

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Обґрунтування параметрів роботи сепарувального пристрою
картоплезбиральної машини»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Білокінь Ярослав Васильович
Керівник: Яценко Ю. В.
Рецензент: Яхін С. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з перспективних напрямків розвитку сільського господарства є збільшення частки виробленої картоплі регламентованої якості при скороченні витрат на саме виробництво [1].

Найбільш трудо- і енергоємною частиною (найбільше витрат) технології машинного виробництва картоплі є процес збирання [2], який здійснюється в основному комбайнами. Сучасні картоплезбиральні машини забезпечують необхідні показники ефективності в сприятливих умовах експлуатації [2]. У несприятливих умовах (які, в першу чергу, характеризуються підвищеною або зниженою вологістю ґрунту) повнота сепарації бульб від домішок знижується, а втрати і пошкодження продукції зростають. Дана ситуація пов'язана з недосконалістю сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин.

В процесі машинного збирання через сепаруючі робочі органи проходить до 1000 тонн ґрунту з 1 га [3], з якого з мінімальним ушкодженнями необхідно відділити бульби. Внаслідок цього продуктивність картоплезбиральних комбайнів в цілому визначається їх пропускною спроможністю. В даний час найбільш широке поширення і застосування отримали пруткові елеватори [3].

До істотних недоліків пруткових елеваторів відноситься те, що вони значно втрачають свою сепаруючу здатність при зниженій вологості ґрунту через великий вміст ґрунтових грудок в бульбоносному воросі і при підвищеній вологості, коли налипання ґрунту на прутки практично зводить до нуля просвіти між ними [4].

Також в умовах зниженої вологості ґрунту спостерігається значне зростання пошкоджень бульб, основна причина якого полягає в контакті картопляного вороху з боковинами рами збиральної машини [4]. Виходячи з вищесказаного, можна стверджувати, що підвищення ефективності і якості

функціонування робочих органів сепарації картоплезбиральних машин є актуальною науково-технічною задачею.

Мета дослідження. Підвищення ефективності технологічного процесу машинного збирання картоплі шляхом вдосконалення робочих органів сепарації.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес сепарації бульбоносного вороху.

Предмет дослідження. Теоретичні та експериментальні закономірності протікання технологічного процесу сепарації бульбоносного вороху в картоплезбиральних машинах.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження проводилися по оригінальними методиками, що базуються на фундаментальних засадах теоретичної механіки, опору матеріалів, а також теорії ймовірності та математичної статистики.

Теоретична та практична значущість результатів досліджень полягає в результатах оцінки агротехнічних і техніко-економічних показників роботи картоплезбиральних машин, оснащених вдосконаленим робочим органом сепарації.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз технологій збирання картоплі

При вирощуванні картоплі, одним з найскладніших завдань є збирання, на частку якого припадає 45-70 % від загальних трудовитрат виробництва [5]. У збиральному процесі беруть участь як картоплезбиральні агрегати, так і транспортні засоби, які здійснюють вивезення врожаю з поля. При цьому нестача транспорту під навантаження врожаю неминуче призводить до втрати робочого часу комбайнів. Таким чином, раціональна організація збирально-транспортних робіт при виробництві картоплі дозволить домогтися високих результатів [6].

На сьогоднішній день існує безліч різновидів технологій машинного збирання картоплі, як універсальних, розрахованих на повсюдне поширення, так і більш екзотичних, орієнтованих на конкретні природно-кліматичні умови [3, 6]. Нижче розглянемо їх переваги та недоліки більш детально.

У несприятливих умовах, а також при стислих термінах збирання найбільш раціонально використовувати технології збирання із застосуванням комбайнів елеваторного типу [3, 5]. Такі машини здійснюють безперервне завантаження транспортного засобу, що рухається поруч із збиральним агрегатом, без проміжного накопичення врожаю на комбайні. Дана технологія забезпечує найбільшу продуктивність процесу збирання при знижених пошкодженнях врожаю і дозволяє тривалий час зберігати врожай, проте дає досить низький ступінь очищення кінцевого продукту, через що в технології з'являється додатковий блок операцій – післязбиральної обробки, що підвищує собівартість кінцевого продукту. Також збиральні машини даного типу можуть використовуватися за технологією «non-stop». В цьому режимі елеваторний комбайн продовжує працювати, подаючи зібрану

картоплю своїм завантажувальним конвеєром, встановленим в горизонтальне положення, в міжряддя невикопаної частини поля, яка забирається пізніше (роздільний спосіб) [7].

Існує **технологія збирання картоплі із сортуванням на елеваторному комбайні** [7], в процесі якої бульби дрібної фракції збираються в окремий бункер, а середньої і великої в транспорт, що йде поруч. Даний спосіб дозволяє скоротити час на додаткове сортування в пункті післязбиральної обробки, дозволяє негайно з поля відвозити продукцію замовникові і економити місце в транспортному засобі, забираючи тільки бульби необхідної фракції.

При сприятливих погодних умовах в разі, коли картопля призначена для зберігання або реалізації навалом, найбільшу ефективність мають технології збирання з використанням бункерних комбайнів. Залежно від довжини гону, від врожайності на конкретному полі і від вантажопідйомності транспортних засобів, що застосовуються для вивозу врожаю з поля, оптимальне використання комбайнів з певною ємністю бункера. Сучасні комбайни мають стаціонарно встановлені на рамі 2-х, 3-х, 4-х і більше тонні бункери, що дозволяє підібрати комбайн з урахуванням умов конкретного господарства.

Недоліком використання бункерних машин є підвищене пошкодження бульб, що відбувається через велику кількість перевалок зібраної продукції.

Відома **технологія проведення робіт з використанням збиральної машини зі змінним бункером** [8], в якому відбувається тимчасове накопичення врожаю і транспортування з поля до пункту для післязбиральної обробки, де здійснюють вивантаження, доочистку бульб від домішок, сортування на фракції, затарювання та відправку на зберігання. Використання даної технології забезпечує зменшення кількості перевалок врожаю, зниження ушкоджень сільськогосподарської продукції і підвищення

продуктивності прибирання. Однак її застосування обмежене відсутністю серійно випускаємих комбайнів подібного типу.

Технологія збирання картоплі комбайном з бункером підвищеної місткості [9]. Після його заповнення бульби картоплі транспортують з поля в комбайні, далі при зупинці біля пункту післязбиральної обробки і відкриття вивантажного вікна бункера-накопичувача, здійснюють дозовану подачу картоплі розосередженим потоком для доочистки, сортування і затарювання. Дана технологія забезпечує зниження інтенсивності процесів деградації ґрунтового покриття поля (скорочується обсяг переїздів техніки по полю) і вартості використовуваного комплексу машин (знижується номенклатура, так як відпадає необхідність в транспортних засобах для вивезення бульб з поля) при одночасному підвищенні якості кінцевого продукту.

Аналіз досвіду розвинених європейських країн [7] показує, що в сприятливих погодних умовах найбільш раціонально застосовувати **технологію збирання картоплі із затарюванням на комбайні**, оскільки це дозволяє виконати вимоги споживача про зниженню перевалок продукції, що зменшує пошкодження бульб і витрати на додаткові операції післязбиральної обробки. Сучасний технічний рівень картоплезбиральних машин дозволяє затарювати урожай в мішки (сітки), ящики або контейнери різної місткості.

Залежно від технології збирання і використовуваної техніки застосовуються різні способи транспортування зібраної картоплі з поля: за допомогою автомашин-самоскидів; автомашин з напівпричепами; тракторних самоскидних причепів; напівпричепів та контейнеровозів.

1.2. Аналіз конструктивно-технологічних схем картоплезбиральних машин

Картоплекопачі широко поширені завдяки дешевизні і можливості застосування у важких ґрунтово-кліматичних умовах і на малих ділянках

(можлива робота на полях з довжиною гону менше 150 м). Залежно від застосовуваного сепаруючого робочого органу копачі поділяють на типи: розкидний і просіювальний [9].

Копачі розкидного типу (КТН-1Б) (рис. 1.1). Тут технологічний процес здійснюється наступним чином: при русі агрегату леміш підрізає бульбоносний пласт. Роторне колесо обертається і гребінками руйнує і розкидає по полю бульбоносний пласт (ширина розкиду бульб близько 3 м). Потім проводиться ручний підбір бульб. Для скорочення зони розкиду бульб на копачі встановлюють захисний кожух.

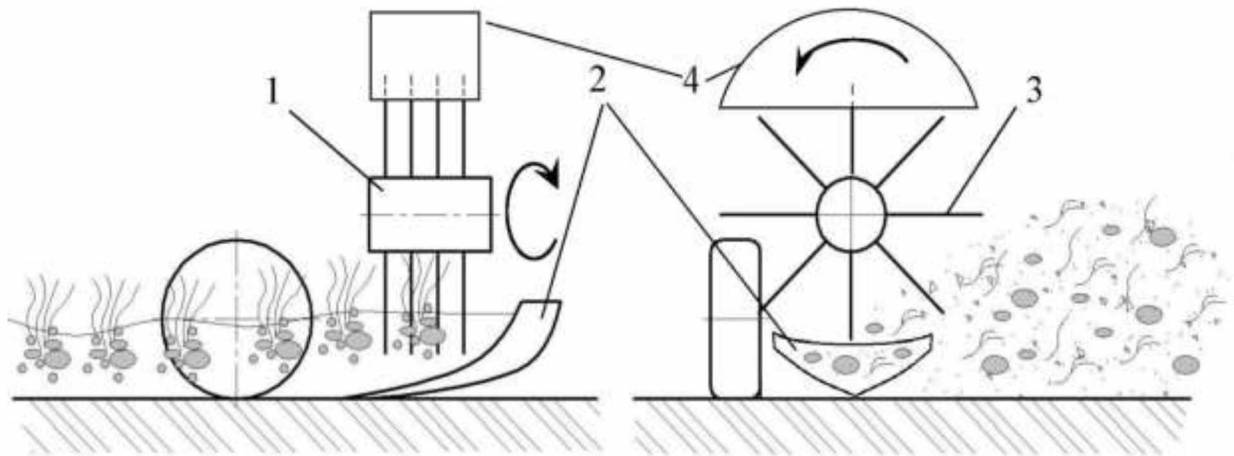
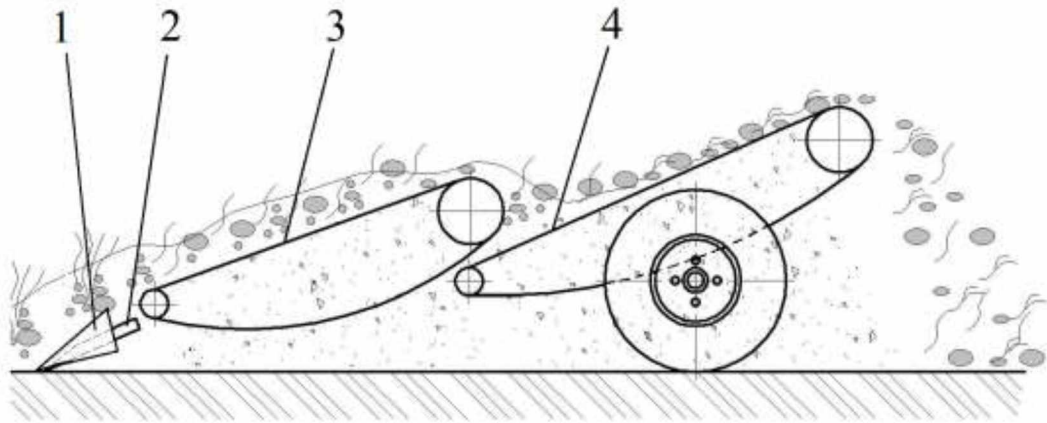


Рисунок 1.1 – Технологічна схема і загальний вид картоплекопача КТН-1Б

Копачі просіювального типу поділяють на елеваторні і грохотні. Елеваторні картоплекопачі (КТН-2В (рис. 1.2), КСТ-1,4 і т.д.) мають леміші для підкопування картоплі і пруткові елеватори, що розбивають бульбоносний пласт і просівають ґрунт. Бульби та бадилля падають на землю для ручного підбору [10].



а)



б)

1 - боковина; 2 - леміш; 3 - основний сепаруючий елеватор; 4 - каскадний елеватор

Рисунок 1.2 – Технологічна схема і загальний вид картоплекопача КТН-2В: а) технологічна схема; б) загальний вигляд

Технологічний процес копача КТН-2В виглядає наступним чином [9, 11]. При русі агрегату по полю леміші підкопують дві суміжні грядки. Бульбоносний пласт подається на основний елеватор 3, який рухається зі швидкістю приблизно в 1,5 рази більшою швидкості самого копача, в результаті чого поступаючий ворох частково розділяється і подрібнюється.

Після відділення основної частини домішок на основному сепарувальному елеваторі 3, процес триває на каскадному елеваторі 4. Після чого бульби скидаються на поле для ручного підбору.

