинах.

*Методи дослідження.* Теоретичні дослідження виконані на основі положень, законів і методів теоретичної механіки та математичного аналізу з використанням ПК, в тому числі з використанням програми MathCAD 14.0. Обґрунтування кінематичних і конструктивних параметрів і розрахунок експлуатаційних показників органу виносної сепарації проводилися як з відомих, так і за розробленими оригінальними методиками. Експериментальні дослідження агротехнічних показників роботи удосконаленої сепаруючої гірки виконані з використанням теорії планування повнофакторного експерименту. Обробка результатів експериментальних досліджень виконана із застосуванням положень теорії ймовірності та математичної статистики з використанням пакетів програм "Mathcad", "MatLab", "Excel".

*Наукова новизна одержаних результатів* полягає у математичній моделі процесу сепарації картопляного вороху новим робочим органом, що дозволяє визначати параметри пристрою, при забезпеченні максимальної продуктивності і мінімальних втратах і пошкодженнях врожаю.

*Практичне значення одержаних результатів:*

1. Оригінальна конструктивно-технологічна схема органу виносної сепарації, що забезпечує підвищення поділу компонентів картопляного вороху і зниження пошкоджень бульб, яка складається з поздовжньої пальчастої гірки з лопатевим відбійним валиком, забезпеченим захисним храповим механізмом.

2. Результати оцінки агротехнічних показників роботи картоплезбиральних машин, оснащених органом виносної сепарації з лопатевим відбійним валиком.

3. Оцінка техніко-економічної ефективності застосування картоплезбиральних машин, оснащених органом виносної сепарації з лопатевим відбійним валиком.

*Апробація результатів роботи.* Основні положення виконаних теоретичних і експериментальних досліджень роботи доповідались на: щорічних конференціях професорсько-викладацького складу та аспірантів Закладу вищої освіти «Подільський державний університету» (2024-2025 рр.).

*Публікації.* Основні результати дослідження відображені у 3 публікаціях, з них 3 статті у науково-фахових виданнях.

## 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Аналіз сучасних технологій і засобів механізованого збирання картоплі

Урядом України обрано стратегічний курс на розвиток в аграрно-індустріальному напрямку. 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 [1].

В нашій країні, на жаль, вирощування картоплі у багатьох випадках здійснюється за старою, традиційною технологією. Потрібно негайно оновлювати техніку, що морально застаріла та вкрай зношена. Також постає проблема удосконалення існуючих та винайдення нових перспективних робочих органів картоплезбиральної техніки.

Проблемі вирощування та збирання картоплі присвячено чимало друкованих праць. Проблемами картопляної галузі займаються такі вчені, як Ходаківський Є.І., Положенець В.М., Приймачук Т.Ю., Вождай Н.В., Буняк Н.М., Лавров Р.В., Мех Л.М., Бондарчук А.А., Кононунченко В.В. та ін. [2-9].

Стратегічні питання по вирощуванню картоплі в Україні із використанням найсучасніших техніки і технологій, яка б мала конкурентоспроможні якісні показники, дослідники у своїх працях, на жаль, оминають. Тому, розуміння сучасного стану в галузі картоплярства є завжди актуальною проблемою.

Вирощування картоплі в нашій країні здійснюється за технологіями позаминулого століття, і якщо раніше вирощування картоплі було механізованим, то зараз 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.

Проаналізувавши цей ринок бачимо, що окрім вітчизняної є різноманітний вибір закордонної техніки, що виробляється різними фірмами. Прослідковується і те, що нову картоплезбиральну техніку фактично можна придбати в усіх регіонах країни.

В Україні використовують картоплекопачі КТН-2В і КСТ-1,4 (завод “Лідасільмаш”), які вкладають бульби на поверхню поля за шириною захвату (1,4 м) з подальшим ручним їх підбиранням.

Західноєвропейські фірми “ІМАС” (Італія), “Grimme” (Німеччина) та ін. пропонують здебільшого дворядні причіпні і напівначіпні картоплекопачі, які вкладають бульби у валок, а також підбирачі-навантажувачі, які збирають їх із валка.

Країни виробники та їх відсотковий показник на ринку України розглянуто на діаграмі (рис. 1.1) [10].

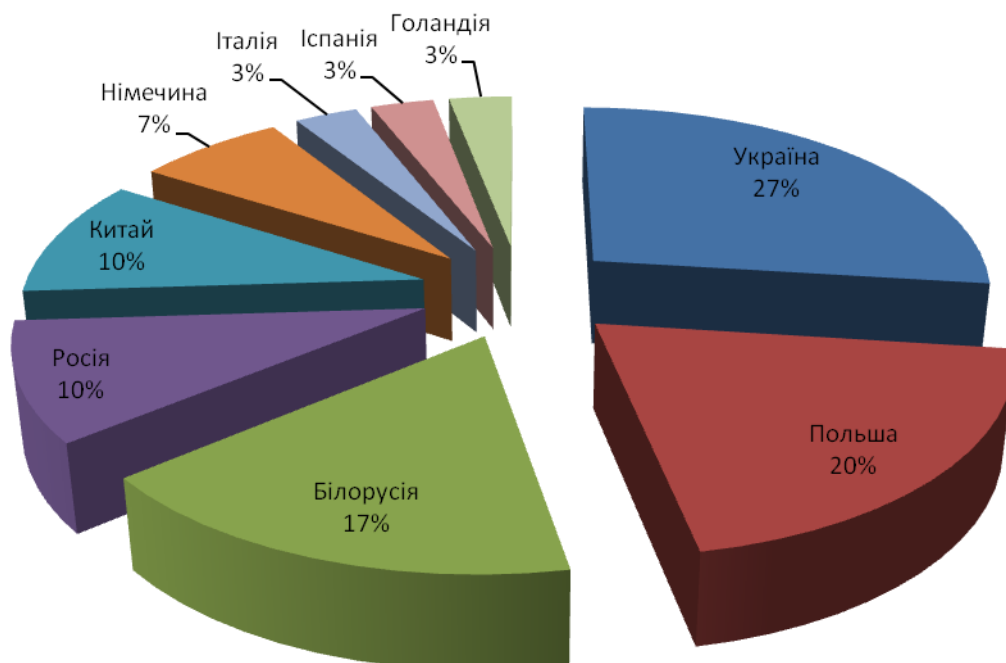


Рис. 1.1. Відсотковий склад картоплезбиральної техніки за країною-виробником

Необхідно констатувати, що Україна займає п'яте місце в світі по виробництву картоплі, а забезпечення вітчизняною картоплезбиральною технікою складає тільки 27 %. Такий низький відсоток відкриває можливість при розумній бізнес-політиці та державній підтримці запуснути весь технологічний цикл виробництва картоплі.

Українські експерти зазначають, що вітчизняна картопля, не конкурентоспроможна на світових ринках. Між тим, ринок картоплі в Україні починає розвиватись, збільшується врожайність і кількість господарств, де на належному професійному рівні займаються вирощуванням другого хліба. Помітною стає тенденція зростання конкуренції з боку імпорту та зростання обсягу імпорту насіння картоплі з Голландії і Німеччини.

Однією з основних проблем в організації сучасного виробництва картоплі в Україні є недостатній рівень його механізації у багатьох господарствах. Але в останні роки в галузі намітилися певні позитивні тенденції.

У виборі машин для вирощування картоплі необхідно враховувати такі основні чинники [11]:

- природно-кліматичні умови і агротехнічні строки виконання операцій з вирощування картоплі;
- наявність кваліфікованого персоналу, тракторного і вантажного парку в господарстві;
- напрям виробництва і сорти картоплі (продовольча, насіннева, на крохмаль);
- технологія вирощування;
- географія полів (структура посівів і розміри полів, відстань між полями);
- логістика (набір машин і механізмів, їх оснащення та ін.);
- структура ґрунту (важкий, легкий, кам'янистий та ін.);
- актуальні економічні критерії;
- сервісне обслуговування.

На сьогодні загальною тенденцією у світовому картоплярстві є широке використання високопродуктивних машин, у тому числі самохідних комбайнів, енергонасичених тракторів, великовантажних транспортних засобів та ін. Одночасно звертається серйозна увага на використання досягнень селекції, дбайливе ставлення до бульб та зменшення механічного впливу на них. У Європі в результаті змін, що відбуваються в економіці й організації виробництва картоплі, посилюється спеціалізація господарств, простежується тенденція до їх концентрації. Останнє дозволило підвищити середню врожайність культури до 370 ц/га. При цьому до 30-40% отриманого врожаю бульб спрямовують на промислово переробку, а рівень втрат продукції не перевищує показника природних норм.

Нині виробники картоплі застосовують чотири основні інтенсивні технології обробітку цієї культури:

- інтенсивна з міжряддям 70 см;
- західноєвропейська (голландська) з міжряддям 75 см;
- широкорядна з міжряддям 90 см;
- точна грядо-стрічкова з міжряддям 110+30 см.

Кожна з них адаптована до певних ґрунтово-кліматичних умов та умов господарства, що й забезпечує одержання запланованого врожаю бульб із заданою якістю продукції і споживчими властивостями.

**Інтенсивна технологія з міжряддям 70 см.** Негативний вплив міжрядь завширшки 70 см на продуктивність рослин обумовлений недостатньою площею живлення (70×30 см), пошкодженням кореневої системи і стебел під час міжрядних обробітків, перезараженням рослин хворобами в разі щільного змикання бадилля, озелененням бульб через нестачу ґрунту для високого підгортання тощо. Крім того, є чинником, що стримує зростання й розвиток багато- і великобульбових сортів, які мають особливо могутнє розгалужене бадилля й некомпактне бульбове гніздо.

**Західноєвропейська (голландська) технологія з міжряддям 75 см.**

Особливість цієї технології – садіння насінневих бульб на гладку поверхню безпосередньо після проведення передпосівного обробітку ґрунту. При цьому безпосередньо перед садінням зяб обробляють культиваторами з активними або пасивними робочими органами (залежно від фізико-механічного складу ґрунту) за один прохід агрегату на глибину розміщення насінневих бульб. Потім через 7-14 днів, після того як пройшов посадковий агрегат, одноразово формують максимально високі й широкі гребені або фрезерними гребенеутворювачами з активними робочими органами (для важких і середніх ґрунтів), або гребенеутворювачами з пасивними робочими органами (для легких ґрунтів). Подальші операції із захисту рослин картоплі від бур'янів, шкідників і хвороб здійснюють широкозахватними штанговими обприскувачами з використанням хімічних засобів. Потрібний режим живлення рослин за цією технологією формують у кілька етапів: перед проведенням зяблевої оранки і передпосівного обробітку ґрунту, під час садіння картоплі (якщо конструкція посадкового агрегату сприяє цьому) і позакореневого підживлення в період розвитку рослин із застосуванням штангових обприскувачів.

За даною технологією за два етапи обробітку ґрунту формується високооб'ємний гребінь із дрібногрудкуватою структурою, що забезпечує не тільки вільний розвиток бульб, а й хорошу сепарацію ґрунту під час механізованого збирання картоплі. Мінімальна кількість проходів агрегатів у період вегетації унеможливує ущільнення міжрядь, формування грудок у шарі, що сепарується, покращує умови для росту й розвитку рослин. А те, що в шарі, де розміщуються бульби, немає великих грудок, не тільки обумовлює високу продуктивність техніки для збирання за рахунок хорошої сепарації, а й унеможливує пошкодження бульб гострими краями грудок. п обробіток картоплі по гребенях. Найбільшого поширення цей обробіток набув у зонах із недостатнім зволоженням, де кожна технологічна операція з обробітку ґрунту спричиняє значні втрати ґрунтової вологи, особливо у весняний період. Гребені формують восени за допомогою культиваторів-гребенеутворювачів із

пасивними робочими органами після проведення зяблевої оранки. Волога, що випала пізно восени у вигляді опадів, узимку під дією негативних температур формує дрібногрудкувату структуру ґрунту всередині гребеня. Навесні ґрунт усередині гребенів прогрівається на один-два тижні раніше, ніж на гладкій поверхні. Тому можна посадити картоплю в прогрітий і рихлий ґрунт раніше, коли запас вологи достатній для сприятливого розвитку рослин навіть у посушливих умовах. Обробіток картоплі на гребенях, заздалегідь нарізаних з осені, до мінімуму скорочує число проходів ґрунтообробних знарядь у період вегетації рослин (один прохід під час міжрядного обробітку ґрунту), що й забезпечує максимальне використання запасів ґрунтової вологи. Ця технологія дає можливість створити всі потрібні умови для вирощування високих урожаїв картоплі в посушливих умовах і забезпечити проведення механізованого збирання картоплі із застосуванням високопродуктивних комбайнів.

### **Особливості імпортованих технологій**

Високих показників у картоплярстві розвинені країни досягають на основі системного підходу до всіх етапів виконання технологічних операцій вирощування, зберігання та реалізації картоплі. Серед основних їх особливостей можна виділити [12]:

1. Стале виробництво та постійне вдосконалення техніки спеціального та загального призначення для виробництва картоплі;
2. Забезпечення виробників картоплі високоякісним насіннєвим матеріалом із гарантією реалізації вирощеного врожаю;
3. Високий ступінь забезпечення постійними сховищами;
4. Систематичне інформаційне забезпечення виробників картоплі шляхом проведення на базі господарств, навчальних закладів та інших установ науково-практичних семінарів, цільових сезонних (садіння, збирання, зберігання тощо) заходів, демонстрація передових технологій і нових технічних засобів, видання та широке розповсюдження посібників, рекомендацій, навчальної літератури, проспектів, рекламних матеріалів тощо з картоплярства;

5. Широке використання системи сертифікації сортів картоплі та їх посівів, вирощених бульб, застосованих технологій, методів зберігання та інших чинників виробництва картоплі.

У розвинених країнах у галузі картоплярства склалися такі основні тенденції розвитку [12]:

1. Концентрація і зональна спеціалізація виробництва на основі розміщення посівів картоплі у найбільш сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах;

2. Зменшення витрат праці у машинному виробництві картоплі на основі удосконалення технологій, машин і обладнання та поліпшення якості бульб, у тому числі за рахунок зменшення рівня хвороб і їх ушкоджень, виведення і розмноження нових сортів, а також на основі автоматизації технологічних процесів машин;

3. Зменшення обсягів вирощування продовольчої і кормової картоплі за одночасного зростання частки виробництва картоплі для переробки;

4. Поєднання операцій післязбирального доопрацювання, зберігання, підготовки картоплі до реалізації, а часом і з переробки в єдиних виробничих комплексах на основі сховищ. Об'єднуються зусилля науковців і фахівців у розв'язанні спільних сучасних проблем картоплярства, розробка нових технологій, створення перспективної техніки тощо.

При обробі картоплі, однією з найскладніших завдань є збирання. Із загальних трудовитрат і енерговитрат при вирощуванні на збирання припадає, відповідно, близько – 35...70% і 40...60% [13]. Це змушує сільгоспвиробників ретельно підходити до вибору технологій збирання залежно від багатьох факторів (рис. 1.2) [13]:  $\Phi_1$  – врожайність картоплі, т/га;  $\Phi_2$  – вологість ґрунту, %;  $\Phi_3$  – вид і склад ґрунту;  $\Phi_4$  – якість отриманої продукції (картопля продовольча, на крохмаль і насіннева);  $\Phi_5$  – тривалість (можливість) зберігання картоплі, днів;  $\Phi_6$  – площа посадки картоплі;  $\Phi_7$  – природно-кліматичні умови;  $\Phi_8$  – термін збирання, днів;  $\Phi_9$  – забезпеченість господарства трудовими ресурсами, люд.;  $\Phi_{10}$  – забезпеченість господарства вільними транспортними

засобами в термін збирання;  $\Phi_{11}$  – наявність у господарстві картоплекховища;  $\Phi_{12}$  – наявність у господарстві обладнання для очистки і сортування картоплі.

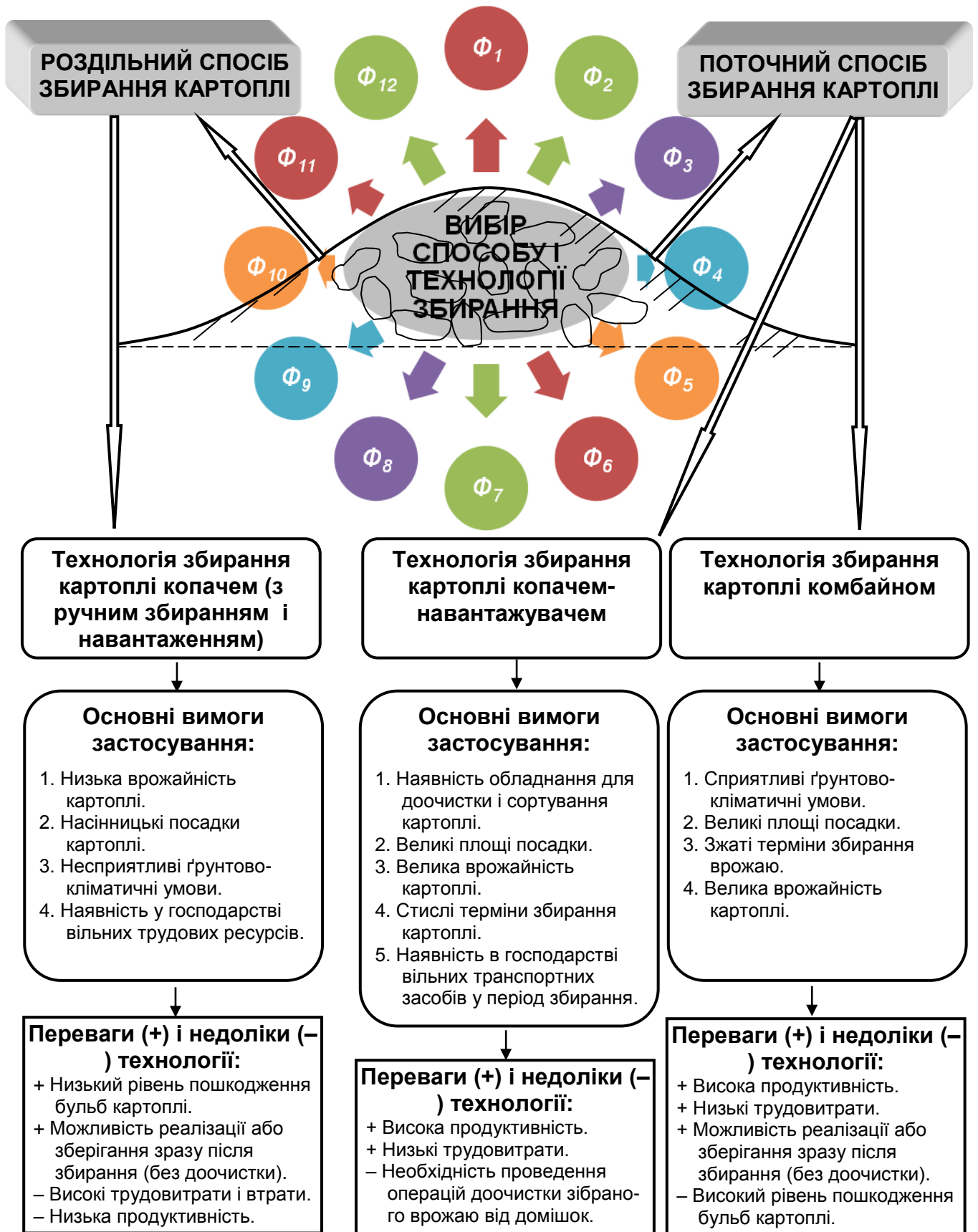


Рис. 1.2. Основні способи і технології механізованого збирання картоплі

Сучасні технології механізованого збирання картоплі, широко використовувані вітчизняними та заграничними сільгоспвиробниками, поділяються на два основних способи: роздільний і поточковий [13].

При роздільному способі в основному застосовуються різні копачі (рис. 1.3). При поточковому способі збирання картоплі використовуються копачі-навантажувачі (рис. 1.4) і комбайни (рис. 1.5).

Існує ще кілька способів збирання картоплі (комбінований, поточно-перевалочний, роздільний двофазний та ін.), які не знайшли такого широкого розповсюдження, як вище перераховані.

Копачі широко використовуються в дрібних і середніх господарствах, а також при виробництві насінневої картоплі. Ці збиральні машини мають невисоку вартість, забезпечують низький рівень пошкоджень бульб (в межах АТВ) і можуть застосовуватися у важких ґрунтово-кліматичних умовах (висока вологість, важкий суглинок і т.д.). Можлива реалізація продукції без доочистки, тому операція виконується робітниками на підборі (рис. 1.3). Дана технологія відрізняється великими втратами бульб, низькою продуктивністю і високими трудовитратами, які пов'язані з ручним збиранням і завантаженням картоплі в транспортний засіб [14, 15]. Картоплекопачі забезпечують невисоку повноту сепарації вороху, в тому числі через нерівномірність подачі бульбоносного пласта на транспортер, тому частина бульб засипається ґрунтом і втрачається. Нерівномірність подачі відбувається при періодичному згужанні картопляного вороху на підкопуючому робочому органі, особливо при високих швидкостях збирального агрегату і несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах.

Копачі-навантажувачі в середньому коштують більше, ніж картоплекопачі, але менше, ніж комбайни. Висока продуктивність копачів-навантажувачів дозволяє збирати значні площі посадки картоплі з великою врожайністю в стислі терміни, навіть у складних ґрунтово-кліматичних умовах. Разом з цим, має місце високий рівень пошкоджень і втрат бульб, низька чистота зібраного врожаю [16-18] і необхідно наявність у господарстві обладнання для післязбиральної доочистки бульб (рис. 1.4), а так само вільні транспортні засоби (викопування і навантаження врожаю здійснюють одночасно).

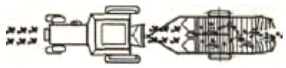
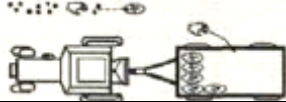

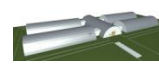



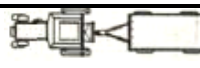


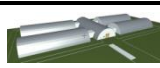

РОЗДІЛЬНИЙ СПОСІБ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ						
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ЗБИРАННЯ	ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ КОПАЧЕМ					
	Умовні позначення	Склад картопляного вороху				
		На початку операції		У кінці операції		
ЗБИРАННЯ		1 2 3 4		1 2 3 4		
ЗАВАНТАЖЕННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ		1 2 3 4		1		
ПІСЛЯЗБИРАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ І РЕАЛІЗАЦІЯ ВРОЖАЮ	Варіант 1 (без зберігання картоплі)	Варіант 2 (із зберіганням картоплі)	Варіант 1 (без зберігання картоплі)		Варіант 2 (із зберіганням картоплі)	
	На початку операції	В кінці операції	На початку операції	В кінці операції	На початку операції	В кінці операції
РЕАЛІЗАЦІЯ ВРОЖАЮ		—	1	1	—	—
ЗБЕРІГАННЯ (осінь-весна)	—		—	—	1	1
СОРТУВАННЯ	—		—	—	1	1П 1К 1Н
РЕАЛІЗАЦІЯ ВРОЖАЮ	—		—	—	1П 1К 1Н	1П 1К 1Н
СКЛАД КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ						
Бульби картоплі –		1	2	3	4	
1П продовольча	1К на крохмаль	1Н насіenneва	дрібні грунтові домішки	грунтові грудки	рослинні домішки (стебла, коріння бадилля і бур'янів)	
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ						
 – трактор і картоплекопалка (наприклад МТЗ-80+КСТ-1,4А)			 – трактор і тракторний причеп (наприклад МТЗ-80+2-ПТС-4)			
 – ручний збір в тару			 – картоплесортувальний пункт (наприклад КСП-25)			
 – картоплесховище або бурти			 – реалізація врожаю			

Рис. 1.3. Роздільний спосіб механізованого збирання картоплі

ПОТОЧНИЙ СПОСІБ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ												
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ЗБИРАННЯ	ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ КОПАЧЕМ-НАВАНТАЖУВАЧЕМ											
	Умовні позначення		Склад картопляного вороху									
			На початку операції			У кінці операції						
ЗБИРАННЯ			1	2	3	4	1	3	4			
ЗАВАНТАЖЕННЯ			1	3	4		1	3	4			
ПІСЛЯЗБИРАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ	Варіант 1 (без зберігання картоплі)	Варіант 2 (із зберіганням картоплі)	Варіант 1 (без зберігання картоплі)			Варіант 2 (із зберіганням картоплі)						
			На початку операції	В кінці операції		На початку операції	В кінці операції					
СОРТУВАННЯ			1	3	4	1П	1К	1Н	1П	1К	1Н	
РЕАЛІЗАЦІЯ ВРОЖАЮ		—	1П	1К	1Н	1П	1К	1Н	—	—		
ЗБЕРІГАННЯ (осінь-весна)	—		—	—	—	1П	1К	1Н	1П	1К	1Н	
СОРТУВАННЯ	—		—	—	—	1П	1К	1Н	1П	1К	1Н	
РЕАЛІЗАЦІЯ ВРОЖАЮ	—		—	—	—	1П	1К	1Н	1П	1К	1Н	
СКЛАД КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ												
Бульби картоплі –			1	2			3	4				
1П	1К	1Н	дрібні ґрунтові домішки			ґрунтові грудки		рослинні домішки (стебла, коріння бадилля і бур'янів)				
продовольча			на крохмаль			насіenneва						
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ												
 – трактор і копач-навантажувач (наприклад МТЗ-82+Е-684)						 – трактор і тракторний причеп (наприклад МТЗ-80+2-ПТС-4)						
 – реалізація врожаю						 – картоплесортувальний пункт (наприклад КСП-25)						
 – картоплесховище або бурти												

Рис. 1.4. Поточний спосіб збирання картоплі копачем-навантажувачем

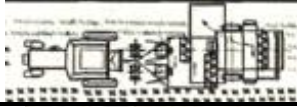


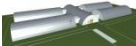



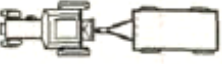



ПОТОЧНИЙ СПОСІБ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ							
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ЗБИРАННЯ	ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ КОМБАЙНОМ						
	Умовні позначення		Склад картопляного вороху				
			На початку операції		У кінці операції		
ЗБИРАННЯ			1	2	3	4	1
ЗАВАНТАЖЕННЯ			1				1
ПІСЛЯЗБИРАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ	Варіант 1 (без зберігання картоплі)	Варіант 2 (із зберіганням картоплі)	Варіант 1 (без зберігання картоплі)		Варіант 2 (із зберіганням картоплі)		
	На початку операції	В кінці операції	На початку операції	В кінці операції	На початку операції	В кінці операції	
СОРТУВАННЯ	–	–	–	–	–	–	
РЕАЛІЗАЦІЯ ВРОЖАЮ		–	1	1	–	–	
ЗБЕРІГАННЯ (осінь-весна)	–		–	–	1	1	
СОРТУВАННЯ	–		–	–	1	1П 1К 1Н	
РЕАЛІЗАЦІЯ ВРОЖАЮ	–		–	–	1П 1К 1Н	1П 1К 1Н	
СКЛАД КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ							
Бульби картоплі –		1	2	3	4		
1П продовольча	1К на крохмаль	1Н насіenneва	дрібні ґрунтові домішки	ґрунтові грудки	рослинні домішки (стебла, коріння бадилля і бур'янів)		
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ							
 – трактор і комбайн (наприклад МТЗ-82+КПК-2-01)			 – трактор і тракторний причеп (наприклад МТЗ-80+2-ПТС-4)				
 – реалізація врожаю			 – картоплесортувальний пункт (наприклад КСП-25)				
 – картоплесховище або бурти							

Рис. 1.5. Поточний спосіб збирання картоплі комбайном

Найбільш перспективною є комбайнова технологія збирання картоплі [17, 19-24], при якій можливі низькі трудовитрати і висока продуктивність. Картоплезбиральні комбайни збирають великі площі в стислі терміни, навіть при високій врожайності більш 200ц/га.

Наявність у комбайна перебирального столу забезпечує допустиму по АТВ чистоту бульб в бункері [17], без додаткового доочищення, тому одним з варіантів реалізації даної технології може бути продаж врожаю відразу після збирання (рис. 1.5). Однак висока вартість даних збиральних машин і неможливість їх використання у важких ґрунтово-кліматичних умовах обмежує умови застосування комбайнів.

## 1.2. Аналіз конструктивних особливостей і параметрів сепаруючих гірок

На даному рівні розвитку технологічних схем збиральних машин найбільшого поширення серед органів вторинної (виносної) сепарації отримали механічні відокремлювачі. Це пов'язано в першу чергу з тим, що вони простіше в конструктивному виконанні і надійніше при виконанні технологічного процесу. Крім того, висока вартість відокремлювачів інших типів (з використанням повітряного потоку, ультразвуку, радіоактивного випромінювання та ін., що значно знижує їх конкурентоспроможність в сучасних економічних умовах.

Найбільш поширеними серед пристроїв вторинної сепарації бульбоносного вороху в технологічному процесі картоплезбиральних машин є сепаруючі гірки і їх комбінації. Гірки призначені для виділення коренебульбоплодів з вороху рослинних і ґрунтових домішок. Класифікація гірок представлена на рис 1.6. [28].

