

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломного проекту  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ  
КАРТОПЛІ З РОЗРОБКОЮ  
КОНСТРУКЦІЇ КАРТОПЛЕКОПАЧА**

**Виконав:** студент групи МСз-1-20

\_\_\_\_\_ Шапар Сергій Вадимович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Сокол Сергій Петрович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2023

## АНОТАЦІЯ

Шапар С.В. Удосконалення процесу механізації збирання картоплі з розробкою конструкції картоплекопача/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 77 с.

Наведено характеристику умов вирощування картоплі, способи її збирання та агротехнічні вимоги. Проведено огляд машин аналогів для викопування картоплі. Описано об'єкт розробки та обґрунтовано тему дипломного проекту.

Описано технологічну схему і процес роботи картоплекопача; технологічні властивості бульб і ґрунтових грудок; проведено розрахунки окремих конструктивних і кінематичних параметрів копача. Розроблено алгоритм і конструкція деталі за допомогою комп'ютерної програми КОМПАС 3D V19.

Описана організація робіт з охорони праці та заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем.

Виконано порівняння технічних показників старої та нової конструкції картоплекопача.

Ключові слова: картопля, бульби, технологія, машини, копачі, комбайни, ґрунт, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 СПОСОБИ ТА ТЕХНІКА ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ. ....	8
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДКОПУВАЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕКОПАЧІВ. ....	23
3 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ. ....	31
4 МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ КАРТОПЛЕКОПАЧА. ....	39
4.1 Фізико-механічні властивості ґрунту і бульб. ....	39
4.2 Технічні вимоги до картоплекопача і його будова. ....	43
5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОПАЧА. ....	47
5.1 Розрахунок та обґрунтування основних конструктивних параметрів леміша копача. ....	47
5.2 Розрахунок основних параметрів ротора картоплекопача. ....	50
5.3 Визначення геометричних параметрів першої ланцюгової передачі. .	53
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	61
6.1 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем. ....	61
6.2 Вимоги безпеки при зберіганні картоплекопача. ....	65
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ. ....	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	75
ДОДАТКИ. ....	78

## ВСТУП

До початку війни в Україні щорічно вирощували 16-19 мільйонів тонн картоплі, це стільки, як у ФРН. При цьому площі посадки картоплі у ФРН становлять близько 600 тисяч га, а в Україні – понад 1,5 мільйона га. Виробництво картоплі у ФРН повністю забезпечує цим продуктом харчування 74 мільйони чоловік, та ще й вистачає на експорт. А в Україні для забезпечення крохмалистою населення в півтора рази менше потрібно завозити її з інших країн, так як потреба внутрішнього ринку складає 20–22 млн тонн / рік [1, 2].

Картопля відноситься до числа найважливіших сільськогосподарських культур і є одним з найбільш цінних продуктів харчування. Але ефективність її виробництва залишається низькою. Середня урожайність в господарствах всіх категорій залишається біля 10 т/га [3], тоді як в США – 33, Фінляндії – 35, Голандії – 40 т/га. Однією з основних причин цього є низкий рівень механізації технологічних процесів вирощування і збирання культури.

З початком війни в 2022 році зернові культури в Україні були збитковими, тоді як виробники картоплі при забезпеченні внутрішнього ринку отримали певний прибуток. Хоча в цілому через збройну агресію росії в 2022 році приблизно на 30% менше було посаджено картоплі, ніж у 2021 році. Причини зменшення площ – частина господарств (Сумська, Чернігівська, Київська області) були тимчасово окуповані, інші – постраждали від обстрілів, мінування і т.ін.

Картопля займає в господарствах площу меншу за зернові культури та приносить більший прибуток з гектара. Але в той же час картопля потребує догляду, наявності специфічної техніки, зрошення (для Півдня та Південного Сходу) [3, 4].

В цьому році площі під картоплю будуть збільшуватися, але економічна ситуація впливає на стан галузі – подорожчання на насінневий матеріал,

пестициди, гербіциди, добрива, паливо-мастильні матеріали вплинуть на собівартість продукції. Тому для підвищення ефективності господарствам слід широко впроваджувати сучасні технології, машини і обладнання, дотримуватися елементарних агротехнічних вимог.

Найбільш складна і трудомістка технологічна операція при вирощуванні картоплі – збирання врожаю. На її долю приходить до 60 % всіх затрат.

Один з головних факторів, стримуючих збільшення виробництва картоплі, - повільне освоєння механізованих технологій, а також погане забезпечення галузі необхідною сільськогосподарською технікою. В останні роки відмовлення від інтенсивних технологій виробництва картоплі призвело до спрощених методів її вирощування навіть в великих господарствах.

Технологічний процес збирання картоплі ускладнений тим, що вміст бульб в шарі ґрунту невеликий (1 – 2 % по масі). Щоб виділити 4 – 6 кг бульб, дворядна машина повинна подрібнити і відсіяти за кожен секунду більше 200 кг ґрунту [18].

Збільшення виробництва та підвищення якості картоплі є одним з ключових питань, адже не дарма кажуть, що «картопля – це другий хліб». Тому створення та удосконалення існуючих картоплезбиральних машин залишається однією з актуальних задач сільськогосподарського машинобудування. Враховуючи, що значна частина картоплі вирощується в присадибних та невеликих фермерських господарствах, слід забезпечити недорогою малогабаритною технікою для цих товаровиробників.

Метою даної роботи є удосконалення механізації вирощування картоплі з розробкою конструкції картоплекопача, що дозволить підвищити ефективність і знизити собівартість продукції.

## 1 СПОСОБИ ТА ТЕХНІКА ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

На сьогодні відомо три способи збирання картоплі із застосуванням комбайнів: пряме комбайнування, роздільне і комбіноване збирання.