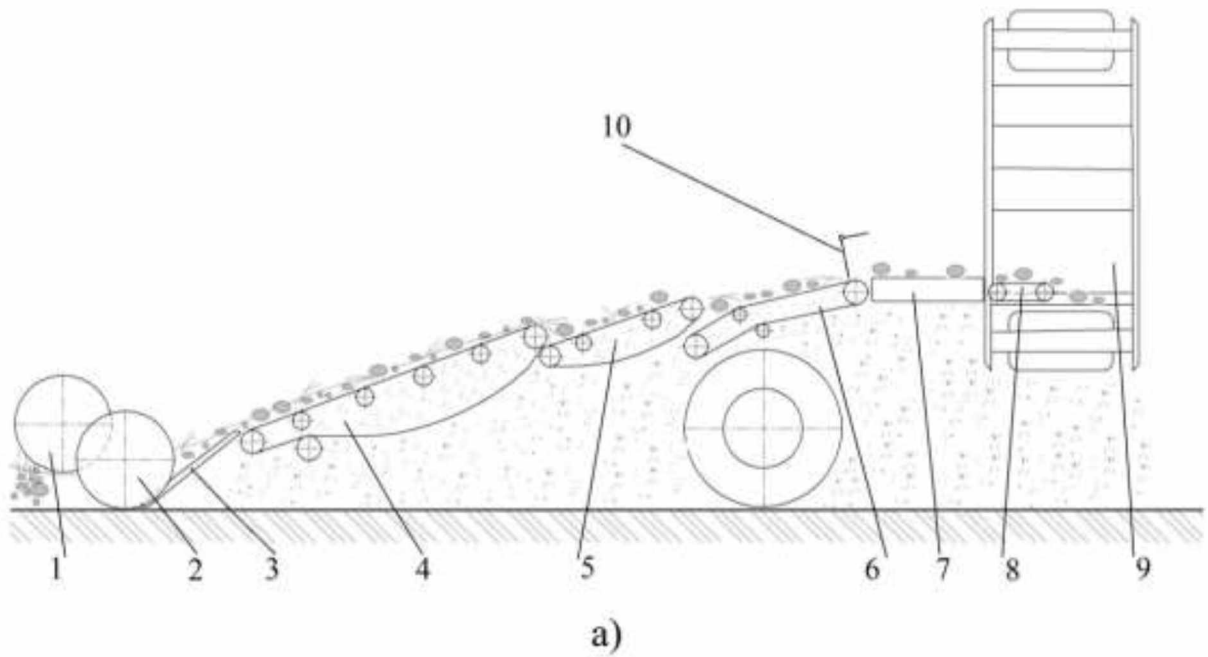
Грохотні картоплекопачі замість пруткових елеваторів мають один або кілька ґратчастих грохотів [9]. Леміш закріплений на передній кромці грохота і коливається разом з ним.

Недоліками даного виду збиральних машин є низькі агротехнічні показники: втрати бульб досягають 50 %, ушкодження продукції за масою перевищують 20 % особливо на ґрунтах зі зниженою вологістю, а також високі трудовитрати при підборі бульб з поля та затарюванні [6].

Елеваторні комбайни на відміну від копачів мають додаткові пристрої гичковидалення і сепарації, вивантажний елеватор для завантаження зібраних бульб в причіп або кузов автомобіля, а деякі моделі комплектуються невеликим проміжним бункером для невпинної роботи, тому в середньому вони коштують дорожче, ніж копачі, але дешевше, ніж комбайни [12]. Перевагою елеваторних комбайнів є зниження трудовитрат при збиранні картоплі і їх висока продуктивність в порівнянні з копачами.

Сучасним представником елеваторних комбайнів є модель AVR Esprit (рис. 1.3).

Відмінною рисою даної моделі картоплезбиральної машини є можливість роботи, як з прямим, так і з бічним підкопувачем. На вологих ґрунтах відсутня необхідність вести трактор по міжряддю, що дає можливість використовувати широкі колеса зі збільшеною прохідністю і знижувати ущільнення ґрунту в гребені. Зміна прямого підкопу на бічний проводиться гідравлічним способом.



1 - катки; 2 - вертикальні диски; 3 - леміш; 4 - перший просіювальний елеватор; 5 - другий просіювальний елеватор; 6 - третій елеватор; 7 - роликовий елеватор; 8 - додатковий елеватор; 9 - вивантажний елеватор; 10 - гребінчастий гичковидаляч

Рисунок 1.3 – Технологічна схема і загальний вид комбайна AVR Esprit: а) технологічна схема; б) загальний вигляд

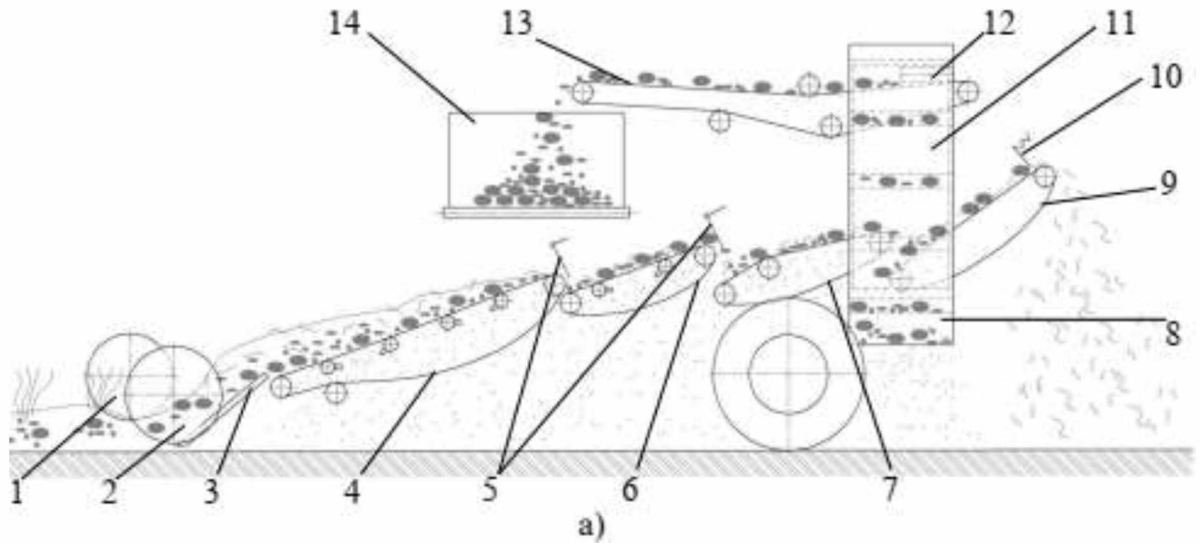
Бункерні картоплезбиральні комбайни є найбільш складними і дорогими машинами для збирання картоплі. На відміну від елеваторних комбайнів вони обладнані бункером для тимчасового накопичення бульб і перебірковим столом для ручної доочистки вороху від домішок. Комбайни найбільш ефективні на великих площах, мають високу продуктивність і в достатній мірі дотримуються агротехнічні вимоги [11].

Основна частина зарубіжних картоплезбиральних комбайнів спроектована за класичною схемою (Grimme DR 1500, AVR BK Variant, і т. д.) [12]: підкопуюча частина (котки, леміш і бічні відрізні диски), один або кілька сепаруючих елеваторів (основний та додатковий), інтенсифікаторами, грудкоподрібнювач, гичковиделячі (пальчасто-гребінчастий, рідкопрутковий і т. д.), поздовжня гірка, підйомний елеватор, перебірковий стіл, бункер і вивантажний елеватор [13].

Одним з найпоширеніших сучасних бункерних комбайнів імпорного виробництва є модель DR-1500 фірми Grimme. Технологічна схема і загальний вид даної збиральної машини представлені на рисунку 1.4.

Деякі сучасні імпортні картоплезбиральні комбайни (Imac Special, Bolko-S) [14] дозволяють збирати картоплю і затарювати її в контейнери, мішки або ящики безпосередньо на комбайні, що значно скорочує пошкодження бульб, і має на меті реалізацію продукції в торговельній мережі або закладку на зберігання без післязбиральної обробки. На жаль, такі комбайни мають обмежену продуктивністю (як правило, вони однорядні) і дуже чутливі до погодних умов, тому їх застосовують на збиранні ранньої і насінневої картоплі, а також в умовах господарств з невеликими площами під картоплю.

Оцінка ефективності використання картоплезбиральних комбайнів здійснюється шляхом порівняння агротехнічних показників. Короткий перелік агротехнічних вимог виглядає наступним чином [13]:



а)
1 - катки; 2 - вертикальні диски; 3 - леміш; 4 - основний елеватор; 5 - гичковидальч; 6 - каскадний елеватор; 7 - додатковий елеватор; 8 - ковшовий транспортер; 9 - гірка; 10 - відбійні елементи; 11 - підтримуюча стрічка; 12 - вал; 13 - перебірковий стіл; 14 - бункер

б)
Рисунок 1.4 – Технологічна схема і загальний вид картоплезбирального комбайна Grimme DR-1500: а) технологічна схема; б) загальний вигляд

- втрати бульб не повинні перевищувати 3%, але не більше 0,6 т/га (при підрахунках не враховуються бульби масою менше 20 г);

- чистота бульб, зібраних комбайном, повинна бути не менше 80%;
- пошкодження бульб при роботі на легких, середніх і засмічених каміннями ґрунтах не повинні перевищувати 10%, а на перезволожених важких ґрунтах – до 5%. До пошкоджених відносяться бульби: роздавлені, розрізані й надрізані, з тріщинами довжиною по хорді 20 мм, з виривами і потемнінням м'якоті від ударів глибиною більше 5 мм і здертою шкіркою в сумі більш ніж з $\frac{1}{4}$ поверхні бульби;
- продуктивність картоплезбиральних комбайнів не менше 0,15 га/год на рядок;
- коефіцієнт використання експлуатаційного часу не повинен бути менше 0,6.

Аналіз конструктивних рішень картоплезбиральних засобів показав [9, 11, 13], що їх різновид є результатом поєднання різних комбінацій підкопуючих, сепаруючих і допоміжних органів, призначених для виконання основних технологічних операцій. В результаті чого вибір тієї чи іншої машини здійснюється, виходячи з особливостей ґрунтових (тип і механічний склад ґрунту) і погодних [10] (температура, вологість, кількість опадів і ін.) умов, призначення готової продукції (продовольча, насіннева, фуражна, на переробку; для безпосередньої реалізації або для тривалого зберігання), обсягів виробництва і матеріальних можливостей підприємства.

1.3. Аналіз конструктивних рішень в картоплезбиральних машинах

Для того щоб відповідати всім вимогам, сучасна картоплезбиральна техніка оснащується великою кількістю робочих органів, які можна розбити на кілька груп [7, 9, 13]:

- 1) перша - основні робочі органи:
 - а) підкопувальні;

б) сепаруючі (первинна та вторинна сепарація), в тому числі органи для відділення ґрунтових і рослинних домішок (видаляють бадилля);

в) грудкоруйнуючі;

2) друга - допоміжні робочі органи і вузли:

г) рама;

д) ходова частина;

е) приводні механізми і вузли;

є) транспортують робочі органи;

ж) пристрої і пристосування для тимчасового зберігання бульб.

В даний час всі сепаруючі пристрої підрозділяються на дві основні групи: органи первинної сепарації і органи вторинної сепарації (виносної сепарації).

Органи первинної сепарації [15] діляться на дві групи, призначені для відділення бульб від сухого, дрібного, сипучого ґрунту і відділення ґрунтових і рослинних домішок (видаляють бадилля). Органи вторинної сепарації – це в основному пальчаті гірки, різних конструкцій, які використовуються для доочистки бульб від дрібних ґрунтових і рослинних домішок.

Органи первинної сепарації при оптимальних умовах здатні відокремлювати до 90% домішок ґрунту. Вони характеризуються високою пропускною здатністю і малими ушкодженнями бульб [15]. В результаті чого бульбоносна маса може мати співвідношення бульб до домішок 1 : 1.

Таким чином, первинні сепаратори грають важливу роль в процесі відділення домішок, і від якості їх роботи буде залежати ефективність функціонування більш складних сепаруючих пристроїв (вторинних), що в подальшому позначиться на якості кінцевого продукту.

Основними типами сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин є грохоти з коливальним рухом решіт (рис. 1.5 б), пруткові елеватори (рис. 1.5 г), барабанні (рис. 1.5 а) і валкові грохоти [13, 16] (рис. 1.5 в).

