

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“_____” _____ 2023р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Обґрунтування параметрів комбінованого
підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної
машини»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Франчук М.Є.
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
1.1 Особливості механізованого збирання картоплі	6
1.2 Аналіз конструкцій та результатів досліджень пристроїв для підвищення ефективності процесу сепарації у картоплезбиральних машинах ...	11
1.3 Приводні пристрої	14
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДКОПУВАЛЬНО-СЕПАРУЮЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	25
2.1 Технологічний процес підкопувально-сепаруючим робочим органом ...	25
2.2 Експериментальна установка	28
2.3 Методика проведення експериментальних досліджень	32
2.4 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми та раціональних параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини.....	36
2.5 Дослідження експериментального зразка дворядного картоплекопача КРК-2	42
2.6 Дослідження експериментального зразка дворядного картоплекопача-навантажувача ККН-2	47
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
3.1 Організація умов та заходів з охорони праці	54
3.2 Аналіз умов та заходів з охорони праці під час викопування картоплі ...	54
3.3 Розробка організаційно-технічних заходів з ОП при роботі з удосконаленням механізмом	55
Висновки по розділу	56

РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	57
4.1 Розрахунок економічної ефективності застосування комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63

РЕФЕРАТ

Франчук М.Є. Обґрунтування параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органна картоплезбиральної машини (Дипломний проект, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 65 сторінках, у т.ч. 4 розділів, 22 рисунки, 11 таблиць, 25 джерела літератури).

У дипломному проекті вирішується актуальної проблеми – підвищенню якості роботи картоплезбиральних машин шляхом розроблення конструкції та обґрунтування параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа.

Аналіз відомих способів і пристроїв для сепарації картопляного вороху показав, що підвищити ефективність сепарації на прутковому транспортері можливо за рахунок попереднього руйнування підкопаного бульбоносного шару з одночасною частковою його сепарацією перед подачею на основний сепаруючий транспортер, рівномірного завантаження ворохом всій площі сепаруючої поверхні, збільшенням часу перебування вороху на транспортері. В результаті досліджень обґрунтовано конструкційно-технологічну схему комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини, який включає активні пруткові барабани і пасивний V-подібний розподільник вороху.

Мета роботи – підвищення якості роботи картоплезбиральних машин шляхом розроблення конструкції та обґрунтування параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа.

Об'єкт досліджень – сепарація картопляного вороху на підкопувально-сепаруючому робочому органі картоплезбиральної машини.

Предмет досліджень – вплив параметрів підкопувально-сепаруючого робочого органа на показники якості роботи картоплезбиральної машини.

Ключові слова: збирання картоплі, картоплезбиральна машина, сепарація, підкопувально-сепаруючий робочий орган, картопляний ворох.

ВСТУП

Актуальність теми. Картоплярство є важливою галуззю вітчизняного сільськогосподарського виробництва. Кабінет Міністрів України 21 жовтня 2020 року ухвалив Концепцію державної цільової програми розвитку промислового картоплярства на період до 2025 року. Очікується, що реалізація Програми забезпечить збільшення обсягів виробництва високоякісної насінневої та продовольчої картоплі на промислових площах у сільськогосподарських підприємствах. В середньому за останні п'ять років сільськогосподарськими підприємствами картоплі виробляється до 0,428 млн тонн, що становить лише два відсотки загального виробництва, а решта до 21 млн тонн, або 98 відсотків загального обсягу виробництва, виробляється у господарствах населення. Одна з причин малої частки виробництва картоплі у сільськогосподарських підприємствах полягає у відсутності ефективної вітчизняної картоплезбиральної техніки при високих цінах на іноземні машини.

Збирання картоплі є найбільш трудомістким процесом у її виробництві, на який припадає 45-60% загальних витрат праці. Досвід експлуатації картоплезбиральних машин показує, що вони не завжди забезпечують якісне збирання картоплі, мають низьку надійність виконання технологічного процесу, оскільки основний сепаруючий робочий орган незадовільно виконує свою функцію. Для отримання бульб необхідної чистоти збиральні агрегати застосовують на знижених швидкостях і виконують доочищення врожаю на картоплесортувальних пунктах, що призводить до збільшення витрат на виробництво картоплі та зумовлює необхідність ручної праці.

Тому створення картоплезбиральних машин, які забезпечують високу якість роботи, є актуальною науково-технічною задачею. Нашими дослідженнями поставлена мета з підвищення якості роботи картоплезбиральних машин шляхом розроблення конструкції та обґрунтування параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа.

РОЗДІЛ 1

СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.4 Особливості механізованого збирання картоплі

Аналіз затрат праці на технологічний процес виробництва картоплі показує, що збирання є найбільш трудомістким процесом на який припадає 45-60% загальних витрат [19].

Значна трудомісткість збирання картоплі пов'язана з тим, що бульби знаходяться в шарі ґрунту і тому найбільш надійно і повно можуть бути зібрані тільки за використання принципу збирання, що базується на підкопуванні картопляної грядки з наступною сепарацією бульб від домішок ґрунту. Це обумовлює складність та велику енергоємність процесу, оскільки при підкопуванні картопляної грядки в картоплезбиральну машину щосекунди з одного погонного метра грядки поступає близько 100 кг бульбоносної маси (1-1,5 тис. т з кожного гектара). В цій масі бульби становлять лише 2-3%. Однак, трудність отримання чистих без домішок ґрунту бульб в тару обумовлено не тільки необхідністю просіювати значну кількість ґрунту, але і деякими несприятливими його властивостями, які проявляються під час збирання.

Основними показниками, що характеризують якість роботи комбайнів є пошкодження бульб, повнота збирання і чистота бульб в бункері (тарі) [9]. Сучасний картоплезбиральний комбайн повинен збирати в бункер не менше 97% врожаю картоплі, втрати всіх видів не повинні перевищувати 3% (але не більше 6 ц/га). Чистота бульб в бункері (тарі) повинна становити не менше 80%. Пошкодження бульб за роботи комбайна на легких, середніх і засмічених камінням ґрунтах не повинні перевищувати 10%, а на перезволожених важких ґрунтах – до 5%. Продуктивність картоплезбиральних комбайнів повинна становити не менше 0,15 га/год на один рядок [1, 4].

Досвід експлуатації комбайнів показує, що вони здатні успішно виконувати названі вимоги лише за роботи в сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах. В складних умовах вони не забезпечують якісного збирання картоплі і мають низьку ефективність роботи, недостатню надійність виконання технологічного процесу, підвищені втрати і пошкодження бульб [4]. Для отримання бульб необхідної чистоти комбайни вимушені працювати на знижених швидкостях, а урожай бульб необхідно доочищати на картоплесортувальних пунктах. Це призводить до збільшення витрат на збирання, оскільки вимагає значних додаткових затрат праці, в тому числі і ручної.

Сепарація підкопаного шару вороху є основною операцією технологічного процесу збирання. Високопродуктивна та якісна робота картоплезбиральних машин головним чином залежить від вирішення проблеми підвищення ефективності сепарації вороху на сепаруючих робочих органах.

В комбайнах основна частина ґрунту просіюється на першому сепараторі. Від якості його роботи залежить ефективність роботи наступних робочих органів, на яких відбувається завершальне відокремлення ґрунтових домішок.

Практично всі існуючі картоплезбиральні машини відокремлюють ґрунт із вороху бульбоносної маси за принципом просіювання її через зазори між елементами конструкції сепаратора: прутками транспортера, тростями грохота, обертовими дисками або вальцями. При цьому використовують властивість ґрунту – сипучість, яка залежить від агрегатного стану, та співвідношення дисперсних фаз і механічного складу твердої частини. Одним із основних чинників, через який утруднюється здійснення якісного процесу сепарації картоплезбиральними машинами є вологість бульбоносного шару. Відмічено, що на одному і тому ж полі значення вологості коливаються в широких межах. Так, в дослідях [13] середні значення вологості коливались від 8-10% до 20- 25% при середньоквадратичних відхиленнях 1,7-1,8% .

Із збільшенням вологості сипучість ґрунту різко знижується, а липкість її твердих частинок збільшується. В результаті цього шар вороху під дією власної

ваги не руйнується, прилипає до робочих органів і бульб, внаслідок чого щілини сепаруючих транспортерів зменшуються, переміщення маси погіршується. Із збільшенням вологості ґрунт із сипучого стану переходить в пластичний і за вологості 27-30 % сепарація ґрунту всіх типів на робочих органах практично не відбувається (рис. 1.1) [4].

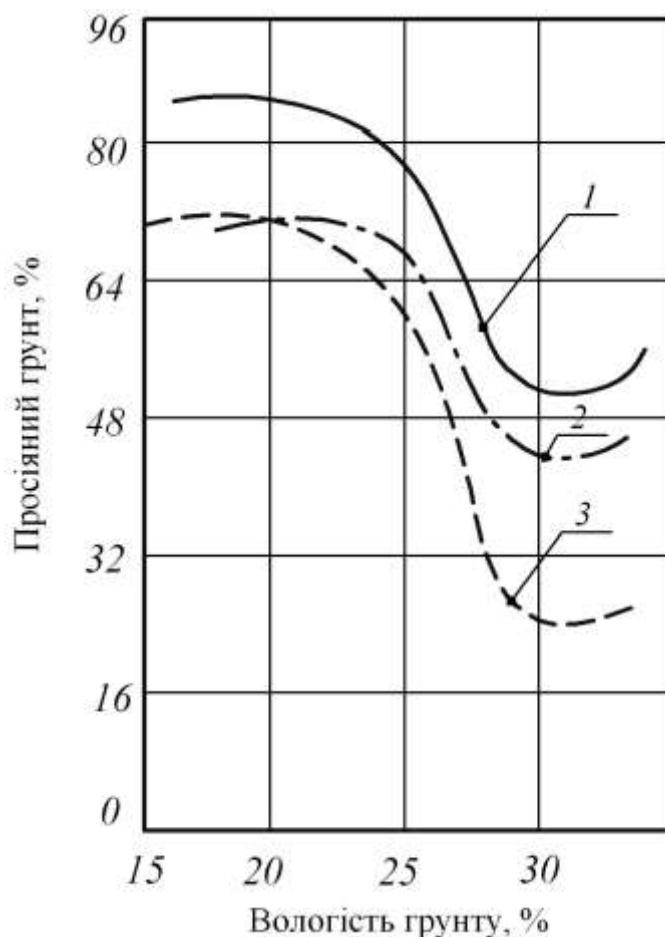


Рис. 1.1. Залежність просіявання ґрунту (важкий суглинок) від вологості:

1 – на гіраційному грохоті; 2 – на коливному грохоті; 3 – на прутковому транспортері

Характер зміни повноти сепарації вороху на важкосуглинистому ґрунті подібний і для ґрунтів інших типів. Різниця полягає лише в тому, що їх просіяваність закінчується в різних діапазонах вологості.

Подальше підвищення вологості ґрунту призводить до його переходу з пластичного стану в текучий при цьому прохід його через щілини сепаруючих пристроїв покращується, але збиральний агрегат переміщуватися по полю не може, оскільки падає несуча здатність поверхні поля.

Таким чином, на ґрунтах з підвищеною вологістю, сепарація різко знижується, оскільки підкопаний шар вороху практично не руйнується робочими органами машини, забиваються ґрунтом зазори сепаруючих робочих органів і в бункер поступає до 80-90 % ґрунту, відокремлення якого необхідно виконувати на стаціонарних картоплесортувальних пунктах. Окрім того, різко зростають транспортні витрати і збільшується вивіз з поля родючого шару ґрунту. Вже за вологості середньосуглинистого ґрунту 14-25% домішки ґрунту в бункері становлять до 50%, що викликає необхідність проводити обробку бульб на сортувальних пунктах [4].

За вологості суглинистих і глинистих ґрунтів 25-27% застосування комбайнів ускладнюється, оскільки домішки ґрунту становлять 70-80%. Комбайн починає працювати з перевантаженням, частішають поломки, продуктивність різко знижується, зростають об'єми транспортних перевезень маси від комбайна, різко зростають втрати бульб, застосування комбайнів без робочих-перебирачів неможливе.

За вологості суглинистого ґрунту вище 27% застосування не тільки комбайнів, але й елеваторних картоплекопачів стає неможливим. Агрегат з трактора і копача підкопує грядку і майже без руйнування укладає за собою. Ручне перебирання з такої грядки пов'язане з великими затратами, при цьому втрати бульб досягають 70-80%.

В таблиці 1.1 [4] наведено показники якості роботи картоплезбирального комбайна ККУ-2А на різних швидкостях, з якої видно, що задовільних результатів можна досягти зниженням швидкості комбайна, робота на швидкості понад 1,8 км/год неможлива.

В цих умовах погіршується робота картоплекопачів. Втрати картоплі засипаної ґрунтом зростають до 11,6 %. Застосування копача без додаткового

обладнання дозволяє викинути на поверхню поля не більше 80% картоплі, продуктивність різко знижується [4].

В даному діапазоні вологості більш ефективно працюють картоплекопачі роторного типу.

Таблиця 1.1

Показники якості роботи комбайнів ККУ-2А на середньосуглинистих ґрунтах різної вологості

Назва показника	Значення показників за швидкості агрегата, км/год і вологості ґрунту, %					
	0,4	0,7	0,9	1,2	1,8	2,4
Вологість ґрунту 27,6-30,3%						
Чистота бульб в тарі, %	76,9	56,0	58,5	50,1	19,9	-
Пошкоджено бульб, %	-	23,1	21,4	12,8	10,4	-
Всього втрат, %	3,8	4,4	7,3	6,6	18,2	-
Вологість ґрунту 23-27,8%						
Чистота бульб в тарі, %	-	-	-	83,6	68,4	58,4
Пошкоджено бульб, %	-	-	-	26,1	25,0	10,1
Всього втрат, %	-	-	-	4,1	2,1	6,8

1.5 Аналіз конструкцій та результатів досліджень пристроїв для підвищення ефективності процесу сепарації у картоплезбиральних машинах

Аналіз досліджень і практичне застосування сепараторів різних типів показує, що в картоплезбиральних машинах для первинної сепарації ґрунту внаслідок ряду переваг (простота конструкції, можливість здійснення одночасно з сепарацією транспортування пласта вгору, ефективність за сепаруючою здатністю в умовах підвищеної вологості) найбільшого розповсюдження набули пруткові транспортери. За результатами досліджень [3, 6, 11] було обґрунтовано значення параметрів сепаруючих транспортерів - швидкість руху транспортера становить 1,5-2 м/с, довжина транспортера – 1,7-2,3 м, ширина – 1,1-1,2 м, кут нахилу - 18-20°.

