

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допущено до захисту
“ ” 2023 р.
Завідувач кафедри к.т.н., доцент

_____ Войтік А.В.

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
Перший (бакалаврський)

Тема проекту: «Обґрунтування параметрів ротаційного сепаратора картоплекопача та підвищення процесу його роботи»

Виконав: студент 3 курсу,
групи 31к-ім
Спеціальність 208
«Агроінженерія»
Савіцький А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник: Головатюк А.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Гайдай І.В.
(прізвище та ініціали)

м. Умань - 2023 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

<u>Освітня програма</u>	<u>Бакалавр</u>
<u>Спеціальність</u>	<u>208 «Агроінженерія»</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Войтік А.В..
« ____ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)**

студенту Савіцькому Андрію Олександровичу

Тема роботи «Обґрунтування параметрів ротаційного сепаратора картоплекопача та підвищення процесу його роботи.»

керівник проекту: Головатюк Анатолій Анатолійович, к. с-г. н.
затверджено наказом Уманського НУС 01-06/95 від 12 травня 2023 р.

2. Строк подання студентом проекту «15_» __05__ 2023__ р.

3. Вихідні дані до проекту літературні джерела, технологічні та технічні рішення, методичні вказівки, методики.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: Вступ. 1. Аналіз стану питання за темою дипломного проекту. 2. Теоретичні та/або експериментальні дослідження за темою дипломного проекту. 3. Охорона праці. 4 . Обґрунтування досягнутих результатів. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е. В.		

6. Дата видачі завдання – « ____ » _____ 2023_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел		
2.	Розділ 1		
3.	Розділ 2		
4.	Розділ 3		
5.	Розділ 4		
6.	Виконання ілюстративної частини роботи		
7.	Представлення роботи керівнику на перевірку		

Студент _____ **Савіцький А.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Головатюк А.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Аналіз технологій і засобів прибирання картоплі.....	6
РОЗДІЛ 2 Теоретичні дослідження конструкцій і режимів роботи сепаруючих органів картоплезбиральних машин.....	15
2.1 Огляд конструкцій інтенсифікаторів сепарації.....	15
РОЗДІЛ 3. Охорона праці.....	23
3.1. Структурно функціональний аналіз технологічного процесу.....	23
3.2. Моделювання процесу виникнення травм та аварій.....	23
3.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм.....	24
РОЗДІЛ 4 Обґрунтування досягнених результатів.....	26
Загальні висновки.....	28
Список використаних джерел.....	29

ВСТУП

Картопля є однією з самих затребуваних сільськогосподарських культур. У нашій країні засаджується понад 1,3 мл. га, а загальний обсяг виробництва складає в середньому 21,3 млн. тон.

Більшість врожаю картоплі забирається механізованим способом, що призводить до зниження ефективності роботи вживаних картоплезбиральних машин, підвищення пошкодження бульб і собівартості картоплі. Досвід експлуатації картоплезбиральних машин в різних регіонах вказує на недостатню ефективність сепарації суглинних і сірих лісових ґрунтів, а також на відсутність можливості регулювання робочих параметрів сепараторів під конкретні умови збирання.

У більшості картоплезбиральних машин як сепаруючого пристрою використовуються елеватор пруткові або гуркіт, що коливається. При роботі на суглинних і сірих лісових ґрунтах спостерігається значне залипання ґрунтом і забивання рослинними залишками їх робочих органів, через що знижується сепаруюча здатність і продуктивність картоплезбиральних машин, а також збільшується пошкодженість бульб.

На підставі викладеного, розробка перспективних сепараторів ротаційного типу комбінованої конструкції з регульованими технологічними параметрами є актуальним завданням.

Мета досліджень було підвищити сепаруючу ефективність картоплекопачів шляхом обґрунтування раціональних параметрів і режимів роботи ротаційного сепаратора ґрунту.

Відповідно до мети визначені наступні завдання дослідження :

- виявити шляхи підвищення сепаруючої ефективності сепараторів картоплекопачів;
- розробити ротаційний сепаруючий пристрій і приймально-подаючий бітер, що забезпечують високу ефективність сепарації домішок;
- теоретично визначити основні конструктивні параметри і робочі режими обертання лопатевого бітера і роторів сепаратора;

РОЗДІЛ 1. Аналіз технологій і засобів прибирання картоплі

Збирання є самим трудомістким і енергоємним етапом виробництва картоплі. За даними інституту картоплярства на її частку доводиться від 31 до 35 % всіх затрат [4,9,10]. Це пов'язано з тим, що земля займає велику частину території. Отже, для отримання чистих бульб необхідно зруйнувати і просіювати велику кількість ґрунту.

Початок і тривалість прибирання залежать від сорту вирощуваної картоплі, ґрунтово-кліматичних, економічних умов. У не-чорноземній зоні середньостиглі сорти починають прибирати у кінці серпня - на початку вересня, а ранні і пізні сорти відповідно на десять днів раніше або пізніше. До цього періоду бадилля частково або практично повністю відмирає, а температура повітря опускається в середньому до 5-10°C.

У цих умовах прискорюється дозрівання і знижується травмування бульб робочими органами картоплезбиральних машин [4,9,20]. Вологість ґрунтів також робить істотний вплив на процес прибирання картоплі. Для супіщаних ґрунтів її оптимальне значення складає 10-15% а для суглинних 16-22%, збільшений вміст вологи в підкопуваному шарі супроводжується зростанням тягового опору картоплезбиральної машини.

Також підвищуються навантаження і знос сепаруючого пристрою, зростає вірогідність залипання сепаруючих робітників органів, що підкопують і [9]. Як показує практика, у багатьох випадках вологість ґрунту грає вирішальну роль при виконанні прибирання і виборі типу картоплезбиральної техніки.

Згідно [4, 9] загальна технологічна схема прибирання картоплі складається з наступних операцій:

- 1) Видалення бадилля.
- 2) Підготовка поля.
- 3) Прибирання.

4) Транспортування бульб до місця обробки і зберігання. Переджнивне видалення бадилля дозволяє понизити час дозрівання вірогідність зараження фітофторою і механічні ушкодження бульб. При машинному прибиранні

картоплі за рахунок цього зменшується кількість рослинних залишків, що намотуються на основні робочі органи сепараторів. Видалення бадилля призводить до зниження зносу і витрат енергії на привід картоплезбиральної техніки, а також підвищує збереження самих бульб.