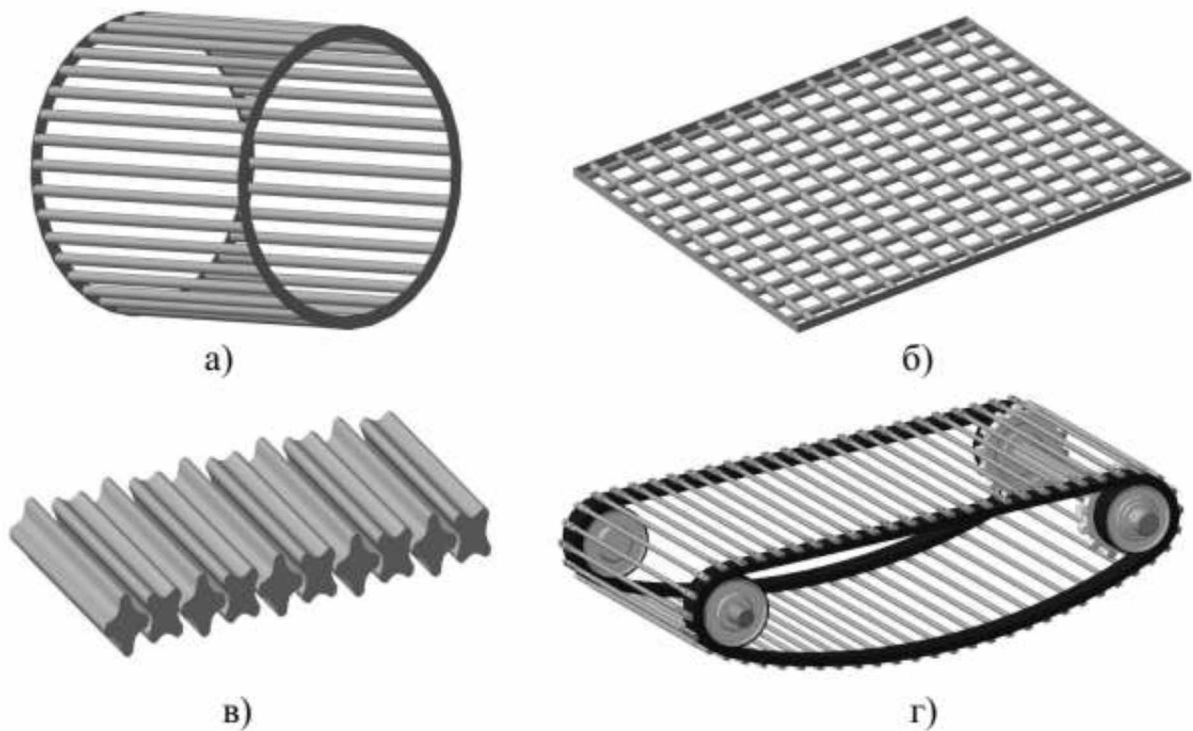


Рисунок 1.5 – Основні типи сепаруючих робочих органів: а) барабанний грохот; б) решітний грохот; в) валковий грохот; г) прутковий елеватор

а) барабанні грохоти (рис. 1.5 а) застосовуються в картоплезбиральних машинах в якості сепаруючих і підйомно-транспортних пристроїв. Вони надійні в експлуатації, споживають мало енергії, в них відсутні невідновлені інерційні сили (якщо не брати до уваги нерівномірність подачі картопленосного вороху, що надходить постійно на грохот) [13].

Недоліком барабанних грохотів є їх низька ефективність при використанні на перезволожених ґрунтах. Широкого поширення в конструкціях збиральної техніки вони не отримали.

б) в решітних грохотах (рис. 1.5 б) бульбоносний ворох переміщується вгору по поверхні за рахунок періодичного підкидання, скочуванню маси вниз перешкоджають виступи поздовжніх прутків [14].

Розглянуті робочі органи здатні відсівати при оптимальних умовах до 92% ґрунту. Однак, при вологості вище 21% грохоти практично повністю припиняють відділення домішок в зв'язку з їх налипанням на решета, що призводить до нагромадження вороху і припинення технологічного процесу [15].

в) у валкових грохотах (рис. 1.5 в) бульбоносний ворох переміщається по поверхні за допомогою кулачків, піддаючись інтенсивному руйнуванню [16]. Особливістю цих робочих органів є висока інтенсивність руйнування пласта, що дозволяє досягати в оптимальних умовах до 93% чистоти бульб в тарі [16]. Відсутність вібрації, можливість самоочищення дозволяють використовувати ці пристрої при всіх значеннях вологості ґрунту [9].

Внаслідок високих навантажень, що діють на пласт, значно зростає показник ушкоджень бульб, який для картоплекопачів становить 16 - 25%, а для комбайнів доходить до 40%. Також використання валкових грохотів має на меті передзбиральне видалення бадилля. Крім того, ще одним недоліком подібних грохотів є велика металоємність [16].

г) найбільшого поширення серед сепаруючих пристроїв отримали пруткові елеватори (рис. 1.5 г). При транспортуванні ґрунтово-картопляного вороху по полотну ґрунт і частина домішок просіваються між прутами, а бульби і камені йдуть далі за технологічною схемою картоплезбиральної машини [9].

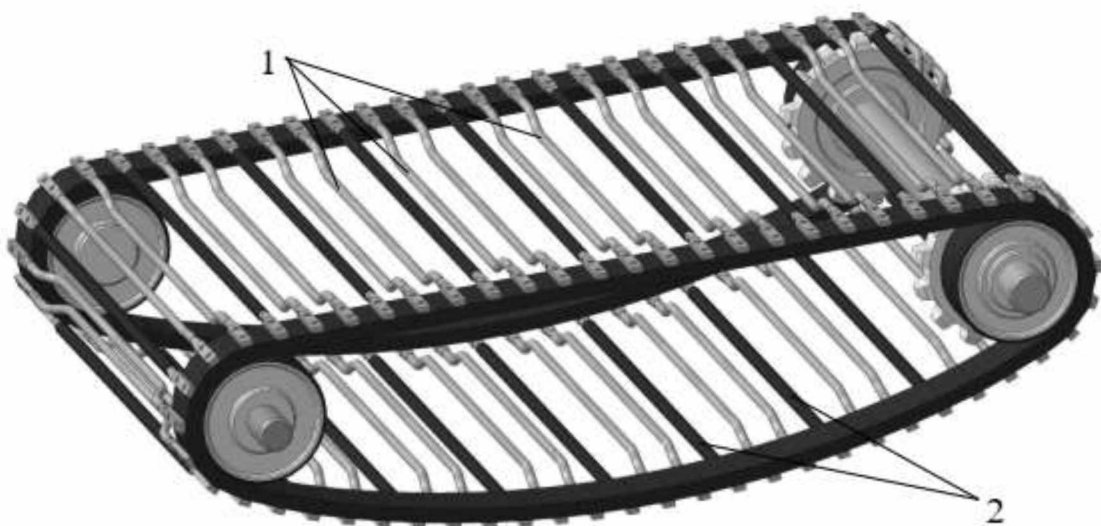
Пруткові елеватори здатні відокремити при оптимальній вологості до 90% ґрунту. Вони не вимагають високоміцних рам через незначну малу вібрації, мають високу здатність до самоочищення [17]. Пруткові елеватори серед інших сепаруючих пристроїв мають найнижчі показники по пошкодженнях картоплі і володіють високою технологічністю виконання процесу сепарації. Вони не схильні до нагромадження вороху, проводять розпушення підкопуючого пласта і дозволяють картоплезбиральним машинам підтримувати задану збиральну швидкість 1,2 - 2,0 м/с [18].

Недоліками пруткових елеваторів є те, що вони значно втрачають свою сепаруючу здатність при вологості ґрунту менше 13% через великий вміст ґрунтових грудок і понад 23%, коли налипання ґрунту на прутки практично зводить до нуля просвіти між ними і ґрунт не може просіюватися [19].

Для збільшення ефективності відділення домішок від бульбоносного вороху на елеваторах картоплезбиральних машин в їх конструкцію впроваджують додаткові механізми – інтенсифікатори сепарації [9].

Багато виробників картоплезбиральної техніки (Grimme, AVR і т.д.) на додаткових елеваторах застосовують полотна з комбінацією різних видів прутків. Так компанія Imac на своїй моделі картоплезбирального комбайна Special використовує транспортерну стрічку [7], обладнану прутками, що чергуються: прямими, покритими матеріалом з ПВХ, і вигнутими утворюючи «осередки», запобігають ушкодженню молодої картоплі (рис. 1.6).

Проведений аналіз конструктивно-технологічних схем сепаруючих елеваторів показав [9, 13], що картоплезбиральні машини, на яких вони встановлені, не можуть відповідати в повній мірі агротехнічним вимогам при всій різноманітності ґрунтово-кліматичних умов проведення збиральних робіт.



1 - вигнуті прутки; 2 - прутки з покриттям з ПВХ

Рисунок 1.6 – Елеватор картоплезбирального комбайна Imac Special

Тому необхідні інноваційні рішення при розробці високопродуктивних, надійних [19] і тих, що забезпечують мінімум пошкоджень бульб, сепаруючих органів [16, 20], які були б уніфіковані з картоплезбиральними машинами, що випускаються промисловістю і масово-експлуатованими в господарствах.

Висновки, мета та завдання досліджень

Проведений аналіз досліджень сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин дозволяє зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що сучасна картоплезбиральна техніка не може в повній мірі відповідати агротехнічним вимогам у зв'язку з різноманітністю ґрунтових і природно-кліматичних умов.

2. У зв'язку з тим, що основна маса ґрунту відсівається на першому елеваторі (до 90%), а на наступні надходять переважно бульби з рослинними домішками, то доцільним рішенням є розробка пристроїв, що запобігають контактну взаємодію картоплі з робочими органами збиральних машин.

3. Перспективним шляхом зниження пошкоджень бульб на робочому органі сепарації є впровадження в його конструкцію пружних елементів обмеження контакту картопленосного вороху з пошкоджувальними поверхнями збиральних машин.

Мета дослідження: підвищення ефективності технологічного процесу машинного збирання картоплі шляхом вдосконалення робочих органів сепарації.

Завдання дослідження:

- розробка конструктивно-технологічної схеми робочого органу сепарації картоплезбиральних машин, що дозволяє знизити пошкодження бульб при незмінній якості відділення ґрунтових домішок;

- теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів вдосконаленого робочого органу сепарації;
- проведення випробувань вдосконалених картоплезбиральних машин;
- визначення економічної ефективності картоплезбиральних машин.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма досліджень

Для визначення ефективності функціонування вдосконаленого робочого органу сепарації була розроблена програма лабораторно-польових досліджень, що складається з трьох етапів.

1. Проведення багатofакторного експерименту на установці, оснащеної вдосконаленим робочим органом сепарації.
2. Проведення експерименту на серійному картоплекопачі при аналогічних умовах і режимах роботи.
3. Обробка та аналіз отриманих результатів досліджень.

2.2. Об'єкти досліджень і використане обладнання

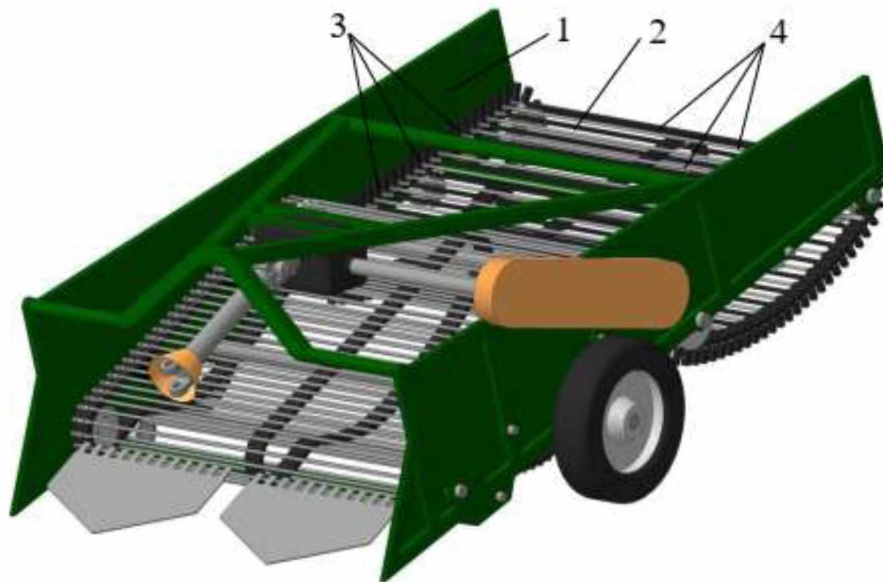
В ході лабораторних досліджень визначалися показники якості виконання технологічного процесу серійного картоплекопача і картоплекопача, оснащеного вдосконаленим робочим органом сепарації:

- чистота картопляного вороху;
- втрати бульб;
- пошкодження бульб (всього по масі).

Об'єктами лабораторно-польових досліджень виступала експериментальна установка, оснащена вдосконаленим робочим органом сепарації.

Експериментальна установка (рис. 2.1) була зібрана на базі серійного картоплекопача КТН-2В із заміною на ньому каскадного елеватора вдосконаленим робочим органом сепарації [21], який складається з полотна

просіювального пруткового елеватора 2 і пружних елементів 3 обмеження контакту бульб з рамою 1, розташованих вздовж полотна елеватора 2 з його боків паралельно рамі і симетрично відносно її центральної осі. Пружні елементи 3 обмеження контакту бульб з боковиною рами закріплені консольно до зовнішньої сторони елеватора між його прутами і мають переріз у формі рівнобедреної трапеції, причому більшу основу направлено в бік центральної осі елеватора. Загальний вигляд вдосконаленого робочого органу сепарації представлений на рис. 2.2.