Проведені експериментальні дослідження дали можливість встановити вплив швидкості транспортера на ефективність просіювання ґрунту, що знаходиться в пластичному і твердому стані [20, 30, 97, 106]. Просівання ґрунту транспортером визначається двома факторами: часом знаходження ґрунту на транспортері і інтенсивністю струшування полотна транспортера. Обидва фактори, в свою чергу, є функціями швидкості транспортера. Підвищення швидкості транспортера збільшує динамічну дію на шар вороху, але в той же час знижує час перебування елементів вороху на транспортері, і, відповідно, зменшує ймовірність проходження ґрунтових елементів вороху (ГЕВ) через щілини. Доведено, що при швидкості полотна понад 1,6-1,7 м/с ефективність сепарації зменшується. Зменшення швидкості робочого полотна транспортера менше, ніж за 1,5 м/с допускати не доцільно, оскільки це призводить до погіршення подачі вороху з підкопувальних робочих органів до сепаруючих. Збільшення довжини сепаруючого робочого органа більше 2 м не впливає суттєво на якість роботи транспортера. Нарощування довжини транспортера призводить до збільшення габаритних розмірів машини, знижує експлуатаційну надійність, збільшує пошкодження бульб, причому сепаруюча здатність суттєво не збільшується.

Ефективність роботи основного транспортера повинна бути такою, щоб забезпечити за роботи на грудкуватих ґрунтах максимальне відокремлення дрібного ґрунту. Згідно рекомендацій [99] коефіцієнт відокремлення ґрунту на першому транспортері повинен бути не менше 80%. Подача значної кількості дрібних ГЕВ знижує ефективність руйнування грудок пневматичними грудкоруйнуючими балонами, оскільки для їх ефективної роботи необхідно, щоб грудки і бульби проходили між балонами в один шар з відстанню між ними по довжині і ширині, не менше середнього подвійного діаметра грудок і бульб.

В реальних умовах повнота відокремлення становить 60-90 %, що веде до значного вмісту ГЕВ в бункері.

Таким чином, як показують результати аналізу, ефективність процесу сепарації на основному сепаруючому транспортері недостатня. Зміна швидкості, довжини і кута його нахилу не ведуть до подальшого підвищення сепаруючої здатності, а збільшення інтенсивності струшування полотна транспортера обмежується чутливістю бульб до пошкоджень. Отже, подальшого резерву для покращення якісних показників за рахунок вдосконалення конструкції та оптимізації режимів роботи основного сепаруючого транспортера немає. Тому з метою покращення просіювання ґрунту, особливо в несприятливих умовах збирання, необхідно застосовувати додаткові інтенсифікуючі пристрої.

В результаті цих досліджень створено різноманітні пристрої на основі аналізу яких нами запропонована така класифікація (рис. 1.2).

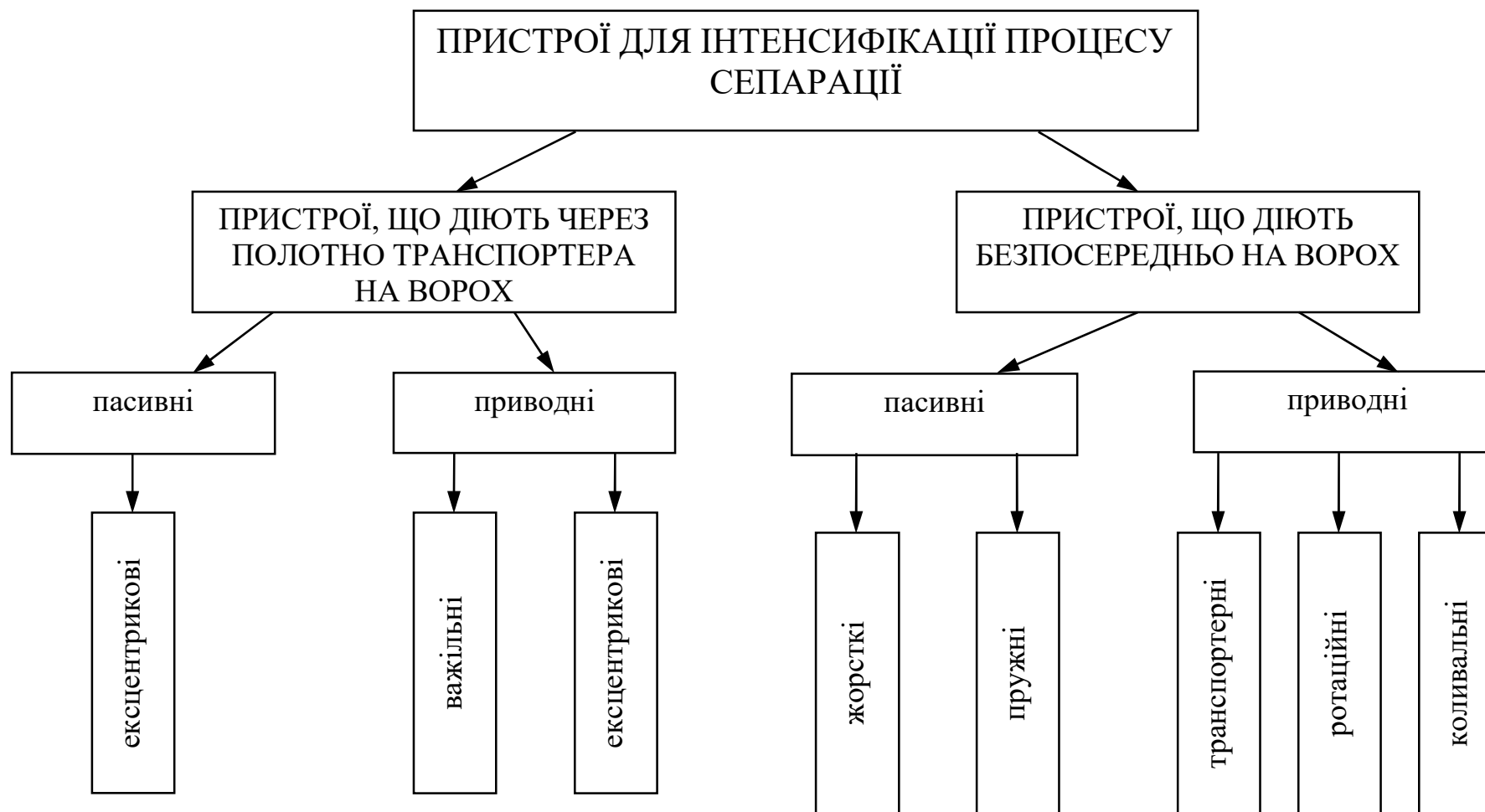


Рис. 1.2. Класифікація пристроїв для інтенсифікації процесу сепарації у картоплезбиральних машинах

1.6 Приводні пристрої

Перша підгрупа пристроїв включає пальцеві транспортери, що взаємодіють з потоком вороху на транспортері, але через ускладнення конструкції машини вони не знайшли широкого застосування.

Друга підгрупа – ротаційні робочі органи є найбільш чисельною. Класифікувати їх можна за такими ознаками:

1) по виду виконуваної операції в технологічному процесі:

- для руйнування ГЕВ і сепарації ґрунту;
- руйнування ГЕВ.

2) по місцю розміщення в технологічному процесі;

- одночасно з підкопуванням;
- між підкопуванням і сепарацією;
- разом з сепарацією;
- після сепарації.

3) по місцю установки:

- над лемішами;
- між лемішами і сепаруючим транспортером;
- над сепаруючим транспортером;
- за сепаруючим транспортером.

Вивченням бітерів циліндричної і бочкоподібної форми з суцільними і прутковими (штифтовими) лопатями, встановленими в зоні підкопування картопляної грядки займався Алесенко В.М. [15]. Він встановив, що найбільш перспективним є бочкоподібний бітер з трьохрядним гвинтовим розміщенням штифтових лопатей, робоча поверхня яких - еластичні матеріали. Дослідження показали, що бітери збільшують ступінь розпушення ґрунту в 3-5 разів у порівнянні з транспортером. Параметри експериментального бітера були такими: діаметр по центру 300 мм, на краях – 220 мм, довжина - 516 мм, діаметр штифтів - 12 мм, відстань між штифтами – 43 мм, розміщення осі обертання бітера вище площини леміша - 80 мм. Лопатевий бітер з еластичною поверхнею штифтових лопатей за частоти обертання 560 об/хв і поступальної швидкості

руху 1,6 м/с забезпечив ступінь розпушення ґрунту понад 95% за величини пошкодження бульб до 3%. Застосуванням лопатевих бітерів у конструкції картоплезбиральних комбайнів можна досягти збільшення продуктивності у 1,5 рази.

Девін В.В. [50] досліджував комбінований сепаруючий пристрій (рис.1.3). Він складається з активного роторного робочого органа – розрихлювача, що має форму зрізаного конуса з віссю обертання, яка розміщена під кутом до горизонту і до напрямку руху та пруткової сепаруючої поверхні. Розрихлювач виконаний у вигляді встановлених на валу двох дисків – основ більшого і меншого діаметра, з'єднаних між собою прутками, які є твірними зрізаного конуса. На прутках по трьохзаходній гвинтовій лінії встановлено еластичні розпушувальні елементи – лопаті.

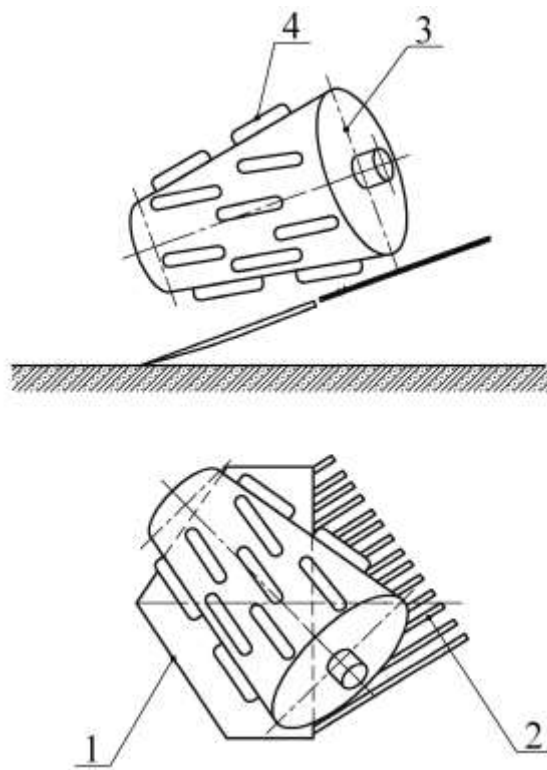


Рис. 1.3. Схема картоплекопача:

1 – леміш, 2 – прутки, 3 – розрихлювач, 4 – лопатки

Параметри розрихлювача були такими: діаметр вершини – 200 мм, діаметр основи – 400 мм, довжина – 850 мм, спосіб установки лопаток – трьохзаходна спіраль з кроком - 280 мм, висота лопаток – 100 мм,

кут установки – 35-55 град. За швидкості руху агрегату – 0,7-1,2 км/год, і частоти обертання – 140-200 об/хв повнота викопування становила 93,5-98,6%, а пошкодження бульб – 1,4-4,5%.

Настенко П.М. [8] для розпушення підкопаного шару ґрунту перед подачею його на сепаруючий робочий орган запропонував дисковий грядкопідійомник (рис. 1.4), що має лопатевий бітер, який представляє собою два диска з'єднаних металевими планками з прогумованими накладками. Частота обертання бітерів 132 об/хв. Шар вороху, який знаходиться між лемішем, барабаном і дисками грядкопідійомника, переміщується вгору до лопатевого бітера, кутова швидкість якого значно вища швидкості переміщення шару вороху. Бітер інтенсивно діє на шар вороху, знімає його з дискового грядкопідійомника і виконує відрив бульб від бадилля і подає ворох на прутковий транспортер.

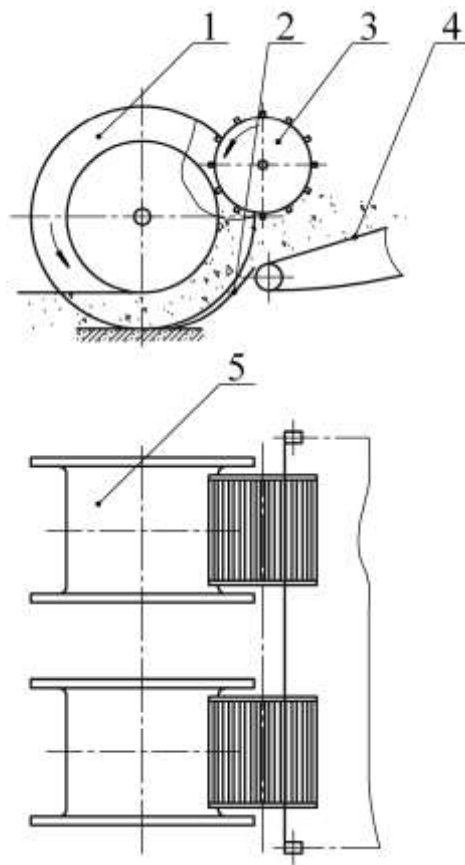


Рис. 1.4. Схема дискового грядкопідійомника:

1 – диск, 2 – леміш, 3 – лопатевий бітер, 4 – прутковий транспортер

Дисковий підкопувальний робочий орган конструкції ВІСГОМ (рис.1.5) має лопатевий бітер-розпушувач 4. Дискові викопувальні робочі органи забезпечують зниження маси підкопаного шару вороху на 17-20%, однак потребують підвищеної точності водіння комбайна по рядках.