Скатна гірка з нерухомою робочою поверхнею володіє робочим органом (рис. 1.7-а), представленим у вигляді площини, нахиленою до горизонту під великим кутом, ніж кут тертя кочення компонентів картопляного вороху. Дослідження показують, що округлі тіла (бульби) з меншим коефіцієнтом тертя



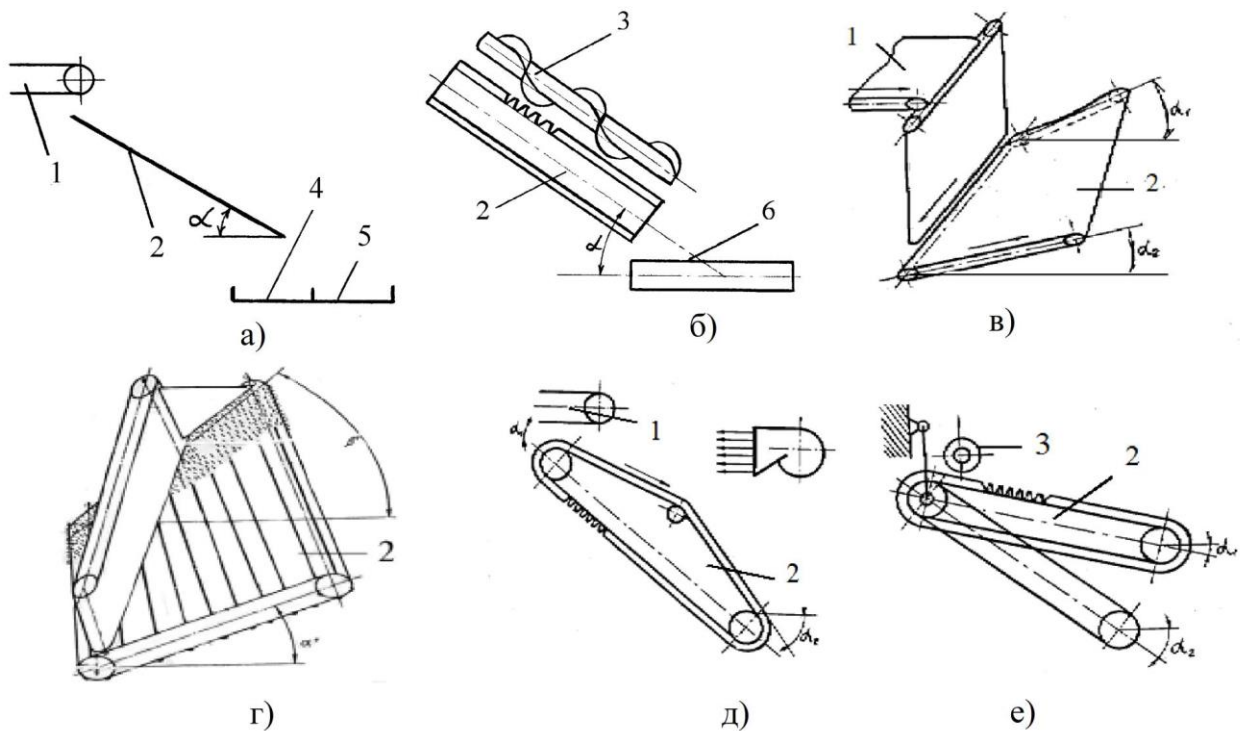


Рис. 1.7. Схеми робочих органів виносної сепарації:

а) скатна гладка; б) поперечна з обертовим шнеком; в) гвинтової форми; г) полупальчата гвинтоподібної форми; д) з різним кутом нахилу робочої поверхні і застосуванням повітряного потоку; е) з додатковою ділянкою. 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – гірка; 3 – шнек обертаючий; 4 – тара під бульби; 5 – тара під домішки; 6 – вивантажний конвеєр

Крім перерахованих вище схем для підвищення сепаруючої здатності і зменшення втрат бульб розроблено велику кількість пристроїв, що інтенсифікують процес сепарації.

Різновид пальчастої гірки, запатентована фірмою «Грімм», включає розташований над полотном гірки коливається підвісний екран (рис. 1.8-а), причому екран встановлено перпендикулярно, а під кутом до напрямку подачі картопляного вороху. Коливання екрану організовані за допомогою використання додаткового приводу. При практично повній відсутності втрат бульб даний пристрій виявилося дуже чутливо до важких умов роботи через малу продуктивності (малий прохідний перетин пристрою).

Конструкція, встановлена на випускаючій за голландською ліцензією фірмою «КОЛНАГ» (м Коломна) картоплезбиральні комбайни AVR-220В (рис. 1.9), складається з двох сепаруючих робочих органів, поздовжньої пальчикової гірки з пасивним гладким відбійним валиком (рис. 1.10-а) і поздовжньої пальчикової гірки до встановлених над її поверхнею відбійними пластинами (рис. 1.8-в; рис. 1.10-б). Оскільки зазор між полотном гірки і кінцями пластин невеликий, то втрати потрапляють тільки рослинні і дрібні ґрунтові домішки, а бульби сходять з полотна гірки.

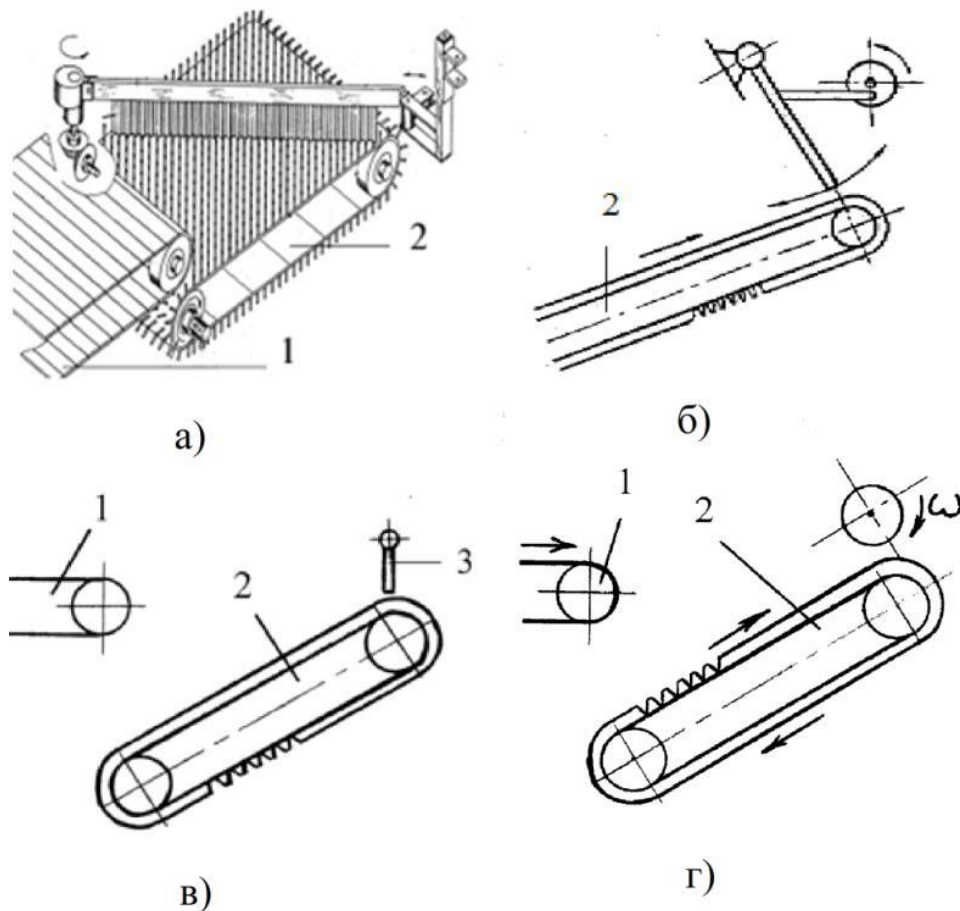


Рис. 1.8. Схеми робочих органів виносної сепарації:

а) з коливаючимся підвісним екраном; б) з коливаючийся гребінкою; в) з відбійними пластинами; г) з активним гладким відбійним валиком: 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – сепаруюча гірка; 3 – відбійні пластини

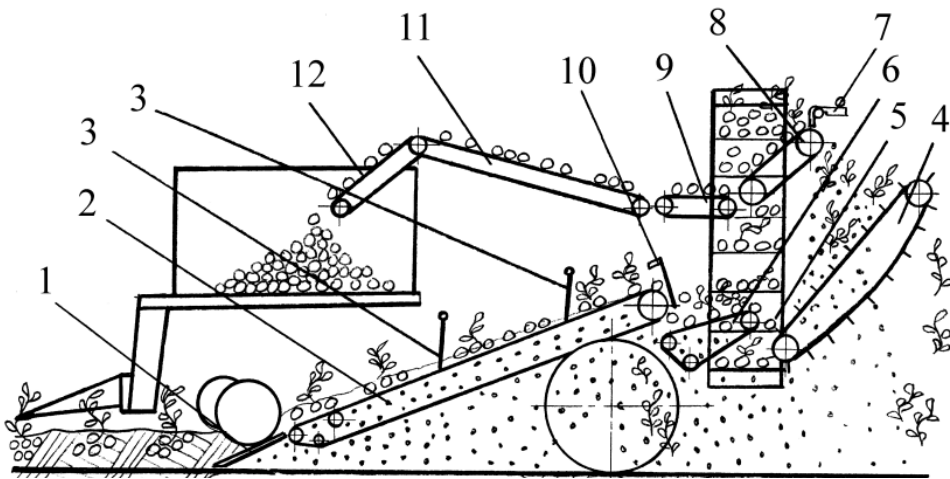


Рис. 1.9. Технологічна схема роботи картоплезбирального комбайна AVR-220В:

1 – підкопувальні робочі органи; 2 – перший конвеєр; 3 – зворушувач; 4 – сепаруюча гірка; 5 – ковшовий транспортер; 6 – другий конвеєр; 7 – відбійні пластини; 8 – додатковий конвеєр; 9 – проміжний конвеєр; 10 – бадилезатримуючі пальці; 11 – перебиральний стіл; 12 – бункер



Рис. 1.10. Загальний вигляд органів вторинної сепарації картоплезбирального комбайна AVR-220В:

а) сепаруюча гірка першого ярусу з клубнеотражаючим пристроєм у вигляді гладкого відбійного валика; б) сепаруюча гірка другого ярусу з відбійними пластинами

Однією з найбільш вдалих варіацій описаної вище схеми є конструкція, над поверхнею сепаруючої гірки розташовані пружинні притискні прутки, кінці яких проходять під гладкий відбійний валик (рис. 1.11-а). Бадилля і грудки ґрунту захоплюються пальцями і транспортуються вгору, причому бадилля

притискається пружинними прутками до поверхні гірки. Відбійний валик відриває бульби від бадилля, і вони скочуються вниз, а бадилля і невеликі грудки ґрунту скидаються на поле. За даною схемою здійснюється більш якісне виділення рослинних залишків з картопляного вороху.

У відділювачах К-730, К-735 (Німеччина) використовується противоточная сепаруюча гірка з встановленим над полотном гладким обертовим валиком (рис. 1.11-б). Практика роботи подібних пристроїв показала, що відділення домішок, особливо у важких умовах роботи, на прямооточній гірці виконується більш якісно, ніж на противоточній.

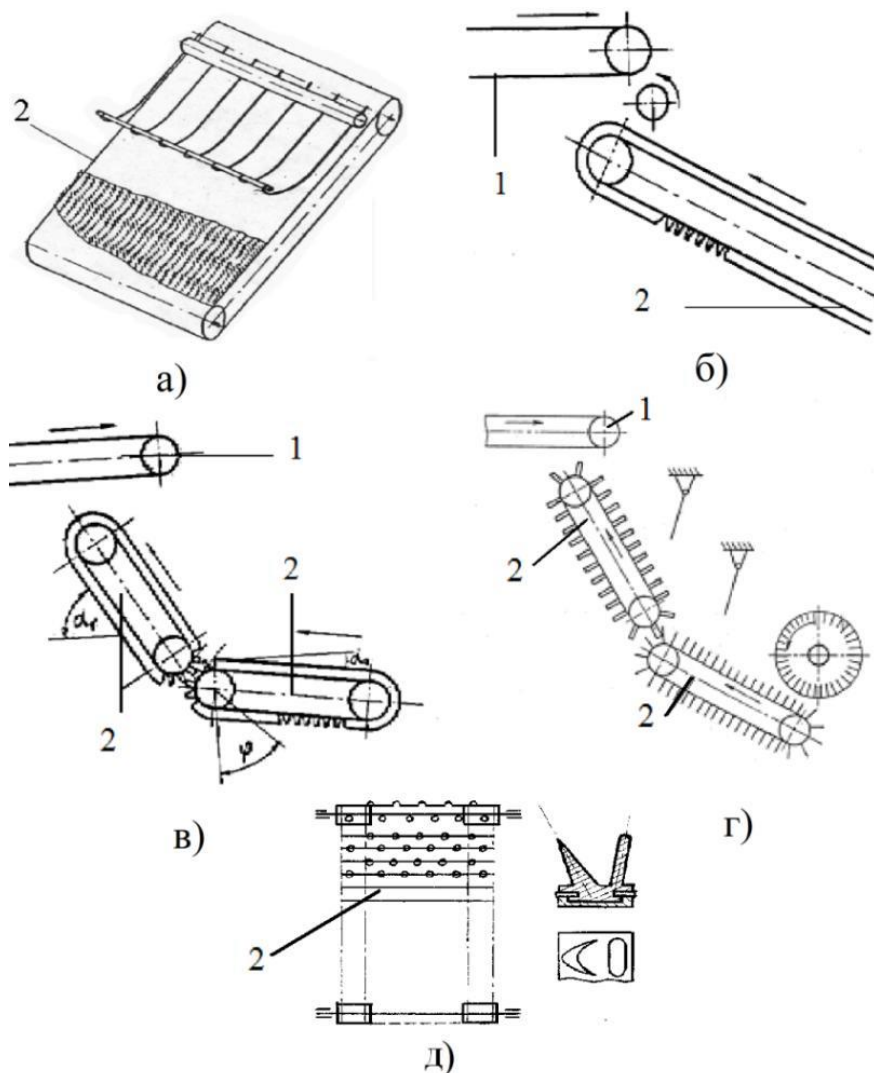


Рис. 1.11. Схеми сепаруючих гірок:

а) з гладким відбійним валиком і притискними прутками; б) противоточная з гладким відбійним валиком; в) двоконтурна гірка; г) двоконтурна гірка з

підвісними екранами і барабаном з еластичними щітками; д) секційна: 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – сепаруюча гірка

На вітчизняних комбайнах КПК-2-01 (рис. 1.12); і КПК-3 в якості бульбоскидаючого пристрою застосований обертаючий багатозахідний шнек (рис. 1.13). Переваги та недоліки кожної з даних схем описані вище, однак при досить високих показниках сепарації жодна з них не забезпечує повного виконання агротехнічних вимог, що підтверджено протоколами випробувань.

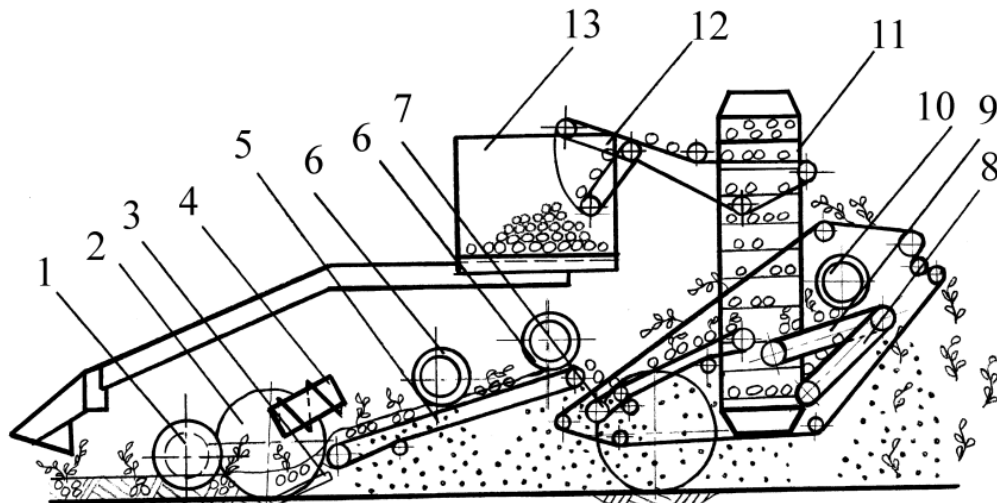


Рис. 1.12. Технологічна схема роботи картоплезбирального комбайна КПК-2-01:

1 – грудко руйнуючі катки; 2 – дискові ножі; 3 – леміш; 4 – шнеки; 5 – основний конвеєр; 6 – поперечно встановлені шнеки; 7 – додатковий конвеєр; 8 – гірка; 9 – додатковий участок гірки; 10 – шнек; 11 – ковшовий конвеєр; 12 – перебиральний стіл; 13 – бункер



Рис. 1.13. Загальний вигляд органу вторинної сепарації картоплезбирального комбайна КПК-2-01

Тому необхідно подальше вдосконалення сепаруючих гірок і розробка бульбовідображаючих пристроїв, які відповідали б вимогам максимальної продуктивності при дотриманні агротехнічних вимог.

Особлива увага приділяється розробці і вдосконаленню органів виносної сепарації. На рисунку 1.14 представлені схеми розроблених робочих органів виносної сепарації з бульбовідображачами.

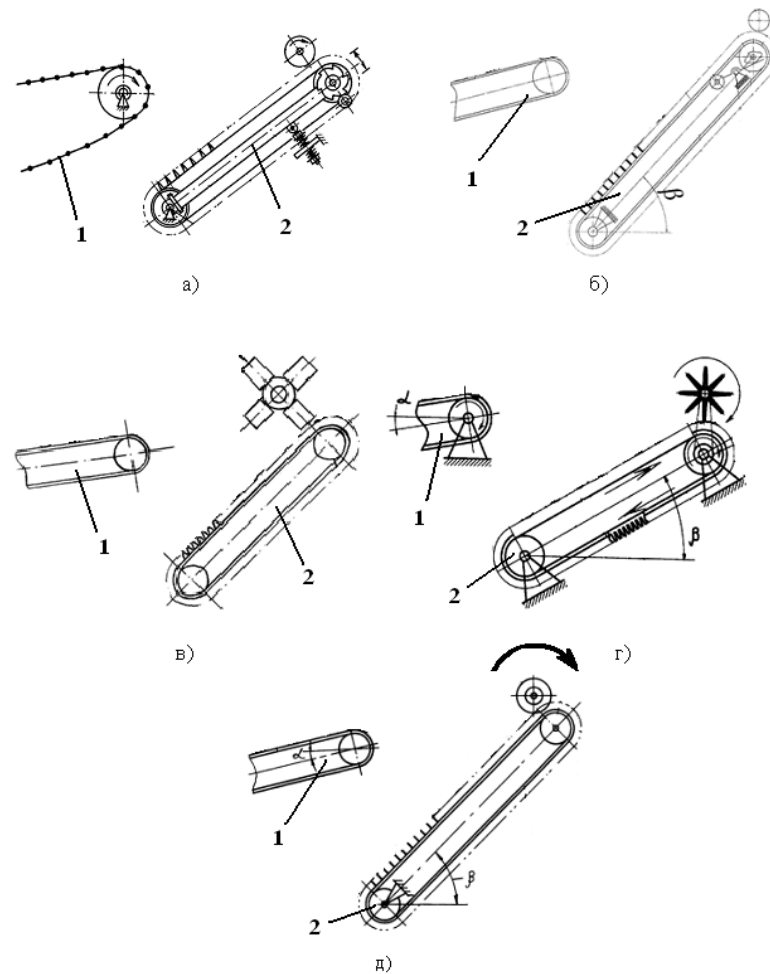


Рис. 1.14. Схеми робочих органів виносної сепарації з бульбовідбивач:  
 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – сепаруюча гірка; а) з механізмом кутових коливань; б) зі струшувально-важільним механізмом; в) з еластичними пластинами, що мають форму прямокутника; г) з гумовими виступами, що мають форму усіченого конуса; д) з еластичними дисками, встановленими похило до осі вала

В результаті проведеного дослідження схем і пристроїв вторинної сепарації картоплезбиральних машин можна зробити висновок, що необхідно подальше вдосконалення сепаруючих гірок і розробка бульбоскидаючих

пристроїв, які відповідали б вимогам максимальної продуктивності при низьких значеннях пошкоджень і втрат коренебульбоплодів і високій чистоті бульб в тарі. Варто зауважити, що розробка пристроїв з активним бульбовідображачем є перспективним напрямком в розвитку сільськогосподарського машинобудування з виробництва картоплезбиральної техніки. При аналізі існуючих конструкцій органів виносної сепарації з активними бульбовідображачами можна зробити висновок, що на сьогоднішній день не дивлячись на те, що тип даних пристроїв має високу продуктивність і якісну сепарацію, перспективність даних технічних рішень знижують великі енерговитрати на привід, матеріаломісткість, а також значне пошкодження бульб.

### 1.3. Завдання досліджень

Відповідно до проведеного аналізу конструктивних особливостей і параметрів органів вторинної (виносної) сепарації картоплезбиральних машин були сформульовані завдання досліджень:

- узагальнити результати аналізу органів вторинної сепарації картоплезбиральних машин і виявити перспективний напрямок досліджень;
- удосконалити конструкцію сепаруючої гірки з метою підвищення ефективності її функціонування;
- теоретично і експериментально обґрунтувати раціональні параметри удосконаленої сепаруючої гірки;
- визначити економічну ефективність застосування картоплезбиральних машин з удосконаленою сепаруючої гірки.

### **Висновки до першого розділу**

1. Виявлено, що з використовуваних на сьогоднішній день органів виносної сепарації, поздовжні пальчаті гірки мають найбільшу продуктивність і можуть бути встановлені в середині технологічного процесу, що дозволяє

використовувати їх як на картоплезбиральних комбайнах, так і на копачі-навантажувачах.

2. Встановлено, що поздовжня пальчастої гірка є найбільш поширеним органом виносної сепарації картоплезбиральних машин, завдяки високій сепаруючій здатності, достатньої продуктивності, простоті конструкції. Але показники роботи пальчастої гірки не завжди відповідають агротехнічним вимогам, тому конструктивно-технологічна схема органу виносної сепарації (пальчастої гірка) повинна включати активний інтенсификатор сепарації (бульбовідображач).

3. Проведений аналіз існуючих схем сепаруючих гірок підтвердив необхідність проведення досліджень щодо їх вдосконалення, для чого необхідно обґрунтувати параметри і режими роботи пристрою для інтенсифікації їх технологічного процесу.

4. Одним з перспективних шляхів вдосконалення та підвищення ефективності використання активних інтенсификаторів (бульбовідображач) є виготовлення їх робочих органів з пружного матеріалу забезпечує можливість локального впливу на бульбоносний ворох в найбільш завантажених зонах по ширині поздовжньої пальчастої гірки при підвищенні продуктивності сепаруючого пристрою. Перспективним напрямком є установка захисних пристроїв, що дозволяють запобігти поломку і, як наслідок, вихід з ладу органу виносної сепарації.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ВИНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ

### 2.1. Опис конструкції сепаруючого робочого органу

За результатами аналізу застосовуваних в даний час сепаруючих робочих органів і процесу відділення коренебульбоплодів від домішок нами пропонується сепаруючий робочий орган - сепаруюча гірка з встановленим над її поверхнею бульбовідбивачем, виконаним у вигляді валу забезпеченого механізмом вторинного очищення, на поверхні вала встановлені підпружинені пластини з еластичним покриттям.

Нами розроблено сепаруючий пристрій коренебульбозбиральної машини, що містить похилий пальчатий транспортер і розміщений в його верхній частині бульбовідбивач. Бульбовідбивач виконаний у вигляді встановленого на приводному валу відбійного валика, забезпеченого окремо Підпружинені пластинами з еластичним покриттям, які встановлені перпендикулярно щодо осі валика. Бульбовідбивач забезпечений храповим механізмом, для здійснення в процесі роботи короткочасного повертання на валу приводу в напрямку, протилежному напрямку обертання валу приводу, при цьому на відбійні валику встановлені окремо закріплені пластини, підпружинені пружиною-скріпкою.

Пристрій для відділення коренебульбоплодів від домішок містить (рис. 2.1-а - г) розділову гірку 1, виконану у вигляді похилого транспортера, нескінченна транспортерна стрічка якого має робочу 2 і зворотний 3 гілки з пружними пальцями 4, транспортер завантаження 5 картопляним ворохом і транспортер вивантаження 6 коренебульбоплодів. У верхній частині гірки над головним барабаном похилого транспортера розташований бульбовідбивач 7.

Бульбовідбивач виконаний у вигляді приводного відбійного валика 9, забезпеченого пластинами з еластичним покриттям 10, встановленими перпендикулярно щодо осі валика, а також храповим механізмом 11, що містить корпус 13, диск 14, закріплений на відбійні валику, зворотний підпружинену собачку 15, що обертається навколо осі 16, закріпленої на диску 14 і храпове колесо 17, закріплене на приводному валу 8. Пластини закріплені на відбійні валику за допомогою пружин-скріпок 12. Захисний храповий механізм призначений для здійснення в процесі роботи короткочасного

провертання на валу приводу в напрямку, протилежному напрямку обертання валу приводу.

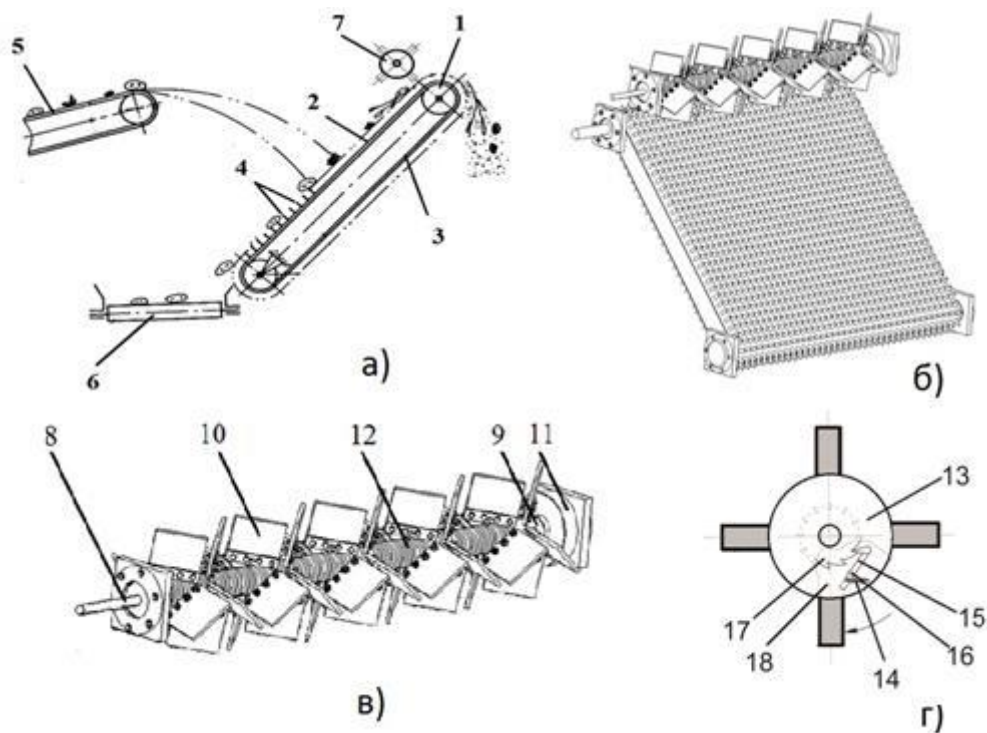


Рис. 2.1. Конструктивно-технологічна схема робочого органу вторинної сепарації картоплезбиральної машини

1 – розділова гірка; 2,3 – робоча і зворотна гілки транспортерної стрічки; 4 – пружні пальці транспортерної стрічки; 5 – завантажувальний транспортер; 6 – транспортер вивантаження коренебульбоплодів; 7 – бульбовідбивач; 8 – приводний вал; 9 – відбійний валик; 10 – еластичні пластини; 11 – храповий механізм; 12 – пружина-скріпка; 13 – корпус храпового механізму; 14 – пружина; 15 – підпружиненная собачка; 16 – вісь; 17 – храпове колесо; 18 – диск

Пристрій працює наступним чином (рис. 2.1-а) [29]. Картопляний ворох, що включає бульби, грудки ґрунту, бадилля і рослинні залишки, транспортером 5 подається на розділову гірку 1. При падінні бульб і грудок ґрунту на похилу поверхню гірки завдяки різним значенням пружних і фрикційних властивостей компонентів, коефіцієнта тертя кочення, розмірів і питомої ваги, на робочі гілки 2 пальчатого полотна відбувається процес сепарації картопляного вороху, тобто процес відділення бульб від ґрунтових грудок і домішок. При цьому основна маса бульб скочується по поверхні пальців 4 на вивантажний транспортер 6 пристрої, а домішки утримуються пальцями полотна і піднімаються вгору до бульбовідбійника 7, який від приводу отримує

обертальний рух назустріч вороху. Частина бульб утримує їх бадиллям також пальчастий полотном гірки подається до бульбовідбійника 7. Перед викидом домішок безпосередньо на полі останні (грудки ґрунту, каміння і рослинні залишки) вступають в контакт з пластинами 10, покриття яких еластичне, розміщеними поздовжніми рядами по всій робочій поверхні відбійного валика 9 на рівній відстані один від одного і мають форму прямокутного паралелепіпеда, великі межі яких розташовані під кутом до площини, перпендикулярної осі валика 9, причому у пластин кожного парного і непарного поздовжнього ряду відповідно ці кути рівні по модулю і дзеркально відображені щодо площини, перпендикулярній осі валика.

У процесі обертання відбійного валика 9 обгумовані пластини 10 роблять кругові рухи, в результаті чого кожен з них впливає на інформацію, що надходить маса картопляного вороху. При цьому стебла бадилля і рослинні домішки проходять в робочий зазор між пальчастою поверхнею гірки і відбійним валиком 9 і виносяться за межі збиральної машини на поле, а бульби в результаті взаємодії з пластинами 10 відбійного валика 9 скочуються вниз по похилому полотну гірки на транспортер вивантаження 6 коренебульбоплодів. Основною робочою поверхнею пластин 10 при цьому є їх великі межі, орієнтація яких в просторі залежить від того, в якому поздовжньому ряду (парному або непарному) вони встановлені. Це дозволяє істотно збільшити сепаруючий ефект пристрою за рахунок різної спрямованості силових впливів виступів на компоненти розділяючого вороху.

З метою забезпечення агротехнічних вимог при поділі компонентів бульбоносного вороху проаналізуємо умови і принципи поділу компонентів органами вторинної сепарації, а також зробимо необхідне теоретичне обґрунтування параметрів і режимів роботи запропонованого пристрою.

## 2.2. Аналіз умов і принципів розподілу компонентів органами вторинної сепарації

Для вибору раціональних параметрів робочого органу [30] проведемо аналіз умов і принципів розподілу компонентів бульбоносного вороху на сепаруючих гірках при роботі в найбільш несприятливих умовах (підвищена або знижена вологість, велика кількість бадилля або рослинних домішок і т.п.).

Процес сепарації картопляного вороху, тобто процес відділення бульб від ґрунтових грудок і домішок на робочій гілці пальчатого полотна при падінні бульб і грудок ґрунту на похилу поверхню гірки відбувається завдяки різним

чинникам. Виділимо серед них основні, що впливають на ефективність процесу сепарації:

1. Коефіцієнт тертя у ґрунті і бадилля про гумову пальчастої поверхню вище, ніж у чистих бульб картоплі [31]).

2. Міцність зв'язку компонентів вороху: міцність зв'язку бульб картоплі з бадиллям, бульби з ґрунтом [31].