1 - рама; 2 - полотно елеватора; 3 - пружні елементи; 4 - прутки елеватора

Рисунок 2.1 – Схема експериментальної установки

При проведенні лабораторно-польових досліджень використовувалося наступне перевірене обладнання:

- рулетка Р-10 УЗК;
- лінійка металева;
- штангенциркуль 0 - 160 ШЦ-III;
- оптичний нівелір Sokkia B30;

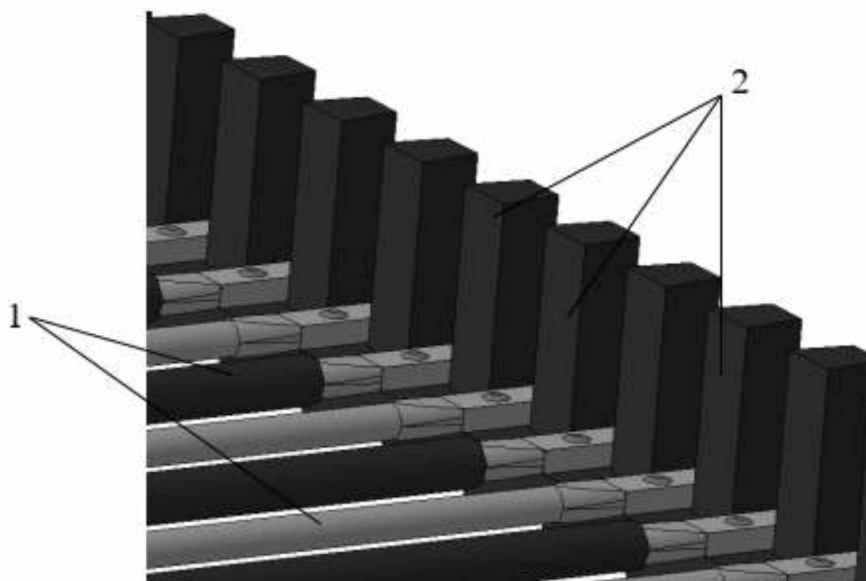


Рисунок 2.2 – Робочий орган сепарації з встановленими пружними елементами: 1 - прутки елеватора; 2 - пружні елементи

- психрометр М-34М;
- сушильна шафа ШС-80-01;
- бур Качинського;
- технічні лабораторні ваги ЕТ-П-М.

2.3. Методика проведення досліджень

Відносну вологість і температуру повітря визначали за допомогою психрометра [21]. За свідченням його сухого термометра було зафіксовано температуру навколишнього повітря. За різницею показань сухого і змоченого термометрів за допомогою спеціалізованих (психрометричних) таблиць була встановлена відносна вологість повітря. Похибка вимірювань показників становила не більше [22].

Нахил поля (ділянки) визначався нівеліром [15, 22]. Для отримання точної картини рельєфу проводилося нівелювання по всій поверхні облікової ділянки. Вибравши одну лінію межі ділянки, були відмічені квадрати

розміром 20 х 20 м. Кутові точки квадратів нумерувались, а їх рівень вимірювався нівеліром.

Мікрорельєф ділянки визначався профілографом. Для цього перед проходом збиральної машини на досліджуваній обліковій ділянці були встановлені дві регульовані опори, на які за допомогою рівня укладалася рейка, по ній переміщався профілограф із записуючим пристроєм. При цьому опори стояли поза слідів проходу робочих органів машини. За даними вимірів будувався графік профілю гребеня.

Вологість ґрунту визначалася шляхом висушування і встановлення втрат в масі проби ґрунту, взятої буром Качинського в місцях [15, 22], розташованих по діагоналі ділянки в п'ятикратній повторності.

При випробуванні машини відбір проб проводився на глибину обробки (0 - 20 см), через кожні 5 см. Зразок ґрунту з кожного шару висипався в тару, ретельно перемішувався, а потім відбиралися навіски ґрунту в два алюмінієвих пронумерованих стаканчика.

Абсолютну вологість ґрунту розраховували у відсотках за формулою:

$$W = \frac{100 \cdot a_i}{b_i} \quad (2.1)$$

де a_i – маса води, що випарувалася, г;

b_i – маса абсолютно сухого ґрунту, м

Твердість ґрунту визначалася ґрунтовим твердоміром Ревякіна [22] в місцях визначення вологості на глибину 0 - 20 см.

При знятті кожної діаграми самопишучим твердоміром перевіряли якість її запису (виразність) і справність роботи записуючого пристрою (олівця). Вістря записуючого пристрою (олівця) збігалось з нульовою лінією. Відхилення не перевищувало 1 мм [23].

Твердість ґрунту в кілограмах на квадратний сантиметр розраховували за формулою [15, 22]:

$$P_n = \frac{h_{cp} \cdot q_{np}}{S_{пл}}. \quad (2.2)$$

де h_{cp} – величина середньої ординати діаграм твердості, см;

q_{np} – масштаб пружини, кг/см;

$S_{пл}$ – площа поперечного перерізу плунжера, см².

Середню ординату визначали планіметруванням діаграми за формулою:

$$h_{cp} = \frac{F_d}{l_d}. \quad (2.3)$$

де F_d – площа діаграми, мм²;

l_d – довжина діаграми, мм.

Середнє значення твердості ґрунту на всій ділянці розраховували як середнє арифметичне з п'яти дослідів (діаграм).

Обробка результатів випробувань установки, оснащеної вдосконаленим робочим органом сепарації, проводилася методом порівняльної оцінки з використанням багатофакторного кореляційно-регресивного аналізу [13].

Багатофакторний кореляційно-регресійний аналіз з відсівом несуттєвих факторів застосовується для випробувань і дослідження сільськогосподарської техніки в рослинництві і дозволяє отримувати залежність досліджуваного результативного показника від факторів, що впливають на нього [13].

Фактори, що включаються у множинну регресію повинні відповідати наступним вимогам [13]:

- фактори повинні бути кількісно вимірні;
- результати спостережень повинні бути взаємно незалежні;
- передбачуваний зв'язок між змінними є статистично значущою.

Для проведення дослідження було обрано такі найбільш значущі незалежні чинники:

x_1 – площа основи пружного елемента, см²;

x_2 – висота пружного елемента, м;

x_3 – врожайність картоплі, т/га;

x_4 – швидкість руху експериментальної установки, км/год.

Діапазони варіювання значень факторів x_1 , x_2 задавалися згідно з теоретичними розрахунками. Для проведення випробувань були виготовлені п'ять комплектів пружних елементів, кожен з яких відрізнявся від інших одним з параметрів (площею основи або висотою). Висота пружного елемента x_2 мала значення 5,5 см; 6 см і 6,5 см, а площа основи x_1 – 5,2 см²; 5,94 см² і 6,3 см².

Для варіювання значень незалежного фактора x_3 проводився збір даних з ділянок, відведених під обробіток картоплі сорту «Аврора». Були отримані наступні значення врожайності бульб: 20,8 т/га; 21,3 т/га; 22 т/га і 22,7 т/га.

Для визначення втрат і чистоти картопляного вороху на експериментальній установці були змонтовані дві вільно обертальні осі (перша вісь – для збору домішок під елеваторами, друга – після установки, для підбору бульб і залишків домішок), на кожен з яких намотувався рулон плівки.

Чистоту картопляного вороху визначали:

$$Q_{\text{чист}} = \frac{m_{\text{б}}^{\text{пл}}}{m_{\text{дом}}^{\text{пл}} + m_{\text{б}}^{\text{пл}}} \cdot 100\%. \quad (2.4)$$

де $m_{\text{дом}}^{\text{пл}}$ – маса домішок у воросі (плівка №2), кг;

$m_{\text{б}}^{\text{пл}}$ – маса бульб, зібрана з плівки №2, кг.

Загальні втрати бульб розраховували:

$$Q_{\text{втр}} = \frac{m_{\text{б}}^{\text{пл1}}}{m_{\text{б}}^{\text{пл1}} + m_{\text{б}}^{\text{пл2}}} \cdot 100\%. \quad (2.5)$$

де m_{ϕ}^{n1} – маса бульб на плівці №1, кг;

m_{ϕ}^{n2} – маса бульб, зібрана з плівки №2, кг.

Відзначимо, що бульби масою менше 20 г (товщиною не більше 28 мм) не враховувалися як втрати [13].

Для визначення пошкоджень відбиралися бульби масою понад 50 г з плівки №2. Вага середньої проби становила понад 15 г. При аналізі бульби поділялися на дві фракції: цілі та пошкоджені [15, 22].

Пошкодження бульб всього по масі знаходили:

$$Q_{\text{пошкодж}} = \frac{m_{\text{пошкодж}}}{m_{\phi}} \cdot 100\%. \quad (2.6)$$

де $m_{\text{пошкодж}}$ – маса пошкоджених бульб, кг;

m_{ϕ} – загальна маса бульб, зібрана з плівки №2, кг.

Для опису моделі процесу використовувалися наступні види рівнянь регресії [13]: лінійне, статичне, зворотне, експоненціальне, полінома першого ступеня і квадратів факторів, полінома другого ступеня, лінійне рівняння без вільного члена, статичне без вільного члена, які вирішувалися матричним способом за методом Гауса [26, 27] за допомогою спеціалізованих програм (Mathcad і т.д.).

Для визначення суттєвості коефіцієнтів регресії спочатку необхідно обчислити статистичні показники за вихідними даними факторів-аргументів і результативного показника [13].

а) середнє арифметичне значення факторів-аргументів:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t x_{ij}, \quad (2.7)$$

де t – число спостережень;

i – порядковий номер фактора;

j – порядковий номер спостереження.

б) середнє арифметичне значення результативного показника:

$$\bar{y} = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t y_j, \quad (2.8)$$

де y_j – фактичне значення результативної ознаки j -го спостереження,
 $1 \leq j \leq t$.

в) середньоквадратичні похибки факторів-аргументів:

$$\sigma_{x_i} = \sqrt{\frac{1}{t-1} \sum_{j=1}^t (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}, \quad (2.9)$$

г) середньоквадратичну похибку результативного показника:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{t-1} \sum_{j=1}^t (y_j - \bar{y})^2}. \quad (2.10)$$

Для аналізу рівняння регресії обчислювалися показники, що характеризують адекватність рівняння [13].

Чим менша величина залишкової дисперсії, тим в меншій мірі спостерігається вплив інших, що не враховуються в рівнянні регресії факторів, і рівняння регресії більше підходить до вихідних даних.

Практична значимість рівняння множинної регресії оцінювалася за допомогою показника множинної кореляції і його квадрата (коефіцієнта детермінації) [13].

Висновки

У другому розділі «Методика й основні методи досліджень» описано загальну схему досліджень. Методичну основу організації роботи складала: системний підхід, що передбачає формулювання гіпотези, постановку завдань, вибір шляхів рішення, проведення експерименту, аналіз результатів і математична обробка; апробація і впровадження нових рішень.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Зниження пошкодження бульб на робочих органах сепарації картоплезбиральних машин

Розглянемо наступний розподіл видів пошкоджень бульб при машинному збиранні картоплі (рис. 3.1) [21], де переважна їх більшість виникає від взаємодії з непружними поверхнями робочих органів, наприклад, з боковиною рами комбайна (рис. 3.2). У зв'язку з чим подальший розвиток збиральної техніки безпосередньо пов'язаний з усуненням або частковою ліквідацією даного негативного фактора.