За прямого комбайнування комбайн за один прохід полем викопує бульби, відокремлює їх від ґрунту та домішок і нагромаджує бульби в бункері або вивантажує в кузов транспортного засобу.

Роздільне збирання полягає в тому, що копачем-валкоукладачем бульби з двох, чотирьох, шести і більше рядків вкладаються у валок. Після підсихання бульби з валків підбирають підбирачами-навантажувачами або комбайнами, які обладнані підбирачами.

Комбіноване збирання застосовують на легких супіщаних ґрунтах. Викопані з двох або чотирьох рядків бульби укладаються в міжряддя двох невикопаних рядків. Після підсихання їх підбирають комбайном одночасно з викопуванням двох рядків, що залишилися.

Збирання складається з двох основних технологічних операцій: знищення або видалення бадилля та викопування бульб картоплі. Для прискорення фізіологічного досягання бульб і запобігання масовому поширенню хвороб картоплі, зменшення втрат і механічних пошкоджень бульб під час збирання скошують бадилля. Скошування здійснюють за п'ять днів до початку збиральних робіт на продовольчих посадках і за десять днів – на насінневих.

Для видалення і подрібнення бадилля та інших рослинних решток перед збиранням картоплі для підвищення якості насіннєвого матеріалу і створення кращих умов для роботи картоплезбиральних машин застосовують подрібнювачі бадилля.

Найвідоміші в Україні - подрібнювачі бадилля виробництва фірм Grimme, Kverneland, Cramer, Netagco, Struik та AVR тощо. Ширина захвату цих машин - два, чотири й шість рядків.

Подрібнювачі бадилля виробництва західних фірм складаються, переважно, з рами, одного або двох роторних барабанів, щиткової групи, механізму

приводу і механізму регулювання висоти зрізування. На роторному барабані шарнірно встановлені бильні ножі різної довжини. При цьому довжина ножів дібрана так, щоб різальний апарат міг копіювати профіль гребеня і борозни. Бильні ножі можуть переміщуватися в поперечному і поздовжньому напрямках, що забезпечує їхню збережаність від пошкоджень каміннями. У роторній камері бадиллеподрібнювачів встановлено напрямні пластини, які відводять подрібнене бадилля у борозни.

Подрібнювачі різняться за способом агрегування і виготовляються для фронтальної і задньої навісок та комбінованими. Комбіновані моделі можуть приєднуватися до фронтальної і задньої навісної системи енергозасобу. Привід здійснюється від ВВП трактора з частотою обертання 540 або 1000 об./хв. Для запобігання поломкам деталей трансмісії за відмикання ВВП на ведучих шківках передбачено обгінні муфти. Робочі органи деяких моделей для фронтальної навіски мають привід від гідросистеми енергозасобу.

Найвідомішими в Україні є подрібнювачі: для задньої навіски - KS 1500, KS 3600, KS 75-4, KS 4500 (Grimme), RSF 2000 (Netagco), 2LKA 75 і 4LKA 75 (Struik), 4LK 310 (Baselier); для фронтальної навіски - UN 3612-Z і UN 3634-Z (Kverneland), 4LKF 75 (Struik), KSA 75-2 (Grimme).

Подрібнювачі бадилля для фронтальної навіски та комбіновані моделі, які працюють у складі картоплезбиральних комбайнів, зазвичай, обладнані механізмом для вилучення бадилля на викопану частину поля. Промисловість європейських країн світу спроможна виробляти різноманітну картоплезбиральну техніку: від найпростіших монтованих, навісних і причіпних машин до найсучасніших самохідних картоплезбиральних комбайнів і картоплекопачів-навантажувачів.

Картоплекопачі-навантажувачі викопують бульби картоплі, відокремлюють їх від ґрунту, бадилля, рослинних решток та інших домішок і навантажують в кузов транспортного засобу, який рухається поряд. На вітчизняному ринку представлені картоплекопачі-навантажувачі: RDS 1700 (DeWulf), DL 1700, GT 1700, GT 3000 (Grimme), SRP-2/165-NE (IMAC), F2 (AMAC), UN

2200, UN 2600 (Kverneland), Clean Flow 2000 (REEKIE), MAVERICK (RICHARD PEARSON), ПКК-2 (ВО "Гомсільмаш") тощо.



Рисунок 1.1 - Комбайни для збирання картоплі 1733 Р

Копачі-навантажувачі складаються з підкопувальних, сепарувальних і транспортувальних робочих органів.



Рисунок 1.2 - Комбайни для збирання картоплі SE 150-60 NB





Рисунок 1.3 - Комбайни для збирання картоплі SE 75 - 30 / 40 UB

Підкопувальний орган складається з двох або трилопатевих лемешів, двох гребневих барабанів, чотирьох відокремлювальних дисків і бадиллезатягувальних роликів. На важких ґрунтах доцільно застосовувати дволопатевий леміш, а на легких і середніх - трилопатевий. Регулювання глибини підкопування проводять зміною довжини встановлювального гвинта. Цю операцію проводять уручну або за допомогою системи гідравлічного керування з кабіни енергозасобу.

Тиск гребеневого барабана на гребінь проводять вручну. Для підвищення показників якості збирання картоплі провідні виробники комплектують картоплекопачі-навантажувачі системами гідравлічного регулювання глибини підкопування з інтегральним встановленням тиску барабана на ґрунт. Завдяки таким системам досягається стабільна глибина ходу підкопувального лемеша на нерівностях поля за довжиною рядка та зменшується тиск барабана на гребінь. Застосування системи дає змогу збільшити повноту збирання і мінімізувати пошкодження бульб гребневим барабаном на ґрунтах, засмічених камінням, і запобігає ущільненню та утворенню грудок на важких глинистих мокрих ґрунтах.