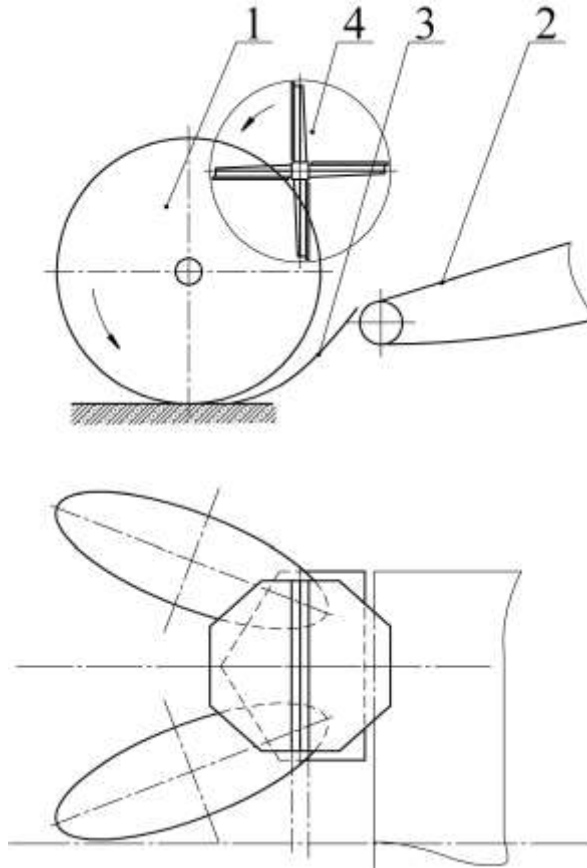


Рис. 1.5. Схема комбінованого підкопувального робочого органа:

1 – активний диск, 2 – транспортер, 3 – леміш, 4 – лопатевий бітер

Скварски Б.Т. [11] провів дослідження комбінованого роторного органа - відцентрове сито і кидалка з криволінійними пальцями (рис. 1.6). Робочий орган складається з лемішів 1 з решіткою, виконаною у вигляді пруткового диска 2. Задні кромки лемішів виконані еквідистантно до кінців прутків диска 2. Останній встановлений на одній осі 3 з лопатевими розпушувачами 4, лопаті, яких виконані кільцевими. Довжина пальців лопатей виконана перемінною по довжині, зменшуючись знизу вгору. Довжина верхніх пальців рівна довжині нижніх. З метою зменшення замотування вісей розрихлювачів робочий орган обладнаний крильчаткою, встановлений на одній осі з розпушувачем. При русі машини вздовж грядок леміші 1, підкопують грядки картоплі і подають їх до

роторних робочих органів розрихлювача 4, які, обертаючись назустріч один одному, захвачують шар вороху з лемішів, діють на його, руйнують ГЕВ, сепарують частину подрібненого ґрунту через прутки диска 2, а решту маси вороху подають на прутковий транспортер.

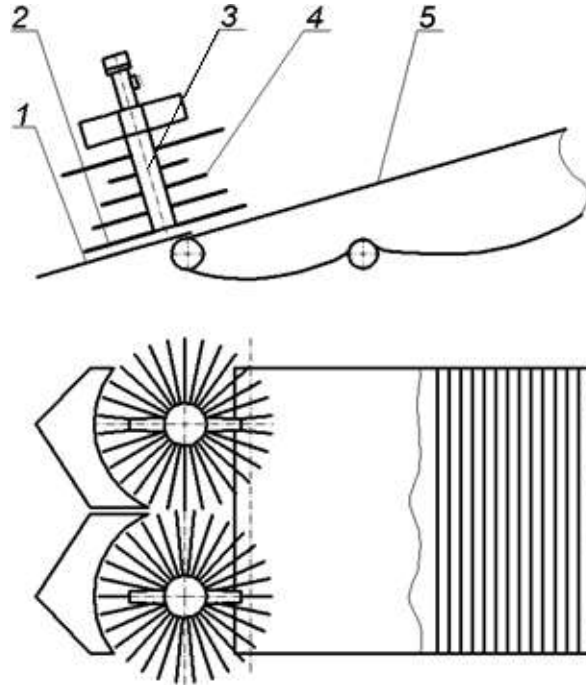


Рис. 1.6. Схема комбінованого підкопувального робочого органа:

1 — леміш, 2 — решітка, 3 — вісь, 4 — розрихлювач, 5 — транспортер

Шар вороху під дією такого робочого органа інтенсивніше просіюється на прутковому транспортері, що забезпечує високу сепаруючу здатність машини в цілому при пошкодженні бульб нижче допустимих.

Найбільш доцільно застосовувати робочий орган такого типу на важкосуглинистих і суглинистих ґрунтах, на яких робота серійних машин незадовільна, а застосування машин з комбінованим роторним органом збільшує сепарацію в 1,5-2 рази. Раціональна швидкість руху машини 1-1,5 м/с, а кутова швидкість роторів - 14-16 с⁻¹. За таких режимів сепарація на різних ґрунтах близька до максимальної, а пошкодження - мінімальні.

Размислович І. Р., Ладутько С.Н. удосконалили комбінований роторний орган (рис. 1.7) [10]. Він працює наступним чином. Підкопаний лемішами 3 бульбоносний пласт поступає на відцентрові сита 1, які обертаються назустріч один одному, при цьому ворох частково розрихлюється і частина дрібного

грунту просіюється через щілини між пальцями, а пальчасті лопаті 2 також діють на ворох і сприяють транспортуванню маси. Далі ворох поступає на лопаті 5 роторів 4, які обертаються в тому ж напрямі, вони затримують на деякий час ворох, що подається ситами, що сприяє кращій сепарації дрібного ґрунту на ситах, потім, знімаючи його з сит, одночасно розпушують пальцями лопатей ґрунтові грудки і відкидають картопляний ворох на транспортер 9. При цьому короткі пальці лопатей 2 сит 1 взаємодіють під час роботи з пальцями лопатей 5 роторів, що у випадку залипання, забивання простору між пальцями сприяє їх самоочищенню.

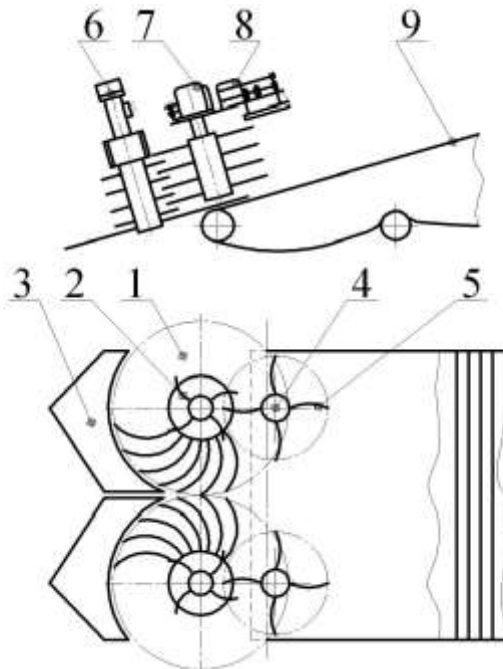


Рис. 1.7. Схема підкопувально-сепаруючого пристрою картоплезбиральної машини:

1 – сито, 2 – лопатки, 3 – леміші, 4 – шви́рляльні ротори, 5 – пальчасті лопатки, 6, 7 – привід, 8 – механізм переміщення роторів, 9 – транспортер

Ладутько С.Н. досліджував картоплекопач, в якому після пруткового сепаруючого транспортера встановлено бітерний решітчастий барабан з вібраційною решіткою (рис. 1.8) [7]. Така сукупність робочих органів дала можливість покращити процес відокремлення бульб без значних пошкоджень, а також значно зменшити металоємність.

Було проведено дослідження прутково-барабанних бітерів з діаметром 300, 400, 500, 600 мм, штифтового бітера діаметром 400 мм, бітера копача КТП – 2 і бітера з десятьма дерев'яними лопатями діаметром 400 мм.

Експериментальними дослідженнями встановлено [7], що прутково-барабанний бітер діаметром 400 мм з кроком по зовнішнім пруткам 120-125 мм з коловою швидкістю 2,1-2,3 м/с просіює до: 93% ґрунту, що подається на нього, за роботи на легкому суглинку з вологістю 10,6%; 85% ґрунту - за роботи на середньому суглинку з вологістю 13%. Зі збільшенням вологості ґрунту процент просіювання зменшується і за вологості середнього суглинку 24% становить 37%.

Кількість пошкоджених бульб вказаним бітером при швидкості агрегату 1,34 м/с не перевищує 4,8%. Повнота збирання картоплі у копача КБН-2Б становила 84,3-99,6%, пошкодження бульб за швидкості 1,3-1,5 м/с - 7,3-21,3%. Продуктивність становить 0,29-0,74 га/год.

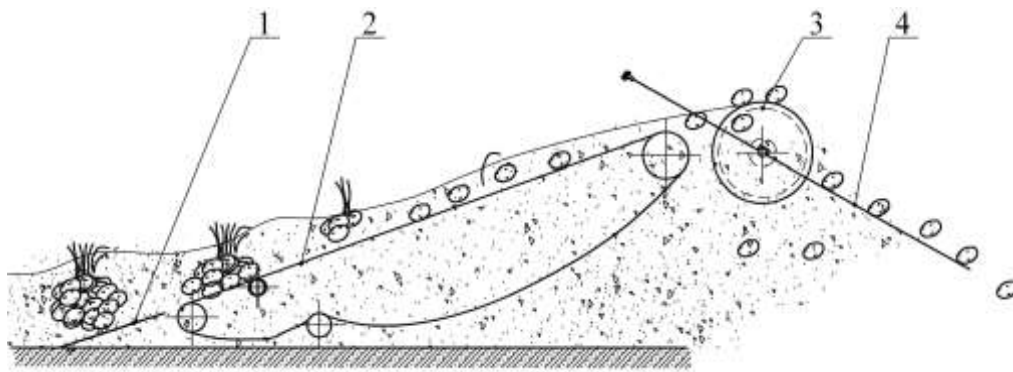


Рис. 1.8. Схема картоплекопача КБН-2Б:

1 – леміш, 2 – транспортер, 3 – бітер, 4 – вібраційна решітка

При збиранні картоплі у важких умовах для підвищення сепарації ґрунту підвищеної вологості на картоплекопач марки КТН-2Б замість каскадного транспортера встановлюють пристрій, який складається з двох пальцевих роторів (рис. 1.9) [4]. Ротор складається з труби діаметром 100 мм і довжиною 1150 мм, всередині якої проходить вал, що обертається в опорах, встановлених в кронштейнах. До труб в три ряди під кутом 120 градусів приварено сталеві пальці діаметром 10 мм і довжиною 130 мм. До першого ротора приварено 27 пальців, до другого - 24. Для зниження пошкоджень бульб пальці обгумовані.

Щоб усунути розкидання бульб, до рами копача над роторами прикріплено гумовий екран. Ротори, встановлені з відстанню між вісями 250 мм, викидають на поверхню до 83 % бульб.

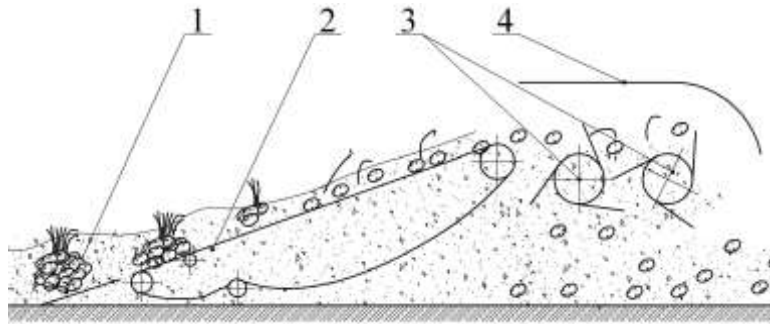


Рис. 1.9. Схема копача КТН-2Б з роторним пристроєм:

1 – леміш; 2 – сепаруючий транспортер, 3 – ротори, 4 – екран

Бончик В.С. запропонував картоплекопач основним грудко-подрібнювальним робочим органом якого є вертикальний ротор 2, який у сполученні з сферичними дисками 3 руйнує дві суміжні картопляні грядки для подальшої сепарації вороху на прутковому транспортері (рис. 1.10) [2]. Ступінь подрібнення ґрунту лопатями ротора в залежності від кінематичних параметрів машини 3,86-30,48%, при робочій швидкості 0,5-2,5 м/с. Виробнича перевірка картоплекопача встановила, що ступінь сепарації 91,4%, ступінь пошкодження бульб 1,14%.

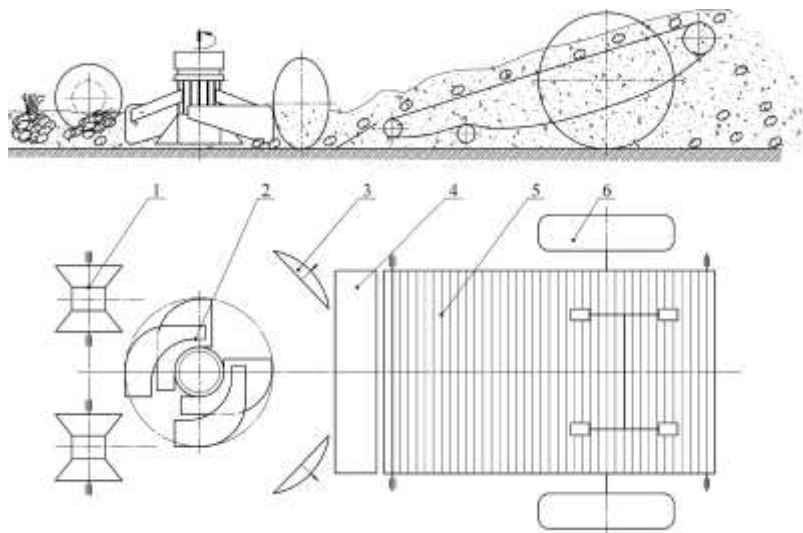


Рис. 1.10. Схема ротаційного картоплекопача:

1 - копіювальний коток; 2 - вертикальний ротор; 3 - сферичні диски;
4 - леміш; 5 - прутковий транспортер; 6 - опорні колеса

Шумило М.М. (ІМЕСГ УААН) досліджував вертикальні пруткові барабани, встановлені в зоні підкопування (рис. 1.11) [13]. Польові дослідження показали, що використання таких робочих органів створює умови для ефективного руйнування грудок і підготовки шару вороху з метою подальшої сепарації як на робочому органі, так і на сепаруючих робочих органах, при цьому бульби знаходяться у ґрунті і захищені від механічних пошкоджень, завдяки чому досягається покращення якості і підвищення продуктивності роботи картоплезбиральних машин.