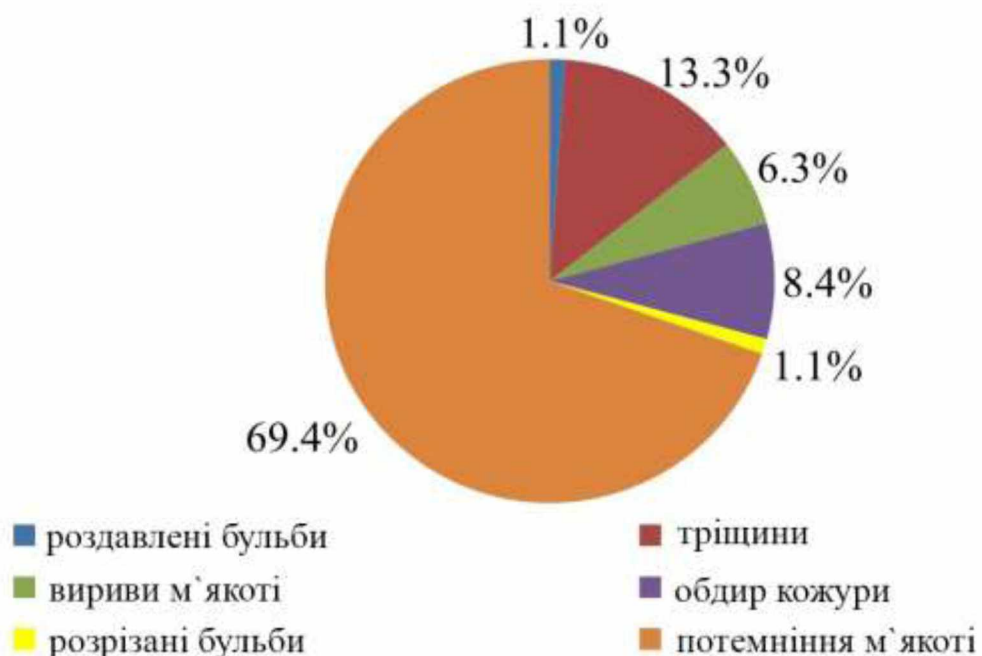
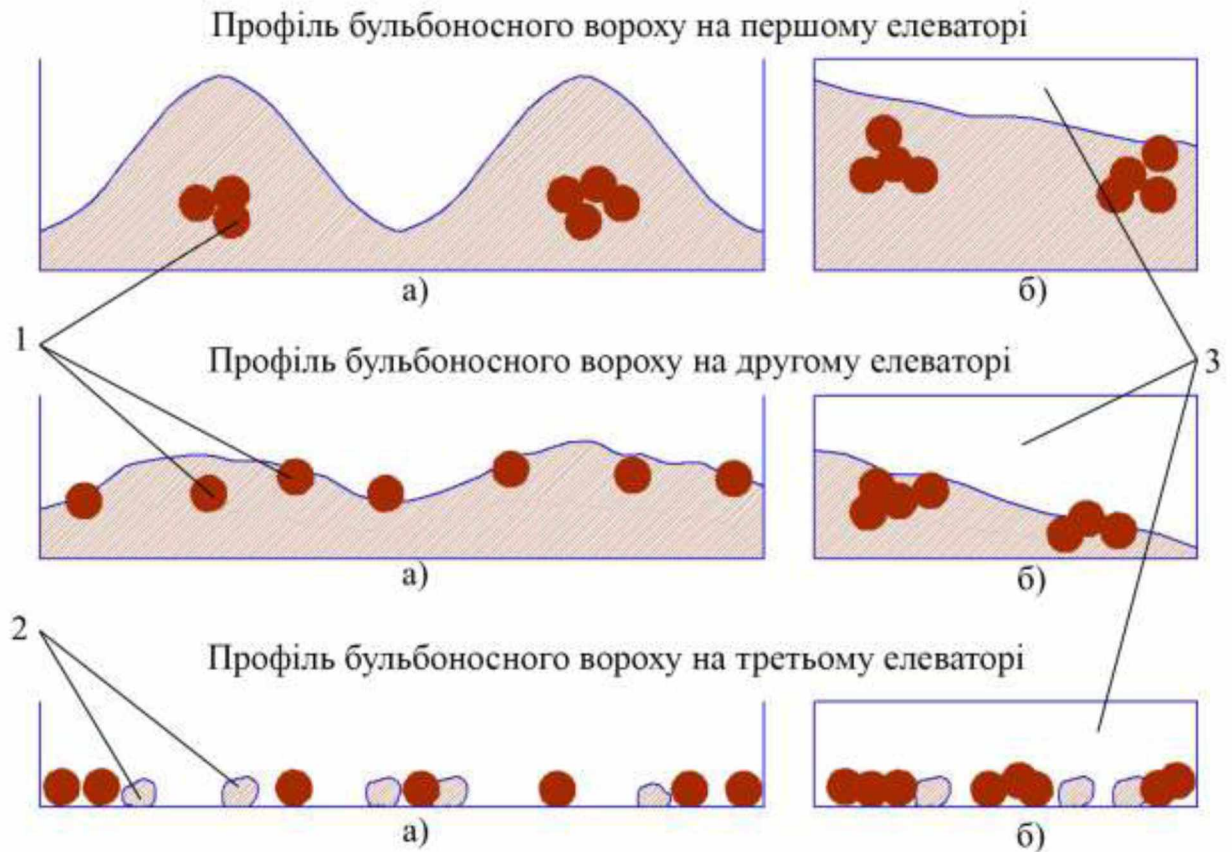


Рисунок 3.1 – Розподіл пошкоджень бульб за видами (від загального числа)



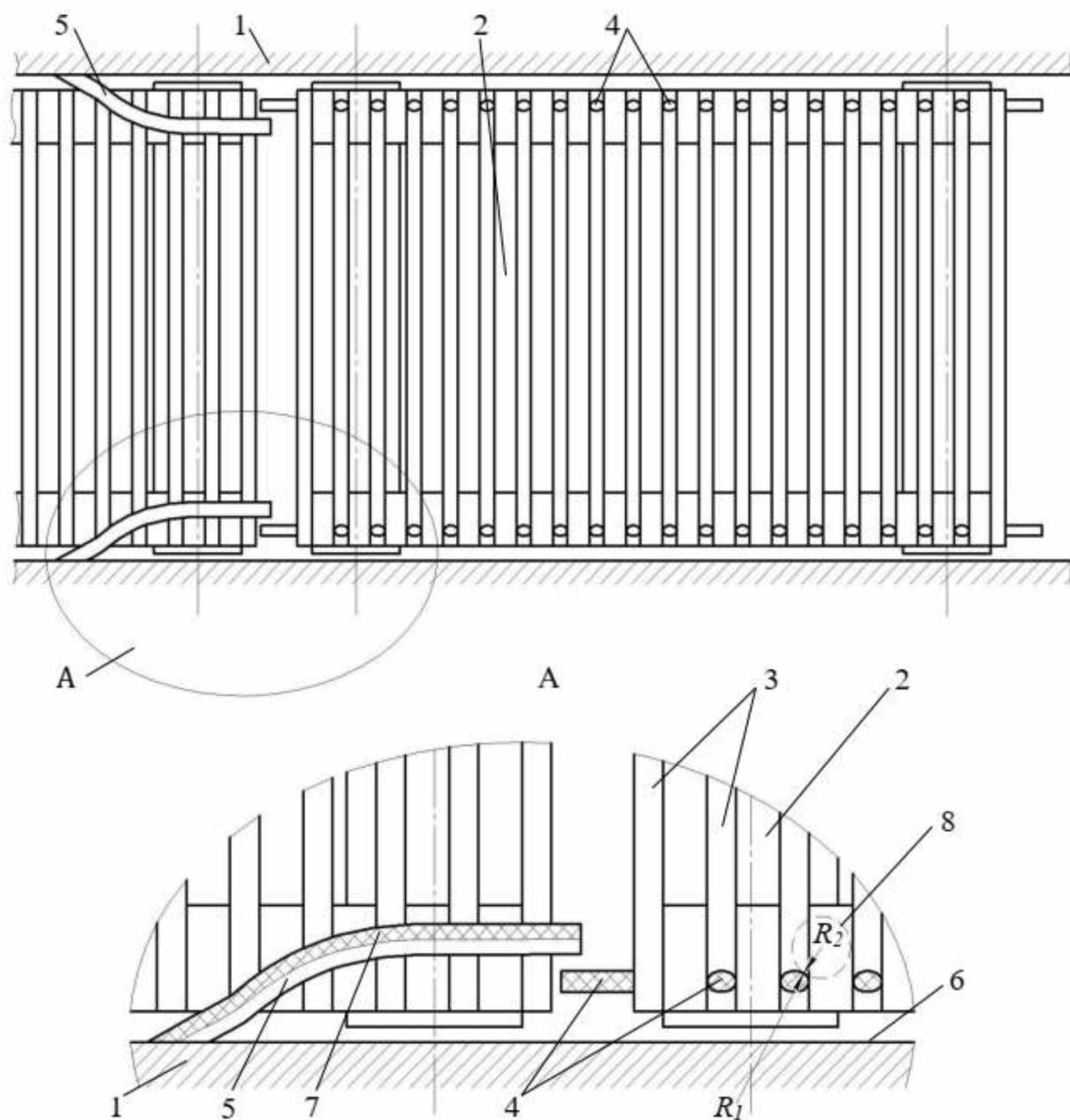
а) вид спереду; б) вид збоку; 1 – бульби; 2 – грудки ґрунту; 3 – боковини картоплезбиральної машини

Рисунок 3.2 – Умовний профіль бульбоносного вороху на різних етапах сепарації

Одним з можливих способів зниження продукції на сепаруючих пристроях картоплезбиральних машин є використання пружних матеріалів в якості покривного шару твердих поверхонь робочих органів.

Наприклад, гумове покриття металевих прутів елеваторів в разі прямих ударів бульб значно компенсує їх силу за рахунок пружних деформацій (як самої бульби, так і покриття робочого органу), тим самим знижуючи пошкодження [6, 8].

Для розгляду був запропонований [22] робочий орган сепарації картоплезбиральних машин, представлений на рисунку 2.3. Основне завдання полягає в зниженні пошкоджень бульб при машинному збиранні картоплі.



1 - боковини рами; 2 - прутковий елеватор; 3 - прутки; 4 - пружні елементи; 5 - жорстка пластина; 6 - металева поверхня бічних стінок; 7 - еластичне покриття; 8 - бульба; R_1 - радіус кривизни пружного елемента, м; R_2 - радіус кривизни бульби, м.

Рисунок 3.3 – Робочий орган сепарації картоплезбиральних машин

При роботі даного [8] органу сепарації бульба взаємодіє з пружними елементами 4 пруткового елеватора 2. Бічна поверхня пружних елементів має основу у формі овалу з радіусом заокруглення R_1 в точці дотику, а бульба кулясту форму з радіусом R_2 . В цьому випадку майданчик контакту бульби і пружного елемента має форму еліпса [22], причому тиск буде досягати максимального значення в центрі майданчика, але за величиною воно не повинно перевищувати величини максимально допустимої контактної напруги, при якому бульба буде отримувати пошкодження вище агротехнічних вимог [22].

Відповідно до теорії Герца тиск в епіцентрі контакту при даній постановці задачі дорівнює [23]:

$$p = n_p \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\sum k}{\eta}\right)^2 P}. \quad (3.1)$$

де $\sum k$ – сума головних заокруглень дотичних тіл, м;

η – пружна постійна дотичних тіл;

P – зусилля стиску, Н;

n_p – коефіцієнт кривизни.

У зв'язку з тим, що бокова поверхня пружних елементів в точці дотику має радіус R_1 , а бульба має форму кулі з радіусом R_2 [23], то сума головних кривизн дотичних тіл виглядає наступним чином [25]:

$$\sum k = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \quad (3.2)$$

де R_1 – радіус кривизни пружного елемента пруткового елеватора 2, м;

R_2 – радіус бульби, м.

З огляду на те, що дотичні тіла (бульба і пружний елемент 4) ізотропні, і їх властивості описуються двома парами параметрів (модулями Юнга і коефіцієнтами Пуассона), то пружна постійна дотичних тіл дорівнює [23]:

$$\eta = \frac{E_1 + E_2 - (E_1 \cdot \mu_2^2 + E_2 \cdot \mu_1^2)}{E_1 \cdot E_2}. \quad (3.3)$$

де μ_1 – коефіцієнт Пуассона пружного елемента;

E_1 – модуль Юнга пружного елемента, Па;

μ_2 – коефіцієнт Пуассона бульби;

E_2 – модуль Юнга бульби, Па.

Таким чином, напруження стиснення бульби знайдемо:

$$\sigma = n_p \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \left(\frac{(R_1 + R_2) \cdot (E_1 \cdot E_2)}{R_1 R_2 (E_1 + E_2 - (E_1 \cdot \mu_2^2 + E_2 \cdot \mu_1^2))} \right)^2} P \leq 3 \text{ МПа}. \quad (3.4)$$

Беручи до уваги, що $\sigma = f(R_1, R_2, E_1, E_2, \mu_1, \mu_2, P)$, можливо здійснювати вибір раціональних конструктивних параметрів і матеріалу пружних елементів пруткового елеватора 2 з необхідними фізико-механічними властивостями, одночасно враховуючи фізико-механічні властивості бульб сорту або ступінь зрілості [9], а також оптимізувати величину подачі вороху на прутковий елеватор 2, виходячи з максимально допустимого значення сили здавлювання P [23].

Використання даного пристрою дозволить підвищити рівномірність розподілу картопленосного вороху по поверхні робочого органу сепарації, а також знизити пошкодження бульб [23]. Пристрій є універсальним і може використовуватися на будь-яких картоплезбиральних машинах.

Розглянута вище конструктивно-технологічна схема крім беззаперечних переваг перед аналогами має ряд істотних недоліків [23]. Головним недоліком є можливість забивання компонентами бульбоносного вороху простору між боковинами рами і пружними елементами, що призводить до необхідності періодичного очищення, а отже, знижує експлуатаційну швидкість роботи пристрою.