Сепарувально-транспортувальні механізми призначені для очищення вороху від домішок і навантаження бульб картоплі в кузов транспортних засобів. Картоплекопачі-навантажувачі, залежно від ґрунтово-кліматичних умов роботи, оснащуються різними типами сепарувальних органів: прутковими просіювальними транспортерами, похилими голчастими транспортерами, перебиральними столами, роликовими сепараторами, зірково-вальцевими сепараторами, комбінацією прутковий транспортер - бадиллезатягувальний валець, широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний із похилим голчастим транспортером, широкопланчастий бадиллєвідокремлюючий транспортер тощо. Картоплекопачі-навантажувачі GT 1700 і GT 3000 (Grimme) обладнані сепарувальним пристроєм MULTISEP, який складається з п'ятих пар вальців (один валець з спіральними сегментами та один гладкий валець із гумовим покриттям).

Пруткові транспортери оснащені механізмами струшування полотна транспортера або виконуються каскадними без струшувачів.



Рисунок 1.4 - Комбайни для збирання картоплі  
Racer 4000 WM Kartoffeltechnik

Похилий голчастий транспортер призначений для вилучення дрібного бадилля і дрібних грудок ґрунту і каміння. Приводиться в рух гідромотором,



Рисунок 1.5 - Причіпні картоплезбиральні комбайни Lockwood

і обладнаний механізмом гідравлічного регулювання кута нахилу.

Перебиральний стіл являє собою дві прогумовані гладкі стрічки, між якими розміщено воронку для вилучення домішок. Перебиральний стіл оснащується кабіною та робочим місцем для перебивальників.

Роликовий сепаратор складається з набору поздовжніх спіральних вальців. Роликовий сепаратор картоплекопачів-навантажувачів GT 1700 і GT 3000 (Grimme) та UN 2200, UN 2600 (Kverneland) складається з дев'яти пар вальців (один спіральний та один гладкий). Роликові сепаратори оснащені механізмами оперативного гідравлічного регулювання частоти обертання, кута нахилу та відстані між вальцями.

Зірково-вальцевий сепаратор складається з трьох-чотирьох комплектів вальців. Кожен комплект вальців містить два зіркових і один гладкий валець. Для відокремлення бадилля та інших рослинних решток застосовують комбінацію прутковий транспортер-бадиллезатягувальний валець, широкопланчастий бадиллевідокремлювальний із похилим голчастим транспортером, широкопланчастий бадиллевідокремлювальний транспортер.





Рисунок 1.6 - Комбайни для збирання картоплі E 686 MDW-Fortschritt



Рисунок 1.7 - Комбайни для збирання картоплі RMB 80 Hagedorn

Картоплекопачі-навантажувачі виробництва провідних європейських фірм комплектуються системами регулювання переміщення снічі щодо центральної осі енергозасобу, вирівнювання картоплекопача на схилах за допомогою гідроциліндрів опорних коліс. Вони оснащені гідростатичним приводом опорних коліс, що дуже важливо під час роботи у важких умовах на перезволожених ґрунтах.

Картоплекопач-навантажувач Clean Flow 2000 (REEKIE) комплектується автономною гідросистемою. Гідросистема складається з масляного бака, гідронасоса, гідромоторів, гідроциліндрів і напірної гідроарматури. Масляний бак гідросистеми розміщений у порожнині передньої поперечної балки рами картоплекопача. Привід гідронасоса здійснюється від ВВП енергозасобу.



Рисунок 1.8 - Комбайни для збирання картоплі ZM2 aardappelrooier



Рисунок 1.9 - Комбайни для збирання картоплі Sonstige Schüttbunker 500

Для збереження бульб і мінімізації пошкоджень під час навантаження елеватор картоплекопачів-навантажувачів обладнаний транспортерами з рухомими стінками. Картоплекопачі комплектуються гнучкою ланкою завантаження, що дає змогу зменшити висоту падіння бульб на дно кузова транспортних засобів.

Фірма Kverneland виготовляє однорядний картоплекопач-навантажувач Superfaun UN 1700, який істотно відрізняється конструкцією з описаними вище комбайнами.

Підкопувальний орган картоплекопача-навантажувача складається з одного великого лемеша, підрізального ролика, сферичного диска, розміщеного під кутом до гребеня, і приймального диска великого діаметра з лопатями. Просіювальні транспортери розміщені перпендикулярно до напрямку руху агрегату. Бадилевідокремлювальний пристрій складається з двох прогумованих вальців, розміщених перпендикулярно в кінці першого просіювального транспортера. Вальці виокремлюють бадилля і спрямовують потік бульб на другий просіювальний транспортер, у кінці якого встановлено прогумовані вальці з гвинтовою стрічкою, які проводять доочищення вороху бульб і спрямовують потік бульб на вивантажувальний транспортер.



Рисунок 1.10 - Однорядний копач картоплі Schmotzer A-ZVK

У задній частині картоплекопача-навантажувача розміщені робочі місця для перебиральників, які проводять доочищення бульб на вивантажувальному транспортері.

Дворядний картоплекопач-навантажувач RDL 1700 Lexia (DeWulf) складається з двох ярусів сепарувально-транспортувальних робочих органів. На першому ярусі встановлено два пруткових просіювальних транспортери з бадиллезатягувальних роликів між ними та зірчковий сепаратор.

Для подання вороху картоплі на сепарувальні органи другого ярусу картоплекопач-навантажувач обладнано елеватором із підтримувальною прутковою стрічкою. Таке конструкційне виконання елеватора дає змогу подати бульби картоплі на сепарувальні органи другого ярусу рівномірним потоком, а не порціями. На другому ярусі картоплекопача-навантажувача змонтовано зірчковий сепаратор, перебиральний стіл і вивантажувальний транспортер.