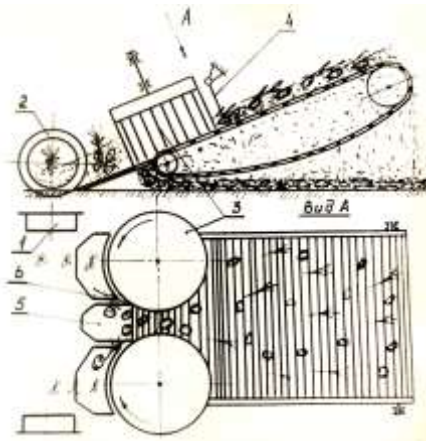


Рис. 1.11. Схема підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини:

1 – коток копіювальний, 2 – диск обрізний, 3 – прутковий барабан, 4 – фартух, 5 – середній леміш, 6 – бічний леміш

Чистота бульб в тарі становить:

- на важких за фізико-механічним складом ґрунтах у середньому на рівні 94,3%, проти вихідних вимог 82% і 68,3 % - у серійних машин, а пошкодження бульб відповідно 5,6% проти 7% і 10,4%.
- на середніх ґрунтах - на рівні 96,5% проти вихідних вимог 90,0% і 81,6% у серійних машин, а пошкодження бульб відповідно 3,2% проти 5% і 4,1%.

В результаті досліджень енергетичних показників експериментального комбайна з підкопувально-сепаруючим робочим органом, виявлено, що крутний момент і загальна потужність менше відповідно на 14,2% і 5,6% у порівнянні з серійним комбайном.

Отже, як показує аналіз, бітери є ефективними робочими органами при установці їх над або після підкопувальних робочих органів, перспективні, як за ступенем розпушення, так і за руйнуванням грудок. Недоліком бітерів є обмежена зона їх дії.

Запропоновано (рис. 1.12) [7] інтенсифікатори сепарації, які виконані у вигляді плоских дисків з можливістю обертання навколо своїх осей в площинах, розташованих під гострими кутами до площини робочої поверхні транспортера, а самі пальці виконані пружними і закріплені консольно до нижньої сторони дисків. В результаті польових досліджень встановлено, що застосування дискового інтенсифікатора дозволило збільшити продуктивність картоплекопача на 12% у порівнянні з серійною машиною.

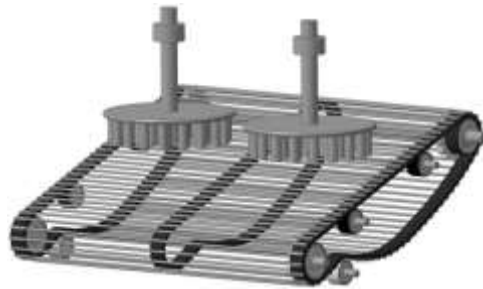


Рис. 1.12. Сепаруючий пристрій картоплезбиральної машини

Для динамічного руйнування шару вороху застосовуються кидальні механізми. Такі робочі органи застосовувалися на комбайнах К-19, ККУ-2Р [3].

Дослідження картоплезбирального комбайна К-19 з конічним ротором, що має 8 гребінок, показали, що ротор, встановлений під кутом 52° до горизонту, добре розпушує шар вороху, забезпечує чистоту бульб у тарі до 98-99%. Однак ротор забивається рослинними рештками і пошкоджує до 30% бульб [9].

Шнекові пристрої – ефективні робочі органи, але їм властиві високі пошкодження бульб, можливі заклинювання.

Комбінований підкопувальний орган конструкції ВІМ (рис. 1.13) на кожний рядок має по два плоских активних диска 2, встановлених під кутом до напрямку руху, вигнутий пасивний леміш 4 і шнековий очисник-розрихлювач 3.

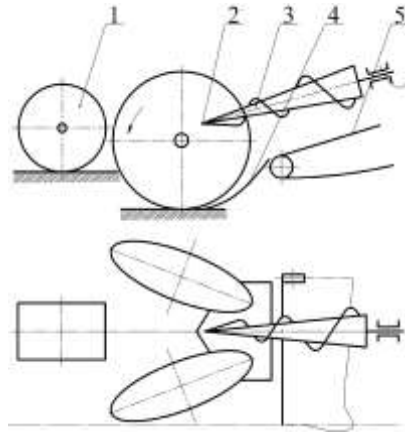


Рис. 1.13. Схема комбінованого підкопувального робочого органа:

1 – копіювальний коток, 2 – активний диск, 3 – шнековий очисник-розрихлювач, 4 – леміш, 5 – транспортер

Шнеко-елеваторний сепаратор [5], який складається з пруткового транспортера, поперечно розміщеного шнека і відбійного валика, що обертається назустріч руху транспортера. Таке розміщення шнека дозволяє змінити напрям потоку, збільшити шлях проходження і час знаходження матеріалу на прутковому транспортері, в результаті чого збільшується інтенсивність сепарації і забезпечується висока ступінь відокремлення ґрунту.

При дослідженні на середньосуглинистому ґрунті твердістю 1,2 МПа, вологістю 20,7%, були отримані показники по чистоті 91,4%, пошкодження 11,0 % (ККУ-2А – відповідно 62,6% і 8,74%).

Застосування відомих результатів дослідження процесу роботи пруткових барабанів утруднене, оскільки не дозволяє однозначно визначити конструкційні і кінематичні параметри таких робочих органів, особливо для практичних цілей. Процес розподілу картопляного вороху на транспортері розподільником має специфічний характер, дані по вибору параметрів і режимів роботи такого робочого органа і дані, що характеризують його ефективність при застосуванні в технологічній схемі картоплезбиральної машини не відображені в науковій літературі. З метою обґрунтованого вибору конструкційних та технологічних параметрів пруткових барабанів і розподільника існує потреба проведення дослідження роботи запропонованого комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДКОПУВАЛЬНО-СЕПАРУЮЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

2.1 Технологічний процес підкопувально-сепаруючим робочим органом

В результаті аналізу відомих конструкцій і результатів досліджень було запропоновано конструкційно-технологічну схему комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини, що містить активні пруткові барабани і V-подібний розподільник, який встановлено за барабанами над сепаруючим транспортером.

Для обґрунтованого вибору конструкційних та технологічних параметрів пруткових барабанів та розподільника необхідно провести теоретичні дослідження.

Якість виконання технологічного процесу підкопувально-сепаруючим робочим органом залежить від наступних конструкційних та технологічних параметрів пруткових барабанів і розподільника, а також від фізико-механічних властивостей підкопуваної картопляної грядки (рис. 2.1):

Конструкційні параметри:

D – діаметр пруткового барабана, м;

β – кут нахилу лемешів до горизонту, град;

$\beta_{\text{тр}}$ – кут нахилу полотна транспортера до горизонту, град;

γ – кут вертикального нахилу пруткових барабанів, град;

H – висота прутка барабана, м;

$d_{\text{пр}}$ – діаметр прутка барабана, м;

K – кількість прутків барабана, шт.;

p – крок установки прутків барабана, м;

α – кут розхилу крила розподільника, град;

l – довжина крила розподільника, м;

h – висота крила розподільника, м.

Технологічні параметри:

$\lambda = V_B / V_M$ – показник кінематичного режиму роботи пруткових барабанів;

V_M – швидкість руху машини, м/с;

$V_B = \omega R$ – колова швидкість пруткового барабана м/с;

ω – кутова швидкість барабана, рад/с;

$V_{тр}$ – швидкість руху сепаруючого транспортера, м/с;

A – створ між барабанами, м;

K – відстань від носка леміша до барабана, м;

Δ – зазор між розподільником і транспортером, м;

L – відстань між барабанами і розподільником, м;

$b_{тр}$ – ширина транспортера, м;

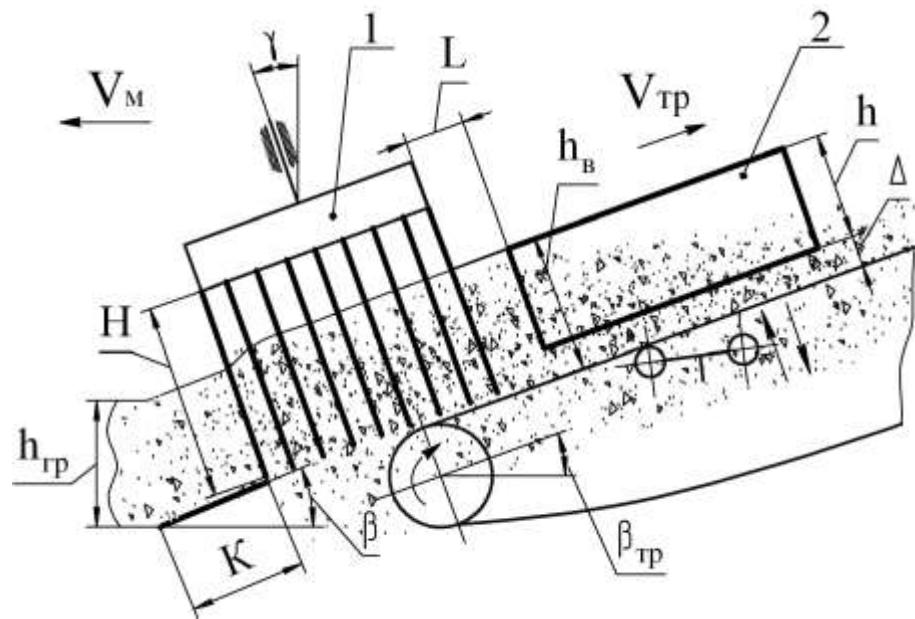
h_b – висота шару вороху на транспортері, м.

Параметри картопляної грядки:

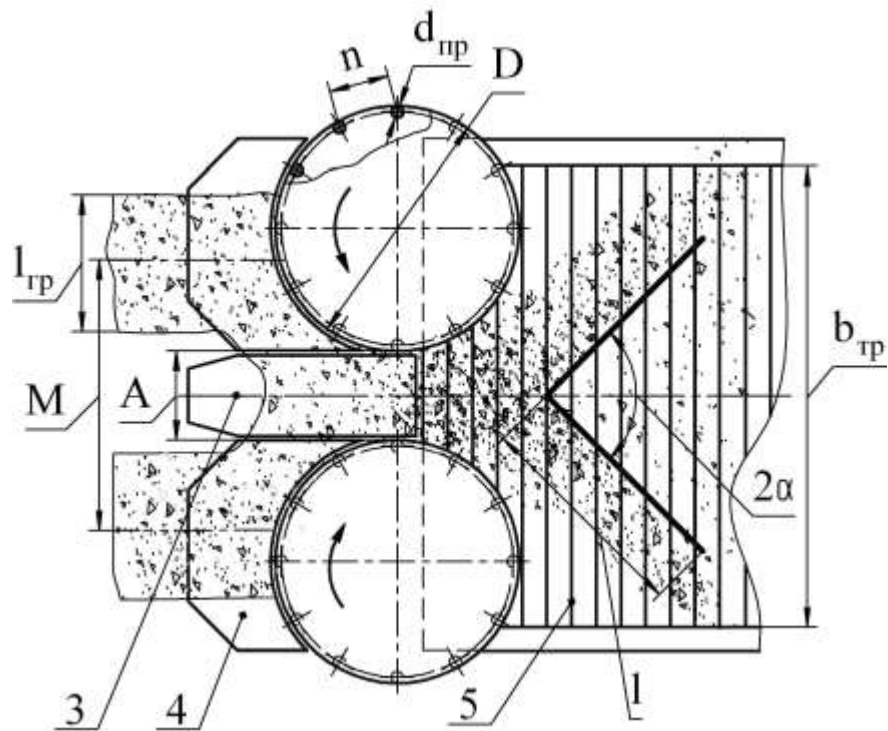
M – відстань між сусідніми рядками картоплі (міжряддя), м;

$h_{гр}$ – висота грядки, м,

$l_{гр}$ – ширина грядки, м;



а



б

Рис. 2.1. Схема до розрахунку параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини: а – вид збоку; б – вид зверху; 1 – прутковий барабан; 2 – V-подібний розподільник; 3 – середній леміш; 4 – боковий леміш; 5 – сепаруючий транспортер

2.2

Експериментальна установка

На основі аналізу попередніх експериментальних досліджень для подальшого експериментального вивчення комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа в польових умовах була створена польова експериментальна установка.

Її базою слугував картоплезбиральний комбайн ККУ-2А, який складається (рис.2.2) з копіювального катка 1, лемешів 2, пруткових барабанів 3, першого пруткового транспортера 4 з механізмом струшування 5, балонів-грудкоподрібнювачів 6, другого пруткового транспортера 7, рідкопруткового транспортера 8, барабанного транспортера 9, горки 10, перебирального стола 11, завантажувального транспортера 12, транспортера домішок 13, бункера 14, V-подібного розподільника 15.