Переджнивне видалення бадилля підрозділяється на два технологічні етапи. На першому за допомогою хімічних препаратів знищуються усі рослини на ділянці (десикація). Його проводять за 12–14 днів до прибирання насінної картоплі і за 5–7 днів до збору продовольчого [9]. Другий етап має на увазі скошування і дроблення оброблених хімічними препаратами рослин. У більшості випадків для цього застосовують обладнання ротаційного типу, такі як стебловидаляючі машини КІР-1,5Б або стеблоподрібнювачі RSK 2000, БД- 1, БД- 2, БД- 6.

Проте, як показує практика, на прибираних ділянках завжди остається від 30 до 35% рослинних залишків [4]. Тому в картоплезбиральних машинах, разом з стебловидаляючими пристроями, мають бути передбачені конструктивні параметри і режими роботи сепараторів, що забезпечують їх самоочищення від рослинних залишків.

При підготовці поля до прибирання його спочатку розбивають на окремі ділянки і загони. Для дворядних картоплезбиральних машин загони роблять рівним 12–16 рядкам, а для чотирирядних 52–60 рядкам. Потім з полів прибирають великі камені і сторонні предмети, а найбільш глибокі ями і промоїни від злив вирівнюють. Проходи збиральних машин орієнтують відносно стикових міжрядь. У разі потреби може також проводитися попереднє прибирання картоплі з поворотних смуг [16].

Процес прибирання картоплі є найбільш складною операцією. Вона виконується за допомогою картоплезбиральних машин трьох типів : картоплекопачів, картоплекопачів-навантажувачів і картоплезбиральних комбайнів. Вибір способу прибирання залежить від конфігурації і розмірів полів, економічної доцільності, фізико-механічних властивостей ґрунту, врожайності, погодних умов і так далі. Безпосередньо процес прибирання

картоплі значною мірою визначається фізико-механічними властивостями ґрунту, мірою зрілості, розташуванням в гряді, розмірами і формою бульб [12].

Характер розташування бульб в ґрунті залежить від глибини їх залягання, висоти гряд, ширини міжрядь і відстані між сусідніми гніздами. Ці параметри визначаються вживаною технологією обробітку картоплі. До найбільш поширених технологій відносяться [3,9,12]:

- заворовська (з міжряддям 70 см або 90 см);
- грядкова (з міжряддям 140 см або 110 см);
- голландська (з міжряддям 75 см);
- гримовська.

У нечорноземній зоні картопля обробляється в основному по заворовській і голландській технологіям. Першу (з міжряддям 70 см) застосовують при обробітку картоплі на легких і середніх суглинних ґрунтах. У районах з важкими глинистими, а також з середніми суглинними ґрунтами (з підвищеною вологістю) використовують голландську технологію з шириною міжрядь 75 см і 90 см.

Це дозволяє збільшити об'єм формованих гребенів, за рахунок чого покращується зростання і розвиток рослин. До того ж ця технологія більше підходить для енергонасичених тракторів. Максимальна висота гребенів, залежно від типу посадки, може досягати 18-22 см, а глибина залягання нижньої бульби 20 см.

Форма, розмір і маса картоплі, передусім, визначаються її сортом. Наприклад, у бульб сорту "Тріумф" довгаста форма, у сортів "Імпала" і "Княгиня" округла, а у сорту "Метеор" бочковидна. Середній коефіцієнт форми для цих сортів складає від 1,15 до 1,3. У той час розміри і форма картоплі сильно залежать від урожаю, типу ґрунту, температурного і водного режимів і так далі. Як показали дослідження, чим вище урожай, тим більше бульб, а при різких змінах температури їх форма виходить несиметричною [2]. Виявлено, що сепаруючі обладнання картоплезбиральних машин ефективніше взаємодіють і краще очищають великі бульби округлої форми [7].

Механічний склад суглинних і сірих лісових ґрунтів в головному ступені визначається розмірами часток, які їх утворюють [3, 5].

За даними [5,8,12] чим вище зміст води і часток глини в ґрунті, тим більше грудок буде присутніми в картопляній купі. До того ж значно збільшаться зв'язаність, клейкість і питома щільність підкопуваної гряди, що приведе до зростання швидкості зносу основних робочих органів, тягового опору і енергоємності картоплезбиральної машини. Тому для обробки картоплі прийнятніше використати супіщані і суглинні ґрунти зі змістом води і часток глини не більше 20–10 % відповідно.

Класифікація ґрунтів залежно від типу і відсоткового вмісту глиняних часток представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 - Класифікація ґрунтів за процентним змістом часток глини

Назва	Вміст глинистих частин за вагою, %
Глинисті ґрунти	більше 30%
Суглинисті ґрунти	30–10%
Піщані ґрунти	менше 3%
Супіщані ґрунти	10–3%
Торф'яні ґрунти	менше 3%

За даними [4,9,12] найбільше застосування в Україні і у світі знайшли три способи прибирання :

1) Викопування бульб картоплекопачами (з подальшим ручним підбором).

2) Прибирання картоплекопачами-навантажувачами.

3) Прибирання комбайнами.

Перший спосіб застосовується в умовах, коли неможливе прибирання за допомогою комбайнів або картоплекопачів-навантажувачів. В основному це поля з середніми суглинними і важкими глинистими ґрунтами, з підвищеною вологістю, з ухилом більше 3% також невеликі фермерські і насінні ділянки. Картоплекопачі забезпечують лише викопування і часткову сепарацію бульб, які потім укладаються в рядок. Підбір картоплі здійснюється вручну бригадою.

Їх розміщують так, щоб кожен підбирач мав ділянку завдовжки не менше 15-25 м. Цей спосіб прибирання характеризується високими витратами часу на вантаження і вивантаження урожаю, що збільшує і так високу трудомісткість.

Розглянемо основні варіанти конструкцій картоплекопачів. Картоплекопач швириального типу КТН-1А є найбільш простим і дешевою машиною, промисловістю, що випускається сьогодні. Він складається з лемеша 1, опорного 2 і роторного 3 коліс, а також гребінок 4 (Рисунок 1.1). Захисний кожух 5 дозволяє істотно понизити зону розкиду бульб [3,4,8,12].

В процесі роботи КТН-1А за допомогою лемеша 1 підкопує картопляну грядку і направляє її до роторного колеса 3. Останнє за допомогою гребінок 4 руйнує підкопаний пласт, а потім розкидає його поряд з підкопуваним рядком. Бульби і тверді грудки розташовуються уздовж руху картоплекопача на відстані 1,5–3 м від краю прибираної гряди.