3. Геометричні параметри компонентів, що потрапляють на поверхню гірки, а саме їх розміри і форма

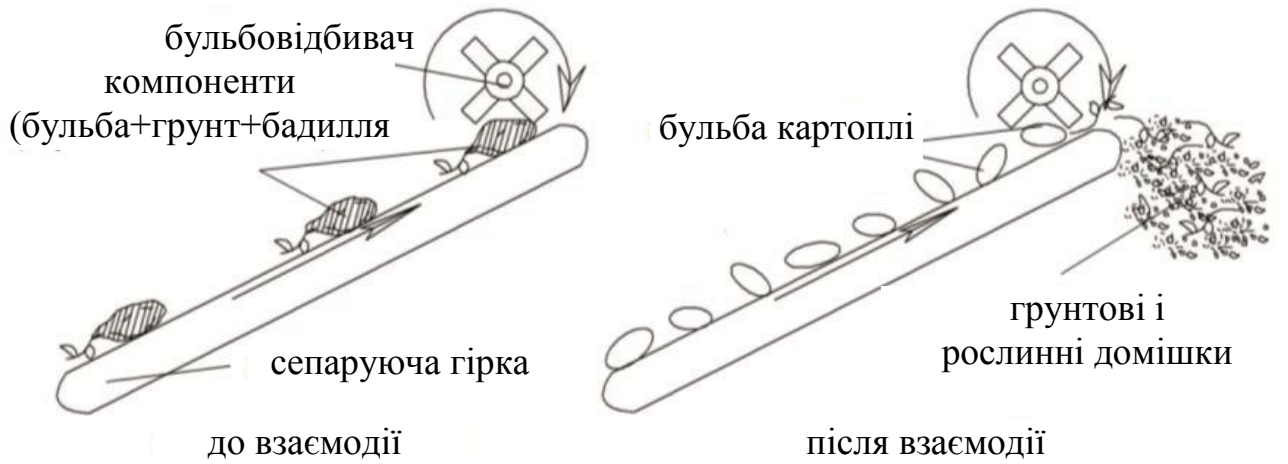
Всі перераховані вище фактори в великій мірі пов'язані з вологістю ґрунту, так як в важких умовах роботи, а саме при високій або низькій вологості, на сепаруючу гірку потрапляють бульби картоплі, що не відокремлені від домішок, міцно з ними пов'язані, мають неправильну форму і високий коефіцієнт тертя з пальчастим полотном.

Для подальших досліджень введемо поняття «компонент», під яким будемо розуміти неподілений компонент бульбоносного вороху, а саме тіло неправильної форми, складовими якого є бульба з налиплого на нього ґрунтом і бадиллям. Для найбільш об'єктивного вибору параметрів робочого органу вторинної сепарації найдоцільніше розглядати взаємодію бульбовідбивача саме з компонентом, як найбільш складним і несприятливим випадком.

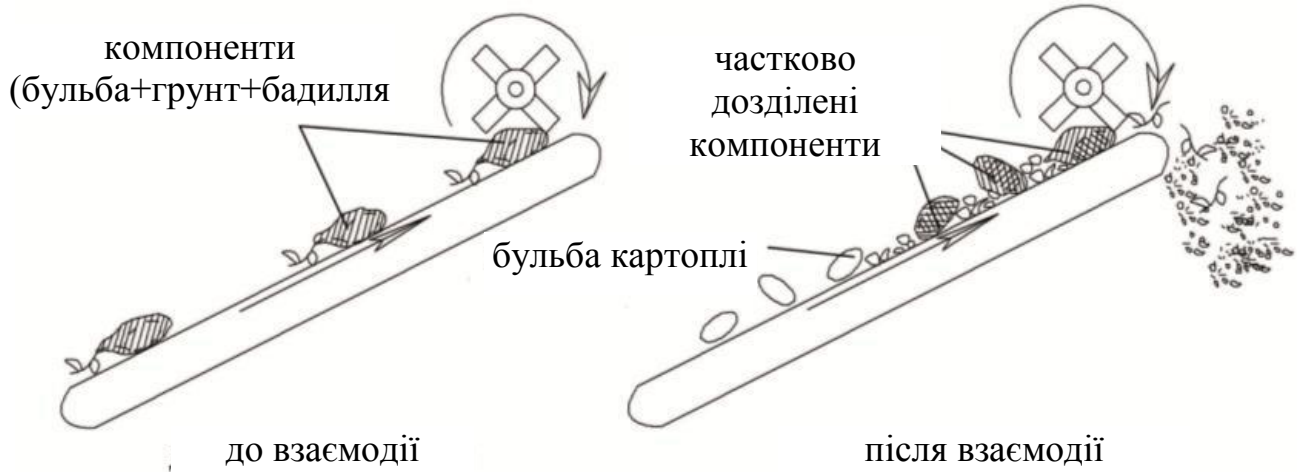
Швидкість і якість поділу компонента на складові залежить від ступеня і кількості силових впливів на нього з боку робочих органів вторинної сепарації, таким чином, завдання бульбовідбивача - інтенсифікувати процес поділу шляхом силового впливу на компоненти. При цьому можливі наступні випадки:

1. Компонент потрапляє на поверхню сепаруючої гірки, в силу своїх фізико-механічних властивостей і геометричних параметрів не може зійти з полотна гірки і рухається до бульбовідбійника, в результаті силового впливу з боку останнього компонент поділяється на складові (бульба, ґрунт, бадилля); бульба сходить з полотна гірки, а домішки виносяться на поле (рис. 2.2-а).

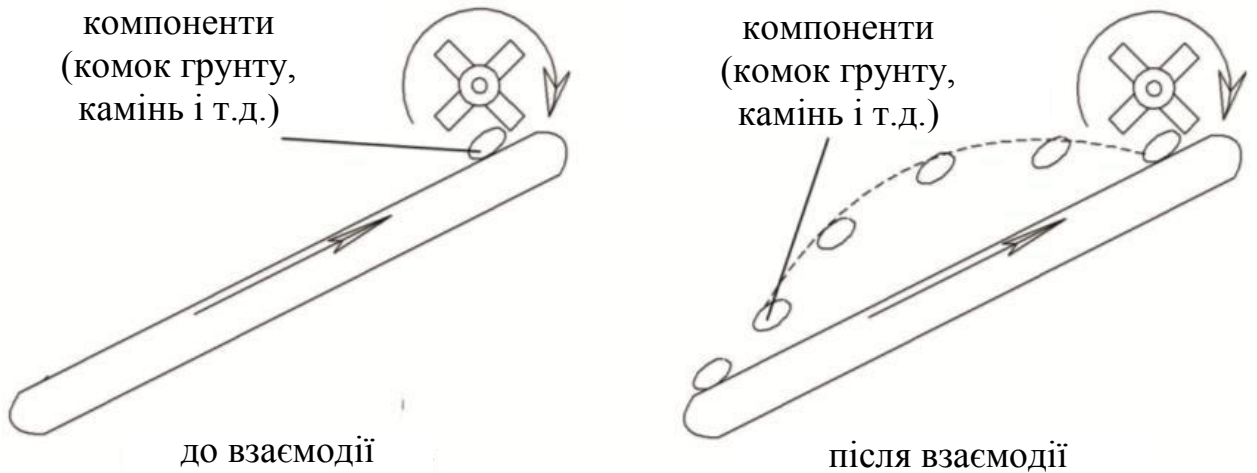
2. Компонент потрапляє на поверхню сепаруючої гірки, в силу своїх фізико-механічних властивостей і геометричних параметрів не може зійти з полотна гірки і рухається до бульбовідбійника, в результаті силового впливу з боку останнього компонент частково розділяється (від бульби відокремилася частина ґрунту або бадилля), приймає інше положення на поверхні полотна, найбільш сприятливе для сходу, котиться, в результаті чого розділяється остаточно; бульба сходить з полотна гірки, а домішки виносяться на поле (рис. 2.2-б).



а) компонент після взаємодії з бульбовідбивачем повністю розділився



б) компонент після взаємодії з бульбовідбивачем розділився частково



в) компонент (камінь, грудку ґрунту) після взаємодії з бульбовідбивачем не розділені

Рис. 2.2. Можливі випадки сепарації при взаємодії компонента з бульбовідбивачем

3. Компонент потрапляє на поверхню сепаруючої гірки, в силу своїх фізико-механічних властивостей і геометричних параметрів не може зійти з полотна гірки і рухається до бульбовідбійника, в результаті силового впливу з боку останнього поділу не відбулося, компонент відкинутий бульбовідбивачем на пальчасте полотно і знову рухається до бульбовідбійника. Процес буде повторюватися до тих пір, поки компонент не покине полотно (рис. 2.2-в).

Таким чином, при виборі параметрів сепаруючих робочих органів в першому випадку слід орієнтуватися на те, щоб ударну дію з боку бульбовідбивача не пошкоджує бульби, у другому випадку силовий вплив має забезпечувати надання компоненту найбільш сприятливе для сходу положення на пальчасте полотно, не пошкоджуючи бульби, в третьому випадку повторна взаємодія компонента з бульбовідбивачем може привести до пошкодження еластичного покриття пластин, так як компонентом може виявитися камінь або твердий клубок ґрунту, і необхідний запобіжний механізм з оптимальними параметрами для даного випадку, що дозволяє своєчасно видаляти такі компоненти з гірки.

З розглянутих випадків на практиці найбільш доцільно забезпечувати виконання 2 і 3 варіанти, що дозволить підвищити ефективність розділення компонентів картопляного вороху і знизити пошкодження бульб.

Процес сепарації на похилих поверхнях відбувається завдяки різним чинникам. Виділимо серед них основні, що впливають на ефективність процесу сепарації: тертя компонентів, міцність зв'язку складових вороху; геометричні параметри компонентів, що потрапляють на поверхню гірки, а саме їх розміри і форма.

Всі перераховані вище параметри в великій мірі пов'язані з вологістю елементів вороху, яка впливає на міцність зв'язку складових, що мають неправильну форму і високий коефіцієнт тертя з сепаруючою поверхнею.

Розглянемо процес взаємодії компонентів вороху різної форми з елементом інтенсифікатора сепарації, виконаним у вигляді валу з розташованими на ньому пружними пластинами.

Для поділу компонента на складові необхідно шляхом впливу сили з боку пластини перевернути його в сторону, протилежну напрямку руху пальчатого полотна. Умова перекидання компонента

$$M_{уд} < M_{опр}, \quad (2.1)$$

де  $M_{уд}$  – момент, що утримує компонент у вихідному положенні, Нм;

$M_{опр}$  – момент, перекидаючий компонент щодо лінії АВ, Нм.

Для компонента у вигляді трикутної піраміди (рис. 2.3)

$$M_{опр} = G \sin \alpha_r \frac{h}{3} + P \frac{h}{3}; \quad (2.2)$$

$$M_{уд} = G \cos \alpha_r \frac{a}{2}, \quad (2.3)$$

де  $G$  – сила тяжіння, Н;  $\alpha_r$  – кут нахилу полотна, радий;  $a$ ,  $h$  – геометричні розміри компонента, м;  $P$  – сила, взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача, Н.

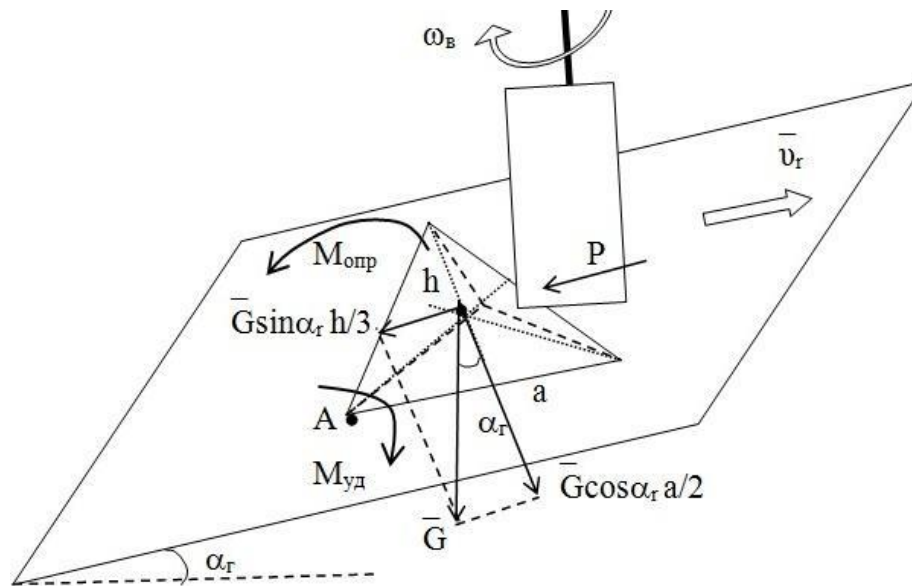


Рис. 2.3. Схема взаємодії компонента форми трикутної піраміди з пластиною бульбо відбивача

З урахуванням (2.1) маємо

$$G \cos \alpha_r \frac{a}{2} \leq G \sin \alpha_r \frac{h}{3} + P \frac{h}{3}; \quad (2.4)$$

$$G \cos \alpha_r 3a \leq G \sin \alpha_r 2h + 2Ph; \quad (2.5)$$

З виразу (2.5) отримаємо мінімальну силу, необхідну для надання компоненту найбільш сприятливого для сходу з полотна положення

$$P_{min} > \frac{G \cos \alpha_r 3a - G \sin \alpha_r 2h}{2h} \quad (2.6)$$

Силу тяжіння визначаємо за виразом

$$G = m_k g, \quad (2.7)$$

де  $m_k$  – маса компонента, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння, м / с<sup>2</sup>.

$$m_k = V_k \rho_k, \quad (2.8)$$

де  $\rho_k$  – щільність компонента, кг / м<sup>3</sup>;

$V_k$  – обсяг компонента, м<sup>3</sup>.

$$V_k = \frac{h}{3} S_{осн} = \frac{ah^2}{6} \quad (2.9)$$

З урахуванням (2.7)...(2.9) вираз (2.6) для сили, необхідної для перевертання компонента на полотні гірки набуде вигляду

$$P \geq \frac{ah\rho_k g}{12} (\cos \alpha_r 3a - \sin \alpha_r 2h) \quad (2.10)$$

Для компонента у вигляді півсфери (рис. 2.4)

$$M_{опр} = G \sin \alpha_r \frac{3R_2}{8} + P \frac{3R_2}{8}; \quad (2.11)$$

$$M_{уд} = G \cos \alpha_r \frac{R_1}{2}, \quad (2.12)$$

де  $G$  – сила тяжіння, Н;  $\alpha_r$  – кут нахилу полотна, рад.;  $R_1$  – радіус півсфери, м;  $R$  – радіус основи, м;  $P$  – сила, взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача, Н.

З урахуванням (2.1) маємо

$$G \cos \alpha_r \frac{R_1}{2} \leq G \sin \alpha_r \frac{3R_2}{8} + P \frac{3R_2}{8}; \quad (2.13)$$

$$G \cos \alpha_r 4R_1 \leq G \sin \alpha_r 3R_2 + 3PR_2; \quad (2.14)$$

З виразу (2.14) отримаємо мінімальну силу, необхідну для передачі компоненту найбільш сприятливого для сходу з полотна положення

$$P \geq \frac{G \cos \alpha_r 4R_1 - G \sin \alpha_r 3R_2}{3R_2} \quad (2.15)$$

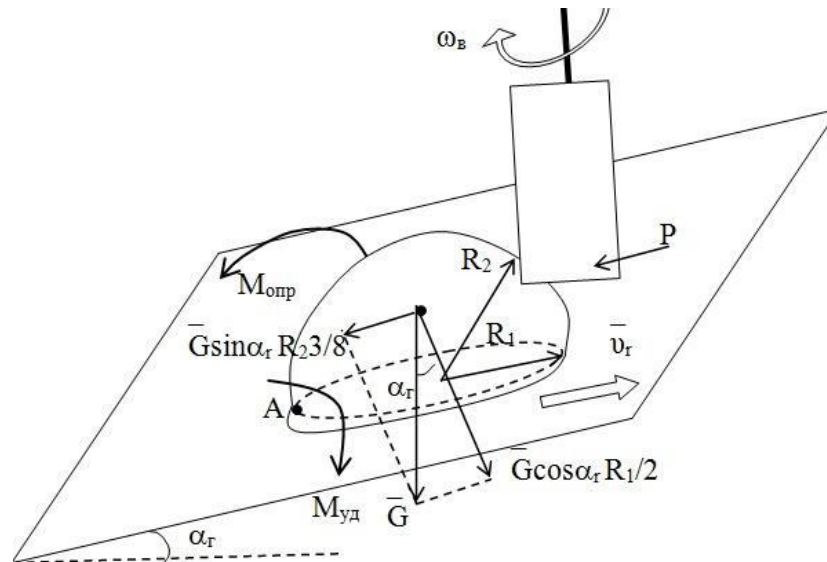


Рис. 2.4. Схема взаємодії компонента в формі півсфери з пластиною бульбо відбивача

Силу тяжіння визначаємо за виразом

$$G = m_k g, \quad (2.16)$$

де  $m_k$  – маса компонента, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

$$m_k = V_k \rho_k, \quad (2.17)$$

де  $\rho_k$  – щільність компонента,  $\text{кг/м}^3$ ;  $V_k$  – обсяг компонента,  $\text{кг/м}^3$ .

$$V_k = 2/3 \pi R^3, \quad (2.18)$$

З урахуванням (2.16)...(2.18) вираз (2.15) для сили, необхідної для перевертання компонента на полотні гірки набуде вигляду

$$P \geq \frac{2\pi R_2^2 \rho_k g}{9} (\cos \alpha_r 4R_1 - \sin \alpha_r 3R_2) \quad (2.19)$$

Для усіченої піраміди з основою у вигляді прямокутника (рис. 2.5)

$$M_{\text{опр}} = G \sin \alpha_r Y_c + P \cdot Y_c; \quad (2.20)$$

$$M_{\text{уд}} = G \cos \alpha_r \frac{d}{2}, \quad (2.21)$$

де  $G$  – сила тяжіння, Н;  $\alpha_r$  – кут нахилу полотна, рад.;  $a, b, c, d, h$  – геометричні розміри компонента, м;  $P$  – сила, взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача, Н.

З урахуванням (2.1) маємо (2.22)

$$G \cos \alpha_r \frac{d}{2} \leq G \sin \alpha_r Y_c + P \cdot Y_c \quad (2.22)$$

З виразу (22) отримаємо мінімальну силу, необхідну для передачі компоненту найбільш сприятливого для сходження з полотна положення

$$P \geq \frac{G \cos \alpha_r \frac{a}{2} - G \sin \alpha_r Y_c}{Y_c} \quad (2.23)$$

Силу тяжіння визначаємо за виразом

$$G = m_k g, \quad (2.24)$$

де  $m_k$  – маса компонента, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

$$m_k = V_k \rho_k, \quad (2.25)$$

де  $\rho_k$  – щільність компонента, кг/м<sup>3</sup>;  $V_k$  – обсяг компонента, м<sup>3</sup>.

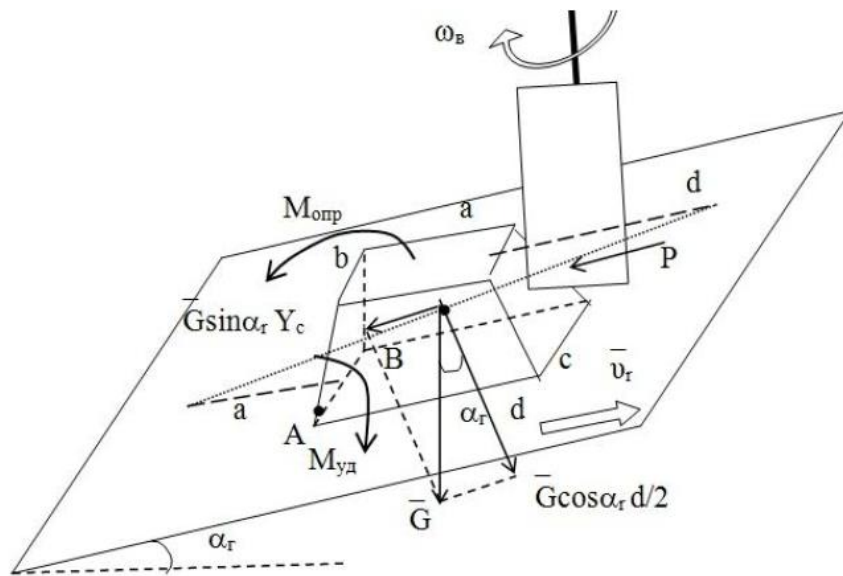


Рис. 2.5. Схема взаємодії компонента у формі усіченої піраміди з пластиною бульбо відбивача

З урахуванням (2.24), (2.25) вираз (2.23) для сили, необхідної для перевертання компонента на полотні гірки набуде вигляду

$$P \geq \frac{V_k \rho_k g}{Y_c} \left( \cos \alpha_r \frac{d}{2} - \sin \alpha_r Y_c \right) \quad (2.26)$$

Обсяг компонента

$$V_k = \frac{h}{3} (S_B + S_H + \sqrt{S_B \cdot S_H}) = \frac{h}{3} (a \cdot b + c \cdot d + \sqrt{a \cdot b \cdot c \cdot d}); \quad (2.27)$$

$$Y_c = h - \frac{h}{3} \cdot \frac{2d+a}{a+d}; \quad (2.28)$$

З урахуванням (2.27) і (2.28) вираз (2.26) набуде вигляду

$$P \geq \frac{(a+d)(a \cdot b + c \cdot d + \sqrt{a \cdot b \cdot c \cdot d}) \rho_k g}{2a+d} \left( \cos \alpha_r \frac{d}{2} - \sin \alpha_r Y_c \right) \quad (2.29)$$

Для компонента з формою у вигляді прямокутного паралелепіпеда розрахунки сили, необхідної для перевероту компонента на полотні гірки проводилися за аналогічною методикою і представлені в наступному підрозділі.

За результатами аналізу залежності величини сили від кута нахилу полотна, складу і форми компонента, при вивченні взаємодії компонентів у формі трикутної піраміди, півсфери, усіченої піраміди і прямокутного паралелепіпеда було виявлено, що величина, необхідна для перекидання сили при схожих габаритних розмірах компонента, сильно залежить від форми компонента, а також від кута нахилу сепаруючого полотна, при збільшенні якого сила убиває. Форма прямокутного паралелепіпеда, є найбільш несприятливою для сходу компонента з полотна гірки. У зв'язку з цим, для подальших розрахунків будемо розглядати взаємодію робочого органу з компонентом маючи форму прямокутного паралелепіпеда як найбільш несприятливий випадок.

### 2.3. Обґрунтування конструктивних параметрів сепаруючого робочого органу

Обґрунтування раціональних конструктивних параметрів [32, 33] запропонованого сепаруючого робочого органу є необхідною, оскільки від їх правильного вибору залежить виконання наступних вимог:

- 1) виключення пошкодження бульб в результаті взаємодії з пластинами бульбовідбивача;
- 2) виключення защемлення між бульбовідбивачем і сепаруючою гірці;
- 3) виключення згужання ґрунту на сепаруючій гірці в процесі роботи машини та забезпечення сталого виконання технологічного процесу;
- 4) забезпечення максимальної продуктивності пристрою.

Для визначення раціональних конструктивних параметрів пристрою введемо такі припущення і вихідні дані:

- 1) ворох розташовується на поверхні гірки рівномірно і має в усіх точках поверхні однакову товщину;
- 2) компоненти вороху рухаються разом з робочою поверхнею елеватора без кочення або ковзання;

3) у взаємодію з еластичними пластинами бульбовідбивача вступає компонент, під яким будемо розуміти неподілений компонент бульбоносного вороху, а саме тіло неправильної форми, складовими якого є бульба з налиплого на нього ґрунтом і бадиллям.

4) компонент має форму прямокутного паралелепіпеда з розмірами  $a$ ,  $b$ ,  $c$  і центром тяжіння в точці  $C$  (рис. 2.6), тому що дана форма найбільш несприятлива для сходу компонента з полотна гiрки.

Розглянемо процес взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача (рис. 2.6) [34].

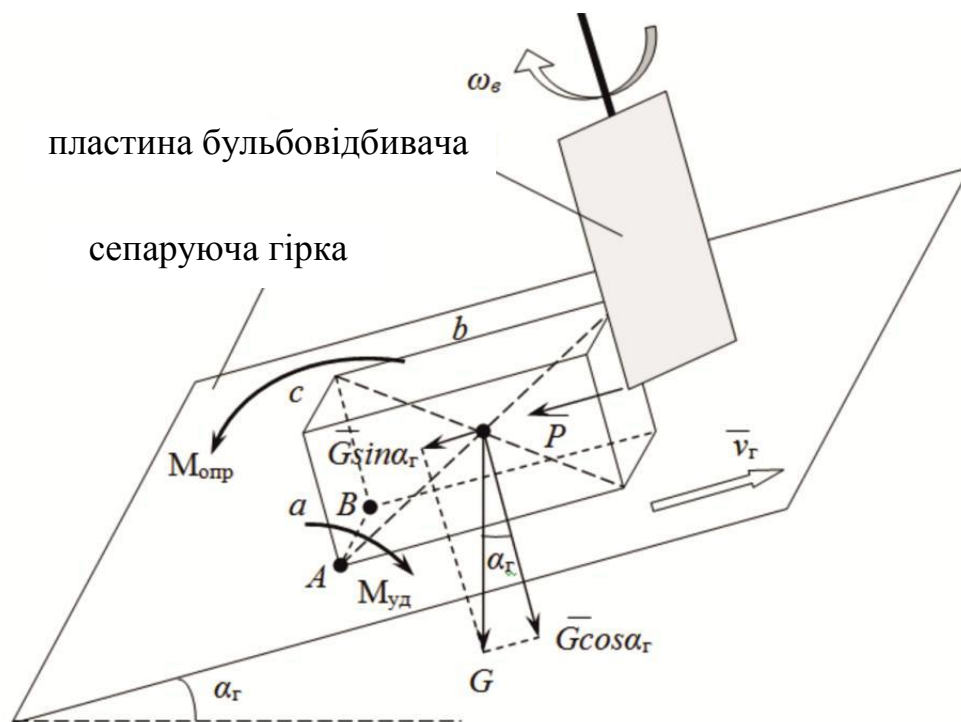


Рис. 2.6. Схема взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача (для визначення мінімальної перекидаючої сили)

$a$ ,  $b$ ,  $c$  – геометричні розміри компонента (висота, довжина, ширина), м;  $P$  – сила, взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача, Н;  $M_{уд}$  – момент утримує компонент у вихідному положенні, Нм;  $M_{опр}$  – момент, перекидаючий компонент щодо лінії  $AB$ , Нм;  $G$  – сила тяжіння, Н;  $\alpha_g$  – кут нахилу гiрки, рад.;  $\omega_v$  – кутова швидкість обертання валу бульбовідбивача, рад./с;  $v_g$  – швидкість руху поверхні гiрки

Для поділу компонента на складові необхідно шляхом впливу сили  $P$  з боку пластини перевернути його щодо лінії  $AB$  у бік, протилежний напрямку руху пальчатого полотна. Умова перекидання компонента

$$M_{уд} < M_{опр}, \quad (2.30)$$

де  $M_{уд}$  – момент утримує компонент у вихідному положенні, Нм;

$M_{опр}$  – момент, перекидаючий компонент щодо лінії  $AB$ , Нм.

$$M_{опр} = G \sin \alpha_{\Gamma} \frac{a}{2} + P \frac{a}{2}; \quad (2.31)$$

$$M_{уд} = G \cos \alpha_{\Gamma} \frac{b}{2}, \quad (2.32)$$

де  $G$  – сила тяжіння, Н;

$\alpha_{\Gamma}$  – кут нахилу гірки, рад.;

$a, b, c$  – геометричні розміри компонента (висота, довжина, ширина), м;

$P$  – сила, взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача, Н.

З урахуванням (2.30) маємо

$$G \cos \alpha_{\Gamma} \frac{b}{2} < G \sin \alpha_{\Gamma} \frac{a}{2} + P \frac{a}{2}. \quad (2.33)$$

З виразу (2.33) отримаємо мінімальну силу, необхідну для передачі компоненту найбільш сприятливого для сходу з гірки положення

$$P_{min} > \frac{G \cos \alpha_{\Gamma} b - G \sin \alpha_{\Gamma} a}{a} = \frac{G (\cos \alpha_{\Gamma} b - \sin \alpha_{\Gamma} a)}{a}. \quad (2.34)$$

Силу тяжіння визначаємо за виразом

$$G = m_{\kappa} g, \quad (2.35)$$

де  $m_{\kappa}$  – маса компонента, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

$$m_{\kappa} = V_{\kappa} \rho_{\kappa}, \quad (2.36)$$

де  $\rho_{\kappa}$  – щільність компонента, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{\kappa}$  – обсяг компонента, кг/м<sup>3</sup>.

$$V_{\kappa} = a \cdot b \cdot c \quad (2.37)$$

З урахуванням (2.35)...(2.37) вираз (2.34) для сили, необхідної для перевертання компонента на полотні гірки набуде вигляду

$$P > b \cdot c \cdot \rho_k g (\cos \alpha_{\Gamma} b - \sin \alpha_{\Gamma} a) \quad (2.38)$$

Графічні залежності величини сили від кута нахилу гірки і складу компонента показані на рисунку 2.7.

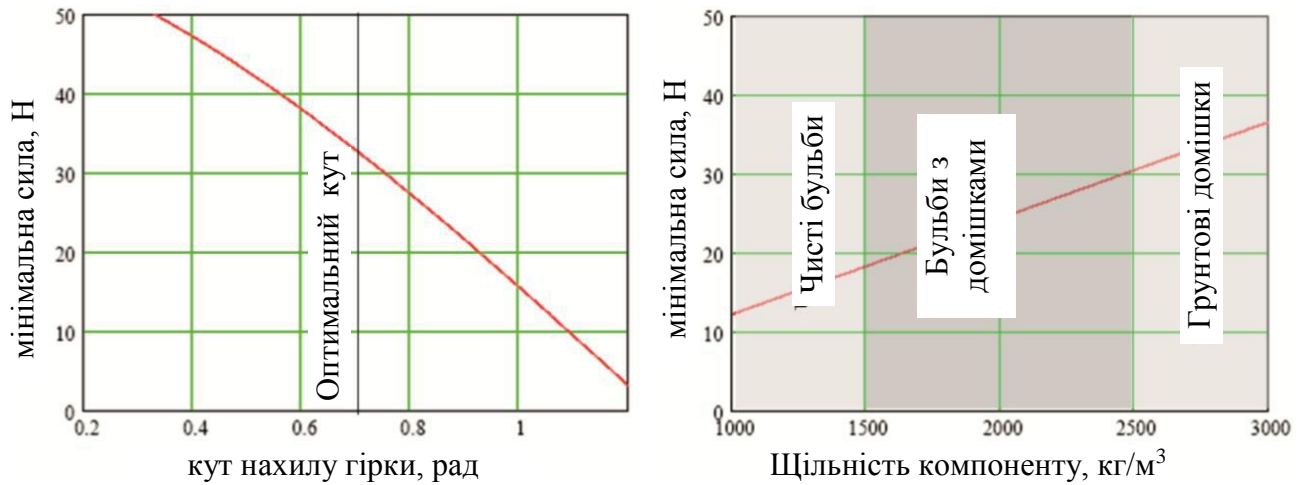


Рис. 2.7. Залежності величини сили від кута нахилу гірки і складу компонента

З графіків видно, що при однакових геометричних параметрах компонента в більшій мірі на величину сили впливає кут нахилу пальчатого полотна, при збільшенні якого сила убуває.

Так, при куті нахилу 0,7 рад., в діапазоні щільності компонента від 1000-3000 кг/м<sup>3</sup> (мінімальне значення діапазону відповідає щільності бульб картоплі з низьким вмістом крохмалю, максимальна – щільність твердої фази суглинкових ґрунтів) величина сили зміниться від 13 до 33 Н, що досить для відриву бульби від бадилля і виключення пошкодження бульб картоплі [24].