Тому наше завдання полягає в обмеженні взаємодії бульб з жорсткими поверхнями боковин рами картоплезбиральних машин за рахунок

впровадження в конструкцію робочих органів сепарації пружних елементів трапецієподібної форми і забезпечення можливості їх самоочищення в процесі роботи.

3.2. Аналіз конструктивно-технологічної схеми

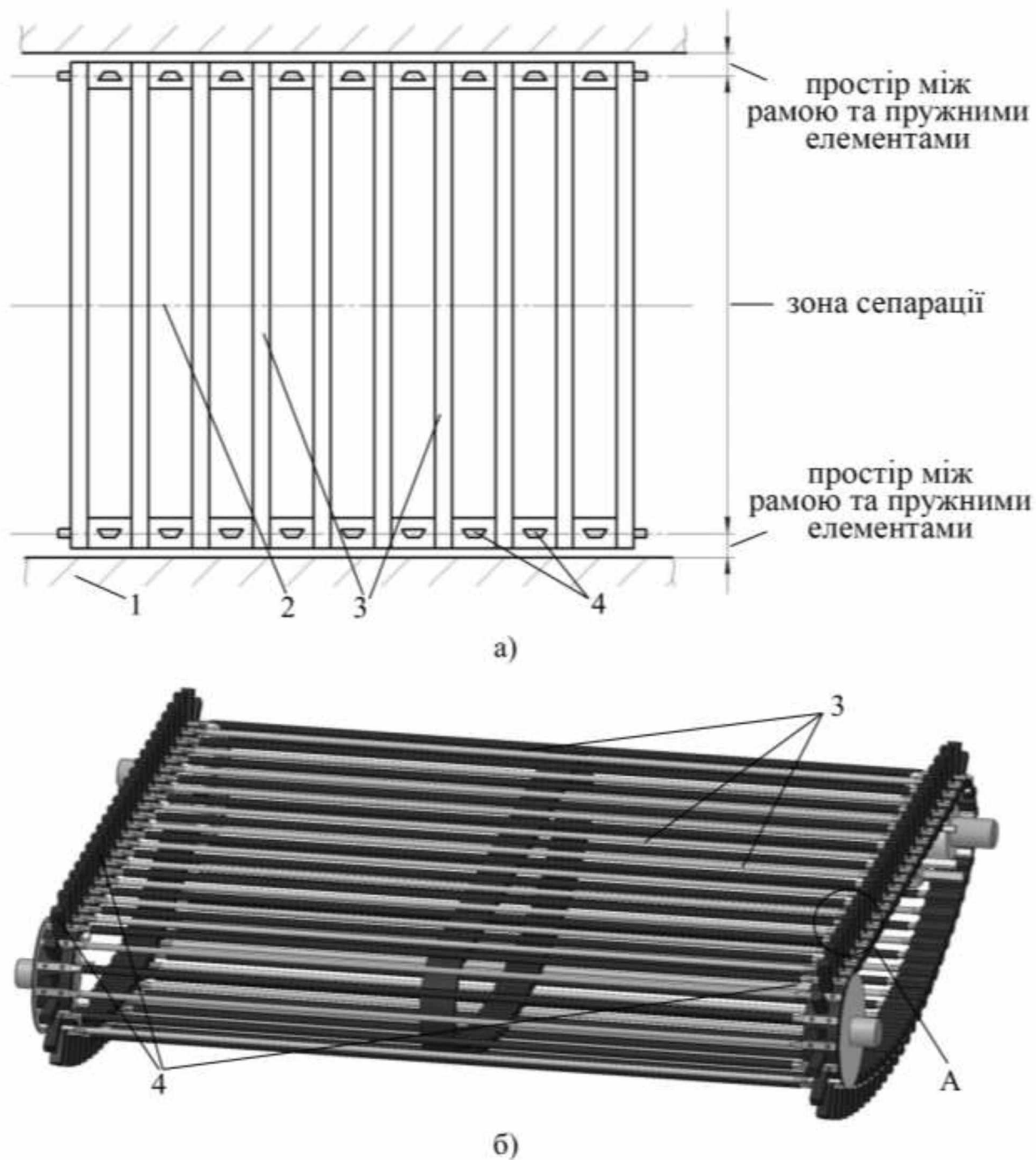
З метою підвищення експлуатаційної продуктивності картоплезбиральної машини і зниження пошкоджень бульб пропонується конструктивно-технологічна схема робочого органу сепарації, що містить полотно пруткового елеватора з встановленими на нього пружними елементами обмеження контакту бульб з жорсткими боковинами рами (рис. 3.4) [23].

Робочий орган сепарації картоплезбиральної машини містить встановлене на рамі полотно просівного пруткового елеватора (рис. 3.4), і пружні елементи обмеження контакту бульб з боковинами 1, виконані у вигляді еластичних прутків, які розташовані вздовж полотна елеватора 2, з його боків паралельно рамі і симетрично відносно її центра.

Пружні елементи 4 обмеження контакту бульб з боковинами рами 1 закріплені консольно на зовнішній стороні елеватора між його прутами і мають основу у формі рівнобедреної трапеції, причому більшу основу трапеції направлено в сторону центру елеватора.

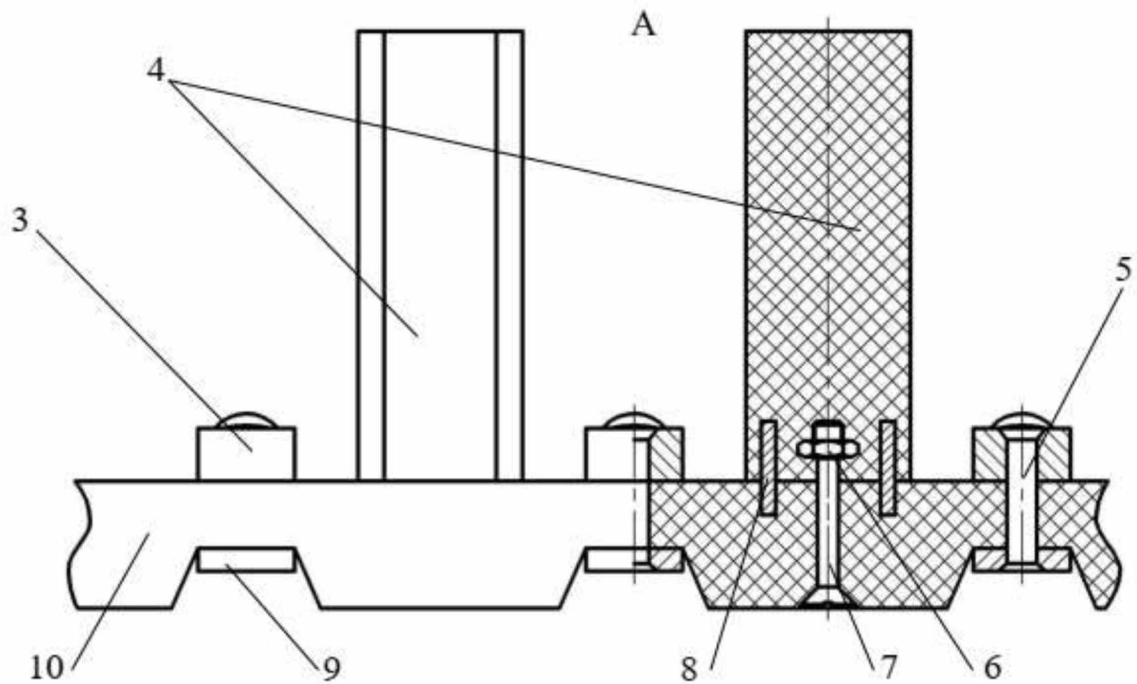
Принцип дії пристрою полягає в наступному. Бульбоносний ворох (рис. 3.4) з транспортера, що подає надходить на полотно просівного пруткового елеватора 2. У міру просування по прутковому елеватору частина купи зміщується до його країв, але це зміщення обмежується пружними елементами 4, розташованими вздовж полотна елеватора з його боків паралельно рамі і симетрично відносно його центру. Для зниження можливості потрапляння окремих компонентів бульбоносного вороху в

простір між боковинами рами 1 і пружними елементами 4 останні закріплені консольно до зовнішньої сторони елеватора 2 між його прутками 3 (рис. 3.5).



а) технологічна схема; б) тривимірна модель: 1 - боковини рами; 2 - полотно елеватора; 3 - прутки елеватора; 4 - пружні елементи

Рисунок 3.4 – Робочий орган сепарації картоплезбиральних машин



3 - пруток елеватора; 4 - пружні елементи; 5 - заклепка; 6 - гайка; 7 - гвинт; 8 - напрямна; 9 - клепана з'єднувальна планка; 10 - транспортерна стрічка

Рисунок 3.5 – Схема кріплення пружних елементів (місцевий вид)

Під впливом компонентів бульбоносного вороху з боку боковини рами пружні елементи деформуються, забезпечуючи їм можливість повернення в центральну частину полотна елеватора (в зону сепарації).

Перевага запропонованого пристрою перед серійними прутковими елеваторами полягає в запобіганні защемлення бульб між боковинами рами 1 і полотном елеватора 2.

Для підвищення експлуатаційної продуктивності картоплезбиральних машин, і дотримання встановлених агротехнічних вимог (особливо за кількістю пошкоджень бульб) необхідно провести теоретичне обґрунтування параметрів і режимів роботи вдосконаленого робочого органу сепарації.

3.3. Результати досліджень

Умови проведення випробувань і характеристики облікових ділянок представлені на рисунку 3.5 і в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Умови проведення випробувань

Назва показника	Значення показника
Температура повітря, °C	12...18
Відносно вологість повітря, %	52
Рельєф (нахил), град.	0,7...1,0
Мікрорельєф	Гребенистий (міжряддя 70 см)
Тип ґрунту	Світло-сірий лісовий
Механічний склад	Важкий суглинок
Вологість ґрунту, %	8-12
Твердість ґрунту, кг/см ²	0,8
Сорт картоплі	«Санте»

Рішення про проведення випробувань установки в умовах зниженої вологості пояснюється високим показником пошкоджень бульб об непружні поверхні картоплезбиральних машин [17, 18], а запропонований робочий орган сепарації [23] покликаний мінімізувати даний негативний момент.

Отримані в ході багатофакторного експерименту характеристики роботи установки (чистота картопляного вороху, втрати і пошкодження бульб), а також відповідні їм значення факторів були занесені в таблицю 3.2. Причому для кожної комбінації чинників досліди проводилися в триразовою повторності, за результатами яких визначалися середньоарифметичні значення показників $Q_{\text{чист}}$, $Q_{\text{втрат}}$, $Q_{\text{пошкодж}}$.

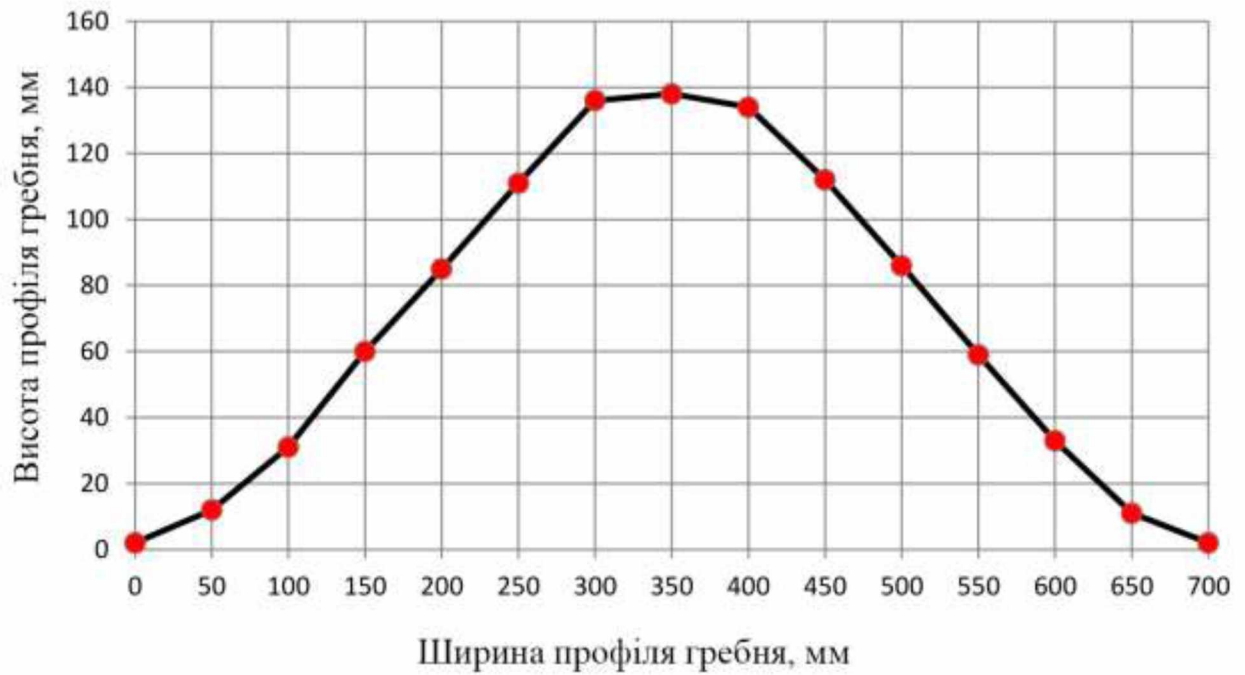


Рисунок 3.5 – Графік дослідження мікрорельєфу поля профілографом

Таблиця 3.2 – Результати багатofакторного експерименту на лабораторній установці

№	Досліджувані фактори				Показники роботи установки		
	x_1 , см ²	x_2 , см	x_3 , т/га	x_4 , км/год.	Чистота картопляного вороху $Q_{\text{чист}}$, %	Втрати бульб $Q_{\text{втрат}}$, %	Пошкодження бульб $Q_{\text{пошкодж}}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5,94	6	21,3	2,7	89	0,71	3,32
2	5,94	5	22	2,8	88,7	0,76	4,84
3	5,2	5	21,3	2,9	87,2	0,78	6,37
4	5,2	5,5	22	3	85,6	0,81	6,01
5	6,3	6	21,3	3,1	82	0,86	3,45
6	6,3	5	22	3,2	80,5	0,85	5,64
7	5,2	5,5	21,3	3,3	80	0,83	6,83
8	5,2	6	22	3,4	79,5	0,95	6,49
9	6,3	5	21,3	3,5	78,4	1,05	6,33
10	5,94	5,5	22	3,6	78,3	1,10	6,64
11	5,94	6	21,3	3,7	77,7	1,13	5,52
12	5,94	5	22,7	2,8	88,6	0,74	5,17
13	5,2	5	20,8	2,9	87	0,78	6,08
14	5,2	5,5	22,7	3	85,9	0,83	6,41
15	6,3	6	20,8	3,1	81,5	0,86	3,29
16	6,3	5,	22,7	3,2	80,7	0,84	6,01