Рисунок 1.1 - Технологічна схема картоплекопача КТН-1А 1 - леміш; 2 - опорне колесо; 3 - роторне колесо; 4 - гребінка; 5 - захисний кожух.

До основних недоліків картоплекопачів швириального типу відносяться: великі втрати урожаю (до 40 т загального об'єму), висока травмованість бульб, а також значні трудовитрати на підбір, які на 20–25 % і більше, чим у картоплекопачів типу, що просіює.

Картоплекопачі типу, що просіює, є найбільш поширеним класом картоплезбиральних машин. Вони бувають трьох типів: елеваторні, грохотні і комбіновані.

Основу конструкцій елеваторних картоплекопачів ККЭ- 2; ККЭ-2М; КСТ- 1,4; КСТ-1,4А; КТН-2В та ін. складають: підкопуючі робочі органи (лемеші або ножі) 2, металеві елеватори 3 і 4, а також струшуючі пристрої 5 (Рисунок 1.2) [7,8].

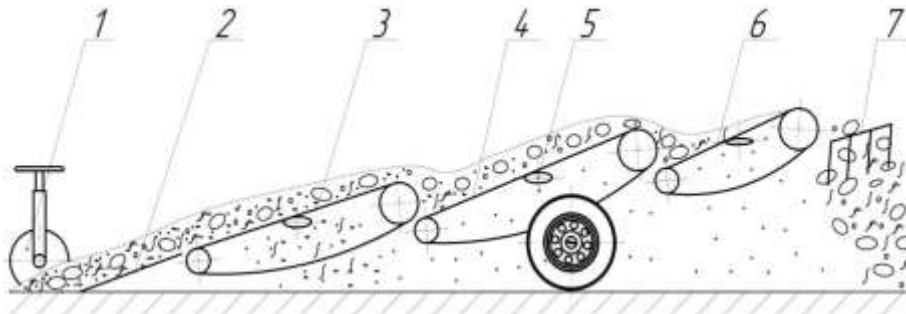


Рисунок 1.2 - Технологічна схема картоплекопача КСТ-1,4А: 1 - копіюючий каток; 2 - леміш; 3 - перший елеватор прутковій; 4 - другий елеватор прутковій; 5 - струшуюча зірочка; 6 - каскадний елеватор; 7 - звужуюча гребінка.

Рухаючись по полю, елеваторні картоплекопачі за допомогою лемешів 2 підкопують дві суміжні грядки (рисунок 2). Для полегшення робочого процесу, а також для зменшення подання рослинних залишків на деяких моделях додатково застосовують вертикальні ножі або диски [8,10,12]. Глибина заглиблення картоплекопачів типу, що просіює, регулюється навішуванням трактора або за допомогою копіюючого катка 1. Далі картопляний пласт подається на перший елеватор прутковій 3, швидкість якого вища за швидкість руху агрегату.

За рахунок цього відбувається інтенсивне руйнування і розділення структури пласта, а також виключається вірогідність його сгруживання перед сепаратором. Для поліпшення відділення домішок робочі гілки елеваторів лозин струшуються за допомогою спеціальних зірочок 5. Як показали дослідження [2,8] саме на першому елеваторі просіюється найбільша кількість домішок.

Деякі моделі причіпних картоплекопачів обладнали каскадними елеваторами 6, що дозволяють істотно поліпшити сепарацію домішок при роботі на важких ґрунтах з підвищеною вологістю. Застосування звужуючих

гребінок 7 дозволяє укладати прибрану картоплю в щільніший рядок, що знижує час на його підбір (Рисунок 1.2).

Грохотні картоплекопачі замість елеваторів лозин використовують один або два решета (грохоту), що коливаються. У цих конструкціях леміш закріплюється на передній кромці гуркоту і разом з ним здійснює коливання. Для урівноваження виникаючих інерційних сил використовують спарені грохоти з послідовним розташуванням решіт. Вони мають позитивний кут нахилу, внаслідок чого транспортування картопляної купи відбувається з відривом (скачками) [3,8].

У іншому процес прибирання картоплі аналогічний картоплекопачам елеваторного типу.

Основними недоліками грохотних картоплекопачів є високі знакозмінні навантаження на робочі вузли, невисока сепаруюча здатність і значна пошкодженість бульб (до 20% маси), особливо при роботі на суглинних ґрунтах з підвищеною вологістю [3,7].

Картоплекопачі-валкоутворювачі випускаються на базі картоплекопачів типу, що просіює. Для цього в їх конструкцію додають поперечні транспортери, а також додаткові пристрої для видалення бадилля. Це дозволяє картоплекопачам-валкоутворювачам збирати бульби в один валок з 2-х, 4-х або 6-ти рядків, що значно знижує час при ручному підборі (- 30...- 50%) [9,16].

Картоплекопачі-навантажувачі краще всього підходять для прибирання картоплі за прямоточною технологією. Цей спосіб характеризується низьким рівнем пошкодження урожаю, що забезпечує максимальний термін його зберігання [3,14,19]. Основна конструктивна відмінність картоплекопачів-навантажувачів від звичайних картоплекопачів полягає у вивантажному транспортері, що дозволяє переміщати прибрану картоплю безпосередньо в причіп або кузов транспортного засобу, що поруч йде [4,9,18]. Тому, щоб забезпечити безперебійне збирання врожаю цим способом необхідно задіяти більше транспортних засобів, чим при використанні звичайних картоплекопачів [3,6].

Картоплезбиральні комбайни є найбільш ефективними машинами для прибирання картоплі. Їх застосовують в основному при промислових обсягах виробництва, на полях з врожайністю не менше 10 т/га і завдовжки гону не менше 300 м. Краще всього для комбайнового прибирання підходять легкі супіщані і середні суглинні ґрунти з твердістю не більше 1,4 МПа, вологістю 18–22 при максимальній глибині залягання нижніх бульб 18–20 см і ширині їх гнізд до 40 см [4,7,8].

Підкопуюче обладнання картоплезбирального комбайна (рисунок 3) включає катки 1, вертикальні диски 2 і лемеша 3. Далі розташовуються основною 4, каскадний 5 і додатковий 6 елеваторів, над якими встановлюються стебловидаляючі обладнання різної конструкції 7. У кінці технологічної схеми знаходяться сепаруюча гірка 8, підйомний транспортер 9, перебиральний стіл 10 і бункер 11 [3,7].