З метою зниження втрат і пошкоджень бульб необхідно обґрунтувати параметри пружних пластин. При взаємодії пластини з компонентом відбувається вигин пружини-скрепки і робочий зазор між полотном гірки і відбійним валом збільшується. Для вибору зазору необхідно визначити максимальний прогин пластини (рис. 2.8).

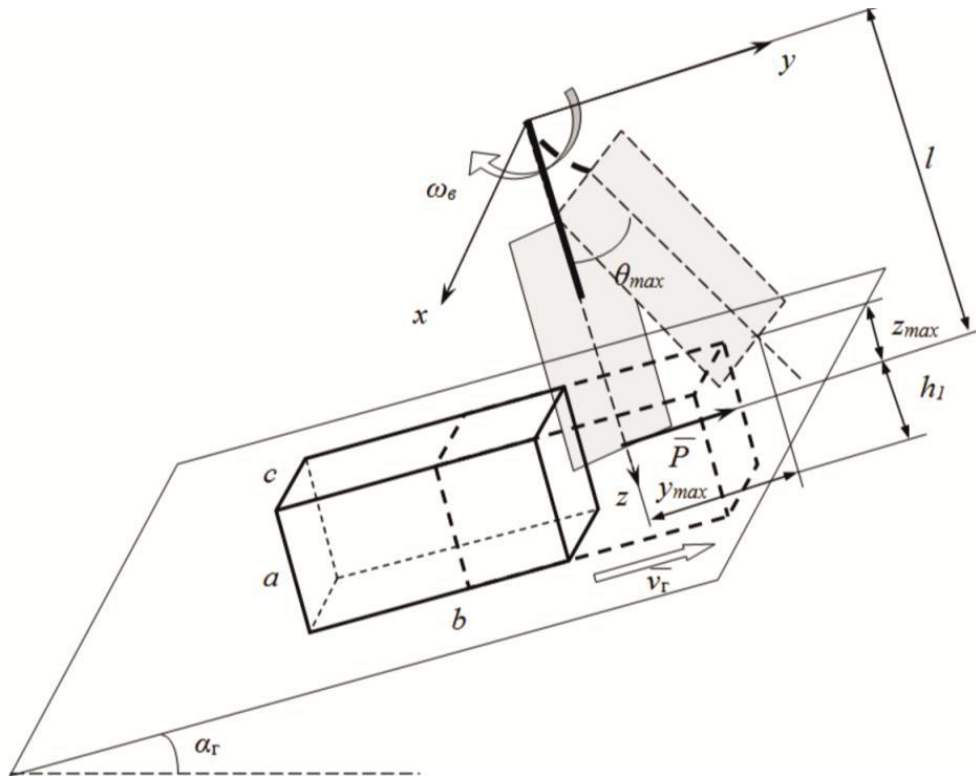


Рис. 2.8. Схема взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача (для визначення прогину пластин)

$\theta_{\max}$  – максимальний кут повороту пружини-скрепки, рад.;  $y_{\max}$  – максимальний прогин відбійного елемента по осі  $y$ , м;  $P_{\max}$  – максимальна сила, Н;  $l$  – відстань від кінця пластини до поверхні відбійного валика, м;  $z_{\max}$  – максимальне переміщення лопаті по осі  $z$ , м;  $h_1$  – зазор між кінцем лопаті і поверхнею гірки при найбільшому їх зближенні, м

Приймаємо, що при деформації пластини має місце прямий поперечний вигин. Диференціальне рівняння зігнутої осі подпружиненого елемента

$$E_{\text{пс}} \cdot I_x \cdot \frac{d^2 y}{dz^2} = M(z), \quad (2.39)$$

де  $E_{\text{пс}}$  – модуль Юнга матеріалу пружини-скрепки, МПа;

$I_x$  – момент інерції перерізу пружини-скрепки,  $\text{М}^4$ ;

$M(z)$  – згинальний момент в перерізі, Нм.

маємо

$$M(z) = P \cdot z, \quad (2.40)$$

де  $z$  – відстань від підстави пружини-скрепки до шуканого перетину, м.

Для круглого перетину пружини-скрепки момент інерції розраховується за виразом

$$I_x = \frac{\pi \cdot r^4}{4}, \quad (2.41)$$

де  $r$  – радіус дроту пружини-скрепки, м.

Підставляючи в (2.38) вирази (2.39)...(2.41) отримаємо:

$$\frac{d^2y}{dz^2} = \frac{4P \cdot z}{E_{\text{пс}} \cdot \pi \cdot r^4}, \quad (2.42)$$

### Висновки до другого розділу

1. Запропоновано конструктивно-технологічна схема сепаруючого робочого органу – сепаруюча гірка з встановленим над її поверхнею бульбовідбивачем, виконаним у вигляді валу забезпеченого механізмом вторинного очищення, на поверхні вала встановлені підпружинені пластини з еластичним покриттям.

2. Проведено аналіз умов і принципів розподілу компонентів органами вторинної сепарації, за результатами якого встановлено шляхи вирішення проблеми сепарації вороху на розділових гірках з бульбовідбивачем.

3. Розроблено математичну модель процесу сепарації картопляного вороху новим робочим органом, що дозволяє визначати раціональні параметри пристрою при забезпеченні максимальної продуктивності і мінімальних втратах і пошкодженнях врожаю.

4. Встановлено, що основними факторами, що впливають на кількість пошкоджень бульб при роботі пристрою, є кут установки пластин бульбовідбивача і частота обертання валу бульбовідбивача.

5. Визначено раціональні параметри розробленого робочого органу: частота обертання валу бульбовідбивача 115 об/хв; кількість пластин в ряду - 8 шт.; кількість рядів пластин - 4; кут установки пластини по відношенню до осі вала  $47^0$ ; зазор між пластиною і сепаруючою гірки в момент їх найбільшого зближення 0,03 м.

### 3. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО ОРГАНУ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

#### 3.1. Програма лабораторних досліджень

З метою аналізу агротехнічних показників при роботі органу виносної сепарації була прийнята програма лабораторних досліджень, що складається з трьох етапів:

1. Дослідження агротехнічних показників серійного органу виносної сепарації.

2. Проведення повнофакторного експерименту на вдосконаленому органі виносної сепарації з метою оптимізації робочого зазору між пальцями полотна гірки і лопатями бульбовідбивача.

3. Проведення повнофакторного експерименту на вдосконаленому органі виносної сепарації з метою оптимізації частоти обертання бульбовідбивача.

4. Обробка результатів досліджень і їх оцінка за кількістю вилучених ґрунтових і рослинних домішок, втрат і пошкоджень бульб.

#### 3.2. Об'єкт досліджень і вживане обладнання

Об'єкти досліджень – серійний і вдосконалений органи виносної сепарації, що складаються з поздовжньої прямоочною пальчастої гірки з серійним і вдосконаленим відбійними валиками.

Предмет досліджень – експериментальні закономірності, що характеризують кількість пошкоджень, втрат бульб і повноту видалення ґрунтових і рослинних домішок в залежності від подачі вороху, кута нахилу гірки і частоти обертання відбійного валика вдосконаленого органу виносної сепарації.

Обладнання, що застосовується – оригінальна лабораторна установка (тривимірна модель лабораторної установки представлена на рисунку 3.1), встановлена на території ПДАТУ; ноутбук Samsung R730; фотоапаратура Canon

60D; для визначення вологості ґрунту за стандартною методикою ГОСТ 20915-75 [40] використовувався набір алюмінієвих бюксів, електронні ваги та сушильна стаціонарна шафа типу ШС-80-01 СПУ.

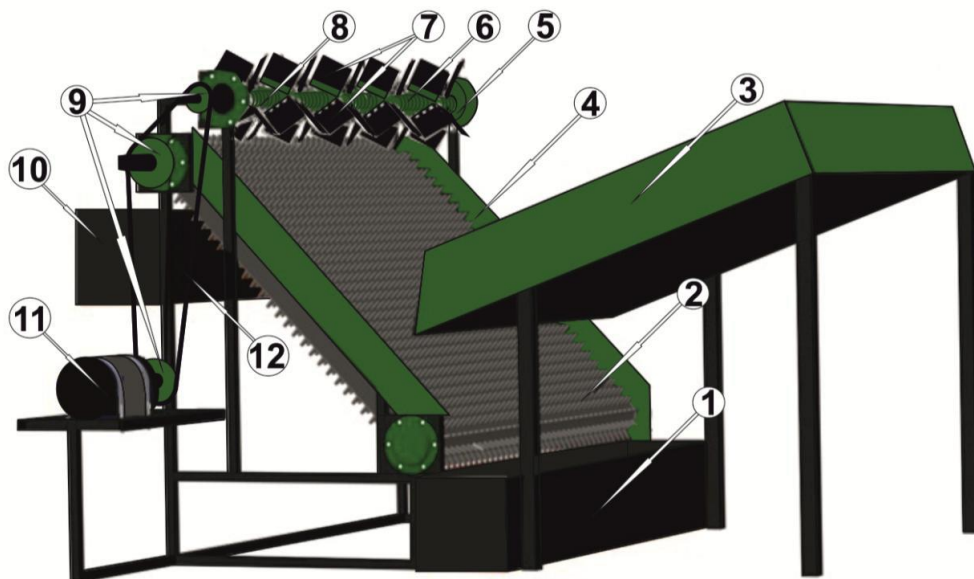


Рис. 3.1. Модель лабораторної установки:

1 – ємність для збору і зважування бульб; 2 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка; 3 – ємність для попереднього розміщення і подачі вороху на поверхню органу виносної сепарації; 4 – бічний обмежувач полотна гірки; 5 – захисний храповий механізм; 6 – пружини кріплення лопатей; 7 – еластичні лопаті; 8 – лопатевий відбійний валик; 9 – приводні зірочки; 10 – ємність для збору і зважування ґрунтових і рослинних домішок; 11 – мотор-редуктор; 12 – ланцюговий привід обертання ведучого вала гірки і вала обертання лопатевого відбійного валика

Дослідження проводили на лабораторній установці (рис. 3.2) [34], що складається з ємності для попереднього розміщення і подачі вороху (рис. 3.3), органу виносної сепарації - поздовжньої пальчастої гірки з лопатевим відбійним валиком (рис. 3.4). Для збору розділених компонентів вороху передбачені ємності (для домішок) і (для бульб).

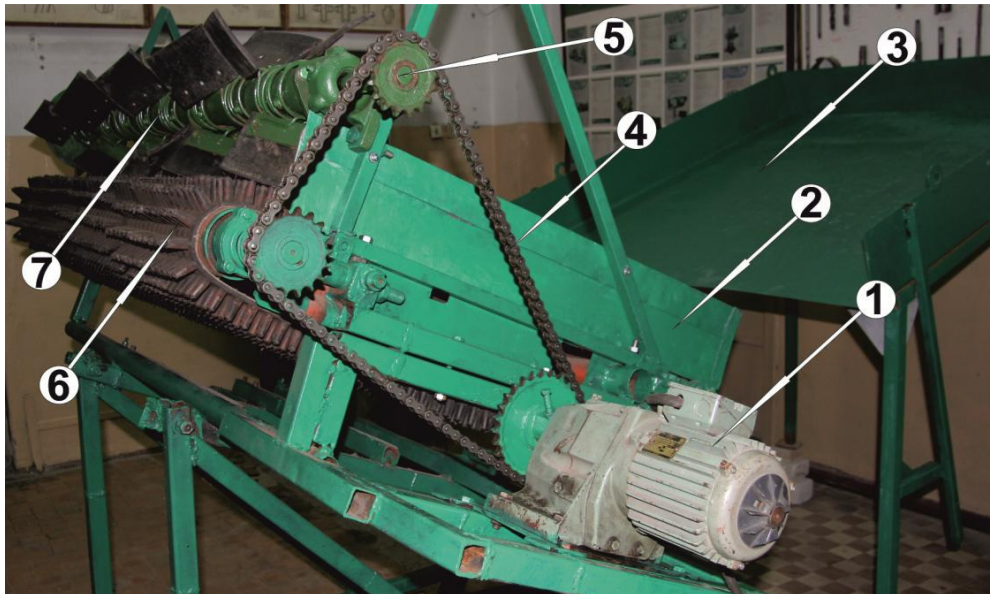


Рис. 3.2. Лабораторна установка (загальний вигляд):

1 – мотор-редуктор; 2 – бічний обмежувач полотна гірки. 3 – ємність для попереднього розміщення і подачі вороху на поверхню органу виносної сепарації; 4 – ланцюговий привід обертання ведучого вала гірки і лопатевого відбійного валика; 5 – приводний вал лопатного відбійного валика; 6 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка; 7 – лопатевий відбійний валик



Рис. 3.3. Ємність для попереднього розміщення і подачі вороху на поверхню органу виносної сепарації

Привід робочого органу (рис. 3.6) здійснюється від мотор-редуктора (рис. 3.2). За допомогою ланцюгової передачі через зірочки приводиться в дію провідний вал гірки і лопатевий відбійний валик. Тип пальчастого полотна відповідав типу, використовуваному на гірці картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant (рис. 3.5).

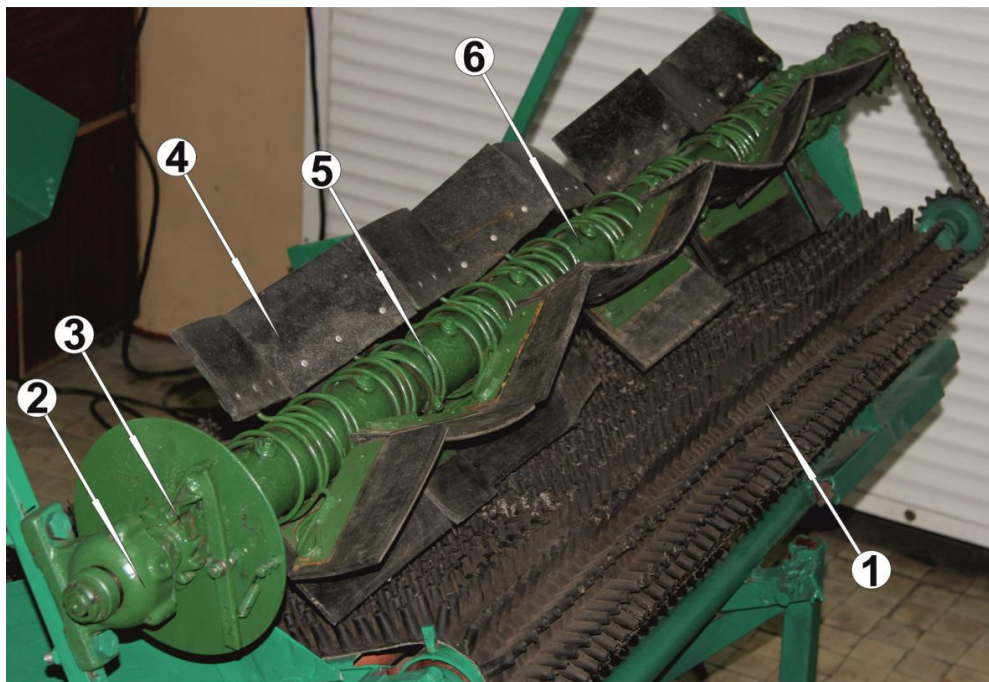


Рис. 3.4. Лопатевий відбійний валик:

1 – поздовжня прямоточная пальчастої гірка; 2 – корпус підшипник; 3 – храповий механізм; 4 – підпружинена еластична лопать; 5 – пружинна-скрепка; 6 – лопатевий відбійний валик

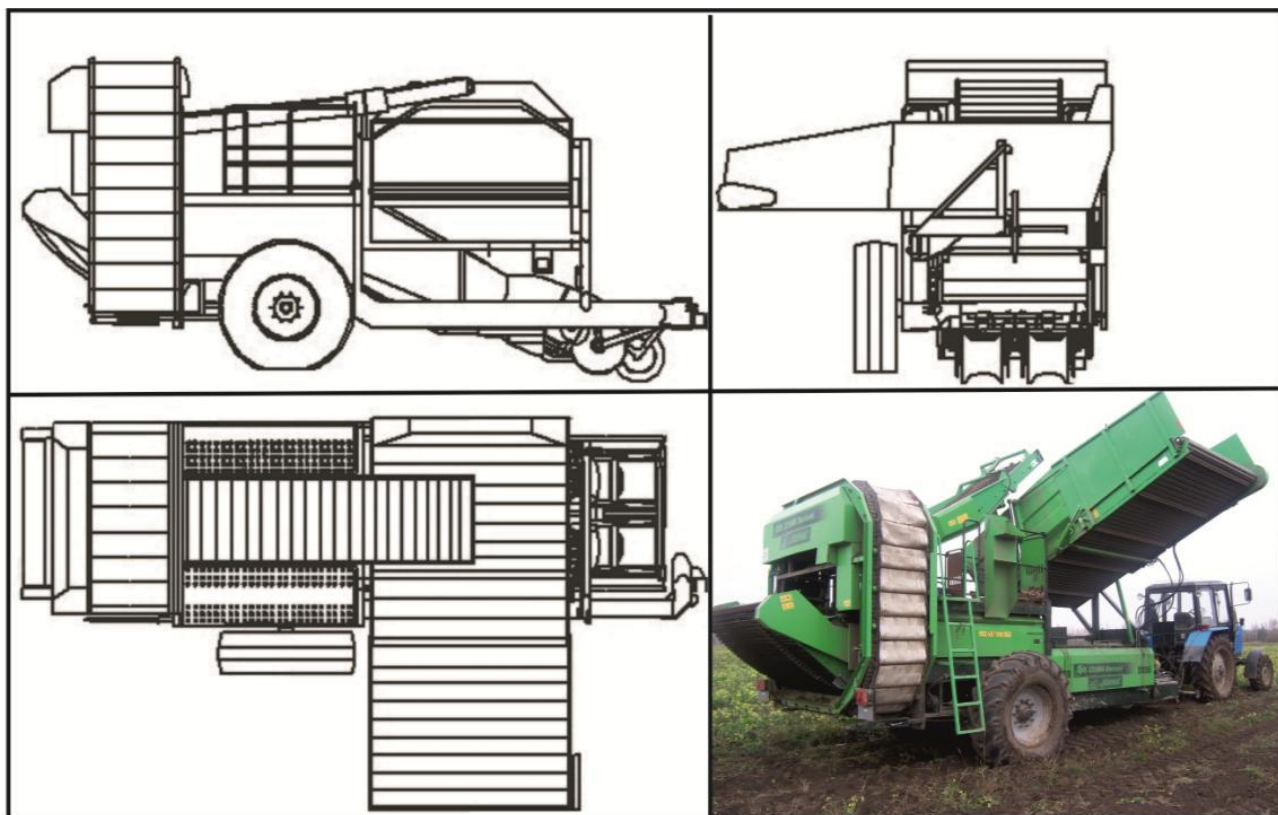


Рис. 3.5. Загальний вид картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant

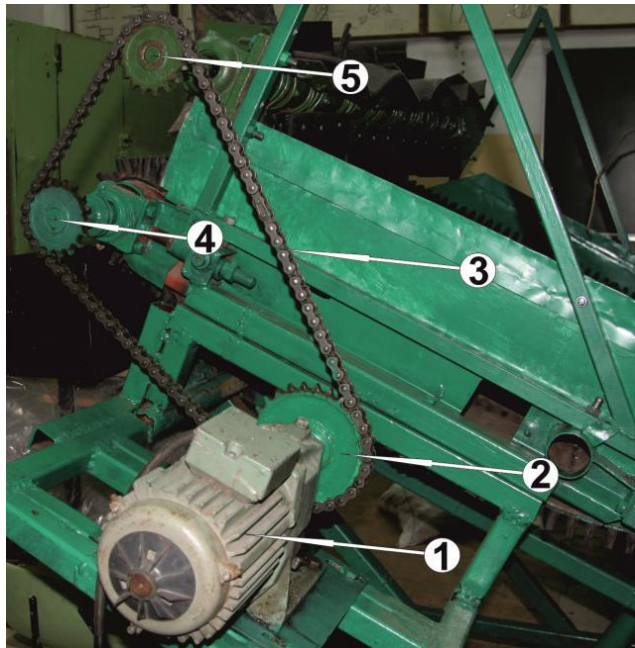


Рис. 3.6. Привід ведучого вала гірки і вала лопатевого відбійного валика:  
 1 – мотор-редуктор; 2 – зірочка мотор-редуктора; 3 – ланцюговий привід  
 обертання ведучого вала гірки і вала обертання лопатевого відбійного валика; 4  
 – зірочка і приводний (ведучий) вал гірки; 5 – зірочка і приводний (ведучий)  
 вал лопатного відбійного валика

Для запобігання поломки пристрою, а також для підвищення продуктивності  
 бульбовідбивач обладнаний захисним храповим механізмом (рис. 3.7)

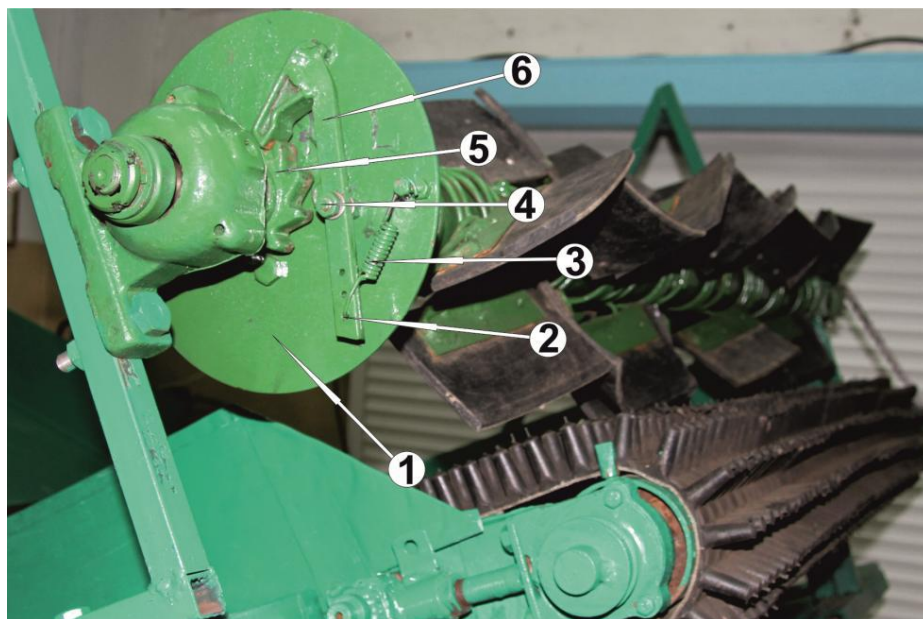


Рис. 3.7. Захисний храповий механізм лопатного відбійного валика:  
 1 – диск лопатного відбійного валика; 2 – точки кріплення пружини; 3 –  
 пружина; 4 – вісь кріплення собачки; 5 – храпове колесо; 6 – собачка

### 3.3. Методика лабораторних досліджень і обробки дослідних даних

З метою визначення агротехнічних показників роботи розробленого органу вторинної сепарації при різних режимах і умовах його функціонування, були виконані повнофакторного експеримент за планом 23 і 22 на се паруючій гірці з удосконаленим бульбовідбивачем [41].

На першому етапі експерименту (на серійному органі виносної сепарації) досліджувалися основні агротехнічні показники: повнота сепарації домішок, втрати і пошкодження бульб в (%). При оптимізації робочого зазору між пальцями полотна гірки і лопатями бульбовідбивача, змінними факторами виступали:

$x_1$  – робочий зазор між лопатями бульбовідбивача і пальцями сепаруючої гірки, м;

$x_2$  – подача вороху, кг/с;

$x_3$  – кількість нерозділених компонентів в воросі, %.

На другому етапі досліджень – при оптимізації частоти обертання бульбовідбивача – змінними факторами виступали:

$x_3$  – кількість нерозділених компонентів в воросі, %;

$x_4$  – частота обертання бульбовідбивача, об/хв.

Дослідження проходили на поздовжній прямоточній пальчастій гірці при постійній швидкості полотна 1 м/с, що відповідає рекомендованій робочій швидкості полотна органу виносної сепарації картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant в реальних умовах експлуатації. Кут нахилу гірки становив 35° (рис. 3.8) [24]. Експерименти проводилися з картопляним ворохом, що складається з ґрунту, бульб і рослинних домішок, співвідношення компонентів у воросі за масою відповідно 2: 3: 1, що відповідає результатам польових досліджень зміни складу бульбоносного вороху на робочих органах комбайна AVR 220 BK Variant. Експеримент проводився при наявності у воросі нерозділених компонентів, що є найбільш несприятливим випадком при збиранні культури.



Рис. 3.8. Регулювальний механізм зміни кута нахилу поздовжньої прямої пальчастої гірки

Величина подачі вороху вибиралася згідно з даними польових досліджень [18] і змінювалася від 1,8 кг/с до 7,8 кг/с. Для забезпечення необхідної рівномірної подачі попередньо рівномірним шаром розкладався ворох певної довжини (1,2 м), але різної товщини на поверхню ємності для попереднього розміщення і подачі вороху на поверхню органу виносної сепарації. Попередньо нами було визначено, що середня швидкість скочування вороху з завантажувального конвеєра (рис. 3.9) дорівнює  $V_{ск} = 0,8...1,1$  м/с.



Рис. 3.9. Ворох на поверхні ємності для попереднього розміщення до його подачі на поверхню органу виносної сепарації

Робочий зазор між лопатями бульбовідбивача і пальцями полотна гірки змінювався в межах 0,01...0,05 м шляхом зміни точок кріплення бульбовідбивача до рами лабораторної установки. Зміна частоти обертання лопатевого відбійного валика (фактор  $x_4$ ) виконувалося шляхом підбору

провідною і ведених зірочок з різним набором кількості зубів ланцюгової передачі.

Частота при цьому змінювалася від 95 об/хв до 135 об/хв. Всі досліди проводилися з триразовою повторністю.

На першому етапі лабораторних досліджень (дослідження серійного органу виносної сепарації) на установці розміщували стандартний відбійний валик. На другому етапі досліджень (рис. 3.10...3.14) встановлювали лопатевий відбійний валик, після чого проводили повнофакторний експеримент.

Всі досліди проводилися з триразовою повторністю. Після проведення лабораторного дослідження, його результати оброблялися з використанням методів математичної статистики [42]. Основні рівні та інтервали варіювання факторів представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. - Рівні та інтервали варіювання факторів при дослідженні поздовжньої пальчастої гірки з бульбо відбивачем

Фактори	Одиниці виміру	Основний рівень		Інтервал варіювання	Верхній рівень		Нижній рівень	
		натуральне значення	кодоване значення		натуральне значення	кодоване значення	натуральне значення	кодоване значення
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_1$	м	0,03	0	0,020	0,05	+1	0,01	-1
$x_2$	кг/с	4,8	0	3	7,8	+1	1,8	-1
$x_3$	%	15	0	10	25	+1	5	-1
$x_4$	об/хв	115	0	40	135	+1	95	-1

Після проведення лабораторних досліджень отримані результати оброблялися з використанням методів математичної статистики.

Кількість ґрунтових домішок, видалених органом вторинної сепарації, забезпеченим бульбовідбивачем, знаходилося зважуванням фракцій в тарі з домішками і ґрунтом:

$$Q_{nnp} = \frac{m_{nnp}^T}{m_{nnp}^{IT}} \cdot 100\% , \quad (3.1)$$

де  $Q_{nnp}$  - повнота видалення ґрунтових домішок, %;

$m_{npr}^T$  – маса ґрунтових домішок в тарі, кг;

$m_{npr}^{П}$  – маса ґрунтових домішок на 1 м<sup>2</sup> поверхні се паруючої гірки, кг.

Кількість рослинних домішок, видалених органом вторинної сепарації, обладнаним бульбовідбивачем, визначалося зважуванням фракцій в тарі з домішками і ґрунтом

$$Q_{npr} = \frac{m_{npr}^T}{m_{npr}^{П}} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де  $Q_{npr}$  – повнота видалення рослинних домішок, %;

$m_{npr}^T$  – маса рослинних домішок в тарі, кг;

$m_{npr}^{П}$  – маса рослинних домішок на 1 м<sup>2</sup> поверхні се паруючої гірки, кг.

Втрати бульб в % при роботі органу розроблені вторинної сепарації визначалися з виразу

$$П_k = \frac{m_k^T}{m_k^{П}} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

де  $m_k^T$  – маса бульб в тарі, кг;

$m_k^{П}$  – маса бульб на 1 м<sup>2</sup> поверхні сепаруючої гірки, кг.

Відзначимо, що бульби масою менше 20 г не враховувалися як втрати.

Умови випробувань прийняті за результатами польових досліджень: ґрунт – сірий лісовий, вологість ґрунту 18%...20% [43], тип ґрунту за механічним складом – середній суглинок, з наявністю каменів.

Ґрунт, який використовується в дослідах, для досягнення необхідної вологості, зволожувався, після чого витримувався добу. Потім визначалася вологість ґрунту на глибині до 0,25 м з інтервалом 0,05 м в трьох різних місцях. Для цього відбиралися проби ґрунту загальною масою не менше 1 кг після ретельного перемішування (для отримання середнього зразка) виділяли дві аналітичні проби масою 15-50 г кожна. Підготовка алюмінієвих номерованих стаканчиків (бюкс) – висушування здійснювалося в електричній сушильній шафі СШ-3 при температурі 105±2<sup>0</sup>С протягом 1 год з наступним охолодженням в ексікаторі з хлористим кальцієм (CaCl<sub>2</sub>) [44].

Потім стаканчики зважувалися на провірених електронних вагах ВСТ-1.2к/0.02-1 з точністю 0,02 г. Аналітичні ґрунтові проби поміщали в пронумеровані, висушені і зважені стаканчики і закривали кришками. Ґрунт разом зі стаканчиками зважували з похибкою 0,1 г, стаканчики відкривали і з кришками встановлювали в нагріту сушильну шафу.

Ґрунт висушували при температурі  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ . Час висушування до першого зважування 5 годин, час подальшого висушування 2 години. після кожного висушування стаканчики з ґрунтом закривали кришками, охолоджували в ексікаторі з хлористим кальцієм і зважували з похибкою 0,1 г. Висушування і зважування припинялись, якщо різниця між повторними зважування не перевищує 0,2 г [44].

Маса вороху розраховувалася за формулою:

$$m_v = \frac{q_n}{V_z}, \quad (3.4)$$

де  $m_v$  – маса вороху на поверхні гiрки площею  $1 \text{ м}^2$ , кг;

$q_n$  – подача вороху на поверхню гiрки, кг/с;  $V_z$  – швидкість полотна гiрки, м/с.