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
17	5,2	5,5	20,8	3,3	79,5	0,83	6,51
18	5,2	6	22,7	3,4	79,7	0,96	6,92
19	6,3	5	20,8	3,5	78,4	1,05	6,04
20	5,94	5,5	22,7	3,6	78,3	1,11	7,07
21	5,94	6	20,8	3,7	77,8	1,12	5,27

Одночасно з випробуваннями експериментальної установки, оснащеної вдосконаленим робочим органом сепарації, проводилися дослідження уніфікованого серійного картоплекопача КТН-2В при аналогічних режимах роботи. Отримані дані були занесені в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати експерименту на картоплекопачі КТН-2В

№	Урожайність картоплі x_3 , т/га	Швидкість руху установки x_4 , км/год.	Показники роботи установки		
			Чистота картопляного вороху $Q_{\text{чист}}$, %	Втрати бульб $Q_{\text{втрат}}$, %	Пошкодження бульб $Q_{\text{пошкодж}}$, %
1	21,3	2,7	89,1	0,7	7,42
2	22	2,8	88,6	0,73	7,95
3	21,3	2,9	87,3	0,79	7,97
4	22	3	85,4	0,8	8,51
5	21,3	3,1	82,1	0,85	8,52
6	22	3,2	80,5	0,86	9,08
7	21,3	3,3	79,9	0,81	9,07
8	22	3,4	79,4	0,97	9,65
9	21,3	3,5	78,6	1,03	9,62
10	22	3,6	78	1,11	9,99
11	21,3	3,7	77,9	1,1	10,07
12	22,7	2,8	88,9	0,73	8,2
13	20,8	2,9	87,1	0,76	7,78
14	22,7	3	85,7	0,84	8,78
15	20,8	3,1	81,7	0,85	8,32
16	22,7	3,2	80,8	0,83	9,37
17	20,8	3,3	79,6	0,85	8,85
18	22,7	3,4	79,4	0,97	9,96
19	20,8	3,5	78,7	1,06	9,39
20	22,7	3,6	78,2	1,1	10,14
21	20,8	3,7	78	1,13	9,98

3.4 Обробка та аналіз отриманих результатів досліджень

При обробці і аналізі результатів лабораторно-польових випробувань (табл. 3.2) було встановлено, що розміщені на робочому органі сепарації пружні елементи обмеження контакту бульб з рамою не чинили істотного впливу на такі показники роботи установки, як втрати бульб і чистота картопляного вороху (відхилення в показниках не перевищували [23], а отже, характеризувалися як похибка експерименту). У зв'язку з чим подальше дослідження цих процесів є недоцільним (дане судження можна застосувати лише в конкретному випадку – при зниженій вологості ґрунту).

Найбільш адекватним рівнянням регресії, що характеризує процес пошкодження бульб, виявилось експоненціальне, так як коефіцієнт множинної кореляції найбільш близький до одиниці (0,99717) і середня помилка апроксимації мінімальна (1,41684).

За результатами аналізу істотно впливаючими на пошкодження бульб $Q_{\text{пошкодж}}$ виявилися всі досліджувані фактори. Остаточне отримане рівняння регресії виглядало наступним чином:

$$y = e^{(1.7655973 - 0.1738671x_1 - 0.1816299x_2 + 0.0439469x_3 + 0.3389805x_4)}, \quad (3.5)$$

Для практичного застосування рівняння округлимо значення коефіцієнтів до тисячних:

$$y = e^{(1.766 - 0.174x_1 - 0.182x_2 + 0.044x_3 + 0.339x_4)}. \quad (3.6)$$

Результати проведених розрахунків представлені в таблицях 3.4, 3.5.

Таблиця 3.4 – Характеристики отриманого рівняння регресії

Характеристика	Значення
Середньоквадратична похибка оцінки по рівнянню регресії	0,08629
Виправлена середньоквадратична похибка оцінки по рівнянню регресії	0,09648
Коефіцієнт множинної детермінації	0,99435
Виправлений коефіцієнт множинної детермінації	0,99294
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99717
Виправлений коефіцієнт множинної кореляції	0,99646
Розрахункове значення виправленого коефіцієнту множинної кореляції	564,67
Залишкова дисперсія	0,00745
Виправлена залишкова дисперсія факторів	0,00931
Розрахункова значимість рівняння регресії	141,67
Критерій Фішера	2,28
Середня похибка апроксимації	1,41684
Критичне значення коефіцієнту Стюдента	2,086

Таблиця 3.5 – Характеристики результативного показника і факторів, що впливають

Характеристика	Значення				
	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
Середнє арифметичне значення	5,724	5,761	5,476	21,681	3,224
Середньоквадратична похибка	1,148	0,474	0,432	0,723	0,311
Дисперсія	1,319	0,224	0,187	0,523	0,097
Коефіцієнт варіації	20,06	8,22	7,895	3,334	9,656
Коефіцієнт рівняння	1,825	-0,339	-0,342	0,086	0,576
Середньоквадратична похибка коефіцієнтів регресії	–	0,044	0,049	0,029	0,068
Істотність коефіцієнтів регресії	–	7,625	11,744	2,953	8,517

Скористаємося отриманим рівнянням регресії для визначення оптимальних конструктивних параметрів елементів робочого органу сепарації.

Побудуємо графік залежності висоти пружного елемента від площі його основи (рис. 3.6). Розглянемо найбільш несприятливий випадок, коли швидкість руху установки максимальна (швидкість, при якій на вдосконаленому картоплекопачі в умовах зниженої вологості спостерігалася

технологічна відмова по досліджуваного показнику АТТ) і середнім значенням врожайності бульб картоплі в регіоні [19]. В результаті було отримано наступний графік.

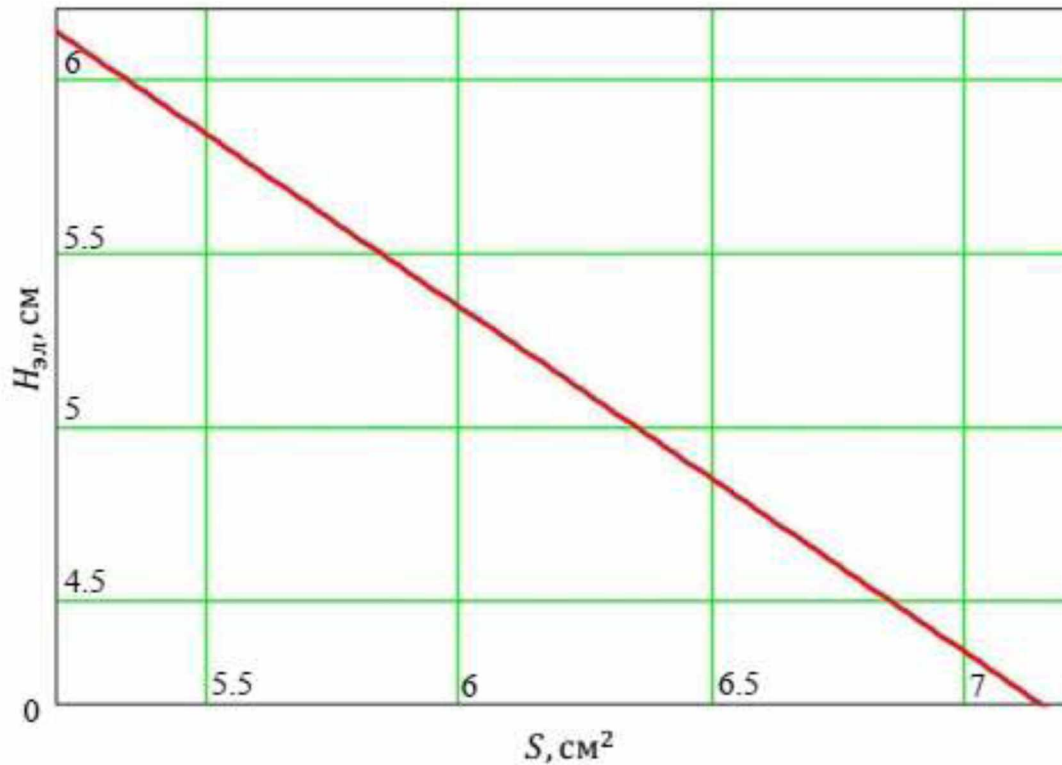
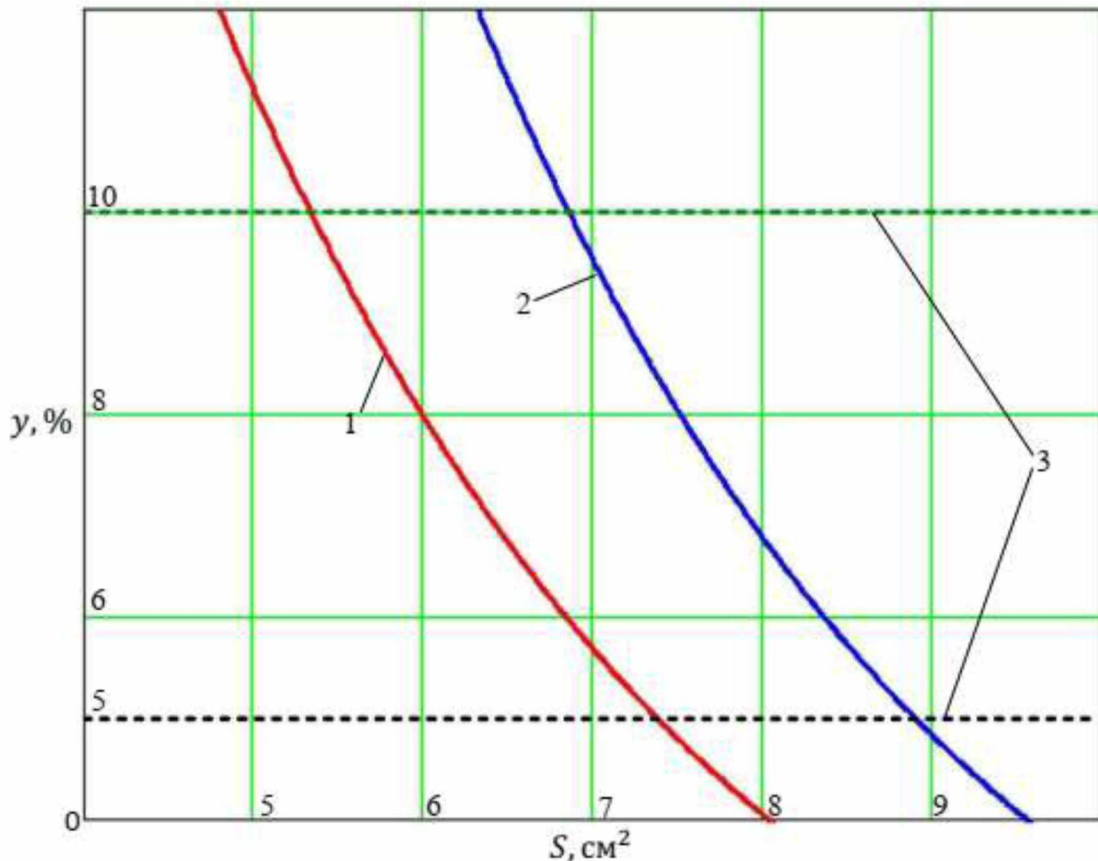


Рисунок 3.6 – Графік залежності висоти пружного елемента від площі його заснування

Виходячи з графіка, представленого на рисунку 3.6, для дотримання регламентованого значення пошкоджень бульб (у важких умовах він становить 10% [19]) і мінімізації площі основи пружного елемента обґрунтованим рішенням є прийняття максимально допустимої його висоти рівною 6 см, значення якої визначається конструктивними особливостями збиральної техніки.