В процесі роботи картоплезбирального комбайна лемеша 3 підкопують дві сусідні грядки, які заздалегідь ущільнюються катками 1 і підрізають вертикальними дисками 2 (Рисунок 1.3). Потім картопляний пласт поступає на основний елеватор 4, де просіюється основна кількість домішок. Купа, що залишилася, доочищає на каскадному 5 і додатковому 6 елеваторах. Рослинні залишки віддаляються стебловидаляючими пристроями 7.

Остаточний етап механічного розділення домішок і бульб відбувається на сепаруючій гірці 8. З неї компоненти картопляної купи, що залишилися, потрапляють на підйомний транспортер 9, який піднімає матеріал, що транспортується, на перебиральний стіл 10. На ньому компоненти вручну перебирають, видаляючи не відсепаровані грудки і пошкоджені бульби. Після чого товарна картопля потрапляє у бункер 11. Загальні втрати урожаю допускаються не більше 3% не більше 0,6 тон з гектара.

Окрім прямого комбайнування застосовують також: роздільне (двофазне) або комбіноване прибирання.

Роздільний (двофазний) спосіб призначається для прибирання картоплі в несприятливих умовах, тобто на важких ґрунтах або при підвищеній вологості

[4, 9]. При ньому картоплекопач-валкоутворювач збирає бульби з 2-х, 4-х або 6-ти рядків в один валок для просушування. Після цього суху картоплю прибирають картоплезбиральним комбайном.

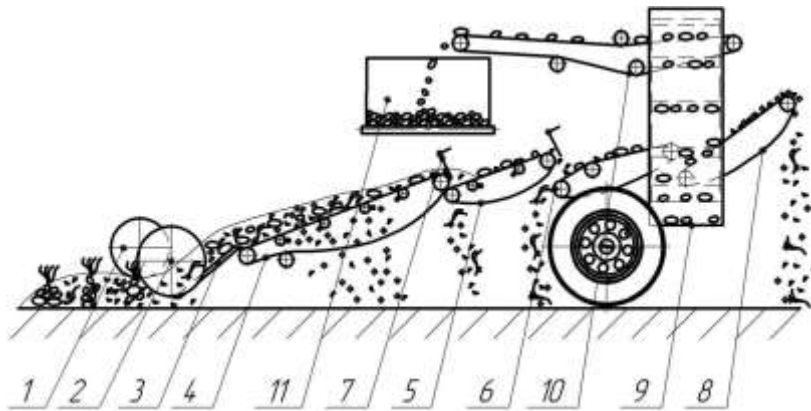


Рисунок 1.3 - Технологічна схема картоплезбирального комбайна Grimme DR – 1500: 1 - каток; 2 - вертикальний диск; 3 - леміш; 4 - основний елеватор; 5 - каскадний елеватор; 6 - додатковий елеватор; 7 – стебловиделяючий пристрій; 8 - сепаруюча гірка; 9 - підйомний транспортер; 10 - перебиральний стіл; 11 – бункер.

Комбінований спосіб прибирання застосовують для досягнення максимальної продуктивності картоплезбирального комбайна. За допомогою картоплекопача-валкоукладальника викопують бульби з двох або чотирьох суміжних рядків і укладають їх в міжряддя двох сусідніх або середніх рядків. Потім бульби підбирають картоплезбиральним комбайном.

Проведений аналіз конструктивних особливостей картоплекопачів, картоплекопачів-навантажувачів і картоплезбиральних комбайнів показав, що кожен із способів прибирання має свої переваги і недоліки. Тому найбільш перспективний варіант для умов України необхідно визначати на підставі ефективності конструкції картоплезбиральної машини в конкретних господарських і ґрунтово-кліматичних умовах, враховуючи терміни прибирання і реалізації продукції, а також обсяги виробництва і економічну доцільність.

РОЗДІЛ 2. Теоретичні дослідження конструкцій і режимів роботи сепаруючих органів картоплезбиральних машин.

Вивченням машин для викопування бульб в різний час займалися, а також продовжують займатися: В. С. Куценко, Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков, С.М. Грушецький, В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімонт, Allan L Jensen, Claus G Sorensen, Dionysis Bochtis, Zhou Kun, Sharma A.P. та інші.

В результаті проведених досліджень було створено велику кількість нових конструкцій, а також модифікацій вже існуючих сепараторів. Внаслідок цього виникла необхідність доопрацювання загальноприйнятих класифікацій цих пристроїв. Тому в цій роботі нами запропонована класифікація найбільш поширених робочих органів механічного принципу дії. Ми спостерігали за тенденцією розвитку вальцових, барабанних і ротаційних сепараторів, а також інтенсифікаторів і доочисників пристроїв [6,13,16].

- робочі органи, що здійснюють первинну сепарацію;
- робочі органи, що здійснюють вторинну сепарацію.

У кожному з підгруп входять вальцові, барабанні для стебел і ротаційні робочі органи, які істотно розрізняються формами, розмірами робочих поверхонь і варіантами, що вказують на тенденцію їх широкого застосування і постійного розвитку. Тому ротаційні варіанти конструкцій сепараторів можна розглядати як перспективний напрям для підвищення інтенсивності сепарації ґрунту і продуктивності картоплезбиральних машин.

2.1 Огляд конструкцій інтенсифікаторів сепарації.

Інтенсифікатори сепарації є пристроями, які встановлюються на додаток до основного сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини. Вони призначені для подання і рівномірного розподілу компонентів картопляного пласта по ширині сепаратора, а також чинять на них додаткову динамічну дію для інтенсифікації процесу сепарації. Інтенсифікатори застосовуються в комплексі з прутковими елеваторами, рідше з грохотами, що коливаються.

Це обумовлено низькою сепаруючою здатністю цих пристроїв, особливо при роботі на глинистих і суглинних ґрунтах з вологістю менше 11 більше 24%. В цих умовах руйнування структури підкопаного пласта призводить до утворення великої кількості міцних грудок, які подаються на сепаратор і мають такі ж розміри, що і бульби. Всє це утрудняє їх просіювання через сепаруючі просвіти грохотів, що коливаються, і елеваторів лозин.

Інтенсифікатори до теперішнього часу практично не застосовувалися разом з ротаційними сепаруючими пристроями.