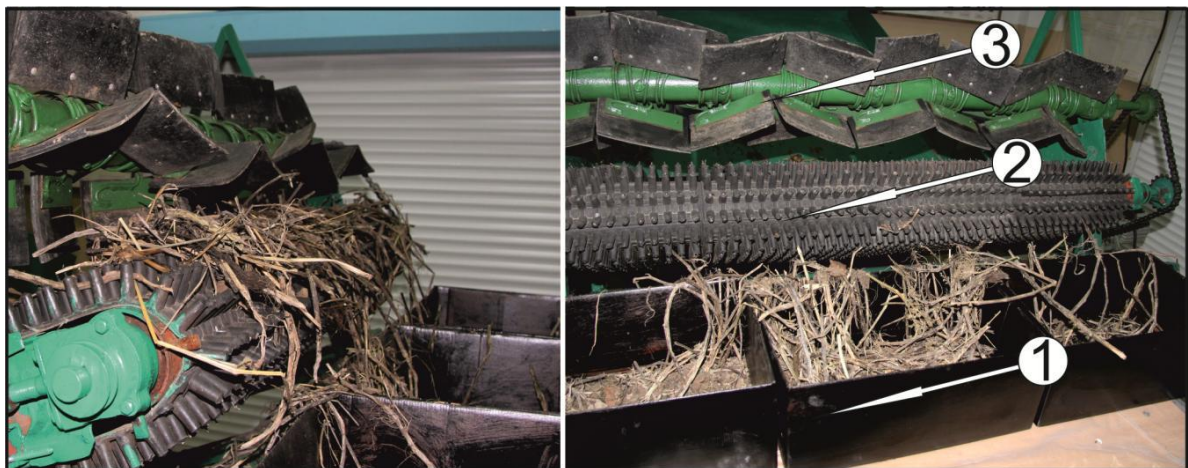


Рис. 3.10. Збір ґрунтових і рослинних залишків у тару для домішок при проведенні дослідіду:

1 – тара для домішок; 2 – поздовжня пальчастої гiрка; 3 – лопатевий відбійний валик

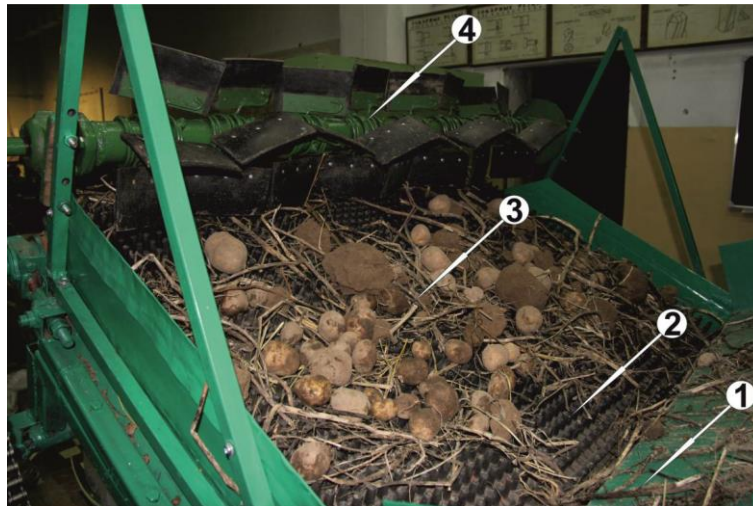


Рис. 3.11. Ворох на поверхні органу виносної сепарації:

1 – ємність для попереднього розміщення і подачі вороху на поверхню органу виносної сепарації; 2 – поздовжня прямоточная пальчастої гірка; 3 – картопляний ворох; 4 – лопатевий відбійний валик

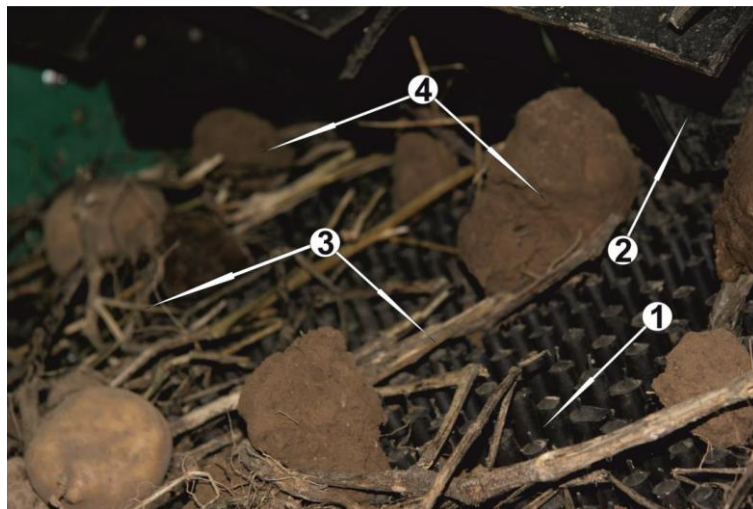


Рис. 3.12. Проходження рослинних і ґрунтових домішок в зазор між полотном гірки і лопатями лопатевого відбійного валика:

1 – полотно гірки; 2 – лопать; 3 – рослинні домішки; 4 – бульби картоплі

У разі, якщо  $F < F_{табл}$ , гіпотезу про адекватність опису отриманими рівняннями регресії результатів експерименту можна вважати вірною з 95% ймовірністю.

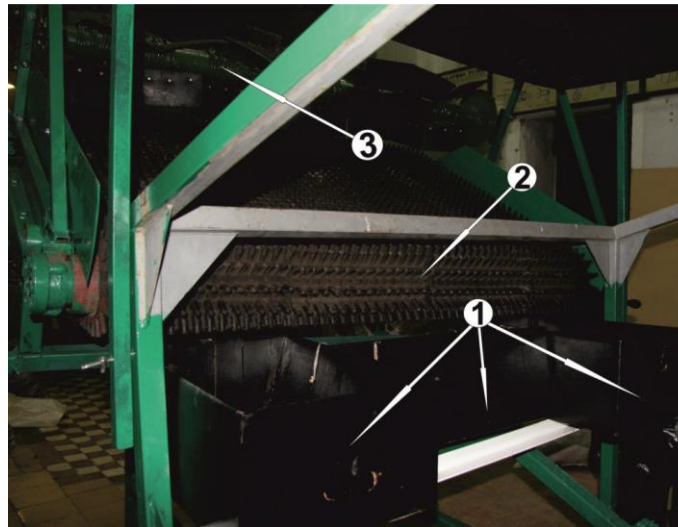


Рис. 3.13. Розташування тари для збору бульб картоплі:  
1 – тара для бульб; 2 – поздовжня прямоточна пальчастої гірка; 3 – лопатевий відбійний валик

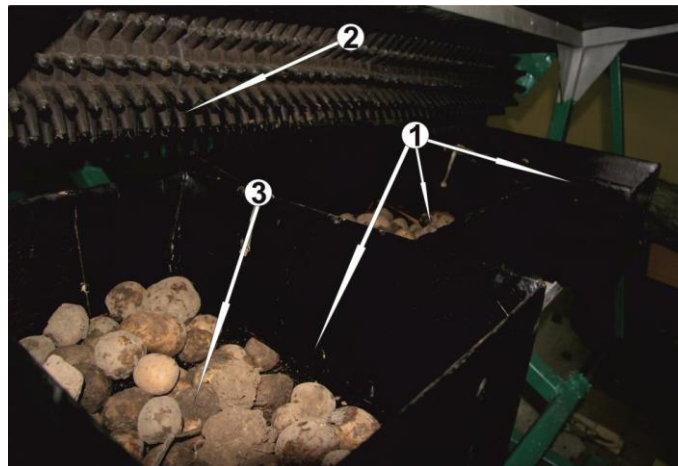


Рис. 3.14. Бульби картоплі після процесу сепарації в тарі для збору:  
1 – тара для бульб; 2 – поздовжня прямоточна пальчастої гірка; 3 – бульби картоплі

#### 3.4. Результати досліджень ефективності функціонування органу виносної сепарації з лопатевим відбійним валиком (вдосконаленим бульбовідбивачем)

Після реалізації повнофакторного експерименту проводилася статистична обробка його результатів.

Таким чином, раціональна величина робочого зазору між полотном гірки і лопатем відбійного валика знаходиться в межах від 22,4 мм до 34,3 мм, а частота обертання відбійного валика в межах від 98,1 об/хв до 125,03 об/хв., що наочно представлено на рисунках 3.15 і 3.16 відповідно.

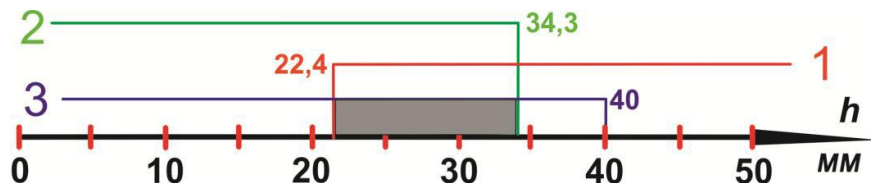


Рис. 3.15. Визначення раціональної величини робочого зазору між полотном гірки і лопатем відбійного валика:

1 - повнота сепарації ґрунтових і рослинних залишків 80% і більше; 2 – пошкодження бульб 5% і менше; 3 – втрати бульб 5% і менше

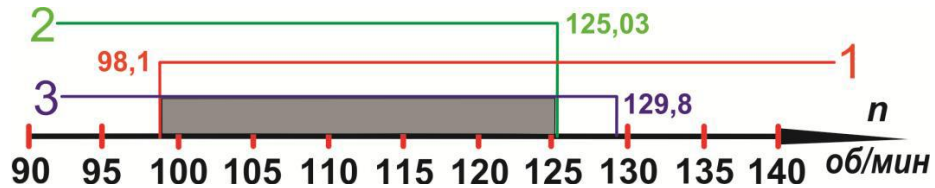


Рис. 3.16. Визначення раціональної величини частоти обертання лопатевого відбійного валика органу виносної сепарації

1 – повнота сепарації ґрунтових і рослинних залишків 80% і більше; 2 – пошкодження бульб 5% і менше; 3 – втрати бульб 5% і менше

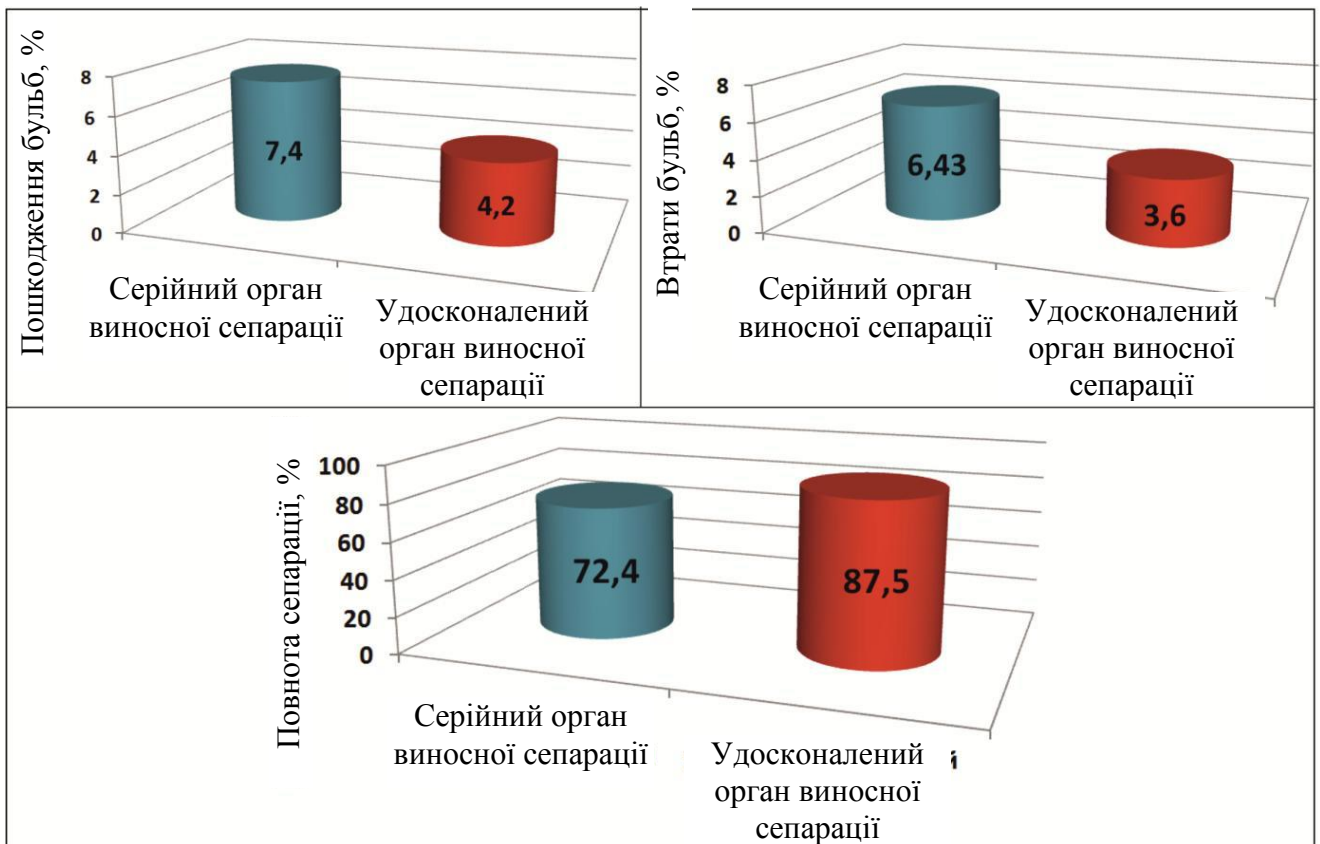


Рис. 3.17. Результати порівняльної оцінки вдосконаленого і серійного органів виносної сепарації (середні значення показників)

### **Висновки до третього розділу**

1. В результаті лабораторних досліджень отримано аналітичні залежності, що характеризують повноту відділення домішок, втрати і пошкодження бульб залежно від конструктивних і кінематичних параметрів розробленого пристрою, а також від подачі картопляного вороху.

2. При проведенні лабораторних досліджень встановлено, що використання вдосконаленого органу виносної сепарації – поздовжньої прямої пальчастої гірки з лопатевим відбійним валиком – в порівнянні з використанням серійного органу виносної сепарації дозволяє підвищити повноту видалення рослинних і ґрунтових домішок з 72,4 до 87,5% і знизити втрати бульб з 6,43 до 3,6% (на 2,83%), пошкодження бульб при цьому зменшилися з 7,4% до 4,2% (на 3,2%).

3. Уточнено, що раціональна величина робочого зазору між полотном гірки і лопатем відбійного валика знаходиться в межах від 22,4 мм до 34,3 мм.

4. Уточнено, що раціональна величина кутової швидкості обертання лопатевого відбійного валика вдосконаленого органу виносної сепарації за результатами лабораторних досліджень знаходиться в межах від 98,1 об/хв до 125,03 об/хв.

#### 4. ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З УДОСКОНАЛЕНИМ ОРГАНОМ ВИНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ

Для поліпшення відділення домішок необхідне обґрунтування параметрів сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин з урахуванням коефіцієнтів тертя, розмірно-масових, міцності і ряду інших характеристик компонентів картопляного вороху [45]. У зв'язку з цим польові випробування і дослідження картоплезбиральних машин з удосконаленою поздовжньої пальчастої гірки проводилися одночасно з вивченням фізико-механічних властивостей культури картоплі, які є одним з найважливіших факторів, що впливають на агротехнічні показники роботи органів сепарації [24].

Властивості картопляної культури змінюються в широких межах в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, технології обробітку і сорту [24], отже, наукові знання в даній області вимагають розширення і уточнення.

Отримана в ході дослідження інформація була використана при обґрунтуванні параметрів поздовжньої прямої пальчастої гірки з лопатевим відбійним валиком картоплезбиральних машин, а так само використовувалася в якості вихідних даних при лабораторних експериментальних дослідженнях ефективності її функціонування (див. розділ 3 цієї роботи).

Програма польових досліджень включала в себе наступні положення:

1. Визначення розмірно-масових властивостей культури картоплі на полі;
2. Порівняльні господарські (польові) випробування серійного і вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220 ВК Variant.

##### 4.1. Дослідження фізико-механічних властивостей культури картоплі

4.1.1. Об'єкт досліджень фізико-механічних властивостей культури картоплі

Об'єктом проведених нами досліджень були компоненти картопляного вороху, зокрема, ґрунт, бульби і стебла бадилля картоплі сорту «Ред Скарлетт»

[46]. Досліджувалися кількісні, розмірно-масові, властивості міцності рослинних залишків і бульб картоплі з метою їх уточнення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

4.1.2. Методика досліджень фізико-механічних властивостей культури картоплі

Дослідження проходили в СФГ «Олександр» Хмельницького району Хмельницької області в період масового збирання картоплі (кінець серпня - початок вересня) 2025 році. (Таблиця 4.1).

#### **Характеристика поля.**

Рельєф поля в польових дослідженнях визначався повіреним електронним тахеометром Topcon GTS-235N (рис. 4.1).

#### **Вологість ґрунту.**

Проби ґрунту на вологість відбиралися буром в місцях, розташованих по діагоналі ділянки в п'ятикратній повторності.

Зразки бралися з ґрунту на глибину 0-0,20 м. Методика визначення вологості аналогічна лабораторним дослідженням і описані в 3 розділі.

#### **Твердість ґрунту.**

Твердість ґрунту визначали твердоміром Ревякіна в місцях визначення вологості на глибині 0-0,20 м [44].

При знятті кожної діаграми самопишущим твердоміром перевіряли якість її запису (виразність) і справність роботи записуючого пристрою (олівця). Вістря записуючого пристрою (олівця) збігалось з нульовою лінією. Відхилення не перевищувало  $\pm 1$  мм.

При натисканні на рукоятку 7 (рис. 4.2) пружина 4 стискається, її деформація через шарнірний механізм фіксується олівцем 6 на міліметровці 5 у вигляді діаграми (рис. 4.3).

На діаграмі по осі  $OX$  відкладено глибина занурення наконечника  $h$ , а по осі  $OY$  – опір ґрунту вдавлюванню. На діаграмі видно три ділянки, які відповідають різним стадіям деформації ґрунту.

Початкова фаза деформації ґрунту характеризується зменшенням пористості. В результаті дії зовнішнього навантаження відстані між твердими частинками і ґрунт ущільнюється.



Рис. 4.1. Перевірене обладнання та інструмент, що застосовуються при проведенні польових досліджень :

1 – тарні ємності; 2 – металева лінійка 1м; 3 – електронний тахеометр Topcon GTS-235N; 4 – твердомер «Ревякіна»; 5 – рулетка 50м; 6 – штангенциркуль з точністю 0,1 мм; 7 – електронні ваги ВСТ-1.2к/0.02-1 з точністю 0,02гр; 8 – бюкси; 9 – рулетка 30м; 10 – штангенциркуль з точністю 0,05 мм; 11 – відбивач; 12 – штатив розсувний

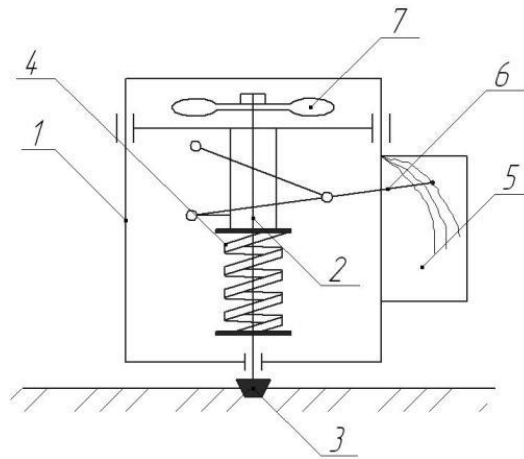


Рис. 4.2. Принципова схема приладу для визначення твердості ґрунту:

1 – рамка; 2 – стрижень; 3 – наконечник; 4 – пружина; 5 – папір; 6 – карандаш; 7 – рукоятка

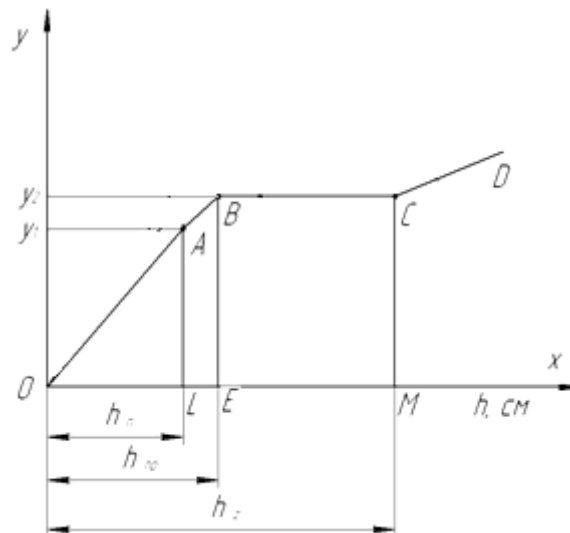


Рис. 4.3. Діаграма деформації пружини твердоміра по глибині занурення наконечника в ґрунт

Фаза ущільнення ґрунту (ділянка  $OA$ ) характеризується тривалістю і незначною глибиною занурення наконечника  $h$ . Необхідна сила  $F$  для подолання опору ґрунту визначається за формулою

$$F = k \cdot Y_1, \quad (4.1)$$

де  $k$  – жорсткість пружини,  $H/m$ ;  $k = 12500 \text{ Н / м}$ ;  $Y_1$  – величина стиснення пружини або ордината  $Y$  діаграми,  $m$ .

Друга фаза зрушень характеризується уповільненим ростом опору ґрунту подальшому впровадженню в неї наконечника (ділянка  $AB$  діаграми) і

ущільненням нижніх її горизонтів. В кінці цієї фази (точка *B*) напруга досягає межі текучості ґрунту.

Третя фаза деформації ґрунту (ділянка *BC*) характеризується безперервним збільшенням глибини занурення наконечника при постійному значенні *F*. Після занурення наконечника на глибину орного шару *h*<sub>2</sub>, а потім розташовується шар плужної підшви, і зусилля *F* швидко наростає (ділянка *CD* діаграми).

З урахуванням діаграми твердість ґрунту *P* визначається за формулою

$$P = \frac{F}{S} \quad (4.2)$$

де *S* – площа підстави наконечника, м<sup>2</sup>;  $S = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

Твердість ґрунту змінюється на глибині, тому її вимірюють на різних горизонтах (0...100, 100...200, 200...300 мм).

Середнє значення твердості ґрунту *P*<sub>ср</sub> визначається

$$P_{\text{ср}} = \frac{k \cdot Y_{\text{ср}}}{S}, \quad (4.3)$$

де *Y*<sub>ср</sub> – середнє значення ординати отриманої діаграми, м.

Розмірно-масові характеристики бульб і бадилля картоплі.

Стандартну агротехнічну оцінку культури картоплі та дослідження бульб, виробляли в польових умовах з застосуванням перевіреного обладнання та інструментів (рис. 4.1). Крім того, збирався ворох, що складається з рослинних залишків і бульб, розмірно-масові та міцності яких визначалися в лабораторних умовах. Для проведення стандартної агротехнічної оцінки культури картоплі, на ділянці поля було виділено 5 облікових ділянок шириною 2 рядки (1,5 м для AVR 220 BK Variant) і довжиною 20 м. Визначення кожної з характеристик фізико-механічних властивостей культури картоплі вироблялося по 100 вимірів.

Полеглість рослинних залишків розраховувалася за формулою:

$$\Pi = \frac{L_6 - L_k}{L_6}, \quad (4.4)$$

де *L*<sub>6</sub> – середня довжина рослинних залишків, м;

$L_k$  – середня висота одного куща, м.

Таблиця 4.1 - Умови проведення випробувань серійних і вдосконалених картоплезбиральних машин AVR 220 BK Variant

Місце проведення випробувань	Тип ґрунту	Гранулометричний склад	Твердість, МПа	Відносна вологість ґрунту, %	Температура повітря, °С	Середній кут нахилу поля, °	Засміченість ділянки рослинними залишками, т / га	Густота посадки, тис. / га	Максимальна глибина залягання бульби, м
СФГ «Олександр»	Світло-сірий лісовий	середній суглинок	0,84	18-21	15-18	1,8	1,65	38,09	0,20

4.1.3. Результати досліджень фізико-механічних властивостей культури картоплі на поле

Об'єктом проведених нами досліджень властивостей культури картоплі був сорт «Ред Скарлетт». При дослідженнях визначалися кількісні, розмірно-масові властивості рослинних залишків і бульб картоплі.

В результаті досліджень отримані дані про масову і кількісну характеристику кущів картоплі, розмірні характеристики бульб і рослинних залишків сорти картоплі «Ред Скарлетт». Дані по бульб даного сорту наведені на рисунку 4.4 і склали: середня довжина –  $a = 68,9$  мм при  $\sigma = 17,6$  мм; середня ширина –  $b = 52,1$  мм при  $\sigma = 14,1$  мм; середня товщина –  $c = 45,6$  мм при  $\sigma = 12,3$  мм, де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення отриманих значень. Результати визначення розмірних характеристик бульб картоплі даного сорту, наведені в таблиці 4.2. Слід зазначити, що максимальний поперечний діаметр бульб розглянутого сорту за спостереженнями не менше 40 мм при коефіцієнті форми 1,2 - 1,3 [44].

Результати досліджень довжини рослинних залишків (стебел бадилля) представлені на рисунку 4.5. Визначено, що середня довжина стебел картоплі

сорту «Ред Скарлетт» на полі при застосуванні машини для попереднього видалення бадилля КІР-1,5Б –  $L = 273,6$  мм (таблиця 4.3) [44].

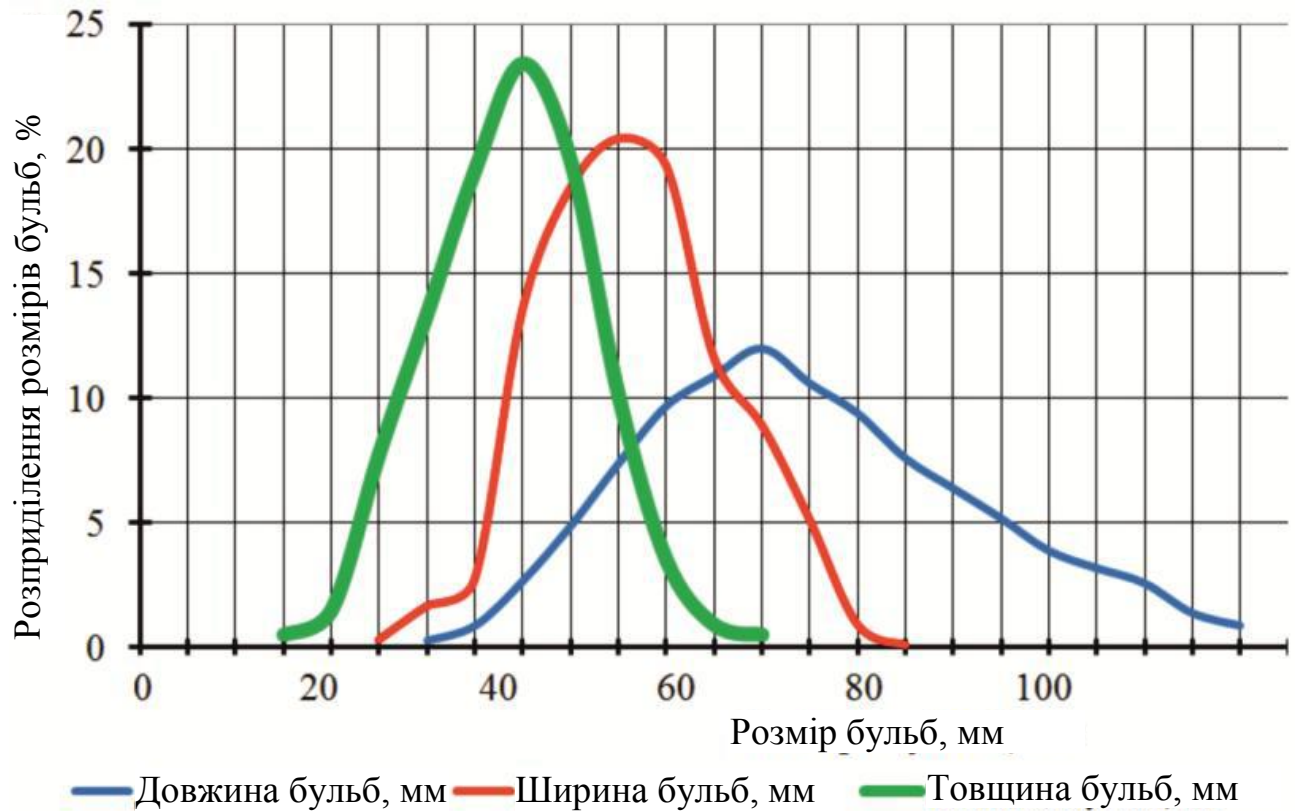


Рис. 4.4. Розмірні характеристики сорту картоплі «Ред Скарлетт».

Розподіл довжини, ширини і товщини бульб картоплі

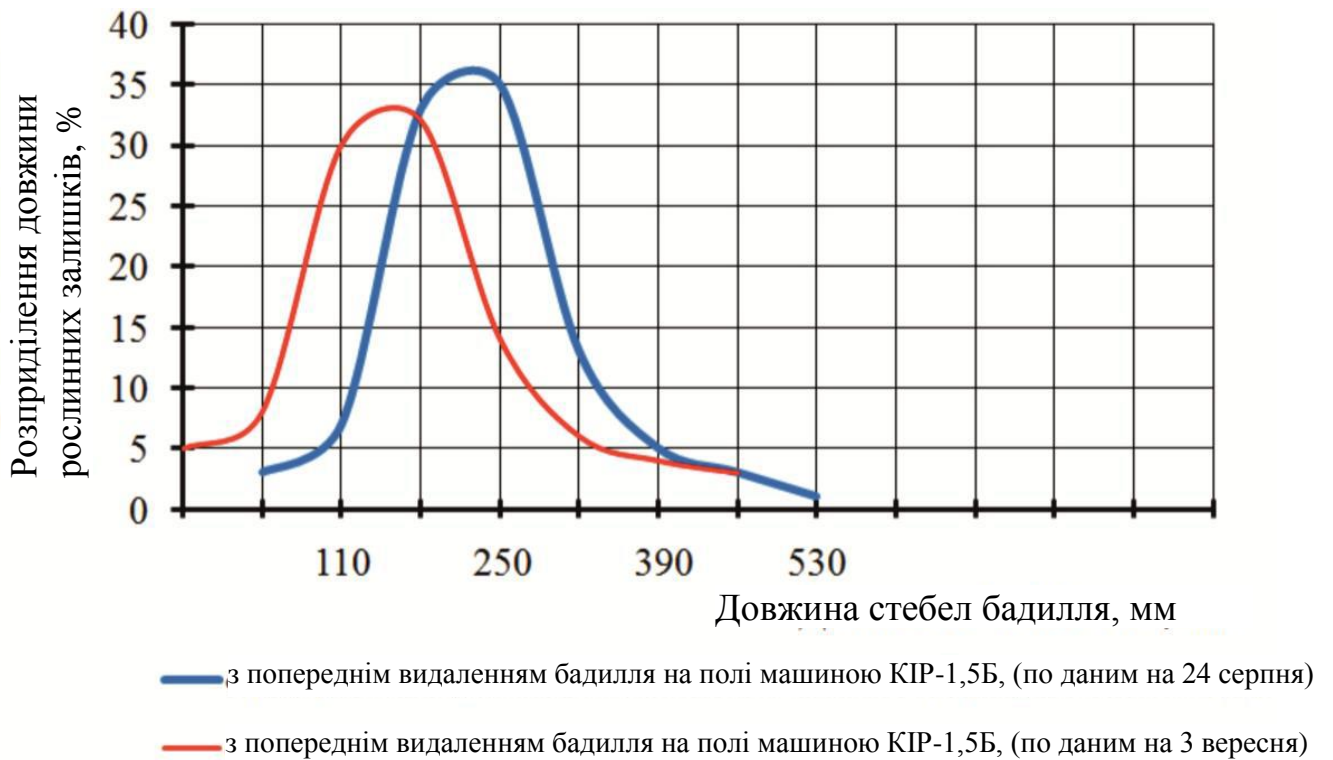


Рис. 4.5. Розподіл довжини стебел бадилля картоплі

Таблиця 4.2 - Характеристика бульбоого куща картоплі (усереднені дані за 2024...2025 роки.)