Дво-, три- і чотирирядні двоярусні картоплекопачі-навантажувачі 472Н, 473Н та 474Н, які збирають картоплю з міжряддями від 86 см до 101 см, виготовляє фірма Lockwood. Залежно від кількості викопуваних рядків, картоплекопачі-навантажувачі агрегуються з тракторами потужністю від 70 кВт до 130 кВт. 2-рядковим картоплекопачам-навантажувачам надають руху трактори з потужністю двигуна від 70 кВт до 90 кВт, 3-рядкові потребують для агрегування енергозасобів із потужністю від 100 кВт до 120 кВт, а 4-рядкові - від 110 кВт до 130 кВт.

Для ефективнішого використання потужності тракторних двигунів і збирання картоплі за один прохід агрегату полем широко застосовують комбіновані агрегати. В одному агрегаті працюють бадиллеподрібнювач, навішений на фронтальну навіску, та картоплекопач-навантажувач або причіпний картоплезбиральний комбайн.

Поширення в картоплярських господарствах Європи дістали 1-рядні картоплезбиральні комбайни з бічним розташуванням підкопувальних органів. Їх пропонують усі провідні фірми. Принципової різниці в конструкції 1-



рядних комбайнів не існує. Вони складаються з підкопувальних і сепарувальних робочих органів, які виконують однакові функції на машинах різних виробників.

Однорядні картоплезбиральні комбайни з бічним розташуванням підкопувальних органів можуть проводити збирання картоплі на полях як із скошеним бадиллям, так і на полях, де не проводили подрібнення бадилля. Конструкція комбайнів цього типу дає змогу механізатору стежити за роботою підкопувальних і сепарувальних органів, а також людей біля перебирального стола.

У вітчизняних господарствах застосовують 1-рядні картоплезбиральні комбайни. Машини цього типу виготовляють фірми: SE 75/85-55, SE 75-30, SE 75/85-55 (Grimme), Wu..hlmaus (Netagco), Spirit 4100 (AVR), UN 5300 (Underhaug), Z-608 (AKPIL), Z-643/1 (Agromet-pioneer), Z 644 ANNA (Unia), Sampo Master (Sampo) тощо.

Підкопувальні органи уніфіковані з підкопувальними органами картоплекопачів-навантажувачів. Для підвищення ефективності роботи на полях із великою кількістю бадилля фірма Grimme комплектує підкопувальний орган картоплезбирального комбайна SE 75/85-55 другим дисковим ножом. На деяких моделях встановлюють каміннезахисні пристрої, які запобігають пошкодженню лемешів підкопувальних органів.

Однорядні картоплезбиральні комбайни провідних виробників Grimme, Netagco, AVR, Underhaug, Sampo для очищення вороху бульб картоплі, зазвичай, комплектуються такими сепарувально-транспортувальними робочими органами: прутковим просіювальним транспортером, багатофункціональним транспортером, першим і другим сепарувальними пристроями, роликовою сортувалкою та перебиральним столом.

Просіювальні транспортери мають паси з високими виступами, що гарантує дбайливе ставлення до бульб. Пруткові просіювальні транспортери мають вертикальні бічні супровідні пальці, які запобігають пошкодженню бульб



від тертя об стінки транспортера. Для поліпшення сепарування над просіювальними транспортерами монтують секцію розпушувальних пальців. Перший короткий просіювальний транспортер приймає на себе потік урожаю, відсіює піднятий ґрунт і передає урожай на багатофункціональний транспортер. Багатофункціональний транспортер складається з другого просіювального і бадиллєвідокремлювального транспортерів. Другий просіювальний транспортер проводить сепарування ґрунту та каміння. Другий просіювальний транспортер має активні супроводжувальні бічні стрижні, що забезпечує вільне від тертя об боковини транспортування бульб.

Широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний транспортер рухається паралельно, впритул над другим просіювальним транспортером, відокремлює бадилля від вороху та виносить його на поле. Планки бадиллєвідокремлювального транспортера ділять бульби на порції, які перебувають на другому просіювальному транспортері, забезпечуючи рівномірний потік урожаю. Над бадиллєвідокремлювальним транспортером встановлено пружинні гребінки, які очищають його від завислого бадилля і налиплого ґрунту.

Дальше відокремлення грудок, каміння і решток бадилля проходить на двох сепарувальних пристроях. Ворох із другого просіювального транспортера подається на перший сепарувальний пристрій, який складається з голчастого транспортера з двома вальцями. Подвійні очищувальні вальці розташовані діагонально щодо голчастого транспортера.

Подвійні очищувальні вальці виносять частину домішок на поле, а бульби спрямовують на голчастий транспортер другого сепарувального пристрою. Для забезпечення оптимального очищення вороху в різних ґрунтових умовах подвійні вальці оснащені механізмом регулювання за висотою. Для швидкої адаптації до змінних ґрунтових умов перший сепарувальний пристрій обладнано механізмом гідравлічного регулювання швидкості руху голчастого транспортера та частоти обертання вальців. Залежно від типу ґрунту і засміченості його камінням, вибирають робочі органи другого сепарувального пристрою.

На легких ґрунтах без каміння і грудок над голчастим транспортером діагонально до напрямку його руху встановлюють очищувальний валець, на всіх типах ґрунтів з незначною кількістю каміння - пальчиковий транспортер з очищувальним вальцем, а на ґрунтах з великою кількістю каміння - щітковий транспортер з транспортером для домішок. Із другого сепарувального пристрою ворох транспортується на сортувальний транспортер, який розміщений горизонтально і має перебиральний стіл. Із сортувального транспортера ворох потрапляє на сортувальний пристрій, де відокремлюються дрібні бульби.

Однорядні картоплезбиральні комбайни виробництва фірм Grimme, Netasco, AVR, Underhaug, Samro укомплектовані автоматичною системою пошуку середини гребеня, яка за допомогою двох датчиків, розташованих на гребневому барабані, керує сницею і спрямовує підкопувальний леміш середною гребеня. Машини цього типу оснащені гідравлічною системою керування колесами, й вирівнювання та утримання комбайна в горизонтальному положенні на схилах.