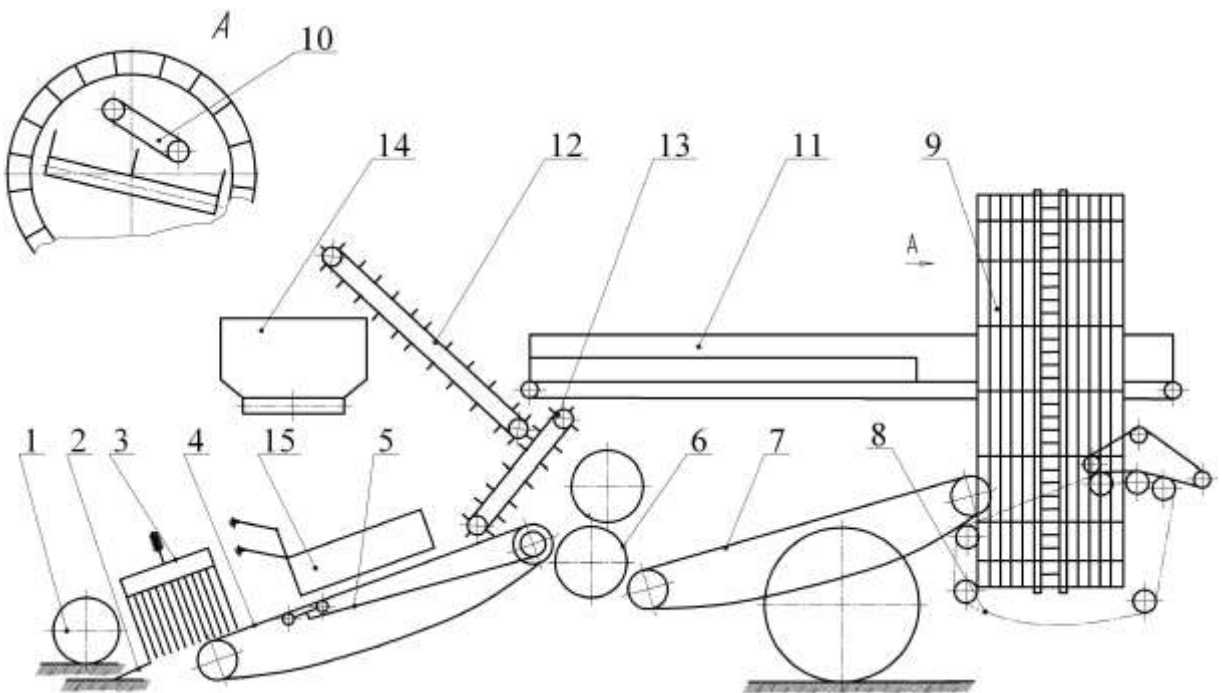


Рис. 2.2. Схема експериментальної установки на базі картоплезбирального комбайна ККУ-2А:

1 - копіювальний каток; 2 - леміш; 3 - прутковий барабан; 4 - перший прутковий транспортер; 5 - механізм струшування; 6 - балон-грудкоподрібнювач; 7 - другий прутковий транспортер; 8 - рідкопрутковий транспортер; 9 - барабанний транспортер; 10 - горка; 11 - перебиральний стіл; 12 - завантажувальний транспортер; 13 - транспортер домішок; 14 - бункер; 15 - V-подібний розподільник

Розподільник (рис. 2.3) складається з двох крил 1, які шарнірно з'єднані між собою за допомогою осі, паралелограмного механізму навіски 2 приєднаного до рами картоплезбирального комбайна, гряділя 3, обмежувального ланцюга 4, регулювальної планки 5, пружини 6. Розподільник приєднується до гряділя за допомогою прутка квадратного перерізу і фіксується хомутами. Шарнірне закріплення крил дозволяло змінювати кут розхилу крил, який фіксувався за допомогою регулювальної планки. За допомогою обмежувального ланцюга забезпечується регулювання зазору між полотном транспортера і розподільником. За допомогою пружини розподільник мав змогу здійснювати плавні вертикальні переміщення при копіюванні коливань поверхні транспортера, а також запобігти поломкам при перевантаженнях.

Загальний вигляд розподільника встановленого над сепаруючим транспортером установки наведено на рис. 2.4.

Процес роботи протікає таким чином. При русі картоплезбирального комбайна (рис. 2.2) леміші 2 підкопують два суміжні рядки картоплі. Пруткові барабани 3 обертаються назустріч один одному, прутками захвачують підкопаний лемішами шар картопляної грядки, подрібнюють його в створі між барабанами. При цьому частина ґрунту просівається між пальцями барабанів і попадає під комбайн, а основна маса вороху направляється на сепаруючий транспортер 4. Ворох, рухаючись транспортером, потрапляє на V-подібний розподільник 15. При цьому потік вороху розподіляється на два потоки, що починають рухатися вздовж крил пристрою, частина вороху постійно буде проходити під розподільником, оскільки він встановлений із зазором відносно поверхні транспортера. Рухаючись вздовж крил, ворох розподіляється на ширині транспортера, а завдяки наявності зазору - вирівнюється за висотою. Далі ворох рухається по поверхням сепаруючих робочих органів, де відбувається остаточне

відокремлення ґрунту та рослинних решток, а очищені бульби картоплі потрапляють в бункер 14.

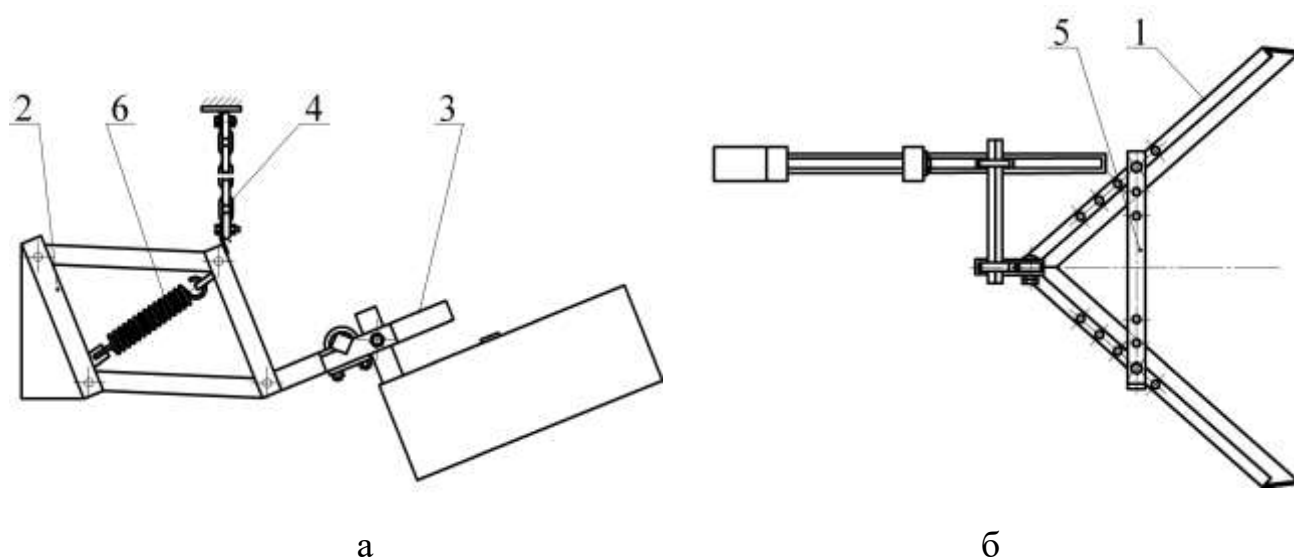


Рис. 2.3 Схема розподільника:

а – вид збоку; б – вид зверху

1 - крило; 2 - паралелограмний механізм; 3 - гряділь; 4 - обмежувальний ланцюг;
5 - регулювальна планка; 6 - пружина



Рис. 2.4 Загальний вигляд розподільника

Основні параметри експериментальної установки наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1.

Технічна характеристика експериментальної установки

Показник	Одиниця виміру	Значення показника
Швидкість руху машини	м/с	0,7-1,5
Швидкість руху пруткового транспортера	м/с	1,85
Довжина крила розподільника	мм	480
Висота крила розподільника	мм	150
Кут розхилу крила розподільника	°	10-55
Зазор між полотном транспортера і розподільником	мм	0-250
Відстань між прутковими барабанами і розподільником	мм	150-700
Швидкість обертання барабанів	м/с	2,5
Діаметр пруткового барабана	мм	580
Крок установки прутків на барабані	мм	80
Діаметр прутка барабана	мм	16

Виходячи з аналізу технічних характеристик установки, робимо висновок, що розроблена конструкція лабораторно-польової експериментальної установки повністю задовольняє умовам для проведення досліджень в польових умовах.

2.3 Методика проведення експериментальних досліджень

Для визначення умов і методики експериментальних досліджень скористались стандартними методиками [24, 27]. Дослідження проводили в польових умовах: на рівній, спеціально підготовленій ділянці посадки картоплі і в агротехнічні строки, які передбачені для збирання.

Для експериментального дослідження впливу трьох факторів на вихідний показник застосовувався метод математичного планування експерименту [14], зокрема реалізовано дробний факторний експеримент з матрицею 3^{3-1} . Необхідну кількість повторностей кожного дослідів визначали згідно рекомендацій, наведених у науковій праці [8]. При вибраній довірчій ймовірності $\alpha=0,9$ і допустимій помилці дослідів $\varepsilon=\pm 2\sigma$ необхідна кількість повторностей становить $n=3$.

Прийнята математична модель другого порядку, яка описує вплив факторів на досліджуваний параметр, в загальному вигляді записується:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (2.1)$$

де x_i, x_j , - кодовані значення факторів;

b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij} – коефіцієнти регресії.

Зв'язок між кодованими та натуральними змінними факторами встановлюється за залежністю:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2.2)$$

де x_i, X_i – відповідно кодоване та натуральне значення i – го фактору;

X_{i0} – натуральне значення i – го фактору на нульовому рівні;

ΔX_i – інтервали варіювання i – го фактору.

Нульовим називається рівень, що знаходиться в центрі інтервалу (середнє значення фактору):

$$X_{i0} = \frac{X_{imax} + X_{imin}}{2}, \quad (2.3)$$

Інтервал варіювання фактору визначається:

$$\Delta X_i = \frac{X_{imax} - X_{imin}}{2} \quad (2.4)$$

Рівні і інтервали варіювання змінних факторів експерименту наведені у таблиці 2.2.

Після кодування факторів склали план-матрицю дробного факторного експерименту, що представлена в табл. 2.3.

При реалізації плану-матриці, для виключення впливу на результат досліджень випадкових і некерованих факторів провели рандомізацію плану-матриці методом випадкового балансу, який було реалізовано способом витягання порядкових номерів дослідів з урни [8].

Перед проведенням кожного дослідів виконували наладку експериментальної установки, яка полягала в установленні кута розхилу крил розподільника, зазору між полотном транспортера і розподільником, відстані між прутковими барабанами і розподільником на відповідні значення факторів.

Проби вороху відбирали з перебирального столу наступним чином. Після налаштування пристрою, агрегат починав виконувати технологічний процес збирання картоплі (рис. 2.5), після виходу на усталений режим роботи агрегат зупиняли. Ворох, що знаходився на перебиральному столі збирали в тару. Момент відбору проб показано на рис. 2.6. Потім ворох розбирали на фракції і зважували. Результати зважування заносилися до таблиці у відповідні графи.

Засміченість бульб ґрунтовими домішками визначали згідно виразу:

$$Z = \frac{m_d}{m_z} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де Z – засміченість бульб ґрунтовими домішками, %;

m_d - маса домішок ґрунту у пробі вороху, кг;

m_z - загальна маса проби вороху, кг.

Також при цьому визначали пошкодження бульб.

Таблиця 2.2

Рівні та інтервали варіювання факторів

Фактор	Натуральні позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				Натуральні			Кодові		
				верхній	нижній	основний	верхній	нижній	основний
Відстань між барабанами і розподільником, L, м	X_1	x_1	0,15	0,6	0,45	0,3	+1	-1	0
Кут розхилу крила, α , град	X_2	x_2	15	45	30	15	+1	-1	0
Зазор між полотном транспортера і розподільника Δ , м	X_3	x_3	0,05	0,15	0,1	0,05	+1	-1	0

Таблиця 2.3

План – матриця експерименту

№ досліджу	X_1	X_2	X_3
1	1	1	1
2	1	0	1
3	1	-1	1
4	1	-1	0
5	1	-1	-1
6	0	-1	1
7	0	1	1
8	0	1	-1
9	0	0	0
10	-1	0	1
11	-1	0	-1
12	-1	1	-1
13	-1	-1	1
14	-1	-1	-1



Рис. 2.5. Загальний вигляд розподільника під час проведення експериментальних досліджень



Рис. 2.6. Відбір проб з перебирального столу експериментальної установки

2.4 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми та раціональних параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини

В результаті досліджень запропоновано технологічну схему комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа, теоретично та експериментально обґрунтовано його основні параметри. Наступним етапом було розроблення компонувальної схеми та конструкції запропонованого робочого органа картоплезбиральної машини.

Як відомо [9], підкопувальний робочий повинен повністю підкопувати шар ґрунту з бульбами та надійно подавати його на сепаруючий робочий орган. Застосовуємо найбільш простий робочий орган – плоский пасивний леміш. Для забезпечення самоочистки леміша від рослинних решток він виконаний трьохсекційним. Задавши параметри картопляної грядки, а саме ширину міжряддя, профіль грядки, параметри залягання гнізда бульб, а також параметри сепаруючого транспортера (рис. 2.7), графоаналітичним методом визначили раціональні геометричні параметри підкопувального органа.

Максимальна ширина гнізда бульб для різних сортів картоплі становить $b=23-32$ см, максимальна глибина залягання нижньої бульби $c=21$ см [7, 9]. Ширину підкопувального робочого органа $H_{\text{л}}$ необхідно приймати в межах 450-500 мм для компенсації відхилень центру гнізда від середньої лінії рядка і неточності ведення агрегату [9]. Тоді за ширини міжрядь - 700 мм - загальна ширина підкопування становить 1150-1200 мм. Приймаємо ширину бокових лемешів $H_{\text{л}} = 480$ мм, тоді ширина середнього леміша, з врахуванням зазору для сходу рослинних решток між лемішами, становить $H_{\text{лс}}=180\text{мм}$.

Кут нахилу леміша β встановлюється максимально можливий, з врахуванням того, що переміщення підкопаного шару забезпечується за кута β не більшого 24° . Довжина леміша $L_{\text{л}}$ визначається параметрами сепаруючого транспортера, а саме висотою розміщення та діаметром передніх роликів пруткового транспортера, які вибираємо з умови проходження полотна транспортера

при огинанні роликів без дотику дна борозни. Окрім того, необхідно забезпечити зазор між кронштейнами лемешів та дном борозни не менше 50 мм. Для самоочищення лез на кожному леміші на краях виконані зрізи для сходу рослинних решток. Кут сходу становить $40-50^\circ$. Середній леміш обладнаний відкидними пальцями в місці переходу вороху з леміша на транспортер для запобігання втрат і заклинювання каміння між прутками і заднім обрізом леміша. Довжина лемешів становить $L_{\text{л}}=475$ мм, окрім того в бокових лемішах виконано вирізи відповідно до діаметрів барабанів. Для запобігання розвалювання підкопаного пласта на сторони, а також для обмеження забору ущільненого шару ґрунту з міжрядь на боках крайніх лемешів встановлено обрізні пасивні диски.