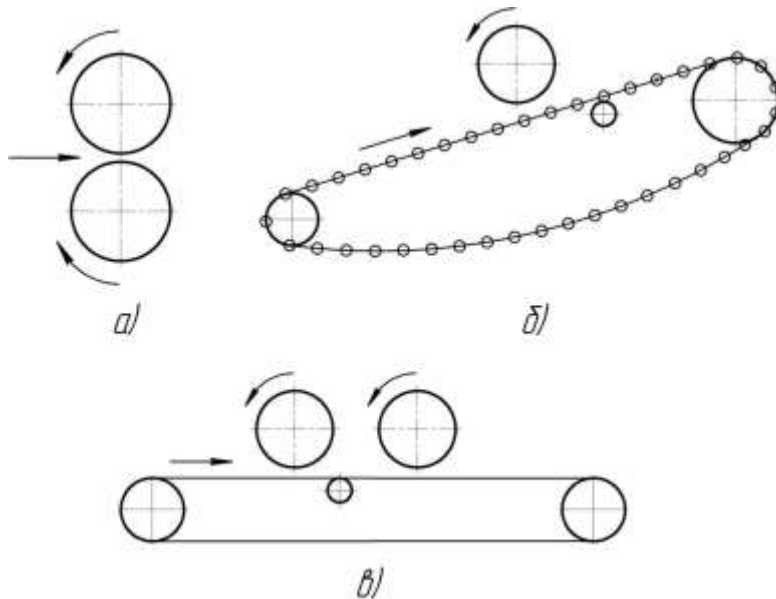
По конструкції інтенсифікатори підрозділяються на гідравлічні, пневматичні і механічні. Останні є найбільш простими, надійними, а також досить ефективними, за рахунок чого вони і отримали найбільш широке поширення.

Багато науковців, особливо виділяли конструкції барабанного типу. Вони не лише є найпоширенішим і ефективнішим видом інтенсифікаторів, але також застосовуються для попереднього руйнування грудок в рядках [8,16,20].

Основними методами руйнування картопляного пласта барабанными інтенсифікаторами є стискування (статичне навантаження) і ударне навантаження (динамічне навантаження). Руйнування картопляного пласта методом статичного навантаження відбувається за рахунок значного зусилля пресування [8]. Таким чином працюють інтенсифікатори балонного типу (Рисунок 2.1).

Оснoву кожного балона складають вал з опорними підшипниками, камери і покришки [17]. У картоплезбиральних машинах вони встановлюються перед, над і після сепаратора. Існує декілька основних схем компонування цих робочих органів: спарені балони, поєднання балонів із стрічковим транспортером або з елеватором пруткові (Рисунок 2.1).

До основних параметрів пневматичних балонів, що впливають на ефективність руйнування грудок, відносяться: зовнішній робочий діаметр, тиск



повітря у балоні, величина робочого просвіту між балонами, окружна швидкість, швидкість подання пласта, а також їх загальне число [16,18].

Рис. 2.1 - Схеми компоновки балонних інтенсифікаторів: а - спарені пневматичні балони; б - поєднання балонів з елеватором пруткові; у - поєднання балонів із стрічковим транспортером

Дослідження Г.Д. Петрова показали, що для забезпечення стійкості процесів прийому, переміщення і руйнування компонентів картопляної грядки спареними балонами (вальцями) їх зовнішній діаметр має бути не менше 300 мм. що Інакше становить сили тертя в місці розчину балонів буде менше складової виштовхуючої дотичної сили, що приведе до звалювання оброблюваного матеріалу перед інтенсифікатором. У теж час мінімальний зовнішній діаметр балонів, що застосовуються разом з прутковим транспортером або стрічковим, складає всього 210 мм [16,18].

Дослідження процесу руйнування грудок статичним стискуванням показали, що зусилля, потрібні для розчавлювання грудок середнього і важкого суглинків, можуть досягати 350 Н. В теж час допустиме стискаюче навантаження на бульбу знаходиться в межах 200–250 Н. Тому, для того, щоб середня сила стискування компонентів купи пневматичними балонами не

перевищувала 200 Н, тиск у балоні повинен знаходитися в діапазон від 15 до 25 КПа [16,18].

Величина проміжку між робочими органами цих інтенсифікаторів встановлюється рівною середньому розміру збираного коренеплоду.

На процес руйнування грудок великий вплив робить окружна швидкість балонів. При швидкості 5 м/с кількість зруйнованих грудок досягає 94,6% при 1,5 м/с - 76,7% варіант компонування показаний на рисунку 2.1, в). Проте при 5 м/с відбувається сильне травмування збираних коренеплодів. Тому максимальна окружна швидкість балонів зазвичай не перевищує 3 м/с [16,18].

На ефективність роботи інтенсифікатора сильний вплив також робить число балонів. При окружній швидкості 3 м/с одним балоном руйнується до 43,9% грудок, проте при двократній дії це значення збільшується до 85,7%. В результаті цього найбільше поширення отримали конструкції з двома або трьома балонами, встановленими над стрічковим або прутковим транспортером [17].

Експериментальні дослідження показали, що інтенсифікатори балонного типу ефективно функціонують при поданні матеріалу не більше 15 кг/з [18]. Для досягнення цього необхідно, щоб основний сепаратор відсівав до 80% ґрунту.

Нині широко поширені інтенсифікатори що руйнують пласт різними видами динамічного (ударного) навантаження. В порівнянні із статичним навантаженням руйнування пласта цими методами відбувається при менших навантаженнях [8]. Це є наслідком високої межі міцності ґрунту на стискування, який в 10.30 разів більше, ніж межа міцності на розрив.

Найбільш поширеним інтенсифікатором, що руйнує пласт ударним навантаженням, являється бітер. У більшості випадків він встановлюється між лемешами і елеватором. В даному випадку застосування істотних динамічних навантажень не призводить до збільшення міри травмування бульб, що знаходяться в шарі пласта ґрунту [25].

За типом робочої поверхні бітери підрозділяються на:

- штифтові
- пруткові
- лопатеві.

Штифтовий бітер включає приводний вал 1, циліндрична основа 2 і ударні елементи різної конструкції 3 (рисунок 19). Серед останніх найбільше поширення отримали конусоподібні, рухливі і пальчаті штифти. Робочий процес такого бітера залежить від швидкості руху картоплезбиральної машини, частоти обертання приводного валу, зовнішнього діаметру і висоти пальцевих ударників, а також від розташування осі валу відносно задньої кромки лемешів.