Однорядні картоплезбиральні комбайни агрегуються з тракторами тягових класів 1,4 і 2.

Дворядковий картоплезбиральний комбайн SE 150-60UB (Grimme) проводить збирання картоплі без попереднього зрізування бадилля і відрізняється з 1-рядковим комбайном SE 75-30 лише шириною сепарувальних органів, кількістю виконавчих органів і місткістю бункера. Місткістю бункера комбайна - 6000 кілограмів.

Аналогічні за конструкцією 2-рядкові картоплезбиральні комбайни Wu.. hlmaus 2733 і Spirit 8200 виготовляють фірми Netasco та AVR. Дворядний картоплезбиральний комбайн DR 1500 (Grimme) складається з підкопувальних органів, трьох просіювальних пруткових транспортерів, похилого голчастого транспортера, двох бадиллезатягувальних вальців (по одному після першого і другого просіювальних транспортерів), кільцевого елеватора, подавального транспортера із сортувальним столом і бункера. Перший і дру-

гий просіювальні пруткові транспортери оснащені вібраторами полотна транспортера. Ефективна площа сепарування першого транспортера становить 5,5 м<sup>2</sup>, другого - 1,75 м<sup>2</sup>. За руху з першого на другий просіювальний транспортер і з другого на третій просіювальний транспортер ворох проходить через валки, які відокремлюють бадилля від потоку врожаю.

Для зменшення втрат бульб під час транспортування кільцевий елеватор укомплектовано підтримувальною стрічкою, яка працює синхронно з елеватором і передає потік урожаю не порціями, а рівномірним потоком. З підтримувальної стрічки кільцевого елеватора бульби потрапляють на два вали, які рівномірно розподіляють бульби на подавальному транспортері. Місткість бункера комбайна DR 1500 - 4500 кг. У конструкції комбайна DR 1500 передбачено пристрій для вирівнювання машини на схилах для створення рівномірного навантаження на сепарувальні і очищувальні органи.

Фірма Grimme виготовляє 2-рядковий причіпний картоплезбиральний комбайн BR 1500, який обладнано такими робочими органами, як DR 1500. Дворядкові картоплезбиральні комбайни RDT 1700 моделей Superia, Quadria, Axia виготовляє фірма DeWulf. Комбайни RDT 1700 Superia укомплектовані транспортувальними і сепарувальними органами першого і другого ярусів. Сепарувальні органи першого ярусу складаються з трьох пруткових просіювальних транспортерів, двох бадиллезатягувальних роликів, похилого голчастого транспортера і кільцевого елеватора. На другому ярусі змонтовано похилий голчастий і короткий прутковий транспортер, сортувальний пристрій роликів типу, перебиральний стіл і бункер місткістю 5000 кілограмів. Картоплезбиральний комбайн RDT 1700 Quadria, крім цього, додатково оснащений бадиллевідокремлюючим транспортером, а RDT 1700 Axia - роликівим сепаратором.

Для збирання картоплі за роздільною технологією застосовують картоплекопачі-валкоутворювачі та підбирачі валків. Підбирач складається з підбиральних і сепарувальних органів, навантажувального транспортера, пристрою для горизонтального встановлення рами під час роботи на схилах.

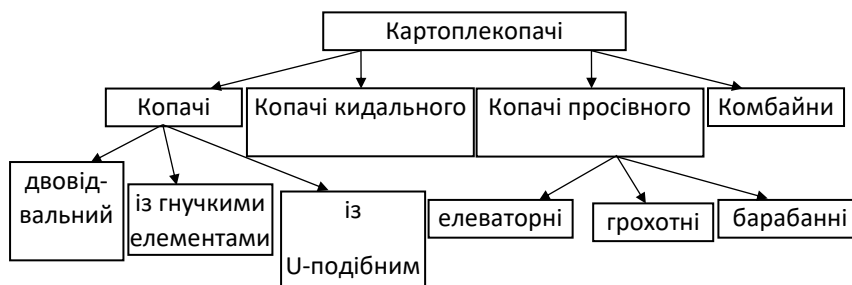
Для підбирання валка бульб придатні копачі-підбирачі, в яких ширина приймального отвору більша за ширину валка. До них належать 2-рядкові копачі-підбирачі з вивантаженням бульб у кузов технологічного транспортера, що їде поряд. Перевага цих підбирачів полягає в можливості регулювання швидкості транспортера, що дає змогу уникнути забивань під час підбирання валків на ділянках із високим врожаєм бульб.

З огляду на те, що роздільний спосіб збирання застосовують не всюди, а більшість копачів-підбирачів 1-рядкові, велику увагу приділяють переобладнанню копачів-навантажувачів і комбайнів для підбирання валків. Так, фірма Grimme на однорядковому копачі SE 75 замінила гребеневий барабан, підрізальні сошники та бадиллезатягувальні ролики двома опорними колесами, вкоротила підкопувальний леміш, додатково обладнала бічними напрямними щитками.

Підбір валка здійснюється щітковим транспортером з гідравлічним приводом, що забезпечує підбирання валка з мінімальними пошкодженнями бульб. Прикладом таких підбирачів є: SU 750 (Grimme), Wu..hlmaus 1533 (Netagco), SRP-1 Special (IMAC) (Італія), Sampo Offset (Sampo AG) (Фінляндія). Ці машини однотипні й різняться лише конструкцією підбиральних органів.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДКОПУВАЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕКОПАЧІВ

Існуючі конструкції картоплекопачів можна розділити за призначенням



на чотири групи: копачі, копачі кидального типу, копачі просівного типу і, комбайни (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 - Класифікація картоплекопачів за призначенням

Копачі являють собою ґрунтообробні знаряддя, призначені для розорювання картопляних грядок. Копачі за функціональним призначенням розділяють на двополицеві корпуси, на пристрої, що виносять бульби на денну поверхню (двополицевий корпус з гнучкими елементами), і копачі, що виштовхують бульби на денну поверхню без ґрунту (U-подібні лемеші).