№ п / п	Сорт	Кущ			Кількість на кущі		Урожайність, т/га	
		Загальна маса, г	Маса бульб, г	Маса раст. залишків, г	Бульби, шт.	Стебла бадилля, шт.	Бульб	Бадилля
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ред Скарлетт	820,5	770,3	50,2	7,5	6,1	29,34	1,91

Таблиця 4.3 - Розмірно-масові характеристики бульб і стебел бадилля картоплі (усереднені дані за 2024...2025 роки.)

№ п/п	Сорт	Середні розміри бульб				Середня довжина рослинних залишків, мм			
		Довжина, мм	Найбільший поперечний діаметр, мм	Товщина, мм	Маса, г	З попереднім видаленням бадилля машиною КІР-1,5Б			
						за даними на 24.08		за даними на 3.09	
						L <sub>2</sub>	σ*	L <sub>2</sub>	σ*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ред Скарлетт	69,8	53,4	47,1	102,7	244,2	89,8	немає даних	немає даних

\* - де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення результатів дослідження, мм

Зусилля розриву стебел і столонов більше, ніж зусилля відриву бульб від столонів (таблиця 4.4), що полегшує процес відділення. В середньому зусилля відриву бульб від столонів становить 7...14 Н і досягає 15,6 Н.

Вищевикладені результати досліджень використовувалися при обґрунтуванні параметрів робочого органу.

Міцність компонентів картопляного вороху безпосередньо впливають на якість відділення бульб від столонів і бадилля в картоплезбиральних машинах. На підставі проведених нами досліджень картоплезбиральних машин було встановлено, що втрати врожаю в них викликаються, головним чином, викидом бульб, не відділених від столонів і стебел, з машини разом з бадиллям. Це

підтверджують і літературні джерела. У роботах Мацепура М.Є., Митрофанова В.С., Табачука В.І. та інших зазначається, що кількість втрачених з бадиллям бульб багато в чому залежить від стану бадилля, тобто від строків збирання [44].

Таблиця 4.4 - Розривне зусилля стебел бадилля і бульб від столонів (усереднені дані за 2024...2025 роки.)

№ п/п	Сорт картоплі	Діаметр стебел бадилля, мм	Діаметр столонов, мм	Стан бадилля	Середнє зусилля розриву стебел, Н	Зусилля відриву бульб від столонів, Н	Зусилля розриву столонов, Н
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ред Скарлетт	7,6	1,8	скошена	197,3	13,7	21,7

#### 4.2. Польові дослідження та випробування картоплезбиральних машин

Як об'єкти досліджень були прийняті: серійний картоплезбиральний комбайн AVR 220 ВК Variant (рис. 4.6; рис. 4.7) і вдосконалений AVR 220 ВК Variant [47].



Рис. 4.6. Загальні види картоплезбирального комбайна AVR 220 ВК Variant

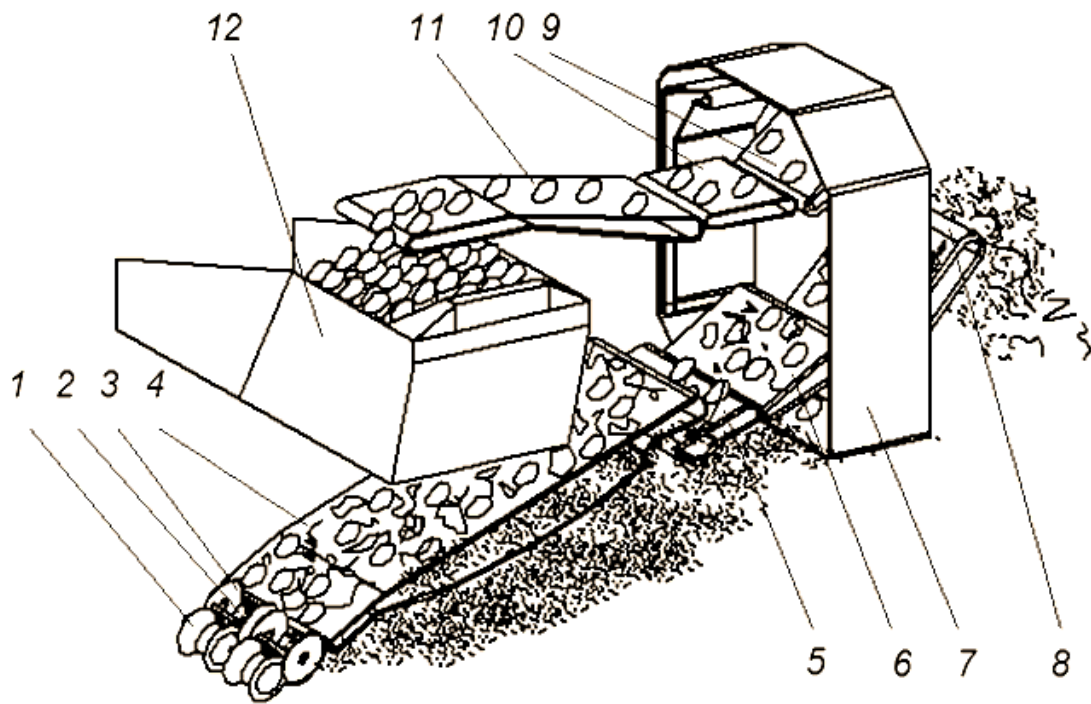


Рис. 4.7. Технологічна схема роботи картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant

1 – грудкоруйнуючі катки; 2 – дискові ножі; 3 – леміш; 4 – основний конвеєр; 5 – каскадний конвеєр; 6 – додатковий конвеєр; 7 – ковшовий конвеєр; 8 – сепаруюча гірка; 9 – додаткова сепаруюча гірка; 10 – проміжний конвеєр; 11 – перебірковий стіл; 12 – бункер

Особливість вдосконаленої машини від базової полягала в використанні в конструкції машини лопастного бульбовідбивача [48], встановленого над робочою поверхнею поздовжньої прямої пальчастої гірки замість стандартного гладкого відбійного валика.

У технологічній схемі картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant (рис. 4.7) бульбовідбійник встановлений над поздовжній прямої сепаруючій гірці [49, 50].

Бульбовідбійник (рис. 4.9) складається з приводного лопастного відбійного валика і захисного храпового механізму. Загальні види бульбовідбивача, встановленого на вдосконаленій картоплезбиральній машині представлені на рисунку 4.8 [41].



Рис. 4.8. Загальні види бульбовідбивача вдосконаленої картопле-збиральної машини AVR 220 BK Variant:

1 – лопатевий відбійний валик; 2 – лопать; 3 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка

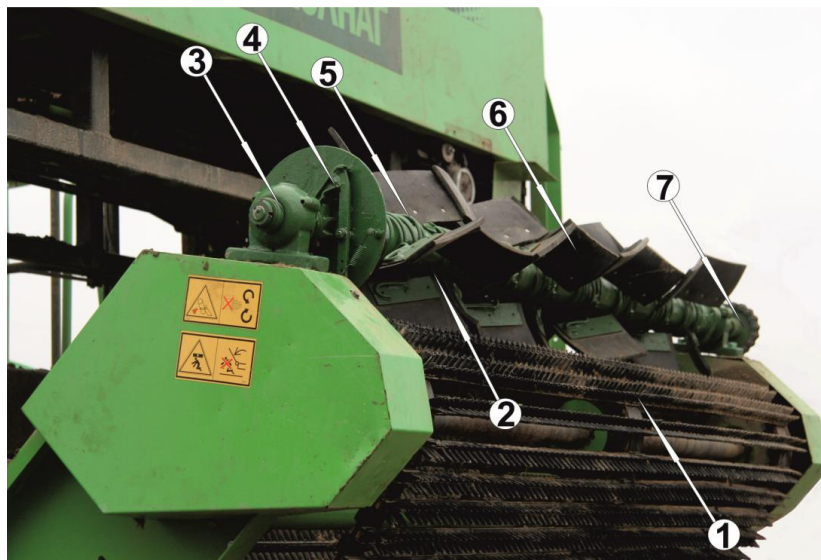


Рис. 4.9. Бульбовідбійник вдосконаленого картопле-збирального комбайна AVR 220 BK Variant:

1 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка; 2 – лопатевий відбійний валик; 3 – корпус-підшипник; 4 – захисний храповий механізм; 5 – пружина-скрепка; 6 – еластична лопать; 7 – привід бульбовідбивача

#### 4.2.1. Методика проведення досліджень

Методика проведення порівняльних польових досліджень серійного і вдосконаленого [52] комбайнів AVR 220 BK Variant наступна.

Місце проведення досліджень: СФГ «Олександр». Терміни проведення: періоди масового збирання картоплі 2025 році. Випробування проводилися відповідно до ДСТУ Р 52778-2007 і СТО АІСТ 8.5-2010.

Для визначення повноти видалення рослинних, а також ґрунтових домішок і втрат бульб на серійному і вдосконаленому картоплезбиральному комбайні AVR 220 BK Variant (рисунки 4.6; 4.10; 4.11; 4.12) після збирання облікової ділянки (рисунки 4.13; 4.14) збирали бульби, залишені на ґрунті, бульби і домішки, зібрані в бункері і непідкопані бульби.



Рис. 4.10. Модернізований робочий орган виносної сепарації вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant



Рис. 4.11. Вдосконалений картоплезбиральний комбайн AVR 220 BK Variant в роботі



Рис. 4.12. Модернізований робочий орган виносної сепарації в роботі:  
1 – каскадний конвеєр; 2 – теребильний пристрій; 3 – додатковий конвеєр; 4 –  
прямоточна сепаруюча гірка

Повнота видалення рослинних домішок при роботі сепаруючих робочих органів визначалася за формулою

$$Q_{\text{рп}} = \frac{m_{\text{п}}^1}{m_{\text{кл}}^1 + m_{\text{п}}^1}, \quad (4.5)$$

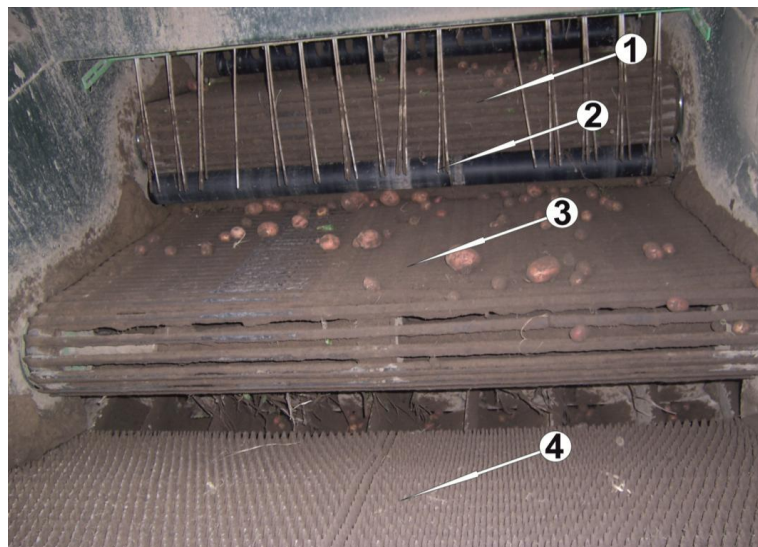


Рис. 4.13. Сепаруючі робочі органи, що передують модернізованому  
робочому органу виносної сепарації



Рис. 4.14. Картопляний ворох після сепарації на модернізованому робочому органі виносної сепарації

Втрати бульб в процесі роботи комбайна розраховувалися за формулою

$$П_{\text{кл}} = \frac{m_{\text{кл}}^2 + m_{\text{кл}}^3}{m_{\text{кл}}^1 + m_{\text{кл}}^2 + m_{\text{кл}}^3}, \quad (4.6)$$

де  $m_{\text{кл}}^1$ ,  $m_{\text{кл}}^2$ ,  $m_{\text{кл}}^3$  – відповідно маса бульб, зібраних з облікової ділянки, залишених на поверхні поля і непідкопаних, кг.

За результатами розрахунків проводилася оцінка повноти видалення ґрунтових і рослинних домішок, встановлювалася величина втрат бульб, і заповнювалася таблиця 4.5. Визначення кількості і ступеня пошкоджень бульб вироблялося за стандартною методикою, викладеною в літературі.

Порівняльні дослідження проводилися протягом всього збирального сезону (отримані дані за 2025 рік.) Через кожні 5 днів. Отримані результати були зведені в таблиці 4.5.

#### 4.2.2. Результати досліджень і господарських випробувань ефективності функціонування картоплезбиральних машин

Результати порівняльних господарських випробувань серійних і вдосконалених картоплезбиральних машин наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Результати господарських випробувань серійних і вдосконалених картоплезбиральних машин

№ п/п	Показники роботи	AVR 220 BK Variant	
		серійний	удосконалений
1	2	3	4
2	Робоча швидкість агрегату, км/год.	4,2	4,5
3	Глибина ходу лемеша, см	20	20
4	Ширина захоплення, м	1,5	1,5
5	Середній наклон поля, %	1,8	1,8
6	Продуктивність роботи, га/год.	0,38	0,43
7	Нормативна річне напрацювання машини, га	40	40
8	Якість виконання технологічного процесу, %		
	- зібрано в тару	94,6	98,1
	- залишено на поверхні	3,7	0,5
	- залишено в ґрунті	1,7	1,5
9	Пошкодження бульб по масі, %	7,2	4,03
10	Склад вороху (по масі), %:		
	- бульби	73,4	75,4
	- ґрунтові грудки	9,4	8,7
	- ґрунт на бульбах	8,6	8,1
	- камені	4,9	4,3
	- рослинні домішки	3,7	3,5

Використання розробленого лопастного відбійного валика вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant [38] в порівнянні з серійним зменшує втрати бульб на 3,5%, збільшує чистоту бульб в тарі на 15,5% і зменшує пошкодження бульб на 3,17%.

Виходячи з отриманих значень агротехнічних показників, підтверджена необхідність використання лопастного відбійного валика.

Господарські випробування експериментальних картоплезбиральних машин підтвердили ефективність розробленого робочого органу виносної сепарації.

## Висновки до четвертого розділу

1. Уточнено в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах фізико-механічні та розмірно-масові характеристики компонентів бульбоносного вороху, зокрема, бульб картоплі сорту «Ред Скарлетт»; встановлено, що середнє зусилля відриву бульб від рослинних залишків не перевищує 15,6 Н, а максимальний поперечний діаметр бульб становить не менше 40 мм при коефіцієнті форми 1,2...1,3, що необхідно враховувати при проектуванні робочих органів виносної сепарації.

2. Встановлено, що у вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220 ВК Variant при використанні вдосконаленого органу виносної сепарації в порівнянні з серійними машинами збільшується чистота бульб в тарі з 72,3 до 87,8%, а втрати і пошкодження бульб зменшуються з 5,4 до 1,9% і з 7,2 до 4,03% відповідно.

3. Визначено, що у картоплезбиральної машини AVR 220 ВК Variant при використанні пальчастої гірки з лопатевим відбійним валиком і захисним храповим механізмом, в зв'язку зі збільшенням інтенсивності процесу виносної сепарації, з'являється можливість підвищення робочої швидкості руху агрегатів при збиранні з 4,2 до 4,5 км/год, що дозволяє збільшити продуктивність роботи з 0,38 до 0,43 га/год відповідно.

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СЕПАРУЮЧОЇ ГІРКИ З ЛОПАТЕВИМ ВІДБІЙНИМ ВАЛИКОМ НА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИНАХ

Розрахунок техніко-економічної ефективності застосування удосконаленої поздовжньої пальчастої гірки з лопатевим відбійним валиком на картоплезбиральних машинах проводився за стандартною методикою з використанням наступної літератури [52].

Вихідні дані для економічної оцінки взяті за 2025 р.

### 5.1. Вартість виготовлення та модернізації пристроїв

При виконанні робіт з виготовлення пристрою цехові роботи складають

$$C_y = C_d + C_{nd} + C_{vm} + C_{on} + C_{прсбу}, \quad (5.1)$$

де  $C_y$  – загальні витрати на виготовлення пристрою, грн.;

$C_d$  – витрати на виготовлення деталей пристрою, грн.;

$C_{nd}$  – загальна вартість покупних деталей, виробів, грн.;

$C_{vm}$  – витрати на допоміжні матеріали (2...4% від витрат на основні матеріали), грн.;

$C_{on}$  – загальновиробничі (цехові) накладні витрати на виготовлення пристрою, грн.;

$C_{прсбу}$  – витрати на оплату праці виробничих робітників, зайнятих на збиранні приладу, грн.

Витрати на виготовлення деталей

$$C_d = C_{срд} \cdot Q_d + C_{вирб} \quad (5.2)$$

де  $C_{срд}$  – середня вартість 1 кг матеріалу деталей, грн.;

$C_{вирб}$  – заробітна плата (з нарахуваннями) виробничих робітників, зайнятих на виготовленні, грн.;

$Q_d$  – маса заготовок для виготовлення деталей, кг.

Ціна покупних деталей, виробів ( $C_d$ ) береться за ринковими цінами, що діють на даний момент.

Заробітна плата робітників, зайнятих на виготовленні деталей

$$C_{вирб} = C_{прд} + C_{ДД} + C_{соцд} \quad (5.3)$$

де  $C_{прд}$  і  $C_{ДД}$  – основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на виготовленні деталей, грн.;

$C_{соцд}$  – нарахування на соціальні потреби робітників, зайнятих на виготовленні деталей, грн.

Основна заробітна плата (оплата праці) виробничих робітників, зайнятих на виготовленні деталей

$$C_{прд} = t_{срд} \cdot C_2, \quad (5.4)$$

де  $t_{срд}$  – середня сумарна трудомісткість виготовлення деталей, люд.-год.;  
 $C_2$  – годинна ставка робітників, що розраховується за середньому розряду, грн./год.

Додаткові заробітна плата робітників, зайнятих на виготовленні деталей

$$C_{ДД} = (Kд - 1) \cdot C_{прд}, \quad (5.5)$$

де  $Kд$  – коефіцієнт, що враховує доплати до основної зарплати, рівний 1,125...1,130.

Нарахування на соціальні потреби

$$C_{соцд} = R_{соц} (C_{прд} + C_{ДД})/100, \quad (5.6)$$

де  $R_{соц}$  – відсоток нарахувань на соціальні потреби (34,2%).

Витрати на оплату праці виробничих робітників, зайнятих на збиранні приладу

$$C_{вирзн} = C_{прсб} + C_{дод} + C_{соцд}, \quad (5.7)$$

де  $C_{прсб}$  і  $C_{дод}$  – основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні, грн.;

$C_{соцд}$  – нарахування на соціальні потреби від заробітної плати виконуваних робіт, грн.

Додаткова заробітна плата і нарахування на соціальні потреби розраховуються за аналогією з формулами (5.5) і (5.6).

Основна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції

$$C_{прсб} = t_{ск} \cdot C_{ч4}, \quad (5.8)$$

де  $C_{ч4}$  – годинна ставка, що розраховується за 4 розряду почасових робіт, грн./год;

$t_{ск}$  – нормативна трудомісткість складання елементів пристрою (люд.-год.) знаходять за виразом

$$t_{ск} = K_c \cdot C_{чск}, \quad (5.9)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним і оперативним часом складання (дорівнює 1,08);

$C_{чск}$  – сумарна трудомісткість складання складових частин конструкції, люд./год.

$$C_{чск} = \sum t_{скз}/60, \quad (5.10)$$

де  $t_{скз}$  – трудомісткість складання окремих видів з'єднань, хв.

Загальновиробничі (цехові) накладні витрати на виготовлення пристрою

$$C_{зв} = 0,01 \cdot R_{зв} \cdot C_{вир}, \quad (5.11)$$

де  $C_{вир}$  – основна заробітна плата виробничих робітників, що беруть участь у виготовленні пристроїв (включно збірку), грн.;

$R_{зв}$  – відсоток загальновиробничих витрат (дорівнює 62%).

Основні результати по визначенню вартості модернізованого картоплезбирального комбайна показані в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Основні результати визначення вартості виготовлення вдосконаленого сепаруючого пристрої AVR 220 BK Variant (за цінами 2023 року)

Найменування параметру	Числове значення, грн.
Витрати на виготовлення деталей пристрою, $C_d$	47710
Загальна вартість покупних деталей, виробів, $C_{пд}$	32660
Витрати на допоміжні матеріали, $C_{вм}$	3070,5
Загальновиробничі (цехові) накладні витрати на виготовлення пристрою, $C_{он}$	7580
Витрати на оплату праці виробничих робітників, зайнятих на збиранні приладу, $C_{прсбу}$	8930,5
Загальні витрати на виготовлення пристрою, $C_y$	100260

## 5.2. Економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат

Економічний ефект від впровадження удосконаленої картоплезбиральної машини: комбайна AVR 220 BK Variant з встановленим на них розробленим робочим органом вторинної сепарації визначали, зіставляючи наведені витрати базового і нового варіанту (в розрахунку на одну машину). В якості базового варіанту був обраний комбайн AVR 220 BK Variant з серійними клубнесбрасиваючим пристроєм - гладким відбійним валиком, встановленим над поверхнею основного ділянки пальчастої гірки, а в модернізованому варіанті використовувалася подовжня прямоточная пальчастої гірка з лопатевим відбійним валиком і захисним храповим механізмом.

Економічний ефект від впровадження

$$E_e = (Z_1 - Z_2) B_p, \quad (5.12)$$

де  $E_e$  – економічний ефект від впровадження удосконаленої машини з розробленим пристроєм, грн.;

$Z_1$  і  $Z_2$  – приведені витрати на одиницю роботи, виробленої за допомогою базового і нового варіантів, грн./га;

$B_p$  – річний обсяг робіт, виконаних машиною.

Наведені витрати являють собою суму експлуатаційних витрат і нормативного прибутку [55]

$$Z = Z_{\text{екс}} + H_n, \quad (5.13)$$

де  $Z_{\text{екс}}$  – експлуатаційні витрати, грн./га;  $H_n$  – нормативний прибуток від капітальних вкладень, грн./га.

Витрати на утримання і експлуатацію (експлуатаційні витрати) є комплексною статтею витрат у собівартості продукції рослинництва (табл. 5.2)

Статті експлуатаційних витрат в залежності від виду та обсягу виконуваних за рік механізованих робіт, тобто річного завантаження, підрозділяються на постійні і змінні. До постійних витрат, які залежать від зміни річного завантаження, відносяться амортизаційні відрахування і витрати на утримання.

До змінних витрат, що залежать прямо пропорційно від річного завантаження, відносяться витрати на технічне обслуговування і ремонт, паливо-мастильні матеріали і оплату праці механізаторів.

Амортизаційні відрахування на експлуатацію визначаємо за формулою

$$Z_a = \frac{B \cdot H_a}{100 \cdot T_{\text{річ}} \cdot W_{\text{год}}}, \quad (5.14)$$

де  $Z_a$  – амортизаційні відрахування, грн./га;

$B$  – балансова вартість машини, грн.;

$H_a$  – норма амортизаційних відрахувань, %;

$T_{\text{річ}}$  – річне завантаження машини, год.;

$W_{\text{год}}$  – продуктивність, га/год.

Балансова вартість машини ( $B$ ) визначається за формулою

$$B = P \cdot K_i, \quad (5.15)$$

де  $P$  – ціна машини, грн.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку машини в господарство при покупці. Його приймають рівним  $K_i = 1,2$ .

Продуктивність ( $W_{\text{год}}$ ) визначається за формулою

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_R \tau, \quad (5.16)$$

де  $B_p$  – ширина захвату, м;

$V_R$  – робоча швидкість, км/год;

$\tau_{\text{сі}}$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Коефіцієнт використання часу зміни визначається з наступного виразу

$$\tau_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{зм}}}{T_{\text{зм}} + T_{\text{ТОзм}} + T_H + T_3 + T_x}, \quad (5.17)$$

де  $T_{\text{зм}}$  – час зміни, год;

$T_{\text{ТОзм}}$  – час технічного обслуговування, год;

$T_H$  – час простою через технічні неполадки, год;

$T_3$  – тривалість зупинок з технологічних причин, год;

$T_x$  – час на повороти і холості заїзди, год.

Як показали проведені порівняльні польові випробування машин, значення коефіцієнта використання часу зміни залежить в значній мірі від величини  $T_H$  – часу технологічних зупинок. Отриманий за даними проведеного хронометражу для базового і модернізованого варіанту машини коефіцієнт використання часу зміни наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку ефективності застосування картоплезбиральної машини з розробленим пристроєм виносної сепарації

№	Найменування показників	Одиниці виміру	Джерело	Картоплезбиральна машина	
				AVR 220 BK Variant	
				базовий варіант	Модернізований варіант
1	2	3	4	5	6
1	Марка трактора, з яким агрегується машина		Технічний опис	MT3-82	MT3-82
2	Ціна машини	грн.	прейскурант	1290000	1400026
3	Нормативна річне завантаження машини	годин	НСМ для економічної оцінки с/г техніки	200	200
4	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	Технічний опис	2	2
5	Сума годинної оплати з урахуванням всіх видів доплат трактористам V розряду	грн./год.	НСМ	100	100
6	Сума годинної оплати з урахуванням всіх видів доплат робочим на підборі	грн./год.	НСМ	50	50
7	Врожайність картоплі	т/га	Протокол випробувань	29,34	29,34
8	Норма амортизаційних відрахувань по машині	%	НСМ	12,5	12,5
9	Норма відрахувань на ремонт і технічне	%	НСМ	15,0	15,0

	обслуговування машини				
10	Витрата ПММ	кг/год.	НСМ	12	12,2
11	Комплексна ціна 1 кг ПММ	грн.	НСМ	60,0	60,0
12	Закупівельна ціна картоплі: - продовольчого - пошкодженого	грн./т	НСМ НСМ	15000 10000	15000 10000
13	Термін служби машини	років	НСМ	8	8
14	Середня робоча швидкість	км/год	Протокол випробувань	4,2	4,5
15	Ширина захоплення	м	Технічний опис	1,5	1,5
16	Втрати бульб	%	Протокол випробувань	5,4	1,9
17	Пошкодження бульб	%	Протокол випробувань	7,2	4,03
18	Повнота видалення домішок	%	Протокол випробувань	72,3	87,8
19	Площа місця для зберігання машини	м <sup>2</sup>	Технічний опис	18,5	18,5
20	Питома вартість 1 м <sup>2</sup> машиномісця	грн./м <sup>2</sup>	НСМ	140	140
21	Норматив відрахувань на амортизацію та ремонт місць зберігання техніки	%	НСМ	8,0	8,0
22	Річний обсяг робіт, виконаних машиною	га	Протокол випробувань	40	40

Витрати на технічне обслуговування і ремонт

$$Z_{TO} = \frac{B \cdot H_{TO}}{100 \cdot T_{річ} \cdot W_{год}}, \quad (5,18)$$

де  $Z_{TO}$  – витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн/га;

$H_{TO}$  – норматив витрат на технічне обслуговування та ремонт, грн/га;

$T_{річ}$  – річне завантаження картоплезбиральної машини, год.

Витрати на паливо-мастильні матеріали визначимо за формулою

$$Z_{ПММ} = \frac{H_{ПММ} \cdot Ц_{ПММ}}{W_{год}}, \quad (5,19)$$

де  $Z_{ПММ}$  – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./га;

$H_{ПММ}$  – норма витрати паливо-мастильних матеріалів, кг/год;

$C_{ПММ}$  – комплексна ціна 1 кг, грн.;

$W_{год}$  – продуктивність, га/год.

Витрати на зберігання визначимо наступним чином

$$Z_{зб} = \frac{H_{зб}}{T_{рiч} \cdot W_{год}}, \quad (5.20)$$

де  $H_{зб}$  – норматив витрат на зберігання однієї машини, грн.

Даний норматив визначається за формулою

$$H_{зб} = \frac{S_{км} \cdot K_{зб} \cdot H_{зб}^a}{100}, \quad (5.21)$$

де  $S_{км}$  – площа займана картоплезбиральною машиною, м<sup>2</sup>;

$K_{зб}$  – питома вартість 1 м<sup>2</sup> машино-місця, грн./м<sup>2</sup>;

$H_{зб}^a$  – норматив витрат на амортизацію та ремонт місць зберігання, %.

Для базового і нового варіантів AVR 220 ВК Variant.

Оплата праці механізаторів визначається за формулою

$$Z_o = \frac{C_{тар} \cdot L}{W_{год}}, \quad (5.22)$$

де  $Z_o$  – оплата праці механізаторів, грн./га;

$C_{тар}$  – тарифна ставка механізатора за виконувану роботу, грн./га;

$L$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.

Величина оплати праці допоміжних робітників

$$Z_p = \frac{C_{др} \cdot L_p}{W_{год}} \quad (5.23)$$

де  $Z_p$  – оплата праці допоміжних робітників, грн./га;

$L_p$  – число допоміжних робітників, чол;

$C_{др}$  – тарифна ставка допоміжних робітників за виконувану роботу, грн./год.

Результати розрахунку експлуатаційних витрат представлені (таб. 5.3).

Нормативний прибуток від капіталовкладень

Нормативний прибуток від капіталовкладень ( $H_n$ ) визначається за формулою

$$H_n = E_k \cdot K_n, \quad (5.24)$$

де  $E_k$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ( $E = 0,15$ );  
 $K_n$  – питомі капіталовкладення, грн./га.

Питомі капіталовкладення визначимо за формулою

$$K_n = \frac{B}{T_{\text{річ}} \cdot W_{\text{год}}}, \quad (5.25)$$

За допомогою виразів (5.12) і (5.13) визначаємо приведені витрати і річний економічний ефект від використання вдосконаленої машини в результаті зниження експлуатаційних витрат (таблиця 5.3).

Крім зазначеної річної економії, отриманої в результаті поліпшення техніко-економічних показників роботи машини є економічний ефект від зниження втрат і пошкоджень бульб при збиранні картоплі.