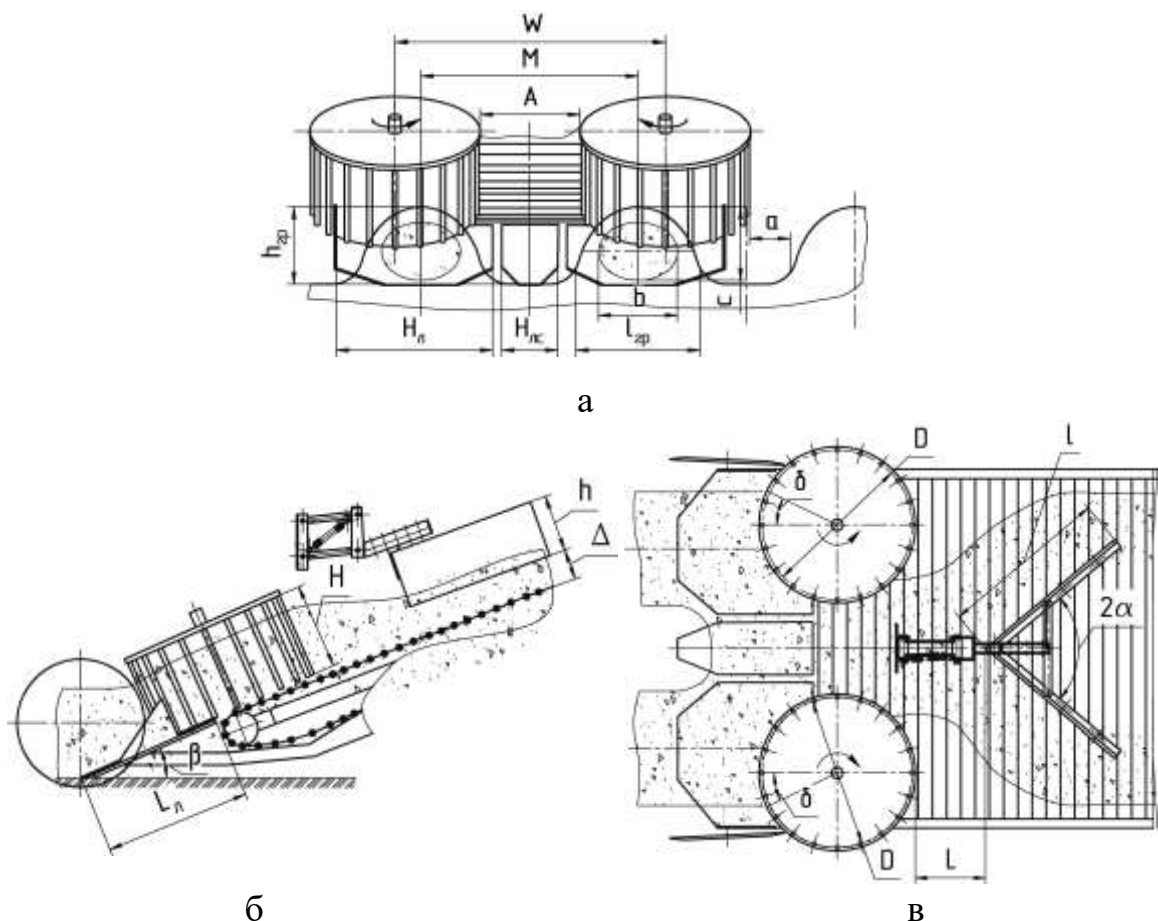


Рис. 2.7. Компонувальна схема комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини:

а – вид спереду; б – вид збоку; в – вид зверху

Пруткові барабани встановлюються у зоні переходу підкопаного вороху з лемішів на сепаруючий транспортер, причому вісь обертання барабанів перпендикулярна до поверхні лемішів.

Координати установки барабанів визначаються технологічною вимогою – забезпечувати подачу вороху з лемішів на транспортер. Це буде забезпечуватися коли осі обертання барабанів будуть проходити через вісь обертання передніх роликів транспортера. Відстань між осями барабанів W визначається з умови:

$$D + A + \frac{D}{2} \sin \delta > M + l_{\text{гр}}, \quad (2.6)$$

де D – діаметр барабана, мм;

A – створ між барабанами, мм;

M – ширина міжрядь посадки картоплі, мм;

$l_{\text{гр}}$ – ширина картопляної грядки, мм.

δ – кут захвату. За рекомендаціями автора наукової праці [13] кут $\delta < 10^\circ$.

Конструкційні параметри барабанів визначаємо з таких міркувань. Діаметр барабана повинен бути максимально-можливим, оскільки із збільшенням діаметра покращуються умови захвату вороху [13]. Максимальний діаметр пруткового барабана визначається [15]:

$$D_{\text{max}} = \frac{3M - l_{\text{гр}} - 2a - A}{2}, \quad (2.7)$$

де a – ширина захисної смуги, мм.

Окрім того, при виборі діаметра необхідно забезпечити умову, тобто:

$$D > \frac{M + l_{\text{гр}} - A}{1 + \frac{1}{2} \sin \delta}. \quad (2.8)$$

Створ між барабанами повинен бути достатнім для проходження підкопаного вороху з двох рядків картоплі. Для цього необхідно виконати умову:

$$2\frac{2}{3}l_{\text{гр}}h_{\text{гр}} = AH, \quad (2.9)$$

де $h_{\text{гр}}$ – висота картопляної грядки, мм;

H – висота прутка барабана, мм. Приймаємо $H = (1,1-1,2)h_{\text{гр}}$.

Тоді

$$A = (1,1-1,2)l_{\text{гр}}. \quad (2.10)$$

З врахуванням залежностей отримуємо такі конструкційні та установочні параметри пруткових барабанів:

- діаметр барабана: $D = 560$ мм;
- висота прутка барабана $H = 250$ мм;
- створ між барабанами $A = 350$ мм;
- діаметр прутка $d_{\text{пр}} = 18$ мм.

Швидкість обертання барабанів визначаємо з врахуванням вимог, щоб бульби картоплі не пошкоджувалися і не проходили всередину барабанів. Прийmemo показник кінематичного режиму роботи пруткових барабанів $\lambda = 2,8$ (п. 2.1), тоді за середньої швидкості руху машини $V_{\text{м}} = 1,0$ м/с колова швидкість обертання барабанів становитиме $V_{\text{б}} = 2,8$ м/с. а кутова швидкість барабанів - $\omega = 10$ рад/с (при $R = 0,28$ м), число обертів - $1,6$ с⁻¹. Користуючись графічними залежностями (п. 2.1), приймаємо кількість прутків $k = 20$, крок установки прутків барабана $p = 88$ мм.

Пруткові барабани приводяться в обертовий рух від вала відбору потужності трактора через механічну передачу.

Конструкційні параметри розподільника вибираємо з врахуванням проведених теоретичних та експериментальних досліджень (п. 2.2).

Довжина крила l розподільника повинна бути мінімальна, але достатня для якісного розподілу вороху на ширині транспортера. Кут розхилу крила α встановлюємо максимально можливим. Окрім того, необхідно передбачити регулювання кута розхилу для різних ґрунтово-кліматичних умов. Висота крила розподільника h повинна бути достатня, щоб забезпечувати не перекидання

вороху через крило. Зазор між крилом розподільника та площиною транспортера Δ повинен бути в оптимальних межах, а тому також необхідно передбачити регулювання цього параметру. Оскільки полотно транспортера може здійснювати коливальні рухи з досить значною амплітудою, то розподільник необхідно встановлювати з можливістю забезпечення незмінного заданого розміру зазору. Відстань між барабанами та носком розподільника L повинна бути мінімальна, але забезпечувати вільне проходження вороху. З врахуванням ширини полотна транспортера параметри розподільника приймаємо наступні:

- довжина крила розподільника $l = 500$ мм;
- висота крила $h = 150$ мм;
- кут розхилу (максимальний) $\alpha = 45^\circ$;
- зазор $\Delta = 80$ мм;
- відстань між барабанами і розподільником $L = 600$ мм.

Отримані результати досліджень були використані при розробленні конструкторської документації та виготовленні дослідних зразків картоплезбиральних машин – картоплекопач КРК-2 [14] (виготовлювач – На рис. 2.8 показано конструкційне оформлення підкопувально-сепаруючого робочого органа, а на рис. 2.9 – загальний вигляд картоплекопача КРК-2 з підкопувально-сепаруючим робочим органом.

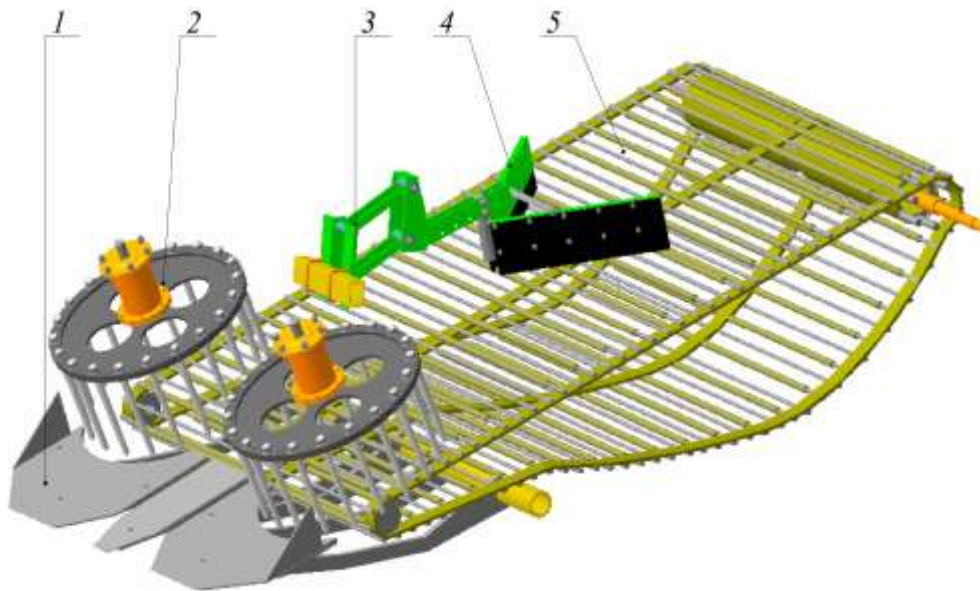


Рис. 2.8. Загальний вигляд комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини:

1 – леміш; 2 – прутковий барабан; 3 – паралелограмний механізм; 4 – розподільник; 5 – прутковий транспортер

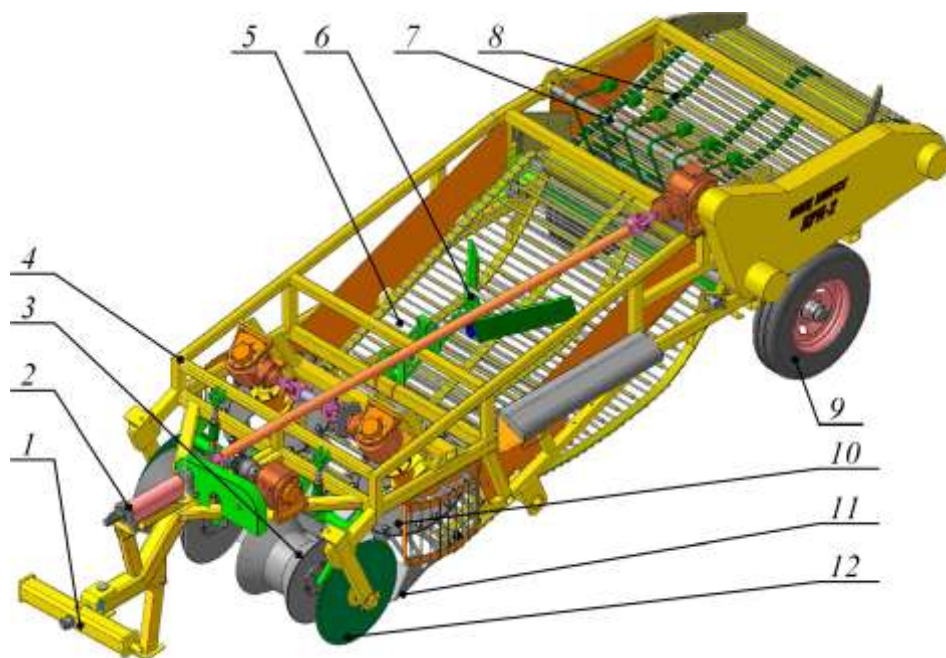


Рис. 2.9. Загальний вигляд картоплекопача КРК-2:

1 – причіпний пристрій; 2 – приводний механізм; 3 – коток опорний; 4 – рама; 5 – транспортер основний; 6 – розподільник; 7 – пристрій бадилле-відокремлюючий; 8 – транспортер каскадний; 9 – колесо опорне; 10 - барабан прутковий; 11 - леміш; 12 – диск обрізний

2.7 Дослідження експериментального зразка дворядного картоплекопача КРК-2

З врахуванням результатів теоретичних та експериментальних досліджень було виготовлено зразок дворядного картоплекопача КРК-2, обладнаного комбінованим підкопувально-сепаруючим робочим органом.

Картоплекопач КРК-2 призначений для викопування картоплі, відокремлення ґрунту від бульб і укладання їх на поверхню поля. Машина розрахована для роботи на всіх типах ґрунтів, в тому числі, на важких суглинистих ґрунтах з вологістю в межах 10-27%. Інші технічні данні наведено в табл. 2.4.

Картоплекопач складається (рис. 2.9) з рами 4, опорних котків 3, лемешів 11, барабанів пруткових 10, основного транспортера 5, розподільника 6, бадиллєвідокремлюючого пристрою 7, каскадного транспортера 8, опорних коліс 9, причіпного пристрою 1, механізму приводу робочих органів 2 та обрізних дисків 12.

В таблиці 2.5 наведена характеристика картоплі, яку збирали картоплекопачем, а в таблиці 2.6 - умови проведення досліджень.