Копачі з гнучкими елементами – це два розпушувачі 1 (рис. 2.2), розташовані по краях знаряддя. Гнучкі елементи 2 складаються з відрізків тросів, які розміщені з певним шагом по глибині розпушення. Кінці кожного відрізка кріпляться на одному рівні до суміжних стояків розпушувачів. Довжина відрізків зменшується зверху до низу. При переміщенні петель в

грунті відбувається його активне кришення, підйом і переміщення бульб на поверхню.

Серед недоліків копачів з гнучкими елементами можна назвати низьку продуктивність, підвищену енергоємність розпушення ґрунту, великі пошкодження бульб за рахунок тертя їх по тросах гнучких елементів.

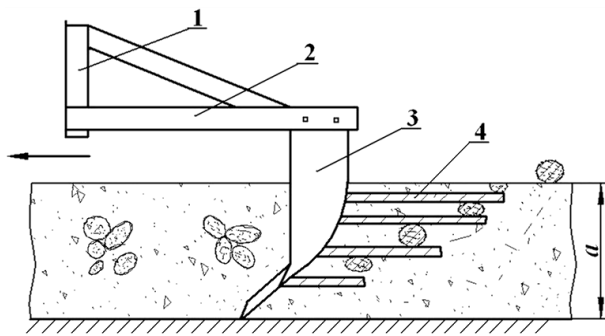


Рисунок 2.2 - Схема копача з гнучкими елементами: 1 – навісний пристрій; 2 – рама; 3 – розпушувач; 4 – гнучкі елементи

Двополицеві копачі, найчастіше однорядні з глибиною розпушування до 0,25 м і швидкістю руху 1,3–1,6 м/с, виконують кришення ґрунту і виносять на денну поверхню 60–80 % бульб. Основний недолік цих конструкцій – мала продуктивність і значні втрати бульб картоплі.

Копачі кидального типу підрізають лемішем шар ґрунту з бульбами, який під час сходу з леміша руйнується і відкидається гребінками пристрою перпендикулярно напрямку руху машини. Кидалка роторного типу мають кисть – вісім гребінок. Гребінки мають три–п'ять круглих прутків діаметром 14–15 мм. Колова швидкість кінців гребінок не перевищує 6 м/с. При обертанні кидалки шар ґрунту вкладається тонким шаром на поверхні зібраного поля смугою 1,5–2,5 м. При цьому 90 % бульб знаходиться на виду. Швидкість руху копача не перевищує 1,5 м/с.

Копачі просіювального типу знайшли найбільше розповсюдження. Технологічний процес роботи відбувається в такий спосіб: лемішем підкопується ґрунт з бульбами і направляється на сепарувальні робочі органи. Ґрунт просіюється крізь зазори сепарувальної поверхні, а бульби, гичка і великі грудки ґрунту скидаються за машиною. Бульби збирають вручну. При цьому затрати праці на підбиранні бульб на 20–25 % нижчі, ніж на збиранні копачами кидального типу.

Сепарувальні робочі органи бувають трьох типів: елеваторні, грохотні і барабанні. Схема елеваторного копача представлена на рис. 3. Він складається з лемеша 1 і сепарувальних пруткових елеваторів 2 і 5, струшувальної решітки 7.

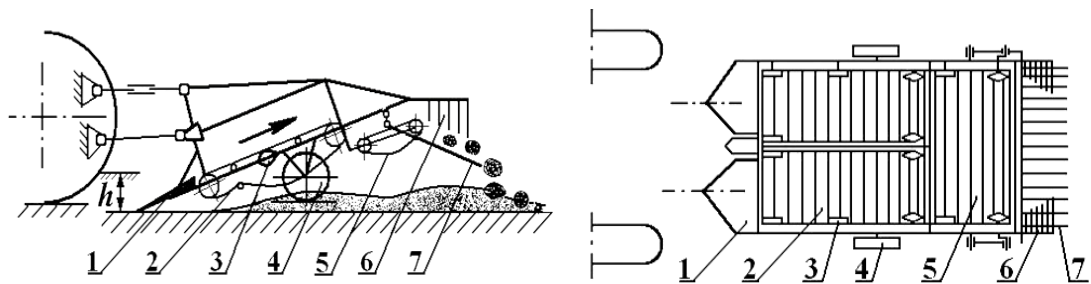


Рисунок 2.3 - Схема елеваторного копача: 1 – леміш; 2 – основний прутковий елеватор; 3 – струшувач; 4 – опорне колесо; 5 – каскадний елеватор; 6 – звужувальний щиток; 7 – струшувальна решітка

Пруткові елеватори, які мають один або декілька послідовно розташованих транспортерів, являють собою робочі поверхні з прутків із зазорами 25–30 мм для просіювання ґрунту. Полотно елеватора здійснює коливальні рухи за допомогою еліпсоподібної зірочки. Струшувальна решітка, коливаючись, виконує коливальні рухи, що сприяє руйнуванню грудок ґрунту, відриву бульб від гички.

Грохотні копачі (рис. 2.4) мають як сепарований робочий орган два коливальні грохоти зі зворотно поступальним колюванням у протифазі. Поверхня грохотів складається з поздовжніх прутків зі зазорами 25–30 мм. Частота обертання ексцентрикового вала 150–200 хв<sup>-1</sup>.

Підвищення продуктивності копачів шляхом збільшення робочої швидкості руху реалізувалося в конструкції копача КСТ-1,4А, машину можна використовувати на різних типах ґрунтів в тому числі на суглинках і важких з вологістю 10–27 % (рис. 2.5). Особливістю його є наявність копіювального опорного колеса 1, активного коливального леміша 2 і додаткового

швидкісного пруткового елеватора 3, який робить можливим інтенсивне розтягування підкопаного шару.