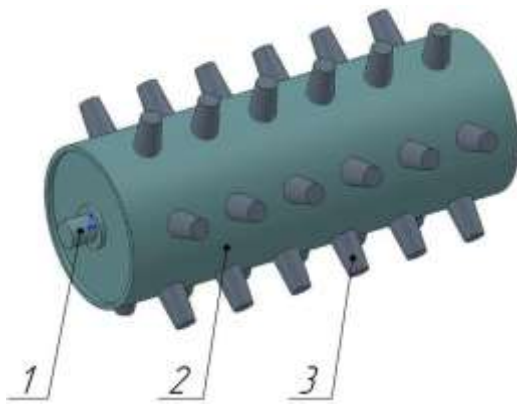


Рис. 2.2. Штифтовий бітер: 1 - приводний вал; 2 - циліндрична основа; 3 - штифт.

Транспортує здатність штифтового бітера безпосередньо залежить від його окружної швидкості. Для виключення перевантаження вона має бути вища за швидкість картопляного пласта, що поступає. Експериментальні дослідження показали, що для досягнення мінімально необхідної окружної швидкості бітера, при середній швидкості руху картоплезбиральної машини 0,8 м/с, частота обертання приводного валу бітера повинна складати не менше 320 хв^{-1} . При 560 хв^{-1} відбувається майже повне руйнування грудок, проте втрати бульб досягають 7%. Із-за невеликого радіусу ударників штифтовий бітер проникає в ґрунтовий пласт на значну глибину (до 80 мм), що у свою чергу призводить до високої міри травмування бульб до 50% підйомом осі приводного валу відносно задньої кромки лемешів травмування бульби також збільшується. Внаслідок цього штифтові бітери не отримали широкого поширення в картоплезбиральних машинах [8,16].

Конструкція пруткового бітера включає приводний вал 1, основа 2 і прутки 3, які розташовуються в один або два ряди (Рисунок 2.3) [16,25]. Робочий процес пруткові бітера також залежить від швидкості руху картоплезбиральної машини, окружної швидкості, зовнішнього радіусу, площі контакту і розташування осі обертання приводного валу відносно задньої кромки лемешів.

В процесі роботи бітер обертається з окружною швидкістю в межах від 6,4 м/с до 6,5 м/с, тим самим чинить значну динамічну дію на нижню (найбільш щільну) частину пласта, де при ударі відбувається розшарування ґрунту. Із-за невеликого радіусу ударні елементи повністю занурюються в картопляний пласт. Нижні шари починають рухатися з більшою швидкістю, ніж верхні. При цьому бульби і камені виштовхуються на поверхню ударниками бітера [16,25].

За рахунок цього знижується пошкодженість картоплі і збільшується сепаруюча здатність пруткові бітера.

Розташування осі обертання валу пруткового бітера в площині лемеша або вище її призводить до того, що горизонтальна складова швидкості його зіткнення з підкопаною грядкою зміщується убік, протилежну до напрямку руху машини.

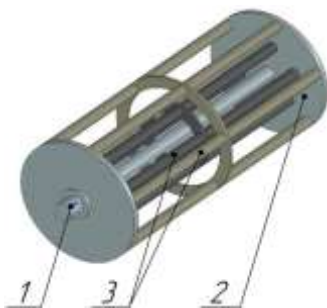


Рис. 2.3 - Дворядний прутковий бітер: 1 - приводний вал; 2 - основа; 3 - прутки

Через це збільшується кут контакту прутка бітера з шаром, що транспортується, а напрям швидкості зіткнення стає уперек пласта. Усе це збільшує інтенсивність руйнування домішок. Проте при вологості ґрунту більше 22% відбувається залипання прутків другого контура. Із-за цього істотно знижується сепаруюча і транспортуюча здатність бітера. Для

зменшення пошкодження бульб все частіше застосовують прутки з еластичним покриттям.

Порівняльний аналіз показав перевагу пруткового бітера перед штифтовим. Проте складність конструкції і досить висока міра травмування бульб (до 12% а також зниження сепаруючої здатності бітера в результаті його залипання ґрунтом обмежили застосування пруткових бітерів в картоплезбиральних машинах.

Лопатеві бітери, із-за своєї простоти і універсальності застосування, отримали найбільше поширення в картоплезбиральній техніці. У модернізованих картоплекопачах типу КСТ-1,4М, КТН-2ВМ та ін. вони використовуються для попереднього руйнування картопленосного пласта, його подання і рівномірного розподілу по ширині елеватора [2,14].

На роботу лопатевого бітера, аналогічно попереднім конструкціям, найбільший вплив роблять наступні чинники: швидкість руху картоплезбиральної машини, частота обертання приводного валу, а також зовнішній діаметр і форма лопатей самого бітера.

Зі зміною швидкості руху картоплезбиральної машини змінюється і товщина шару того, що поступає на бітер. Встановлено, що вона не повинна перевищувати довжину лопаті, оскільки інакше відбуватиметься навантаження картопляного шару. Транспортуюча здатність лопатевого бітера в основному визначається його окружною швидкістю. Її значення завжди повинне перевищувати швидкість руху картоплезбиральної машини.

У центральному науково-дослідному інституті картоплярства були проведені теоретичні і експериментальні дослідження робочих процесів трилопатевого циліндричного бітера, що складається з приводного валу 1, циліндричної основи 2 і лопатей 3 (Рисунок 2.4) [8].

Досліди проводилися на середніх суглинних ґрунтах при вологості 14,5–16,1%. Вони показали, що при швидкості руху того, що копає 0,8 м/с оптимальна частота обертання трилопатевого циліндричного бітера складає 220 об/хв. При цьому значенні відбувається не лише стійке переміщення, але і

інтенсивне руйнування структури картопляного пласта, причому кількість грудок в сході не перевищує 4%.

При частоті обертання трилопатевого циліндричного бітера 560 об/хв. і швидкості руху експериментальної установки 0,8 м/с відбувалося практично повне 98% розбивання грудок. Проте міра травмування бульб збільшилася до 17%.