Таблиця 2.4

Технічна характеристика картоплекопача КРК-2

Назва показника	Значення або характеристика показника
Агрегатується з тракторами класу	1,4 і 2,0
Тип	причіпний
Робоча ширина захвату, м	1,4
Робоча швидкість, км/год	2,0-2,5
Кількість підкопаних рядків, шт.	2
Глибина підкопування бульб, м	0,27
Ширина смуги розкидання бульб, м	1,0-1,1
Продуктивність за годину основного часу, га/год	0,28-0,35
Число обертів ВВП трактора, об/хв.	540
Число обертів пруткових барабанів, об/хв.	96
Діаметр пруткових барабанів, мм	570
Кількість транспортерів, шт.	2
Ширина транспортерів, см	1250
Габаритні розміри копача, мм:	
- довжина	5100
- ширина	1850
- висота	1500
Маса, кг	1550

Таблиця 2.5

Характеристики картоплі при лабораторно-польових дослідженнях
картоплекопача

Назва показника	Значення або характеристика показника
Сорт картоплі	Слав'янка
Спосіб посадки	гребеневий
Стан бадилля	зелене
Висота гребенів, см	18,3
Висота бадилля, см	14,7
Характеристика гнізда:	
- ширина, см	17,2
- глибина залягання нижньої бульби, см	18,3
Урожайність бульб картоплі, т/га	30,6
Ширина міжрядь, см	70,5
Розмірно-масова характеристика бульби:	
- середня довжина, мм	59,3
- середня ширина, мм	38,4
- середня товщина, мм	31,4
- коефіцієнт форми бульби	1,7
Масова доля бульб у фракціях, %:	
від 20 до 50 мм включно	21,3
від 50 до 80 мм включно	73,4
більше 80 мм	5,3

Таблиця 2.6

Умови проведення досліджень

Назва показника	Значення або характеристика показника
Тип ґрунту та назва по механічному складу	чорнозем суглинистий
Рельєф:	
- поперечний ухил, °	2,0
- поздовжній ухил, °	1,5
Мікрорельєф	Вирівняний
Вологість ґрунту, % в шарах, см:	
від 0 до 10	13,6
від 10 до 20	14,2
від 20 до 30	15,3
Твердість ґрунту, МПа	1,142
Температура повітря, ° С	18
Засміченість ділянки бур'янами, г/м ²	170,2
Засміченість ділянки камінням, шт./м ²	-

В таблиці 2.7 наведено результати досліджень експериментального зразка картоплекопача. На рис. 2.9 показаний експериментальний зразок картоплекопача КРК-2 в роботі з трактором МТЗ-82.

Таблиця 2.7

Показники якості викопування бульб картоплекопачем

Назва показника	Значення або характеристика показника		
	з розподільником	без розподільника	по агро-вимогам
Робоча швидкість, км/год	2,1	2,1	2-4
Глибина ходу лемешів, см	21,4	21,4	до 25
Втрати бульб, %	0,8	2,5	до 3 %
Пошкодження бульб всього за масою, %	4,8	4,8	до 7 %
- зідрана шкіра від 1/4 до 1/2 поверхні бульби	1,2	1,2	-
- зідрана шкіра більш 1/2 поверхні бульби	0,1	0,1	-
- вириви м'якуші глибиною більше 5 мм	0,9	0,9	-
- тріщини довжиною більше 20 мм	1,0	1,0	-
- роздавлені бульби	0,6	0,6	-
- різані бульби	1,0	1,0	до 1,5 %
Ширина смуги викопаних бульб, см	110,0	58,0	-

Аналіз результатів лабораторно-польових досліджень, наведених в таблиці 4.5, показує, що за показниками якості роботи картоплекопач КРК-2 задовольняє агротехнічні вимоги. За глибини ходу лемешів 21,4 см і глибини залягання бульб 18,3 см втрати бульб становили 2,5 %, а пошкодження – 4,8%, що знаходиться в допустимих межах. Суттєво на якість роботи впливав розподільник (рис. 2.10-2.11), який дозволив знизити втрати бульб до 0,8% за рахунок зменшення присипання бульб. Окрім того, зменшення присипання бульб ґрунтом веде до збільшення продуктивності роботи робітників-збирачів.

Визначено режим роботи картоплекопача в даних умовах, який забезпечує допустимі значення втрат та пошкодження бульб. Встановлено, що за поступальної швидкості агрегату 2,1 км/год, продуктивність досягла 0,29 га/год.

В результаті проведених досліджень встановлено, що експериментальний зразок картоплекопача КРК-2 в цілому задовільно виконує технологічний процес.



а



б

Рис. 2.9. Загальний вигляд картоплекопача КРК-2 в роботі: а – вид збоку, б – вид ззаду



Рис. 2.10. Загальний вигляд розподільника вороху картоплекопача КРК-2 під час роботи



Рис. 2.11. Загальний вигляд викопаних двох рядків картоплі

2.8 Дослідження експериментального зразка дворядного картоплекопача-навантажувача ККН-2

Результати досліджень були використані при виготовленні двохрядного картоплекопача-навантажувача ККН-2.

Картоплекопач-навантажувач напівнавісний дворядний ККН-2 призначений для підкопування двох рядків картоплі з міжряддями 70 см, відокремлення бульб від ґрунту, бадилля та інших рослинних домішок, завантаження картоплі в транспортний засіб, що рухається поруч. Загальний вигляд машини показано на рис. 2.12. Особливістю конструкції картоплекопача-навантажувача є наявність комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа який містить пруткові барабани (рис. 2.13) і розподільник (рис. 2.14), який значно покращує якість проходження технологічного процесу збирання картоплі. Технічна характеристика машини представлена в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8.

Технічна характеристика копача-навантажувача ККН-2

Назва показника	Значення або характеристика показника
Марка машини	ККН-2
Тип агрегування	напівнавісний
Агрегується з тракторами, клас	1,4
Робоча швидкість, км/год	1-6
Продуктивність за годину основного часу, га	0,45-0,65
Кількість викопуваних рядків, шт.	2
Ширина міжрядь, см	70
Маса комбайна, кг:	3500
Габаритні розміри, мм:	
- в робочому стані:	
довжина	8300
ширина	5400
висота	2900
Максимальна глибина підкопування, см	25



Рис. 2.12. Загальний вигляд картоплекопача-навантажувача ККН-2



Рис. 2.13. Загальний вигляд пруткових барабанів



а



б

Рис. 2.14. Загальний вигляд розподільника :

а – в холостому режимі, б – в робочому режимі

Таблиця 2.9

Умови проведення досліджень картоплекопача-навантажувача ККН-2

Назва показника	Значення або характеристика показника
Тип ґрунту	чорнозем суглинистий
Рельєф	рівний
Твердість ґрунту, МПа в шарах ґрунту:	
0-5 см	1,35
5-10 см	2,35
10-15 см	2,9
15-20 см	3,0
Вологість ґрунту, % в шарах ґрунту:	
0-5 см	16,1
5-10 см	18,0
10-15 см	17,8
15-20 см	17,0
Кількість бур'янів на 1м ² , шт.	6
Маса бур'янів і залишків бадилля, т/га	1,56
Температура повітря, °С	12
Температура ґрунту на глибині залягання бульб, °С	10
Попередній обробіток	скошування бадилля

Таблиця 2.10

Характеристика культури при лабораторно-польових дослідженнях

Назва показника	Значення або характеристика показника
Сорт картоплі	Невський
Спосіб садіння	гребневий
Ширина міжрядь, см	70
Біологічний урожай бадилля, т/га	скошене
Біологічний урожай картоплі, т/га	24,3
Висота гребенів, см	19,2
Кількість кущів, тис.шт./га	39,1
Характеристика гнізда: ширина, см	22
- глибина залягання нижньої бульби, см	18,2
Розмірно-масова характеристика бульб:	
- довжина, мм	68,8
- ширина, мм	50,8
- товщина, мм	35,2
- середня маса бульби, г	88,6
Склад бульб, % по масі, г: до 50	52,9
- 50-80	17,6
- більше 80	29,5

Таблиця 2.11

Показники роботи картоплекопача-навантажувача ККН-2 при лабораторно-польових дослідженнях

Назва показника	Значення або характеристика показника	
	без розподільника	з розподільником
1. Марка трактора	МТЗ-82	МТЗ-82
2. Робоча швидкість руху: км/год, м/с	2,8-3,6 0,78-1,0	3,2-4,8 0,88-1,33
3. Глибина підкопування, см	19,3	19,3
4. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1 (тракторист)	1 (тракторист)
5. Чистота картоплі в тарі, %		
- бульби	85,8	97,4
- ґрунт сипкий	2,2	0,7
- грудки (розміром до 50 мм)	11,8	1,7
- рослинні домішки	0,2	0,2
- інші домішки	0	0
6. Повнота збирання бульб, %		
- зібрано в тару	98,6	99,4
- залишено на поверхні	1,2	0,4
- залишено в ґрунті	0,2	0,2
- всього втрат, % кг	1,4 340	0,6 146
7. Пошкодження бульб, %:		
- сумарні	4,6	4,6
- зідрана шкіра від 1/4 до 1/2 поверхні бульби	1,3	1,3
- зідрана шкіра більш 1/2 поверхні бульби	0,2	0,2
- роздавлені бульби	0,4	0,4
- різані бульби	0,7	0,7
- тріщини довжиною більше 20 мм	1,1	1,1
- вириви м'якуші глибиною більше 5 мм	0,9	0,9
- поштучно (із 100 бульб)	6,0	6,0



а



б

Рис. 2.15. Загальний вигляд картоплекопача-навантажувача ККН-2 в роботі:

а – розподільник в неробочому положенні, б – розподільник в робочому положенні

Енергетична оцінка роботи картоплекопача-навантажувача ККН-2

Назва показника	Значення показника		
1. Робоча швидкість руху, км/год	3,24	3,95	4,68
2. Продуктивність, га/год	0,45	0,55	0,65
3. Тяговий опір, кН	11,7	12,3	12,6
4. Крутний момент, Нм	185	210	216
5. Потужність на ВВП трактора (на привід копача), кВт	9,5	10,8	11,1
6. Використовувана потужність, кВт	19,8	24,7	26,5
7. Коефіцієнт завантаження двигуна трактора	0,315	0,411	0,441
8. Питома витрата пального за годину основної роботи, кг/год	13,68	15,42	17,09

Умови за яких відбувалися випробування та характеристика культури наведені в таблицях 2.11 і 2.12 відповідно. Умови випробування були типовими для важких ґрунтів, про що свідчить твердість ґрунту в шарі залягання бульб від 1,35 до 3,0 МПа, а за агротехнічними умовами вона не повинна перевищувати 1,4 МПа. Показники якості роботи визначались на робочих швидкостях 3,2-4,8 км/год.

За період випробувань картоплекопачем-навантажувачем ККН-2 було зібрано 10 га картоплі, а також проведено агротехнічну оцінку якості роботи машини (табл. 2.11) та енергетичну оцінку (табл. 2.12). При цьому було проведено оцінку ефективності роботи підкопувально-сепаруючого робочого органа з розподільником. В результаті проведених досліджень встановлено, що картоплекопач-навантажувач забезпечує збирання картоплі згідно встановлених вимог - повнота збирання, чистота картоплі в тарі відповідає агротехнічним вимогам. Високу ефективність показав V-подібний розподільник вороху -

чистота бульб в тарі досягала 97,4%, без розподільника чистота картоплі в тарі становила - 85,8 %. Тобто застосування розподільника підвищує такий важливий показник роботи картоплезбиральної машини як чистота бульб в тарі більше, ніж на 10% та зменшує засміченість бульб ґрунтовими домішками з 14,2% до 2,7%, тобто в 5,2 раза. При цьому за роботи без розподільника швидкість руху агрегату необхідно знижувати для забезпечення задовільної сепарації вороху.

На рис. 2.15а показано технологічний процес картоплекопача з розподільником в неробочому положенні, а на рис. 2.15б - з розподільником в робочому положенні. Як бачимо на рис. 2.15а ворох сепарується незадовільно, про це свідчить, що основна частина ґрунтових домішок знаходиться на другому транспортері, що призводить до підвищеного засмічення бульб в тарі. На рис. 2.15б – видно, що основна частина ґрунтових домішок відокремились на першому транспортері, що і зумовлює високу чистоту бульб в тарі.

Таким чином доведено доцільність запропонованого комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа в технологічній схемі картоплезбиральної машини та його високу ефективність роботи.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система законодавчих актів і відповідних їм соціально-економічних, технічних, гігієнічних і організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [18].

З охороною праці тісно зв'язані пожежна безпека і блискавкозахист, тому, що пожежі на виробництві й у побуті і грозові розряди загрожують не тільки матеріальним цінностям, але і життю людей при обробі картоплі.

3.1 Організація умов та заходів з охорони праці

У господарстві робота з охорони праці проводиться відповідно до типового положення «Про організацію роботи в системі АПК», згідно до якого юридичну відповідальність за стан охорони праці несе - голова підприємства, по галузях - головні фахівці господарства, по ділянках - керівник відповідного підрозділу. У господарстві існує посада старшого інженера з охорони праці. Керівниками і фахівцями проводиться робота з покращенням умов і охорони праці: у господарстві налагоджена пожежна служба, є пожежна машина та чотири бійці, які в будь-який час готові виїхати на виклик; на фермах є по 2 побутових приміщення (душова, гардеробна); у столярному приміщенні була вирішена проблема з витяжкою стружки, деревного пилу і шумом; проводяться заходи щодо удосконалення устаткування, пристосувань або інструмента для більшої безпеки їхнього використання, зокрема, пристрій додаткових огорожень, блокувань, сигналізації, придбання приладів контролю умов безпеки.

3.2 Аналіз умов та заходів з охорони праці під час викопування картоплі

Основні вимоги по охороні праці під час роботи на агрегаті.

До роботи на тракторах і сільськогосподарських машинах допускаються особи, що мають відповідне посвідчення на право керування, знайомі з правилами з техніки безпеки цих машин і обов'язково пройшли інструктаж.

Всі роботи потрібно проводити під керівництвом відповідальної особи з числа адміністративно-технічного персоналу виробничої ділянки.

В залежності від виду виконуваних операцій механізатори повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту і спецодягом.

До початку роботи переконатися в повній справності агрегату, перевірити наявність і міцність кріплення всіх захисних щитків і огорожень.