Грохотні копачі мають активні леміші, які кріпляться в передній частині першого грохота і здійснюють разом з решетом коливальні рухи.

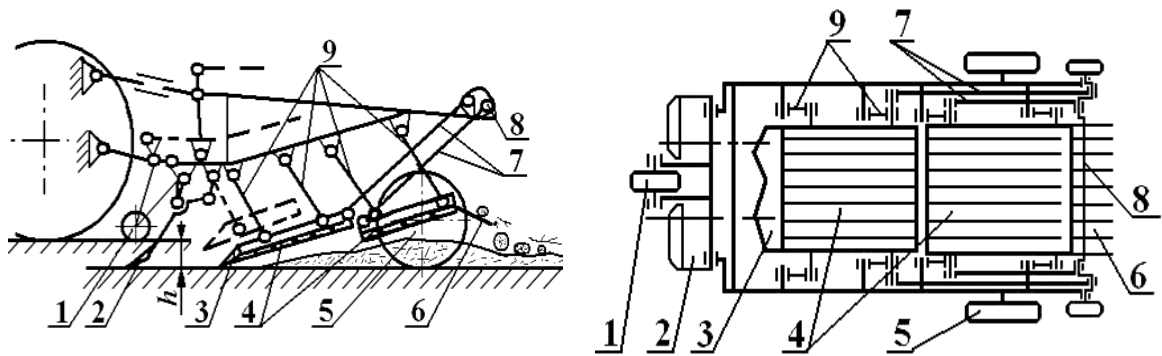


Рисунок 2.4 - Схема грохотного копача: 1 – опорний коток; 2 – запобіжна напівскоба; 3 – леміш; 4 – дворешітний грохот; 5 – опорне колесо; 6 – струшувальна решітка; 7 – шатуни; 8 – ексцентриковий вал; 9 – підвіски решета

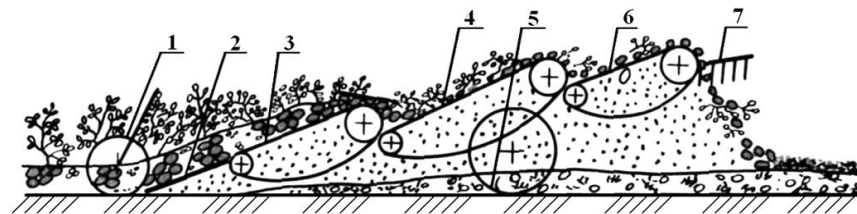


Рисунок 2.5 - Схема швидкісного картоплекопача КСТ-1,4:  
1 – копіювальне опорне колесо; 2 – леміш; 3 – швидкісний прутковий елеватор; 4 – основний прутковий елеватор; 5 – ходове колесо; 6 – каскадний елеватор; 7 – звужуючі щитки

Застосування активного леміша дозволяє знизити тяговий опір знаряддя на 25–30 %, збільшує подрібненість ґрунту в 1,3–1,5 рази. Але при цьому зростає кількість пошкоджених бульб в 1,5–1,8 рази, ніж під час роботи елеваторних копачів (8–10 %).

Барабанні копачі мають конічні, або барабанні робочі органи сепарованої дії, поздовжня вісь яких співпадає з напрямком руху агрегату. Такі машини працюють таким чином: леміш підрізає шар ґрунту з бульбами і



спрямовує його в барабан. Барабан обертається з частотою  $150\text{--}200 \text{ хв}^{-1}$ . Ґрунт всередині барабана розпушується і сепарується. Бульби пересуваються вздовж барабана і вузьким валком вкладаються, виходячи з барабана за машиною на просіяний ґрунт. Швидкість руху копача не перевищує  $1,4 \text{ м/с}$ .

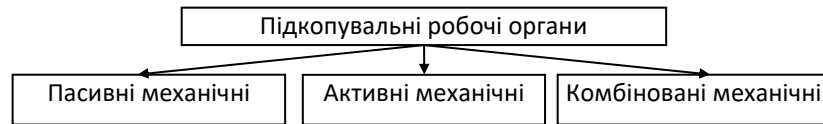


Рисунок 2.6 - Класифікація підкопувальних робочих органів

Вибір технічних засобів збирання залежить від умов сепарації ґрунту, забур'яненості, урожайності, розміру і конфігурації полів тощо.

Підкопувальні робочі органи бувають пасивні, активні і комбіновані (рис. 2.6). На рис. 2.7 представлена класифікація пасивних підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин. Найбільше розповсюдження отримали сегментні плоскі леміші, недоліком яких є розвалювання шару по боках і надмірно великий захват зайвого ґрунту для попередження втрат бульб картоплі.

Коритоподібний леміш запобігає розвалу шару ґрунту, захоплює менше ґрунту, ніж плоский, але він більш залипає на згинах, що призводить до зростання тягового опору і скупчення ґрунту.

Секційний леміш, який складається з підкопувального леміша і боковин, не піддається залипанню. Леміш може складатися з двох або трьох секцій. Наявність секцій дозволяє сепарувати шар ґрунту.