Таблиця 5.3 - Калькуляція експлуатаційних витрат

№	Статті витрат	Позначення	Одиниці виміру	Картоплезбиральна машина	
				AVR 220 BK Variant	
				Базовий варіант	Модернізований варіант
1	2	3	4	5	6
1	Амортизаційні відрахування	$Z_a$	грн./га	2121,71	1889,57
2	Технічне обслуговування та ремонт	$Z_{ТО}$	грн./га	2547	2243,54
3	Паливно-мастильні матеріали	$Z_{ПММ}$	грн./га	720,00	732,00
4	Зберігання техніки	$Z_{зб}$	грн./га	5,3	4,65
5	Оплата праці механізаторів	$Z_o$	грн./га	65,8	57,7
6	Оплата праці робітників на підборі	$Z_p$	грн./га	65,8	57,7
7	Разом експлуат. витрат	$Z_{екс}$	грн./га	5500,35	4877,35

1	2	3	4	5	6
8	Питомі капіталовкладення	$K_n$	грн./га	16979,00	14956,90
9	Нормативна прибуток від капіталовкладень	$H_n$	грн./га	2546,05	2243,54
10	Наведені витрати на одиницю виконаної роботи	3	грн./га	8046,40	7120,89

### 5.3. Економічний ефект від зниження пошкоджень і втрат бульб

Економічний ефект від зниження втрат бульб при роботі картоплезбиральної машини з розробленим робочим органом виносної сепарації знаходиться за формулою:

Нами отримано, що економічний ефект від зниження ушкоджень урожаю картоплезбиральною машиною дорівнює

$$E_{\text{пош}} = B_p \cdot Y_{\text{cp}} \cdot a_{\text{пош}} \cdot C_p, \quad (5.26)$$

де  $B_p$  – річний обсяг робіт, га;

$Y_{\text{cp}}$  – середня врожайність, т/га;

$a_{\text{пош}}$  – коефіцієнт зниження пошкоджень картоплі;

$C_p$  – різниця закупівельних цін продовольчої та пошкодженої картоплі, грн/т.

Слід зазначити, що при використанні вдосконаленого органу внесений сепарації знижуються (підвищуються) пошкодження бульб, при цьому економічний ефект (збиток) складе

$$E_{\text{в}} = B_p \cdot Y_{\text{cp}} \cdot a_{\text{в}} \cdot C_k, \quad (5.27)$$

де  $a_{\text{в}}$  – коефіцієнт зниження втрат;

$C_k$  – ціна продовольчої картоплі, грн./т.

За результатами розрахунків знаходимо річний економічний ефект (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 - Річний економічний ефект від застосування удосконаленої машини в порівнянні з базовим варіантом

№	Статті витрат	Позначення	Одиниці виміру	Картоплезбиральна машина
				AVR 220 BK Variant
1	2	3	4	5
1	Річний економічний ефект в результаті зниження експлуатаційних витрат	$E_e$	грн./га	3532,32
			грн.	141292,65
2	Економічний ефект від зниження витрат бульб	$E_s$	грн./га	5457,24
			грн.	218289,60
3	Економічний ефект (збиток) від зниження (підвищення) пошкоджень бульб	$E_{повн}$	грн./га	557,46
			грн.	22298,40
4	Сумарний річний економічний ефект	$E_{сум}$	грн./га	9547,02
			грн.	381880,65

Сумарний економічний ефект від впровадження на картоплезбиральній машині поздовжньої пальчастої гірки з лопатевим відбійним валиком складе 381880,65 грн. (при збиранні 40 га картоплі) в рік – 9547,02 грн. в розрахунку на 1 га для комбайна AVR 220 BK Variant.

### Висновки до п'ятого розділу

1. Застосування вдосконаленого органу виносної сепарації в картоплезбиральних машинах є економічно ефективним, що зумовлено зниженням експлуатаційних витрат і витрат, пов'язаних з втратами і ушкодженнями бульб в процесі виносної сепарації.

2. Визначено, що сумарний економічний ефект від використання на картоплезбиральній машині AVR 220 BK Variant вдосконаленого органу виносної сепарації на 40 га. картоплі становить 381880,65 грн. в рік – 9547,02 грн. в розрахунку на 1 га.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. За допомогою проведеного аналізу конструкцій робочих органів виносної сепарації виявлено, що поздовжня пальчаста гірка є найбільш поширеним пристроєм картоплезбиральних машин, завдяки високій сепаруючій здатності, продуктивності, надійності і простоті конструкції. Але у важких умовах збирання показники роботи пальчастої гірки не завжди відповідають агротехнічним вимогам.

2. З метою підвищення ефективності процесу виносної сепарації запропонована сепаруюча гірка з встановленим над її поверхнею активним бульбовідбійник, виконаним у вигляді відбійного вала, на поверхні якого встановлені підпружинені еластичні пластини. Бульбовідбійник забезпечений захисним храповим механізмом.

3. Розроблено математичну модель визначення раціональних параметрів лопатевого відбійного валика вдосконаленого сепаруючого пристрою, при яких втрати і пошкодження бульб не перевищують агротехнічних вимог до процесу збирання картоплезбиральними машинами. Визначено їх значення: частота обертання валу бульбовідбивача, дорівнює 115 об/хв, при цьому кут установки пластин по відношенню до осі вала -  $47^\circ$ ; кількість пластин в ряду - 8; кількість рядів пластин - 4; зазор між пластиною і сепаруючої гірки в момент їх найбільшого зближення 0,03 м.

4. При проведенні лабораторних досліджень встановлено, що використання вдосконаленого органу виносної сепарації в порівнянні з серійним, дозволяє підвищити повноту видалення рослинних і ґрунтових домішок з 72,4 до 87,5% (на 15,1%) і знизити втрати бульб з 6,43 до 3,6% (на 2,83%), пошкодження бульб при цьому зменшити з 7,4% до 4,2% (на 3,2%). Уточнено, що раціональні величини знаходяться в межах: робочий зазор між полотном гірки і лопатем відбійного вала знаходиться в межах від 22,4 мм до 34,3 мм, кутова швидкість обертання валу знаходиться в межах від 98,1 об/хв до 125,03 об/хв.

5. У процесі проведення господарських випробувань встановлено, що у вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220 ВК Variant при використанні пропонованого органу виносної сепарації в порівнянні з серійними машинами збільшується чистота бульб в тарі з 72,3 до 87,8%, а втрати і пошкодження бульб зменшуються з 5,4 до 1,9% і з 7,2 до 4,03% відповідно. Визначено, що у картоплезбиральній машині AVR 220 ВК Variant при використанні пальчастої гірки з лопатевим відбійним валом і захисним храповим механізмом в зв'язку зі збільшенням інтенсивності процесу виносної сепарації з'являється можливість підвищення робочої швидкості руху агрегатів при збиранні з 4,2 до 4,5 км/год., яка дозволяє збільшити продуктивність роботи з 0,38 до 0,43 га/год. відповідно, а коефіцієнт використання часу зміни підвищити з 0,61 до 0,68.

6. Картоплезбиральна машина з удосконаленим органом виносної сепарації застосовувалася в 2025 році в СФГ «Олександр» Хмельницького району Хмельницької області, за цей період було зібрано понад 40 га картоплі. Визначено, що сумарний економічний ефект від використання на картоплезбиральній машині AVR 220 ВК Variant вдосконаленого органу виносної сепарації на 40 га картоплі становить 381880,65 грн. в рік – 9547,02 грн. в розрахунку на 1 га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ринок сільськогосподарської техніки в Україні Іванишин В.В. та ін. Науковий вісник НАУ. Київ : НАУ. 2005, №80. Част. 1. С. 13-28.
2. Ходаківський Є.І. Виробництво та споживання картоплі. Економіка АПК. 2006, №7. С. 109-111.
3. Економічні аспекти розвитку ринку картоплі в Житомирській області / Т.Ю. Приймачук, Н.В. Вождай, Т.Ю. Лукашенко, А.В. Проценко. Вісник аграрної науки. 2008, № 8. С. 65-69.
4. Буняк Н.М. Економічна ефективність виробництва та реалізації картоплі. Вісник аграрної науки. 2002, № 2. С. 73-75.
5. Лавров Р.В. Сучасний стан і проблеми формування ринку картоплі в Україні. Актуальні проблеми економіки. 2007, № 6 (72). С. 12-21.
6. Мех Л.М. Сучасний стан і механізм функціонування ринку картоплі. Економіка АПК. 2004, № 12. С. 116-122.
7. Бондарчук А.А. Стан картоплярства в Україні та перспективи його розвитку. Вісн. аграр. науки. 2006, № 3-4. С. 49-50.
8. Кононунченко В.В. Ринок картоплі в Україні: стан та проблеми. Картоплярство. 2002, № 31. С. 3-15.
9. Сергій Грушецький, Юрій Фірман. 2015. Дослідження і обґрунтування параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху / MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture 2015, Vol. 17, No.1, 17-26.
10. Василюк В.І. Перспективи виробництва картоплі. Науковий вісник ТДАТУ. 2013. Вип. 3, Том 1. С. 197-207.
11. Шувар І.А. Перспективи «другого хліба». Інформаційно-аналітична газета «Агробізнес Сьогодні» 2011. № 10(209). С. 45-48.
12. Шувар І.А. Особливості технології вирощування картоплі. Інформаційно-аналітична газета «Агробізнес Сьогодні» 2011. № 11(210). С. 52-62.
13. Боричев С.М. Сучасний стан технології і засобів вторинної сепарації картоплезбиральних машин. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції. Київ. 2007. С. 280-283.

14. Федорів Д.А. Підвищення ефективності збирання картоплі шляхом удосконалення конструктивних і технологічних параметрів картоплекопача. Дис... канд. техн. наук. Великі Луки, 2005. 169 с.
15. Грушецький С.М. Обґрунтування конструкції і параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11. Вінниця, 2008. 285 с.
16. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Технічне обслуговування машин і обладнання : підручник. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ» : ТОВ «Друкарня «Рута»., 2023. 360 с.
17. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
18. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. / М. А. Ружицький, В.І. Рябець, В. М. Кіяшко та ін. Київ : Аграрна освіта, 2010. 617 с.
19. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія : підручник. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.
20. Мельника І. І. Практикум із машиновикористання в рослинництві : навч. посіб. Київ : Кондор, 2004. 284 с.
21. Лімонт А. С. та ін. Практикум з машиновикористання в рослинництві. Київ : Кондор, 2009. 280 с.
22. Павліський В. М., Нагірний Ю. П., Мельник І. І. Проектування технологічних систем рослинництва : навч. посіб. Тернопіль : Збруч, 2003. 264 с.
23. Проектування механізованих технологічних процесів у рослинництві : навч. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. 556с.
24. Основи механізації сільськогосподарського вирощування : навч. посіб. / І. І. Ріпка та ін. Львів : ЛНАУ, 2013. 224 с.
25. Головчук А. Ф., Лімонт А. С., Бондаренко М. Г. Машиновикористання та екологія доквілля. Київ : Грамота, 2007. 360 с.
26. Квашук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур. Кам'янець-Подільський : Абетка, 2008. 482 с.
27. Технічний сервіс в АПК : навч. посіб. / С. М. Грушецький та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. 680 с.

28. Технологія технічного обслуговування машин : навч. посіб. / Бендера І. М., Грушецький С. М., Роздорожнюк П. І., Михайлович Я. М. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2010. 320 с.
29. Горбатюк С. М., Грушецький С. М. Модель лабораторної установки системи виносної сепарації. *Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь* : матеріали ІХ Міжнар. наук.-прак. конф., м. Житомир, 5 квіт. 2023 р. Житомир : АТК, 2023. С. 158-160.
30. Горбатюк С. М. Аналіз існуючих схем сепаруючих гірок. *Перші наукові кроки – 2023* : збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (14 квітня 2023 р., м. Кам'янець-Подільський). Кам'янець-Подільський, 2023. С. 19.
31. Грушецький, С., & Гаврилюк, М. (2025). Дослідження конструктивних характеристик і параметрів сепаруючих гірок картоплезбиральних машин. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 4(1), 30–42. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250401.03>.
32. Гаврилюк М. А. Класифікація сепараторуючих гірок. *Перші наукові кроки – 2025*: збірник наукових праць ХІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (17 квітня 2025 р., м. Кам'янець-Подільський). Кам'янець-Подільський, 2025. С. 24.
33. Адамчук О.М., Гаврилюк М.А., Грушецький С.М. Обґрунтування конструкції і параметрів підкопуючих робочих органів коренебульбозбиральних машин: студ. наук. роб. із спец. «Агроінженерія», Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2025. 85 с.
34. Грушецький С. М., Корчак М. М., Горбатюк С. М. Лабораторна установка для дослідження системи виносної сепарації // *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.)* / НУБІП України, 2023. С. 241-243. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u163/tezy\\_kiyiv\\_2023\\_5.11.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u163/tezy_kiyiv_2023_5.11.pdf)
35. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування : підручник. В 2 т. Т. 1 / А. В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 584 с.

36. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування : підручник. В 2 т. Т. 2 / А. В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 432 с.
37. Левицька Ю. О. та ін. Основи агрономії. Київ : Аграрна освіта, 2008. 382 с.
38. Кравченко М. С. Томашевський З. М. Практикум із землеробства. Київ : Мета, 2003.
39. Мельник А. В. Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Аналітичний огляд та результати дослідження : монографія. Суми : Унів. кн., 2007. 228 с.
40. Типові норми продуктивності і витрати палива на передпосівному обробітку. Київ : НДІ Укראгропромпродуктивність, 2005. 672 с.
41. Типові норми продуктивності і витрати палива на сівбі, садінні і догляді за посівами. Київ : НДІ Укראгропромпродуктивність, 2005. 424 с.
42. Пастухов В. І Довідник з машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. Харків : Веста, 2001. 344 с.
43. Саблук П. Т. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур. ННЦ Інститут аграрної економіки, 2005. 292 с.
44. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Машини та обладнання в тваринництві : підручник. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ» : ТОВ «Друкарня «Рута»., 2022. 468 с.
45. Машини і обладнання для тваринництва. / І. І.Ревенко, та ін. Ніжин : видавець ПП Лисенко М. М., 2016. 584 с.
46. Машини та обладнання для тваринництва : посібник-практикум / І. І. Ревенко та ін. Київ : Кондор, 2011. 396 с.
47. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового вирощування». 2-ге видання доп. і перероб. І. М. Бендера, та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. 640 с.
48. Експлуатація машин і обладнання : підручник / Іванишин В. В., Лабазюк П. П., Рудь А. В., Грушецький С. М. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2024. 571 с.

49. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Н7 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, С.П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. 52 с.
50. Офіційний сайт фірми Grimme. URL : [www.erfoig-ernten.de](http://www.erfoig-ernten.de). (дата звернення: 26.06.2025).
51. Офіційний сайт фірми WM Kartoffeltechnik. URL : [www.wm-kartoffeltechnik.com](http://www.wm-kartoffeltechnik.com). (дата звернення: 26.06.2025).
52. Офіційний сайт фірми Колнаг. URL : [www.kolnag.com](http://www.kolnag.com). (дата звернення: 26.06.2025).
53. Технологія вирощування картоплі : відео. URL : [https://vimeo.com/386300091?embedded=true&source=vimeo\\_logo&owner=107260504](https://vimeo.com/386300091?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=107260504). (дата звернення: 12.09.2025).
54. Вирощування картоплі в Норвегії : відео. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=BQG3wny1f6g>. (дата звернення: 19.09.2025).
55. Як вирощують картоплю в Європі : відео. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=Pcn4eq6Xk1E>. (дата звернення: 19.09.2025).
56. Обробіток ґрунту під картоплю : відео. URL : [https://vimeo.com/386300164?embedded=true&source=vimeo\\_logo&owner=107260504](https://vimeo.com/386300164?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=107260504). (дата звернення: 19.09.2023).
57. Особливості технології вирощування картоплі. URL : <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/489-osoblyvosti-tekhnologiii-vyroschuvannia-kartopli.html>. (дата звернення: 19.01.2023).
58. Садіння картоплі : відео. URL : [https://vimeo.com/386300235?embedded=true&source=vimeo\\_logo&owner=107260504](https://vimeo.com/386300235?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=107260504). (дата звернення: 19.09.2023).
59. Садіння картоплі в Німеччині : відео. URL : [https://vimeo.com/386300388?embedded=true&source=vimeo\\_logo&owner=107260504](https://vimeo.com/386300388?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=107260504). (дата звернення: 19.09.2025).
60. Садіння картоплі в Голландії : відео. URL : [https://vimeo.com/386300562?embedded=true&source=vimeo\\_logo&owner=107260504](https://vimeo.com/386300562?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=107260504). (дата звернення: 19.09.2025).
61. Догляд за картоплею : відео. URL : [https://vimeo.com/386300291?embedded=true&source=vimeo\\_logo&owner=107260504](https://vimeo.com/386300291?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=107260504). (дата звернення: 19.09.2025).

## ДОДАТКОК А



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ І СИСТЕМОТЕХНІКИ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА САМОКИША

**Кваліфікаційна робота**

на тему:

**«ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ ДЛЯ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ  
КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА»**

здобувач вищої освіти освітнього ступеня «Магістр»  
освітньо-професійної програми «Агроінженерія»  
спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання  
**ГАВРИЛЮК Максим Анатолійович**

Науковий керівник:  
кандидат технічних наук, доцент  
**ГРУШЕЦЬКИЙ Сергій Миколайович**

м. Кам'янець-Подільський, 2025 р.

2

**МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**Метою дослідження** є підвищення ефективності функціонування сепаруючої гірки картоплезбиральних машин, що забезпечує видалення ґрунтових і рослинних домішок при рівні пошкоджень і втрат бульб картоплі, який відповідає агротехнічним вимогам.

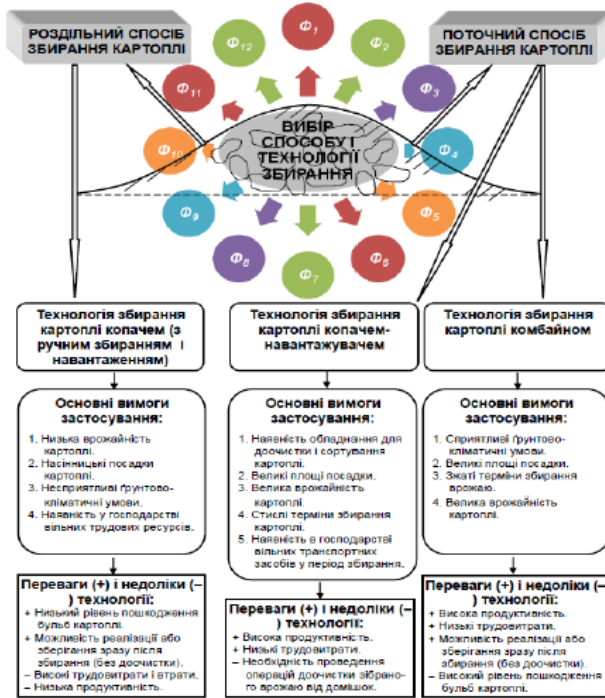
**Об'єкт дослідження:** картоплезбиральні машини, робочий орган виносної сепарації картоплезбиральних машин, сепаруюча прямоточна пальчаста гірка.

**Предмет дослідження:** теоретичні та експериментальні закономірності процесу виносної сепарації в картоплезбиральних машинах.

**Основні завдання досліджень:**

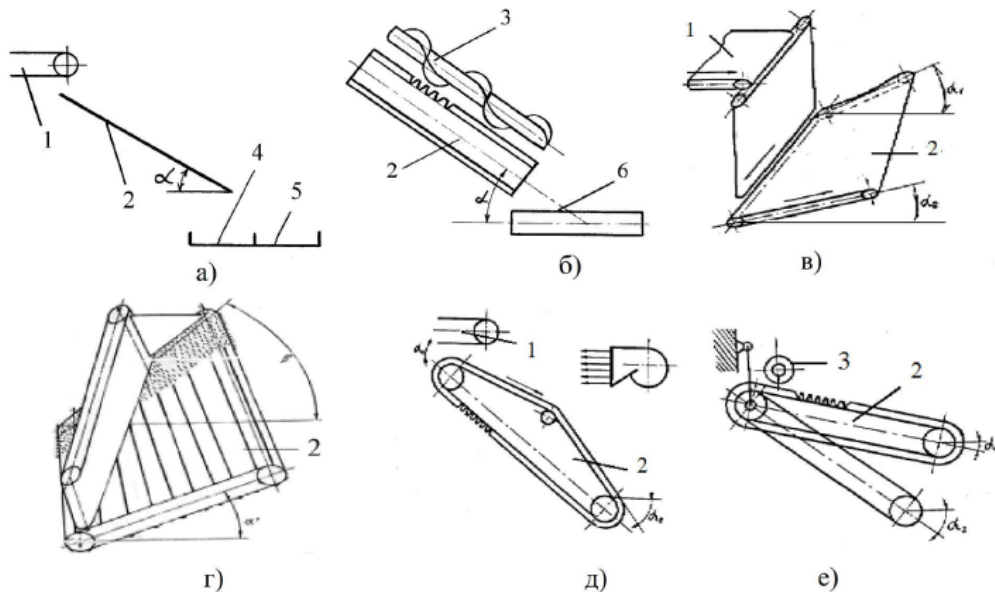
- узагальнити результати наукових досліджень органів вторинної сепарації картоплезбиральних машин і виявити перспективний напрямок досліджень;
- розробити конструкцію сепаруючої гірки з метою підвищення ефективності її функціонування;
- теоретично і експериментально обґрунтувати раціональні параметри удосконаленої сепаруючої гірки;
- визначити економічну ефективність застосування картоплезбиральних машин з удосконаленою сепаруючою гіркою.

## ОСНОВНІ СПОСОБИ І ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ



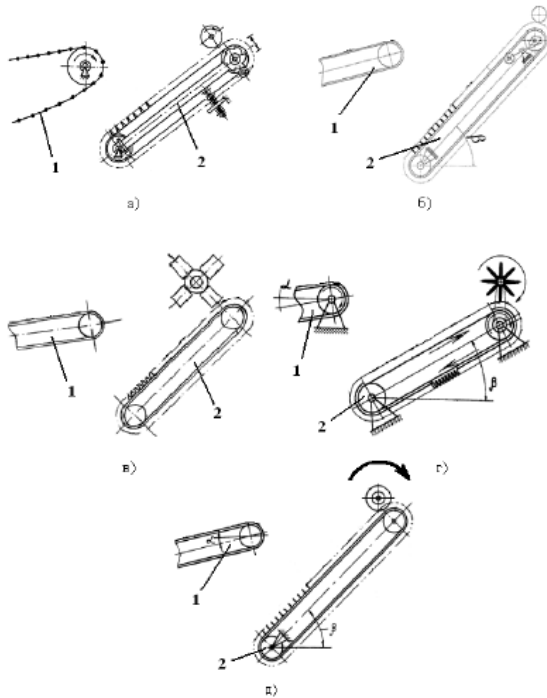
- $\Phi_1$  – врожайність картоплі, т/га;
- $\Phi_2$  – вологість ґрунту, %;
- $\Phi_3$  – вид і склад ґрунту;
- $\Phi_4$  – якість отриманої продукції (картопля продовольча, на крохмаль і насіннєва);
- $\Phi_5$  – тривалість (можливість) зберігання картоплі, днів;
- $\Phi_6$  – площа посадки картоплі;
- $\Phi_7$  – природно-кліматичні умови;
- $\Phi_8$  – термін збирання, днів;
- $\Phi_9$  – забезпеченість господарства трудовими ресурсами, люд.;
- $\Phi_{10}$  – забезпеченість господарства вільними транспортними засобами в термін збирання;
- $\Phi_{11}$  – наявність у господарстві картоплесховища;
- $\Phi_{12}$  – наявність у господарстві обладнання для очистки і сортування картоплі.

## СХЕМИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВИНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ



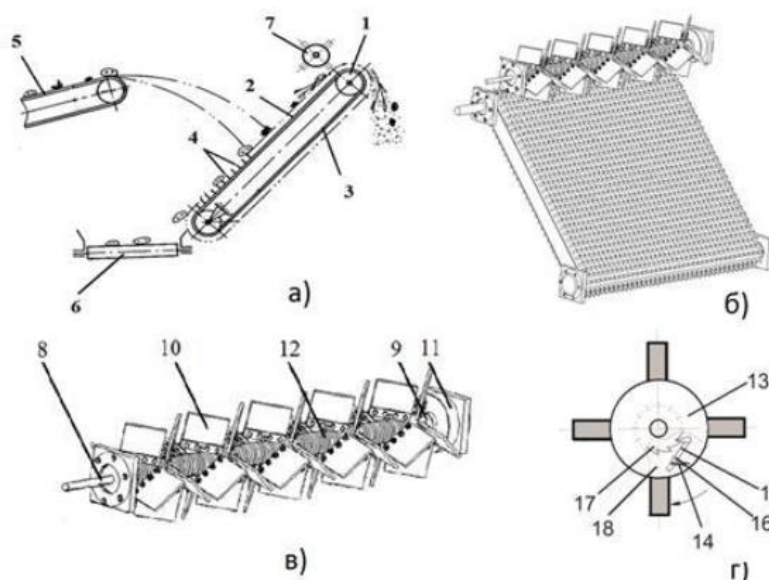
а) скатна гладка; б) поперечна з обертовим шнеком; в) гвинтової форми; г) напівпальчата гвинтоподібної форми; д) з різним кутом нахилу робочої поверхні і застосуванням повітряного потоку; е) з додатковою ділянкою. 1 – завантажувальний конвеєр; 2 – гірка; 3 – шнек обертаючий; 4 – тара під бульби; 5 – тара під домішки; 6 – вивантажний конвеєр

## СХЕМИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВІНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ З БУЛЬБОВІДБИВАЧЕМ



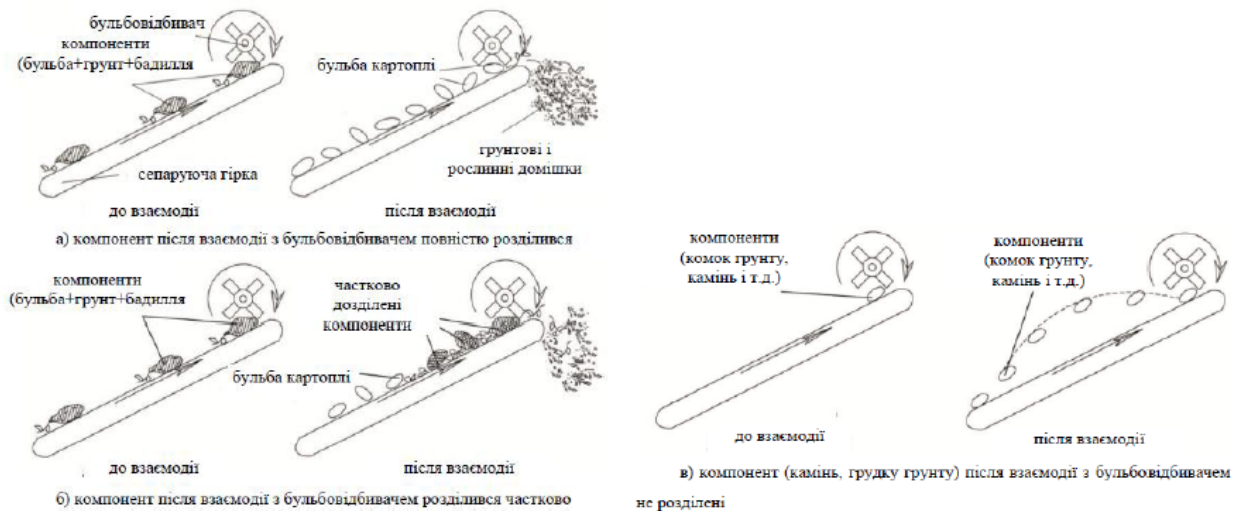
- 1 – завантажувальний конвеєр;  
 2 – сепаруюча гірка;  
 а) з механізмом кутових коливань;  
 б) зі струшувально-важільним механізмом;  
 в) з еластичними пластинами, що мають форму прямокутника;  
 г) з гумовими виступами, що мають форму усіченого конуса;  
 д) з еластичними дисками, встановленими похило до осі вала

## КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА РОБОЧОГО ОРГАНУ ВТОРИННОЇ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

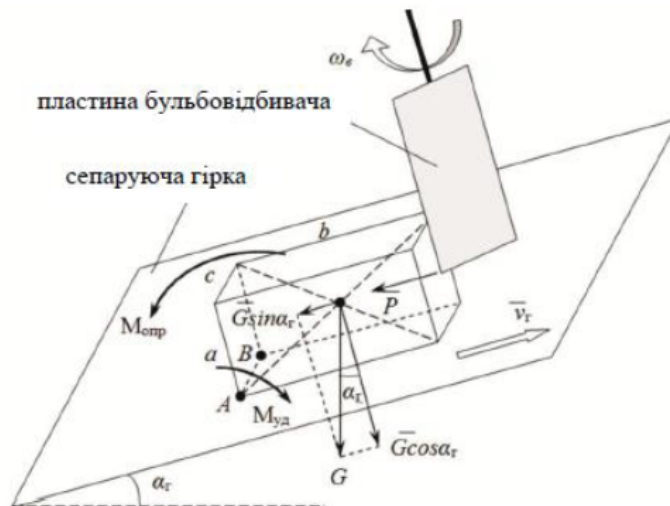


- 1 – розділова гірка;  
 2, 3 – робоча і зворотна гілки транспортерної стрічки;  
 4 – пружні пальці транспортерної стрічки;  
 5 – завантажувальний транспортер;  
 6 – транспортер вивантаження кореня бульбоплодів;  
 7 – бульбовідбивач;  
 8 – приводний вал;  
 9 – відбійний валик;  
 10 – еластичні пластини;  
 11 – храповий механізм;  
 12 – пружина-скріпка;  
 13 – корпус храпового механізму;  
 14 – пружина;  
 15 – підпружиненна собачка;  
 16 – вісь;  
 17 – храпове колесо;  
 18 – диск

## МОЖЛИВІ ВИПАДКИ СЕПАРАЦІЇ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ КОМПОНЕНТА З БУЛЬБОВІДБИВАЧЕМ



## ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕПАРУЮЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ



$a, b, c$  – геометричні розміри компонента (висота, довжина, ширина), м;  $P$  – сила, взаємодії компонента з пластиною бульбовідбивача, Н;  $M_{уд}$  – момент утримує компонент у вихідному положенні, Нм;  $M_{опр}$  – момент, перекидаючий компонент щодо лінії  $AB$ , Нм;  $G$  – сила тяжіння, Н;  $\alpha_r$  – кут нахилу гірки, рад.;  $\omega_s$  – кутова швидкість обертання валу бульбовідбивача, рад./с;  $V_r$  – швидкість руху поверхні гірки.