Визначивши максимальну висоту необхідно уточнити мінімальне значення площі основи пружного елемента. Побудуємо наступний графік залежностей (рис. 3.7).



1- урожайність бульб складає 25 т/га; 2 – урожайність бульб складає 31 т/га; 3 – допустиме значення пошкоджень бульб

Рисунок 3.7 – Графік залежності пошкоджень бульб від площі основи пружних елементів (в залежності від врожайності бульб)

Найбільший інтерес представляє область, обмежена кривими 1 і 2, так як дана постановка завдання найбільш наближена до реальних умов. В цьому випадку для забезпечення максимально допустимого значення пошкоджень бульб необхідно використовувати пружні елементи з площею основи в межах від $5,34 \text{ см}^2$ при середньому значенні діапазону варіювання, рівного $6,1 \text{ см}^2$. Розбіжність з результатами теоретичних досліджень склало 2,69%, що відповідає межах похибки вимірювань.

На рисунку 3.8 представлені результати лабораторно-польових випробувань серійного картоплекопача КТН-2В, а також експериментальної установки, оснащеної вдосконаленим робочим органом сепарації.

Застосування пружних елементів трапецієподібної форми в конструкції робочого органу сепарації дозволило домогтися зниження пошкоджень бульб при максимальному швидкісному режимі на 30,27 (з 10,14% на серійному КТН-2В до 7,07% на вдосконаленому картоплекопачі).

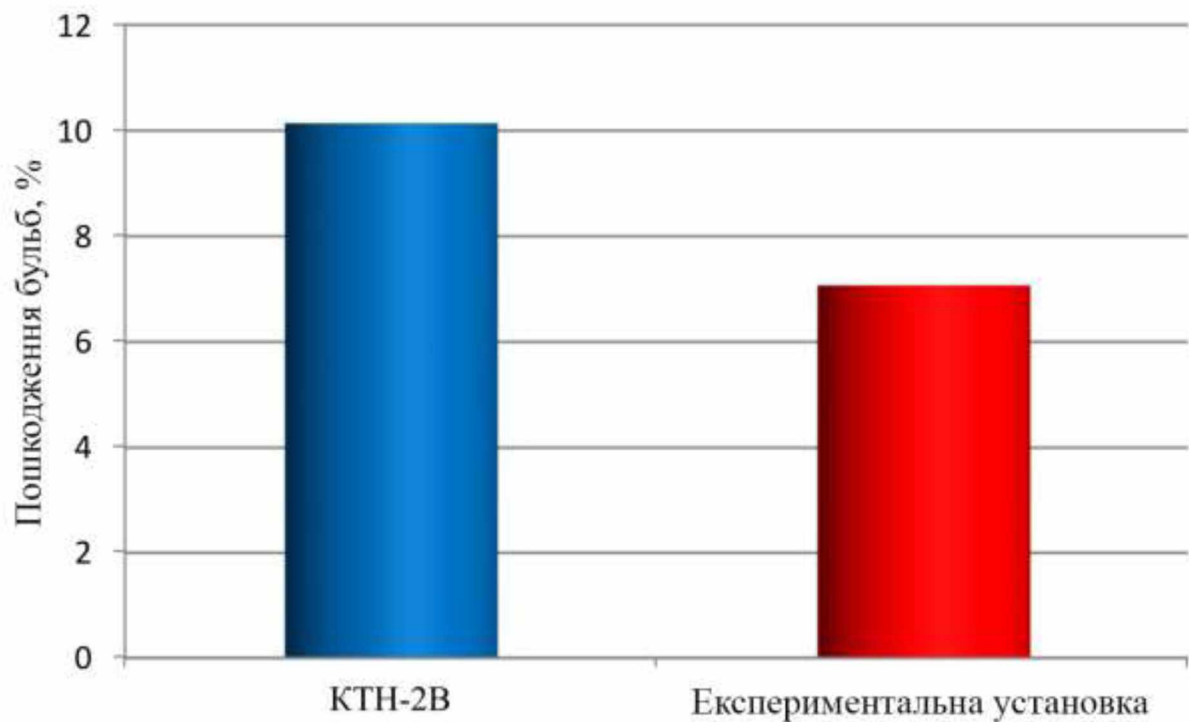


Рисунок 3.8 – Результати випробувань серійного і вдосконаленого картоплекопача

Висновки

1. В ході досліджень встановлено, що вдосконалений робочий орган сепарації картоплезбиральних машин знижує пошкодження бульб при важких умовах роботи в середньому на 30,27%, при цьому забезпечується виконання агротехнічних вимог за іншими показниками.

2. За результатами проведених досліджень отримана математична модель, яка характеризує взаємозв'язок ушкоджень бульб від конструктивних

параметрів розробленого робочого органу сепарації, а також від робочої швидкості установки і показника врожайності бульб.

3. Уточнено конструктивні параметри пружних елементів робочого органу сепарації: його висота дорівнює 6 см, а площа основи склала 5,94 см².

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з

урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища» Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системо утворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколо- експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проєктних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка

впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;
- державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво [31].

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проєкту.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і

оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об’єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов’язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров’я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров’я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву тертьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Робота з шкідливими речовинами створює небезпеку отруєнь, опіків та професійних захворювань. Вдихання шкідливих речовин призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і загальнотоксичного впливу. Попадання кислот і лугів на шкіру може викликати подразнення або опік. Тому необхідно працювати в спеціальній захисній формі.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиționери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

У розділі охорони праці представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

Економічний ефект від впровадження удосконаленого робочого органу сепарації в конструкцію картоплезбиральних машин DR-1500, AVR 220 шляхом заміни додаткового елеватора визначався зіставленням приведених витрат базового і нового варіанту (в розрахунку на одну машину) [26, 27].

Річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат визначаємо:

$$E_p = (Z_1 - Z_2) \cdot B_p, \quad (4.1)$$

де Z_1 і Z_2 – приведені витрати на одиницю напрацювання по серійній і вдосконаленій машинам, грн./га;

B_p – річне напрацювання досліджуваної машини, га.

Приведені витрати на одиницю напрацювання отримуємо:

$$Z_i = Z_{\text{експл}} + H_{II}, \quad (4.2)$$

де $Z_{\text{екс}}$ – експлуатаційні витрати, грн./га;

H_{II} – прибуток від капітальних вкладень, грн./ га.

Експлуатаційні витрати включають в себе наступні статті витрат:

- амортизаційні відрахування;
- витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт;
- витрати на паливно-мастильні матеріали;
- витрати на зберігання збиральної машини;
- заробітна плата робітникам і т.д.

Витрати на амортизацію по збиральній машині визначаємо за формулою:

$$Z_{AM} = \frac{B \cdot a_{am}}{T_{год} \cdot W_{експл}}, \quad (4.3)$$

де B – балансова вартість машини, грн.;

$a_{ам}$ – коефіцієнта відрахувань на амортизацію машини;

$T_{год}$ – річна завантаження машини, год.;

$W_{експл}$ – експлуатаційна продуктивність машини, га/год.

Річну завантаження машини визначимо:

$$T_{год} = \frac{B_p}{W_{зм}}, \quad (4.4)$$

де $W_{зм}$ – продуктивність машини за 1 год. змінного часу, га/год.

Продуктивність машини за 1 год. змінного часу знайдемо за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 B_{захв} \cdot v_{маш} \cdot k_{зм}, \quad (4.4)$$

де $B_{захв}$ – ширина захвату машини, м;

$v_{маш}$ – робоча швидкість машини, км/год.;

$k_{зм}$ – коефіцієнт використання часу зміни.

Таблиця 4.1 – Статті витрат на модернізацію серійних картоплюзбиральних машин

Назва	DR-1500	AVR 220
Витрати на придбання матеріалів, деталей та ін., грн.	24981	25674
Витрати на виготовлення комплектуючих частин, грн.	2981	3022
Витрати на складання та налаштування пристрою, грн.	2083	2156
Загальна вартість модернізації картоплюзбиральних машин, грн.	29955	30852

Витрати на зберігання збиральної машини розраховуємо:

$$З_{зб} = \frac{H_{зб}}{T_{год} \cdot W_{експл}}, \quad (4.3)$$

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

Результати розрахунку експлуатаційних витрат по базовій і вдосконаленій машині представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку експлуатаційних витрат при використанні серійної і вдосконаленої картоплезбиральної машини

Статті витрат	Позначення	DR 1500		AVR 220	
		серійний	удосконалений	серійний	удосконалений
Витрати на амортизацію по збиральній машині, грн/га	$З_{ам}$	8888	8994	19978	20079
ТО, поточний та капітальний ремонт, грн/га	$З_{ТО}$	9333	9443	20977	21083
ПММ, грн/га	$З_{ПММ}$	540,6		696	
Зберігання машин, грн/га	$З_{зб}$	15,4	15,46	16	16
Заробітна плата операторів, грн/га	$З_{оп}$	198	178	206	189
Зарплата працівників на ручній доочистці, грн/га	$З_p$	510	157	532	487
Всього експлуатаційних витрати, грн/га	$З_{експл}$	19487	19630	42407	42551

Економічний ефект від зменшення пошкоджень бульб при експлуатації картоплезбиральної машини оснащеної удосконаленим робочим органом сепарації (табл. 4.3) знайдемо за формулою:

$$З_{пошкодж} = П_1 - П_2, \quad (4.4)$$

де Π_1 – витрати від пошкодження продукції при збиранні серійною машиною, грн;

Π_2 – витрати від пошкодження продукції при збиранні вдосконаленою машиною, грн.

Витрати від пошкодження продукції при збиранні визначимо:

$$\Pi_i = 0,01B_p \cdot Y \cdot a_{\text{пошкодж}} \cdot \Pi_p, \quad (4.5)$$

де $a_{\text{пошкодж}}$ – пошкодження бульб по масі;

Y – врожайність картоплі, т/га;

Π_p – цінова різниця товарних і пошкоджених бульб, грн/т.

Таблиця 4.3 – Сумарний річний економічний ефект від застосування вдосконалених машин в порівнянні з базовими моделями

Статті витрат	Позначення	Картоплезбиральний комбайн DR 1500	Картоплезбиральний комбайн AVR 220
Річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат: - на од. наробітку, грн/га - загальний, грн/га	E_P	-252 -10113	-249 -9992
Економічний ефект від зменшення пошкодження бульб: - на од. наробітку, грн/га - загальний, грн/га	$E_{\text{пошкодж}}$	1235 49416	1680 67200
Сумарний річний економічний ефект: - на од. наробітку, грн/га - загальний, грн/га	$E_{\text{сум}}$	982 39302	1430 57207

Сумарний річний економічний ефект від використання на картоплезбиральних машинах вдосконаленого робочого органу сепарації

склав для DR-1500 – 39302 грн. (982 грн. на 1 га напрацювання) і AVR 220 – 57207 грн. (1430 грн. на 1 га напрацювання).

Застосування вдосконалених картоплезбиральних машин є економічно ефективним, що підтвердили наведені вище розрахунки.

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована картоплезбиральна машина, оснащена вдосконаленим робочим органом сепарації є безпечною для навколишнього середовища.

Виконано аналізу умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Сумарний річний економічний ефект від використання на картоплезбиральних машинах вдосконаленого робочого органу сепарації склав для DR-1500 – 39302 грн. (982 грн. на 1 га напрацювання) і AVR 220 – 57207 грн. (1430 грн. на 1 га напрацювання).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих робочих органів сепарації, за результатами якого запропонована оригінальна конструктивно-технологічна схема пруткового елеватора, оснащеного обмежувачами контакту бульб з боковинами рами картоплезбиральної машини.

2. В ході досліджень встановлено, що вдосконалений робочий орган сепарації картоплезбиральних машин знижує пошкодження бульб при важких умовах роботи в середньому на 30,27%, при цьому забезпечується виконання агротехнічних вимог за іншими показниками.

3. За результатами проведених досліджень отримана математична модель, яка характеризує взаємозв'язок ушкоджень бульб від конструктивних параметрів розробленого робочого органу сепарації, а також від робочої швидкості установки і показника врожайності бульб.

4. Були визначені наступні конструктивні параметри пружних елементів робочого органу сепарації: висота 0,06 м, розміри основи $b_{mp} = 0,028$ м, $h_{mp} = 0,033$ м, $a_{mp} = 0,008$ м.