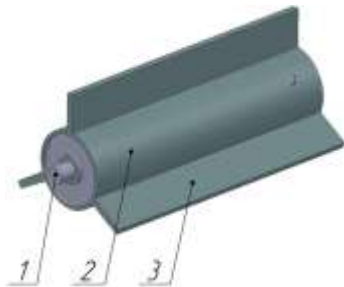


Рис. 2.4 - Трилопатевою циліндричний бітер 1 - приводний вал; 2 - циліндрична основа; 3 - лопать

Як показали експериментальні дослідження [8,25] найбільш оптимальні значення максимального і мінімального діаметрів бітера знаходяться в межах 280–350 мм, при частоті обертання бітера 320–560 об/хв. і швидкості руху машини 0,8–1,6 м/с. Причому при значеннях частоти обертання бітера вище 420 об/хв. зміна кількості лопатей не призводила до збільшення або зменшення інтенсивності руйнування структури пласта.

У більшості випадків вісь обертання лопатевого бітера знаходиться на одній висоті із задньою кромкою лемеша. Дослідження показали, що при розташуванні осі обертання бітера вище за площину лемешів відбувається нагромадження картопляного шару.

В порівнянні з штифтовими і прутковими бітерами лопатевий бітер має найкращу транспортуючу здатність. Великий радіус ударних елементів дозволяє йому робити практично повний продольно- поперечний розріз картопляного пласта, внаслідок чого його переміщення відбувається частинами [4]. За рахунок цього знижується пошкодженість бульб і збільшується інтенсивність руйнування структури підкопаної гряди.

РОЗДІЛ 3. Охорона праці.

3.1. Структурно функціональний аналіз технологічного процесу.

Охорона праці безпосередньо на робочому місці - в кабіні трактора та біля тракториста, значним чином впливає на показники використання робочого часу, а відтак і на продуктивність агрегату загалом. Умови в яких перебуває виконавець технологічних операцій на полі характеризуються певною травмо та аварієнебезпекою. Отже, створення безпечних умов праці є одним із важливих шляхів підвищення ефективності виконання процесу механізованого вирощування сільськогосподарської культури.

Для окреслення груп чинників, котрі характеризуються тією особливістю, що зумовлюють виникнення травмонебезпечних та аварійно небезпечних умов, необхідно розглядати види технологічних фаз і операцій, що мають місце в процесі механізованого вирощування культури. Таким чином, до технологічних фаз відносимо: 1) Переїзд агрегату на поле; 2) Робота агрегату на полі; 3) Переїзд агрегату з поля. Технологічні операції: 1) Робочий хід машини; 2) Холостий хід машини (розворот, переїзд в іншу загінку); 3) Зупинка. Аналіз процесу механізованого вирощування культури дав можливість виокремити можливі травмонебезпечні чинники: 1) Ураження обертовими частинами машини; 2) Несправність органів керування, гальм, муфти; 3) Перевищення швидкості руху; 4) Відмова одного з вузлів агрегату;

3.2. Моделювання процесу виникнення травм та аварій.

Розроблений Д.Хенлі і Х.Кумамото метод дає можливість шляхом побудови “дерева” відмов і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа. У цьому методі окреслюється досліджувана технологічна операція, під час виконання якої вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. В графічній інтерпретації, модель за своєю формою нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відмов і помилок”. В свою чергу кінцеві події називають базовими.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі: 1 – відмова (аварія, травма) системи – головна подія; 2 – послідовність подій, що приводять до відмови системи; 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів; 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині; 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі; 6 – базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

3.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм.

Кожний із логічних процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, можна виокремити та знайти подію з якої починається небезпечний процес, ще до виникнення небезпечних наслідків. Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня безпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від явища що досліджується. Використовуючи метод визначення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища є можливість оцінки рівня безпеки певного об'єкта чи явища. Даний метод широко застосовують в зарубіжній інженерній практиці. Основні його принципи полягають в тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі безпеки, можливі аварійні або травматичні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логічно-імітаційної моделі травми. Після цього будують модель “дерева відмов і помилок оператора”. Слід зауважити, що важливе значення має правильний вибір головної події, від чого залежить доцільність виконання та ефективність моделі. Головну подію, котра зумовлює виникнення травми, модель якої необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва виникає. Після вибору домінуючого випадкового явища (події) розпочинаємо

побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як домінуюча чи головна.

Спочатку визначаються травмонебезпечні ситуації та їх кількості, що можуть мати місце в процесі що розглядається, визначаємо ще й інші події, що входять до кожної такої ж ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі. Слід мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів. Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною. За даними виробництва визначаємо ймовірність базових подій.

Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0. Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі. На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі. Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі вирощування культури складемо перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоїмо певне значення ймовірності його виникнення.

РОЗДІЛ 4 Обґрунтування досягнених результатів.

В результаті аналітичного огляду конструкцій і режимів роботи сепараторів і інтенсифікаторів картоплезбиральних машин запропонована гіпотеза про перспективність вдосконалення картоплекопача шляхом поєднання в його конструкції приймально-подаючого лопатевого бітера і ротаційного сепаратора, з метою підвищення сепаруючої ефективності і зниження енергоємності.

Для цього планували провести дослідження по удосконаленню конструкції лопатевого бітера, призначеного для прийому, попереднього руйнування і стійкого подання картопляного пласта на перший вал ротаційного сепаратора.

Також планували виконати та обґрунтувати нову конструкцію і схему розміщення роторів сепаратора, визначити їх раціональні режими обертання, який дозволять підвищити інтенсивність сепарації суглинного ґрунту і продуктивність картоплекопача в цілому, а також понизить його енергоємність і пошкодженість бульб.

Виходячи з вищесказаного, ми зробили наступне:

- сепаруюче обладнання що транспортує-просіює і грохотного типів не достатньою мірою забезпечують ефективність виділення суглинних ґрунтів в складних ґрунтово-кліматичних умовах виробництва картоплі.

- сепаратори, що складаються з пальцевих роторів, трубчастих або фігурних вальців, мають більш високу руйнівну здатність, ніж елеватори прутків і грохоти, а також нижчу енергоємність, що просіює. Пальцева форма робочої поверхні роторів, їх пружність і взаємне розташування рядів роторів дозволяють понизити контактні ушкодження і вірогідність затискання бульб, зменшують залипання роторів і намотування рослинних залишків на вали;

- застосування лопатевого бітера на початку технологічного процесу сепаратора ґрунту дозволяє виконати первинне руйнування структури картопляного пласта і забезпечує його стійке подання на поверхню ротаційного сепаратора при мінімальному ушкодженні бульб;

- з метою підвищення ефективності і надійності сепараторів ротаційного типу в складних ґрунтово-кліматичних умовах Нечорноземної зони необхідно удосконалювати їх конструкцію і компонування, а також режими роботи.