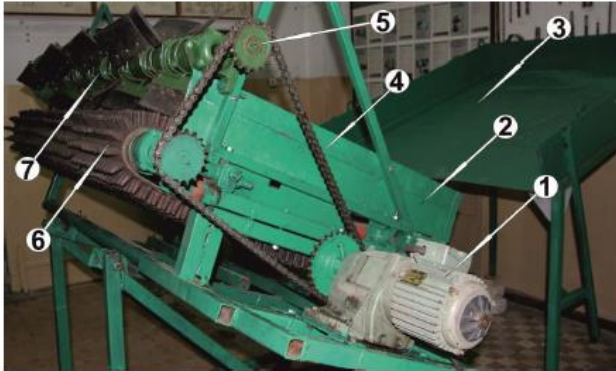
Вимоги:

- 1) виключення пошкодження бульб в результаті взаємодії з пластинами бульбовідбивача;
- 2) виключення защемлення між бульбовідбивачем і сепаруючою гіркою;
- 3) виключення згужання ґрунту на сепаруючій гірці в процесі роботи машини та забезпечення сталого виконання технологічного процесу;
- 4) забезпечення максимальної продуктивності пристрою.

Для визначення раціональних конструктивних параметрів пристрою введемо такі припущення і вихідні дані:

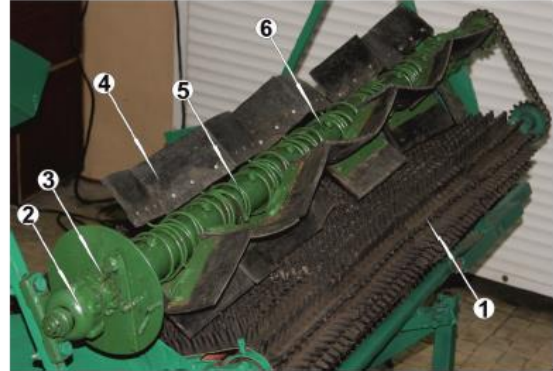
- 1) ворох розташовується на поверхні гірки рівномірно і має в усіх точках поверхні однакову товщину;
- 2) компоненти вороху рухаються разом з робочою поверхнею елеватора без кочення або ковзання;
- 3) у взаємодію з еластичними пластинами бульбовідбивача вступає компонент, під яким будемо розуміти неподілений компонент бульбоносного вороху, а саме тіло неправильної форми, складовими якого є бульба з налиплого на нього ґрунтом і бадиллям.
- 4) компонент має форму прямокутного паралелепіпеда з розмірами  $a, b$ , з і центром тяжіння в точці  $C$  рис., тому що дана форма найбільш несприятлива для сходу компонента з полотна гірки.

## ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Лабораторна установка (загальний вигляд):

1 – мотор-редуктор; 2 – бічний обмежувач полотна гірки. 3 – ємність для попереднього розміщення і подачі вороху на поверхню органу виносної сепарації; 4 – ланцюговий привід обертання ведучого вала гірки і лопатевого відбійного валика; 5 – приводний вал лопатного відбійного валика; 6 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка; 7 – лопатевий відбійний валик



Лопатевий відбійний валик:

1 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка; 2 – корпус підшипник; 3 – храповий механізм; 4 – підпружинена еластична лопать; 5 – пружинна скрепка; 6 – лопатевий відбійний валик

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОРГАНУ ВИНОСНОЇ СЕПАРАЦІЇ

1) Оптимізація робочого зазору між пальцями гірки і лопатами бульбовідбивача:

Повнота сепарації домішок:

$$y_1 = 87,538 + 5,429 \cdot x_1 + 1,804 \cdot x_2 + 2,588 \cdot x_3 - 1,079 \cdot x_2 \cdot x_3$$

Пошкодження бульб:

$$y_2 = 4,275 + 1,12 \cdot x_1 - 0,62 \cdot x_2 - 0,344 \cdot x_3$$

Втрати бульб:

$$y_3 = 3,637 + 1,212 \cdot x_1 + 0,551 \cdot x_2 + 0,319 \cdot x_3 - 0,118 \cdot x_2 \cdot x_3$$

2) Оптимізація частоти обертання бульбовідбивача:

Повнота сепарації домішок:

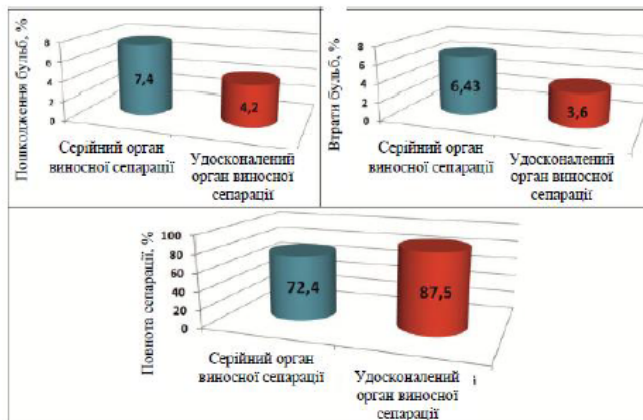
$$y_1 = 87,75 - 2,1 \cdot x_3 + 5,7 \cdot x_4 + 0,983 \cdot x_3 \cdot x_4$$

Пошкодження бульб:

$$y_2 = 4,231 + 0,377 \cdot x_3 + 0,611 \cdot x_4 + 0,171 \cdot x_3 \cdot x_4$$

Втрати бульб:

$$y_3 = 4,815 + 0,537 \cdot x_3 - 0,81 \cdot x_4 + 0,335 \cdot x_3 \cdot x_4$$



Результати порівняльної оцінки вдосконаленого і серійного органів виносної сепарації (середні значення показників)

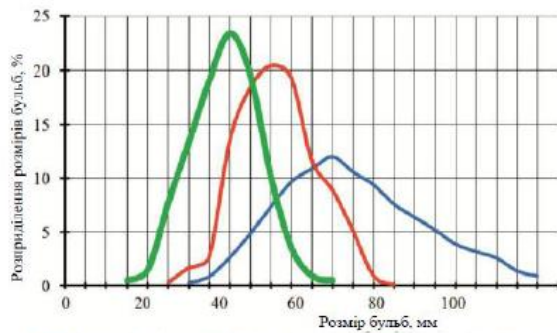


Визначення раціональної величини робочого зазору між полотном гірки і лопатем відбійного валика: 1 – повнота сепарації ґрунтових і рослинних залишків 80% і більше; 2 – пошкодження бульб 5% і менше; 3 – втрати бульб 5% і менше

Визначення раціональної величини частоти обертання лопатевого відбійного валика органу виносної сепарації

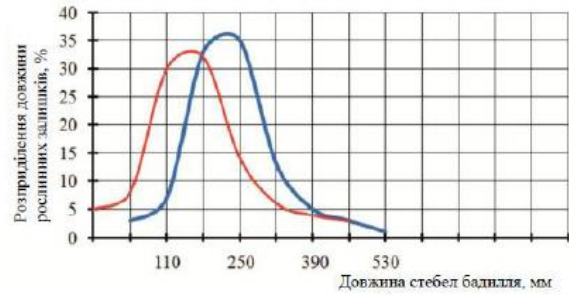
1 – повнота сепарації ґрунтових і рослинних залишків 80% і більше; 2 – пошкодження бульб 5% і менше; 3 – втрати бульб 5% і менше

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КУЛЬТУРИ КАРТОПЛІ НА ПОЛЕ



— Довжина бульб, мм — Ширина бульб, мм — Товщина бульб, мм

Розмірні характеристики сорту картоплі «Ред Скарлетт».  
Розподіл довжини, ширини і товщини бульб картоплі



— з попереднім виділенням бадилля на полі машиною КР-1,5Б, (по даним на 24 серпня)

— з попереднім виділенням бадилля на полі машиною КР-1,5Б, (по даним на 3 вересня)

Розподіл довжини стебел бадилля картоплі

№ п / п	Сорт	Кущ			Кількість на куші		Урожайність, т/га	
		Загальна маса, г	Маса бульб, г	Маса раст. залишків, г	Бульб, шт.	Стебла бадилля, шт.	Бульб	Бадилля
1	Ред Скарлетт	820,5	770,3	50,2	7,5	6,1	29,34	1,91

Характеристика бульбового куща картоплі

№ п/п	Сорт	Середні розміри бульб				Середня довжина рослинних залишків, мм			
		Довжина, мм	Найбільший поперечний діаметр, мм	Товщина, мм	Маса, г	3 попереднім виділенням бадилля машиною КР-1,5Б за даними на 24.08		за даними на 3.09	
						L <sub>2</sub>	σ*	L <sub>2</sub>	σ*
1	Ред Скарлетт	69,8	53,4	47,1	102,7	244,2	89,8	немає даних	немає даних

Розмірно-масові характеристики бульб і стебел бадилля картоплі

## ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН



Загальні види картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant



Загальні види бульбовідбивача вдосконаленої картоплезбиральної машини AVR 220 BK Variant:

1 – лопатевий відбійний валик; 2 – лопать; 3 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка



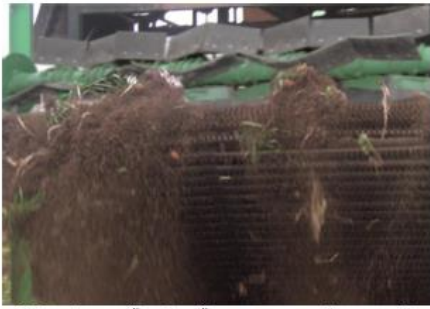
Бульбовідбивач вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant:

1 – поздовжня прямоточна пальчаста гірка; 2 – лопатевий відбійний валик; 3 – корпус-підшипник; 4 – захисний храповий механізм; 5 – пружина-скрепка; 6 – еластична лопать; 7 – привід бульбовідбивача

## ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН



Модернізований робочий орган виносної сепарації  
вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220  
BK Variant



Модернізований робочий орган виносної сепарації в  
роботі



Вдосконалений картоплезбиральний комбайн AVR 220 BK Variant в роботі

№ п/п	Показники роботи	AVR 220 BK Variant	
		серійний	удосконалений
1	2	3	4
2	Робоча швидкість агрегату, км/год.	4,2	4,5
3	Глибина ходу лемеша, см	20	20
4	Ширина захоплення, м	1,5	1,5
5	Середній нахил поля, %	1,8	1,8
6	Продуктивність роботи, га/год.	0,38	0,43
7	Нормативна річна напрацювання машини, га	40	40
8	Якість виконання технологічного процесу, %		
	- зібрано в тару	94,6	98,1
	- залишено на поверхні	3,7	0,5
	- залишено в ґрунті	1,7	1,5
9	Пошкодження бульб по масі, %	7,2	4,03
10	Склад вороху (по масі), %:		
	- бульби	73,4	75,4
	- ґрунтові грудки	9,4	8,7
	- ґрунт на бульбах	8,6	8,1
	- каміни	4,9	4,3
	- рослинні домішки	3,7	3,5

Результати господарських випробувань серійних і вдосконалених картоплезбиральних машин

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

№	Статті витрат	Картоплезбиральна машина
		AVR 220 BK Variant
1	Річний економічний ефект в результаті зниження експлуатаційних витрат, грн./га / грн.	3532,32
		141292,65
2	Економічний ефект від зниження втрат бульб, грн./га / грн.	5457,24
		218289,60
3	Економічний ефект (збиток) від зниження (підвищення) пошкоджень бульб, грн./га / грн.	557,46
		22298,40
4	Сумарний річний економічний ефект, грн./га / грн.	9547,02
		381880,65



ІНТЕРАКТИВНА НАУКОВА ГРУПА  
Journal  
ISG JOURNAL.COM

## АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

ВІДОМОСТІ  
про автора та наукового керівника наукової роботи  
«КАРТОПЛЕЗБИРАЧІ»



INTERNATIONAL SCIENCE JOURNAL  
OF ENGINEERING & AGRICULTURE

ISSN 2720-6319    2025    VOL. 4, ISSUE 1

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ІД»  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОСЕСУСОВІ ГРИГОРОСЬКА ІВАНЧЕНА УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БОТАНІКОЛОГІЇ  
ІМЕНІ С.С. ГРУШЕЦЬКОГО  
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМІТІВАННЯ ЛАН»  
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАК УКРАЇНА»

### ХІХ ВСЕУКРАЇНЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

«Перші наукові кроки – 2025»

17 квітня 2025 р.

Автор	Науковий керівник
1. Прізвище <u>Гаврилюк</u>	1. Прізвище <u>Грушецький</u>
2. Ім'я (повністю) <u>Микола</u>	2. Ім'я (повністю) <u>Сергій</u>
3. По батькові <u>Дмитро</u>	3. По батькові <u>Миколайович</u>
4. Повне найменування та місце знаходження вищого навчального закладу, у якому навчається автор	4. Місце роботи, телефон, e-mail
5. Факультет <u>Інженерно-технічний</u>	5. Посада <u>доцент</u>
6. Курс (рів навчання) <u>1 курс</u>	6. Науковий ступінь <u>к.т.н.</u>
7. Результати роботи вказати:	7. Вчене звання <u>доцент</u>
1. 2024р. <u>Завдання на конкурс № 1/2024/1497 «Розробити конструкцію безбар'ятної пластини»</u>	
2. 2025р. <u>Study of design characteristics and parameters of separating blades of potato harvesting machines. Engineering &amp; Agriculture</u>	
3. 2025р. <u>Класифікація сепаруючих органів ЗВО «ІД»</u>	
8. Результати роботи впродовженні:	
1. 2024р. <u>ТЗОВ «Алхимія Агро»</u> Хмельницький район, Хмельницької області	
9. Телефон, e-mail <u>тел. м. 068-561-68-23</u>	
Науковий керівник _____	Сергій ГРУШЕЦЬКИЙ
Автор роботи _____	Максим ГАВРИЛЮК





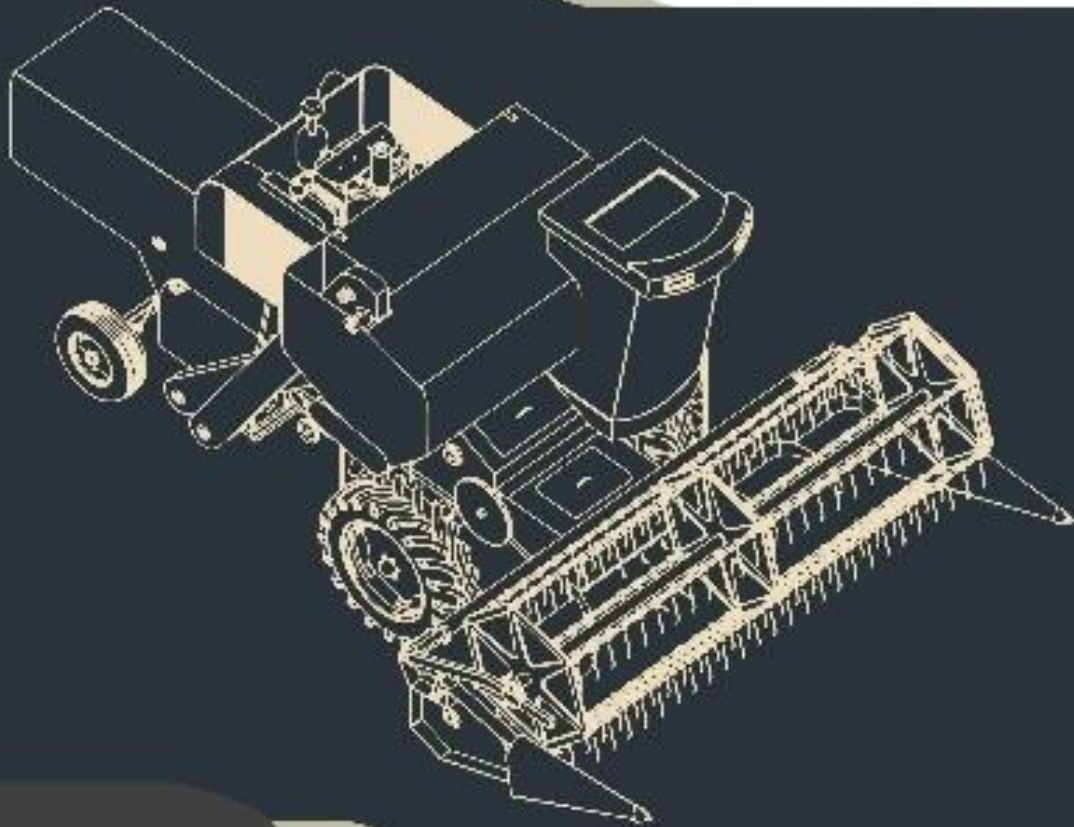
Комітетівка-Подільський 2025

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

- За допомогою проведеного аналізу конструкцій робочих органів виносної сепарації виявлено, що поздовжня пальчаста гірка є найбільш поширеним пристроєм картоплезбиральних машин, завдяки високій сепаруючій здатності, продуктивності, надійності і простоті конструкції. Але у важких умовах збирання показники роботи пальчастої гірки не завжди відповідають агротехнічним вимогам.
- З метою підвищення ефективності процесу виносної сепарації запропонована сепаруюча гірка з встановленим над її поверхнею активним бульбовідбійником, виконаним у вигляді відбійного вала, на поверхні якого встановлені підпружинені еластичні пластини. Бульбовідбійник забезпечений захисним храповим механізмом.
- Розроблено математичну модель визначення раціональних параметрів лопатевого відбійного валика вдосконаленого сепаруючого пристрою, при яких втрати і пошкодження бульб не перевищують агротехнічних вимог до процесу збирання картоплезбиральними машинами. Визначено їх значення: частота обертання валу бульбовідбивача, дорівнює 115 об/хв., при цьому кут установки пластин по відношенню до осі вала - 47°; кількість пластин в ряду - 8; кількість рядів пластин - 4; зазор між пластиною і сепаруючою гірками в момент їх найбільшого зближення 0,03 м.
- При проведенні лабораторних досліджень встановлено, що використання вдосконаленого органу виносної сепарації в порівнянні з серійним, дозволяє підвищити повноту видалення рослинних і ґрунтових домішок з 72,4 до 87,5% (на 15,1%) і знизити втрати бульб з 6,43 до 3,6% (на 2,83%), пошкодження бульб при цьому зменшити з 7,4% до 4,2% (на 3,2%). Уточнено, що раціональні величини знаходяться в межах: робочий зазор між полотном гірки і лопатем відбійного вала знаходиться в межах від 22,4 мм до 34,3 мм, кутова швидкість обертання валу знаходиться в межах від 98,1 об/хв. до 125,03 об/хв.
- У процесі проведення господарських випробувань встановлено, що у вдосконаленого картоплезбирального комбайна AVR 220 BK Variant при використанні запропонованого органу виносної сепарації в порівнянні з серійними машинами збільшується чистота бульб в тарі з 72,3 до 87,8%, а втрати і пошкодження бульб зменшуються з 5,4 до 1,9% і з 7,2 до 4,03% відповідно. Визначено, що у картоплезбиральній машині AVR 220 BK Variant при використанні пальчастої гірки з лопатевою відбійним валом і захисним храповим механізмом в зв'язку зі збільшенням інтенсивності процесу виносної сепарації з'являється можливість підвищення робочої швидкості руху агрегатів при збиранні з 4,2 до 4,5 км/год., яка дозволяє збільшити продуктивність роботи з 0,38 до 0,43 га/год. відповідно, а коефіцієнт використання часу зміни підвищити з 0,61 до 0,68.
- Картоплезбиральна машина з удосконаленим органом виносної сепарації застосовувалася в 2025 році в СФГ «Олександр» Хмельницького району Хмельницької області, за цей період було зібрано понад 40 га картоплі. Визначено, що сумарний економічний ефект від використання на картоплезбиральній машині AVR 220 BK Variant вдосконаленого органу виносної сепарації на 40 га картоплі становить 381880,65 грн. в рік – 9547,02 грн. в розрахунку на 1 га.



International Science Group  
Journal  
ISG-JOURNAL.COM



**INTERNATIONAL SCIENCE JOURNAL  
OF ENGINEERING & AGRICULTURE**

ISSN 2720-6319

2025

VOL. 4, ISSUE 1

## **Дослідження конструктивних характеристик і параметрів сепаруючих гірок картоплезбиральних машин**

**Сергій Грушецький**

Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

ORCID 0000-0002-0487-6152

**Максим Гаврилюк**

Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

ORCID 0000-0002-0487-6152

**Для цитування цієї статті:**

Грушецький Сергій, Гаврилюк Максим. Дослідження конструктивних характеристик і параметрів сепаруючих гірок картоплезбиральних машин. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 4, No.X, 2025, pp. XX-XX. doi: 10.46299/j.isjea.2025xxxx.xx.

**Надійшла до редакції:** 14 січня 2025 р.; **Схвалено:** xx xxxxx 2025 р.;

**Опубліковано:** xx xxxxx 2025 р.

**Анотація:** Дослідження конструктивних характеристик і параметрів сепаруючих гірок є важливим етапом у вдосконаленні технологічних процесів, пов'язаних із сортуванням матеріалів та очищенням від домішок. Сепаруючі гірки використовуються в різних галузях, зокрема в гірничодобувній, харчовій, хімічній та інших промисловостях для ефективного поділу різних фракцій матеріалів на основі їхніх фізичних властивостей, таких як розмір частинок, форма та щільність. Конструкція сепаруючих гірок має велике значення для забезпечення стабільної роботи обладнання та високої ефективності процесу сепарації. Одними з основних конструктивних елементів є похилі або горизонтальні поверхні, які допомагають забезпечити рух матеріалу під дією сили тяжіння. Важливими параметрами є кут нахилу поверхні, довжина гірки, швидкість переміщення матеріалу та величина оброблюваного потоку. Параметри, такі як розмір частинок, щільність та вологість матеріалу, також суттєво впливають на ефективність роботи сепаратора. У процесі дослідження конструктивних особливостей сепаруючих гірок важливо визначити оптимальні геометричні параметри, що забезпечують максимальну ефективність сепарації при мінімальних енергетичних витратах. Крім того, необхідно враховувати матеріали, з яких виготовляються гірки, оскільки їх зносостійкість і довговічність безпосередньо впливають на експлуатаційні характеристики обладнання. Завдяки аналізу параметрів та конструктивних особливостей сепаруючих гірок можна досягти значного покращення якості продуктів, що отримуються в процесі обробки, а також підвищити економічну ефективність виробничих процесів. Впровадження інноваційних рішень у конструкції гірок дозволяє знижувати витрати на енергію, збільшувати пропускну здатність та покращувати технічні характеристики сепараторів. Це, в свою чергу, сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств у відповідних галузях. Дослідження конструктивних характеристик і параметрів сепаруючих гірок є важливим кроком на шляху до удосконалення існуючих технологічних рішень і розробки нових, більш ефективних методів сепарації.

**Ключові слова:** сепаруючі гірки, картоплезбиральні машини, конструктивні характеристики, параметри, сепарація, ефективність, технологічний процес, оптимізація, матеріали, фракційний склад, розмір часток, очищення, енергетичні витрати, продуктивність.

12 Грушецький Сергій та ін.: Дослідження конструктивних характеристик і параметрів сепаруючих гірок картоплезбиральних машин

*konferentsiyi zhurnalu «WayScience»*. 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].

9) Fyrman, Y. U. P., Hrushetskyi, 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. file:///C:/Users/admin/AppData/Local/Temp/11-16-1.pdf [in Russian].

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

11) 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].

12) 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 <https://doi.org/10.15159/AR.18.037> [in English].

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

14) 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].

15) 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 <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>. [in English].

16) Petrov, G. D. (1984). Kartofeleuborochnyye mashyny [Potato harvesting machines]. *Engineering* [in Russian].

17) Tokar, A. M. (2001). Theoretical mechanics. Kinematics : Methods and Problems [Theoretical mechanics. Kinematics : Methods and Tasks]. *Tutorial*. Libid [in Ukrainian].

---

## Study of design characteristics and parameters of separating slides of potato harvesting machines

### Sergii Hrushetskyi

Department of Agricultural Engineering and Systems Engineering named after Mykhailo Samokysh, Institution of Higher Education "Podilskyi State University", Kamianets-Podilskyi, Ukraine

ORCID 0000-0002-0487-6152

### Maxim Havrylyuk

Department of Agricultural Engineering and Systems Engineering named after Mykhailo Samokysh, Institution of Higher Education "Podilskyi State University", Kamianets-Podilskyi, Ukraine

ORCID 0000-0002-0487-6152

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ПДУ»  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ  
ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО  
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ ЛАН»  
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАЛ УКРАЇНА»

# **ХІХ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ**

**«Перші наукові кроки – 2025»**

*17 квітня 2025 р.*



*Кам'янець-Подільський  
2025*

## КЛАСИФІКАЦІЯ СЕПАРУЮЧИХ ГІРОК

Гаврилюк М.А. – здобувач вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія»  
Керівник – канд. техн. наук, доцент Грушецький С.М.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»



На даному етапі розвитку вітчизняного та зарубіжного сільськогосподарського машинобудування для механізованого збирання картоплі найбільше поширення серед органів вторинної сепарації отримали механічні відокремлювачі – гірки (рис. 1). Це зв'язано з тим що вони простіші в конструктивному виконанні і надійніші при виконанні технологічного процесу, в порівнянні з фракційними балонами і іншими видами пристроїв для доочищення вороху [1].

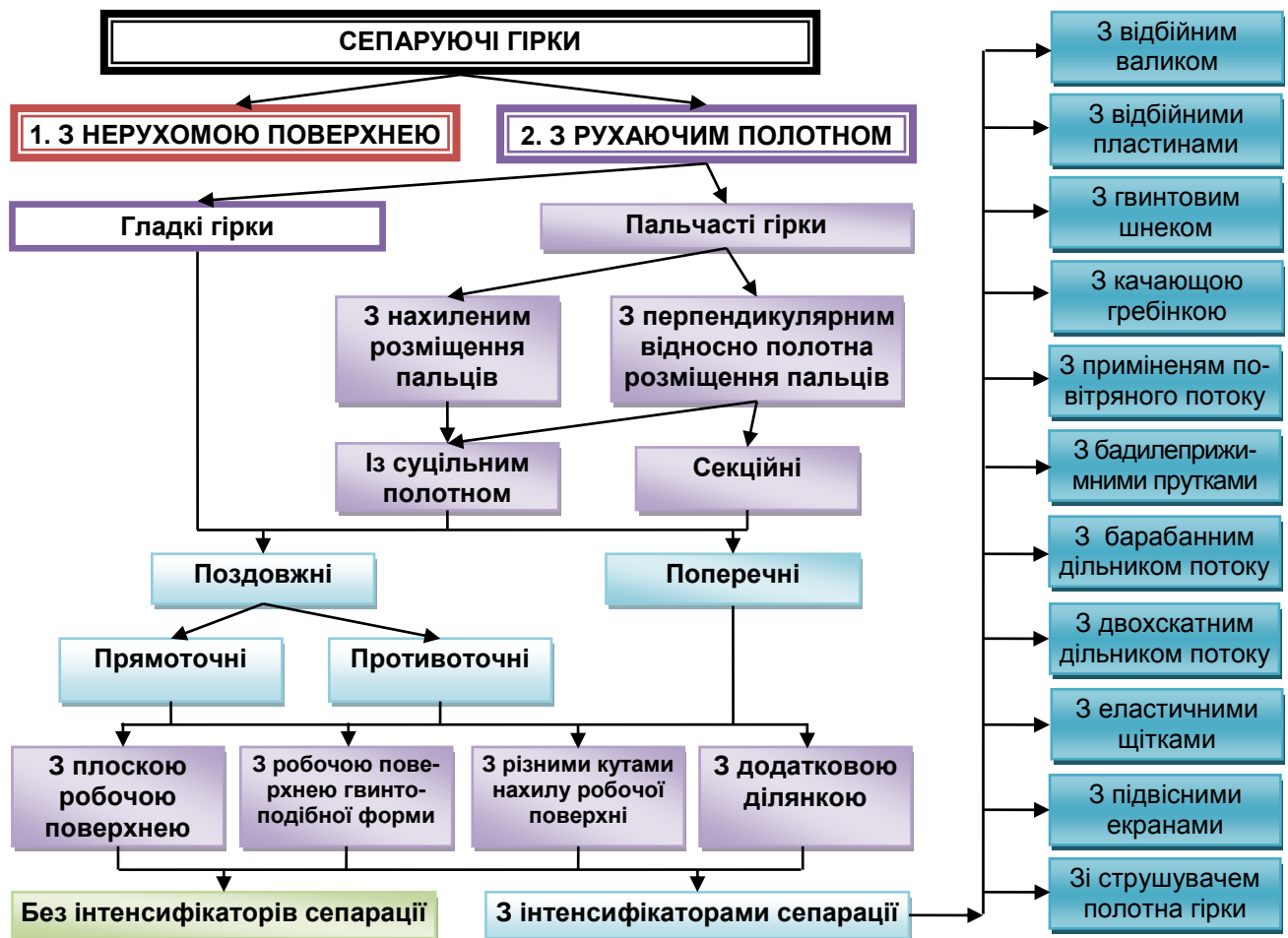


Рис. 1. Класифікація сепаруючих гірок

**Висновки.** Проведений аналіз існуючих сепаруючих гірок підтвердив необхідність проведення досліджень щодо їх вдосконалення, для чого необхідно обґрунтувати параметри і режими роботи пристрою для інтенсифікації їх технологічного процесу.

### Список використаних джерел

1. Грушецький С.М. Дослідження сепаратора піднімаючо-сходячої дії для коренебульбозбиральних машин. *Інженерія природокористування* / ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Харків, 2021. № 2 (20), С. 60-67.

**ВІДОМОСТІ**  
**про автора та наукового керівника наукової роботи**  
**«KARTOPLEKOPACH»**

Автор

Науковий керівник

1. Прізвище Гаврилюк
2. Ім'я (повністю) Максим
3. По батькові Анатолійович
4. Повне найменування та місцезнаходження вищого навчального закладу, у якому навчається автор  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область, 32316
5. Факультет інженерно-технічний
6. Курс (рік навчання) 1 магістр
7. Результати роботи подано:  
1. 2024р. Заявка на патент № u202401497 «Роторна коренебульбозбиральна машина»;  
2. 2025р. Study of design characteristics and parameters of separating slides of potato harvesting machines. Engineering & Agriculture.  
3. 2025р. Класифікація сепаруючих гірок. ЗВО «ПДУ».
8. Результати роботи впроваджено:  
1. 2024р. ТзОВ «Адамівка Агро» Хмельницького району Хмельницької області.
9. Телефон, e-mail тел. м. 068-561-68-23

1. Прізвище Грушецький
2. Ім'я (повністю) Сергій
3. По батькові Миколайович
4. Місце роботи, телефон, e-mail  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», тел. м. 067-931-65-62 e-mail [g.sergiy.1969@gmail.com](mailto:g.sergiy.1969@gmail.com)
5. Посада доцент
6. Науковий ступінь к.т.н.
7. Вчене звання доцент

Науковий керівник

Сергій ГРУШЕЦЬКИЙ

\_\_\_\_\_ (підпис)

Автор роботи

Максим ГАВРИЛЮК

\_\_\_\_\_ (підпис)