Приєднання машин до трактора необхідно робити в повній відповідності з вказівками заводської інструкції.

Перед початком руху переконатися, чи немає між трактором і знаряддям людей, а також обов'язково подати звуковий сигнал.

Забороняється:

- допускати до роботи осіб у стані сп'яніння;
- працювати на агрегатах у незаправленому одязі зі звисаючими полами або рукавами;
- допускати до агрегату сторонніх осіб;
- знаходитися перед агрегатом під час його руху;
- проводити будь-який догляд за машиною при включеному ВВП, а також робити ремонт, регулювання й очищення робочих органів на ходу або при працюючому двигуні;
- сідати на машини або сходити з них при русі агрегату;
- включати гідромеханізм підйому з землі або стоячи на тракторі;
- проводити прокручування машини від ВВП, не приєднавши неї до трактора;

3.3 Розробка організаційно-технічних заходів з ОП при роботі з удосконаленим механізмом

Машина, що розробляється поєднує в собі два технологічних процеси: очищення рядків картоплі від бадилля, котре в процесі підкопування і сепарації шару ґрунту з бульбоплодами перешкоджає рухові матеріалу; підкопування рядків картоплі та відділення бульбоплодів від ґрунту.

Висновки по розділу

Розроблено розділ з охорони праці де розглянуто ключові питання аналізу умов та заходів з охорони праці під час викопування картоплі та розроблено організаційно-технічні заходи з ОП при роботі з удосконаленим механізмом.

Що в подальшому може забезпечити безпеку та забезпечення здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

4.2 Розрахунок економічної ефективності застосування комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини

Економічні показники, які характеризують ефективність застосування підкопувально-сепаруючого робочого органа визначались за загальноприйнятою методикою [7, 8].

За базовий варіант приймемо картоплекопач-навантажувач ККН-2. За модернізовану машину приймемо картоплекопач-навантажувач ККН-2 з розробленим підкопувально-сепаруючим робочим органом. Агрегаткування машини здійснюється з трактором МТЗ-82. Зібрані бульби транспортуються агрегатом у складі трактора МТЗ-82 і причепа 2ПТС-4.

Вихідні умови для розрахунку приведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вихідні умови для розрахунку економічної ефективності

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Врожайність бульб, т/га	24,3	24,3
Робоча ширина захвату машини, м	1,4	1,4
Робоча швидкість руху машини, км/год	3,24	4,68
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
Маса машини, кг	3500	3550
Повнота збирання бульб, %	99,0	99,0
Пошкодження бульб, %	4,6	4,6
Чистота бульб в тарі, %	85,8	97,4

Загальний економічний ефект визначається як сума зменшення прямих експлуатаційних витрат і додатковим ефектом від експлуатації робочого органа:

$$E_{\text{заг}} = (P_{\text{б}} - P_{\text{м}}) + E, \quad (4.1)$$

де $P_{\text{б}}, P_{\text{м}}$ - приведені експлуатаційні витрати базової і модернізованої машини, грн/га; E - додатковий економічний ефект від експлуатації робочого органа, грн/га.

Приведені експлуатаційні витрати знаходимо за формулою:

$$P = e \cdot K + C, \quad (4.2)$$

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

K – розмір капітальних вкладень, грн/га;

C – прямі експлуатаційні витрати, грн/га.

Капітальні вкладення:

$$K = \frac{B_{\text{т}}}{W_3 T_{\text{рт}}} + \frac{B_{\text{м}}}{Q_{\text{м}}}, \quad (4.3)$$

де $B_{\text{т}}, B_{\text{м}}$ - балансова вартість трактора і машини, (МТЗ-82 - 600,0 тис. грн, базова машина – 430,0 тис. грн, модернізована – 440,0 тис. грн);

$Q_{\text{м}}$ - сезонне навантаження машини, га. Приймаємо – 100 га;

W_3 – продуктивність за одну годину змінного часу, га/год;

$T_{\text{рт}}$ - нормативне річне завантаження трактора, год. Приймаємо - 1000 год.

Продуктивність з одну годину змінного часу визначається:

$$W_3 = W_0 \tau = 0,1BV\tau, \quad (4.4)$$

де W_0 - продуктивність за одну годину основного часу, га/год;

τ - коефіцієнт ефективного використання часу зміни;

B – робоча ширина захвату машини, м;

V - робоча швидкість руху машини, км/год.

Прямі експлуатаційні витрати визначаються:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (4.5)$$

де C_1 - витрати на оплату праці, грн/га;

C_2 - витрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га;

C_3 - витрати на реновацію машини і енергетичного засобу, грн/га;

C_4 - витрати на їх ремонт і технічне обслуговування, грн/га.

Витрати на оплату праці становлять:

$$C_1 = \frac{\sum_{i=1}^n L_i C_{г_i}}{W_3}, \quad (4.6)$$

де L_i – кількість робітників відповідного класу, люд;

$C_{г_i}$ – погодинна ставка робітника, приймаємо $C_{г_i} = 25,13$ грн/год.

Витрати на паливно-мастильні матеріали становлять:

$$C_2 = q \Pi_{п}, \quad (4.7)$$

де q – питома витрата пального при збиранні картоплі, кг/га;

$\Pi_{п}$ – комплексна вартість пального, (24,5 грн/кг).

Затрати на реновацію машини і трактора становлять:

$$C_3 = \frac{B_T a_T}{W_{3 \text{ РТ}}} + \frac{B_M a_M}{Q_M}, \quad (4.8)$$

де a_T , a_M – норма відрахувань на реновацію трактора і машини ($a_T = a_M = 0,166$).

Затрати на ремонт і технічне обслуговування становлять:

$$C_4 = \frac{B_T b_T}{W_{3 \text{ РТ}}} + \frac{B_M b_M}{Q_M}, \quad (4.9)$$

де b_T , b_M – норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування трактора і машини ($b_T = 0,34$, $b_M = 0,15$).

Економічний ефект від застосування робочого органа досягається за рахунок збільшення продуктивності роботи машини та зменшення вмісту ґрунтових домішок і підвищення чистоти бульб в тарі. Це призводить до зменшення затрат на транспортування картоплі з ґрунтовими домішками від збирального агрегату до місця подальшої обробки, а також до зменшення затрат на подальшу обробку на картоплесортувальних пунктах. Прийmemo, що додатковий економічний ефект від застосування робочого органа досягається за

рахунок зменшення витрати пального для транспортування зібраного врожаю картоплі з домішками ґрунту.

Визначимо його так:

$$E = y \left(\frac{q_1}{100\%} \right) (C_M - C_B) \quad (5.10)$$

де y – урожайність бульб картоплі, т/га;

C_B, C_M – чистота бульб в тарі базової і модернізованої машини, %;

q_1 – питома витрата пального на транспортування картоплі з ґрунтовими домішками, (1,2 кг/т).

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = E_{\text{заг}} Q_M. \quad (4.11)$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати розрахунку економічної ефективності від використання комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Продуктивність змінного часу, га/год	0,36	0,52
Питома витрата палива, кг/га	30,4	26,3
Витрати на оплату праці, грн/га	69,25	47,94
Витрати на ПММ, грн/га	744,8	644,35
Витрати на реновацію, грн/га	988,27	920,4
Витрати на ремонт і ТО, грн/га	1207,2	1049,2
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	3009,5	2661,9
Розмір капітальних вкладень, грн/га	5953,44	5544,7
Приведені експлуатаційні витрати, грн/га	3902,5	3554,9
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/га	347,6	
Додатковий економічний ефект від застосування робочого органа, грн/га	85,3	
Загальний економічний ефект, грн/га	432,85	
Річний економічний ефект, грн.	43284,6	

Отже, в результаті розрахунків встановлено, що в умовах виробничої перевірки економічний ефект від використання картоплезбиральної машини з комбінованим підкопувально-сепаруючим робочим органом становить близько 433,0 грн/га, а за річного нормативного завантаження машини 100 га річний економічний ефект становитиме майже 43300,0 грн (в цінах 2020 р.).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено завдання підвищення якості роботи картоплезбиральної машини шляхом удосконалення конструкції та обґрунтування параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа.

1. Встановлено, що показники якості роботи картоплезбиральних машин не відповідають агротехнічним вимогам. Для усунення зазначеного недоліку обґрунтовано комбінований підкопувально-сепаруючий робочий орган з пристроєм для рівномірного розподілу підкопаного картопляного вороху на ширині полотна сепаруючого транспортера. Таким чином досягається покращення процесу сепарації, а, відповідно, і поліпшення показників якості роботи картоплезбиральної машини.

2. Встановлено, що картоплекопач-навантажувач ККН-2 з комбінованим підкопувально-сепаруючим робочим органом на збиранні картоплі з врожайністю 24,3 т/га, яку вирощували гребневим способом з міжряддями 0,7 м на чорноземі суглинистому вологістю в період збирання 16,1-18,0 %, твердістю 1,13-2,0 МПа, забезпечує повноту збирання бульб – до 99,4 %, чистоту бульб в тарі – 97,4%, пошкодження бульб – не перевищує 4,6%.

3. Результати виробничої перевірки картоплезбиральних машин, обладнаних комбінованим підкопувально-сепаруючим робочим органом, підтвердили підвищення показників якості їх роботи та збільшення їх продуктивності.

4. Економічний ефект від використання картоплекопача-навантажувача з комбінованим підкопувально-сепаруючим робочим органом становить 433,0 грн/га, а річний економічний ефект – 43300,0 грн на одну машину (в цінах 2022 р.).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А.с. №762779 SU, A01D 17/00 Подкапывающе-сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины /Б.А. Козаченко, Д.С. Захаревич, М.М Шумило, В.С. Кусайко. Оpubл. 15.09.80. Бюл. №34.
2. А.с. №1217285 SU, A01D17/00. Устройство для встряхивания сепарирующего полотна /В.Е. Шишин. Оpubл. 15.03.86. Бюл. №10.
3. А.с. №1276283 SU, A01D19/12. Выкапывающий рабочий орган корнеклубнеуборочной машины /И. Р. Размыслович, Б.Т. Скварски, А.П. Кроптов, М.Б. Угланов, И.Е Дохин. Оpubл. 15.12.86. Бюл. №46.
4. А.с. №1375166 SU, A01D19/12. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины / И. Р. Размыслович, З.В. Ловкис, А.З. Межеевски, Б.Т. Скварски, А.Е. Голынский, А.П. Кроптов. Оpubл. 23.02.88. Бюл. №7.
5. Алферов Г. С. Обоснование параметров рабочих органов машин для подготовки почвы под комбайновую уборку картофеля: дис кандидата техн. наук. М., 1989. 239 с.
6. Бончик В.С. Розробка та обґрунтування параметрів ротаційного картоплекопача: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Луцьк, 2001. 20с.
7. Бончик В.С., Федирко П.П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2015. Vol. 17. No 5. 3-6.
8. Бугров Я.С., Никольский С М . Дифференциальное и интегральное исчисление. М.: Наука, 1988. 431 с.
9. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Ружило З.В., Головач І.В., Ігнат'єв Є.І. Експериментальне дослідження та обґрунтування параметрів сепаратора картопляного вороху. Вісник аграрної науки. 2020. №7. С.60-66.
10. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л. Курс теоретической механики. Т. 2. М.: Наука, 1985. 496 с.

- 11.Буханько Н.Ф. Влияние параметров и режимов работы пруткового элеватора корнеклубнеуборочной машины на процесс сепарации: автореф. дис. ... канд. техн. Наук. М., 1984. 20 с.
- 12.Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. К.: УСХА, 1960. 284 с.
- 13.Василенко П.М., Погорелый Л.В. Основы научных исследований. К.: Вища школа, 1985. 266 с.
- 14.Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки экспериментальных данных. М.: Колос, 1973. 199 с.
- 15.Гаджиев П.И. Выбор рациональных параметров комкоразрушающего битерного барабана. Тракторы и сельхозмашины. 1999, №5. с.33-35.
- 16.Герасимов С.А., Прохорова М.Ф. Особенности развития технологии уборки картофеля и конструкций картофелеуборочных машин. Труды ВИМ, том 80, М. 1978. с.41-54.
- 17.ГОСТ 24055-88. Методы эксплуатационно-технологической оценки.
- 18.Джапариджзе Р.Р. Динамика сепарирующего элеватора. Исследования и совершенствование машин для уборки корнеклубнеплодов и овощей. Сб. научн. тр. М.: ВИСХОМ, 1982, с.29-37.
- 19.Долгов Н.М. Высшая математика. К.: Вища школа, 1988. 416 с.
- 20.Долгошеев А.М. Основы теории и расчета рабочих органов машины для уборки топинамбура. Тракторы и сельхозмашины. 2001, №8. с.28-30.
- 21.Заводнов А.В. Взаимодействие клубней картофеля с рабочими органами совершающими колебательные движения. Молодые ученые ВИМ – развитию технологического обеспечения растениеводства. Научные труды ВИМ, т.134, часть 2. М.: 2001. с. 97-101.
- 22.Заводнов С. В. Исследование взаимодействия клубней картофеля с рабочими органами сельскохозяйственных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. 2002. 17с.
- 23.Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків, “Око ”, 2001. 442 с.

24. Камалетдинов Р. Р. Обоснование рациональных параметров процесса отделения почвы от клубней картофеля и выбор средств их технической реализации: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1988. 20 с.

25. Лурье А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. М.: Машиностроение, 1977. 360 с.

26. Максимов А.Г. Совершенствование технологического процесса сепарации почвенно-картофельного пласта путем обоснования конструктивных и технологических параметров картофелекопателя: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2008. 176 с.

27. Максимов Б.И. Трахтенбройт Г.А. Исследование путей повышения эффективности процесса сепарации на просеивающих рабочих органах картофелеуборочных комбайнов. Исследование и совершенствование машин для уборки корнеклубнеплодов и овощей. Сб. научн. тр. М.: ВИСХОМ, 1982. с.20-28.

28. Смолінський С.В. Обґрунтування доцільності застосування спірального очисника в конструкції дворядного картоплекопача. Техніко- технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб.наук.праць Київ: НУБіП, 2017. Вип. 21. С.88-92.

29. Смолінський С.В. Обґрунтування конструкції і параметрів спірального сепаратора картопляного вороху: автореф. дис. ... канд. техн. наук. К., 2002. 20с.