Загальні висновки

1. Аналіз наукових робіт і конструкцій картоплекопачів дозволив виявити, що застосування чотирьох лопатевого бітера і ротаційного сепаратора, що спільно забезпечують інтенсивне руйнування пласта і просіювання ґрунту, дозволить підвищити ефективність сепарації суглинного ґрунту на 30–40%.

2. Обґрунтована схема ротаційного картоплекопача і отримані залежності, що дозволили визначити діаметри бітера $D_b = 300$ мм і роторів сепаратора $D_r = 300$ мм, кут нахилу виступів ротора $\beta_v = 28,5^\circ$, їх довжину $L_v = 130$ мм, радіус скруглення $R_v = 120$ мм, висота $H_v = 62$ мм, висоту вершин $b_v = 15$ мм і кількість виступів на роторі $N_v = 8$ шт., товщина ротор $v = 25$ мм.

3. Виведені залежності, що дозволили знайти значення робочої частоти обертання бітера $n_b = 277.339$ об/хв. і роторів зон інтенсивної сепарації $n_1 = 230$ – 260 об/хв. і остаточного очищення $n_4 = 200$ – 230 об/хв. при робочій швидкості ротаційного картоплекопача $V_k = 1,1$ – $1,7$ м/с.

Список використаних джерел.

1. Алакин В.М. Картофелекопатель с ротационной сепарирующей поверхностью / В.М. Алакин, Г.С. Никитин // Картофель и овощи. – 2018. - № 5. – С. 32–34.
2. Алесенко В.М. К определению линейной скорости сепарирующего элеватора, расположенного за лопастным битером / В.М. Алесенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Республиканский межведомственный тематический научно-технический сборник. – Вып. 8. – Мн.: Урожай, 1970. – С. 144–149.
3. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т./ В.И. Ануриев. - М.: Т. 2. - 5-е изд., перераб. и доп. Машиностроение, 1978. - 559 с.
4. В.Ю.Ільченко. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімонт.;. - К.: Урожай, 1993. - 288 с.
5. Верещагин Н.И. Рабочие органы машин для возделывания, уборки и сортировки картофеля / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков. - М.: Машиностроение, 1965. - 268 с.
6. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини : підручник / Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. — [2-ге вид.]. — К.: Каравела, 2008. — 552 с.
7. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. ; за ред. Д.Г.Войтюка. — Суми : ВТД «Університетська книга», 2008. — 543 с.
8. Герасимов А.А. Критерии оценки повреждения клубней / А.А. Герасимов, А.С. Пермякова // Механизация и электрификация соц. с/х. - 1974. - №7. - С.48-49.
9. Горбачев, С.П. Тяговое сопротивление комбинированного дискового сошника зерновой сеялки [Текст] / С.П. Горбачев, Е.В. Кулаев, Н.Е. Руденко // Теоретич. и научно-практич. журнал, Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2014. - № 2. – С. 4-5.
10. Грушецький С.М. Інноваційна картопляна техніка - комплексне рішення задач / С.М. Грушецький //Конструювання, виробництво та

експлуатація сільськогосподарських машин : Загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб. Під заг. ред. І.М. Черновола. - Кіровоград: КНТУ, 2009. - Вип. 39. - С. 68-81.

11. Колчин Н.Н. Комплекс специальных машин для картофелеводства / Н.Н.Колчин // Техника и оборудование для села. - 2011. - №8. - С. 18–21.

12. Колчин Н.Н. Современная техника для машинного производства картофеля / Н.Н. Колчин // Тракторы и сельхозмашины. - 2011. – №6. – С. 51–54.

13. Лурье, А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин □Текст□ / А. Б. Лурье, А. А. Громбчевский. - Л.: Машиностроение, 1985. - 528 с.

14. Мацепуро М.Е. Технологические основы механизации уборки картофеля/ М.Е. Мацепуро. – Минск: АН БССР, 1959. – 324 с.

15. Машиновикористання у рослинництві : навч. посіб. / [Гарькавий А.Д. та ін.]. — ВДАУ, НАУ, 2008. — 70 с.

16. Мельников, С. В., Алешкин В. Р., Рошин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях с. х. процессов □Текст□ / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М.Рошин. - Л.: Колос, 1980. -168 с.

17. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Р.В. Безносюк, Н.А. Рязанов, В.Г. Селиванов // Техника и оборудование для села. - 2012. - №3. - С. 6-8.

18. Проектування сільськогосподарських машин: навч. посіб. / [Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін.]; за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. — Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. — 640 с.

19. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : підручник / Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М., Кропівний В.М.; за ред. М.І. Черновола. — К.: Урожай, 2002. — . —. Кн.1: Машини для рільництва. —2002. — 383 с

20. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / [за ред. Д.Г. Войтюка]. — К.: Вища освіта, 2005. — 464с.

21. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании

технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

22. Allan L Jensen Performance of machinery in potato production in one growing season / Allan L Jensen, Claus G Sorensen, Dionysis Bochtis, Zhou Kun // Spanish journal of agricultural research. – 2015. - № 3. 12-32.

23. Brinkmann W. Geräte und Verfahren für die Kartoffelproduktion / W. Brinkmann, H. Heege, F. Tebrügge // Landwirtschaftliches Lehrbuch 4. – Landtechnik. Verlag Euren Ulmer, Stuttgart, 1985. 339-362.

24. Dreszer K. Maszyny rolnicze / K. Dreszer. - Lublin: Wyd. AR, 2000. – 26 p.

25. Godesa T. Determination of minimal cutting speed by flailing potato vines. Acta agriculturae slovenica / T. Godesa // Ljubjana, 2004. - Vol. 83. – N 1. 137–146.

26. Peters R. Trends in der Kartoffeltechnik / R. Peters // Landtechnik, 2003. - Jg. 58. – H.8. 366–367.

27. Sharma A.P. Design, Development and field evaluation of an oscillatory potato digger / Sharma A.P., Verma S.R., Bomsal A.S. // Agricultural mechanization In Asia, Africa and Latin America. – 1986. - № 17. 60-65.

28. Struik P.C. Seed potato technology / P.C. Struik, S.G. Wiersema. – Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 1999. - 383 p.

29. Yong Ying Sang Parametric Modeling and Moving Simulation of Vibrating Screen and Tubers on Potato Harvester / Yong Ying Sang, Hua Li Yu, Jing Xia Jia // Applied Mechanics and Materials. - 2012; August 2012. 627-632.