Загальними недоліками пасивних лемішів є високий тяговий опір і скупчення ґрунту при швидкостях руху більше  $1,5\text{--}1,8 \text{ м/с}$ . З метою зниження тягових опорів і зменшення ймовірності скупчення ґрунту використовують

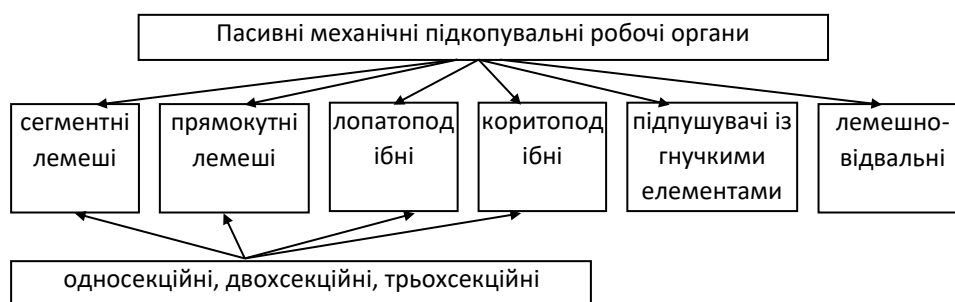


Рисунок 2.7 - Класифікація пасивних підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин

активні леміші. Активні леміші бувають зі зворотно-поступальним рухом, з напівактивною підвіскою, з коловим обертанням, дискові з обертальним рухом і обертальними барабанами-валками (рис. 2.8).

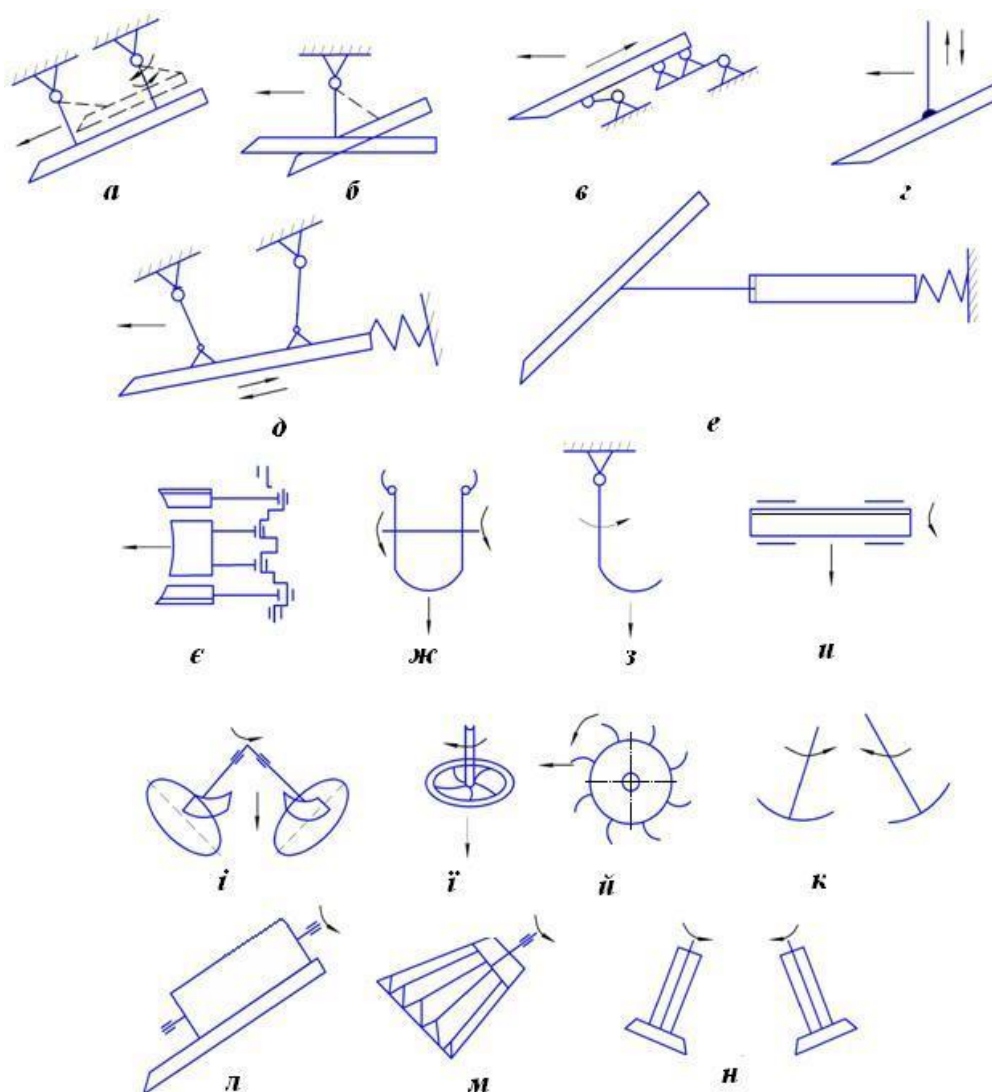


Рисунок 2.8 - Активні механічні підкопувальні органи картоплезбиральних машин: а, б, в, г – леміші зі зворотно-поступальним рухом; д, е – леміші з напівактивною підвіскою; є, ж, з, и, к – леміші з коловим обертанням; і, ї, й – дискові леміші з обертальним рухом; л, м – барабанні леміші; н – валковий леміш

Як основний недолік активних лемішів зі зворотно-поступальним рухом вважають динамічну невірноваженість. Для часткового врівноваження коливальних лемішів використовують активні боковини, які рухаються в протифазі з лемішем (рис. 2.8, є).

Активні дискові леміші, які знайшли широке розповсюдження за кордоном, підрізають грядку, пересувають на своїй поверхні шар, який по нерухомому щитку зісковзує з диска. Перевагою активних дискових лемішів є відсутність невірноважених сил інерції і можливість звуження потоку підкопаної маси.

У деяких конструкціях лемішів диски виготовляють з прорізами для сепарації ґрунту (рис. 2.8, ї). Дискові леміші доцільно використовувати на супіщаних і легких суглинкових ґрунтах.

Комбіновані леміші являють собою робочі органи з пасивними лемішами і активними боковинами (рис. 2.9, в, г, д, е), гребінками (рис. 2.9, а), лопатями (рис. 2.9, є), спіралями (рис. 2.9, ж), бітерами (рис. 2.9, б) гнучкими елементами (рис. 2.9, и), які можуть коливатися і обертатися.

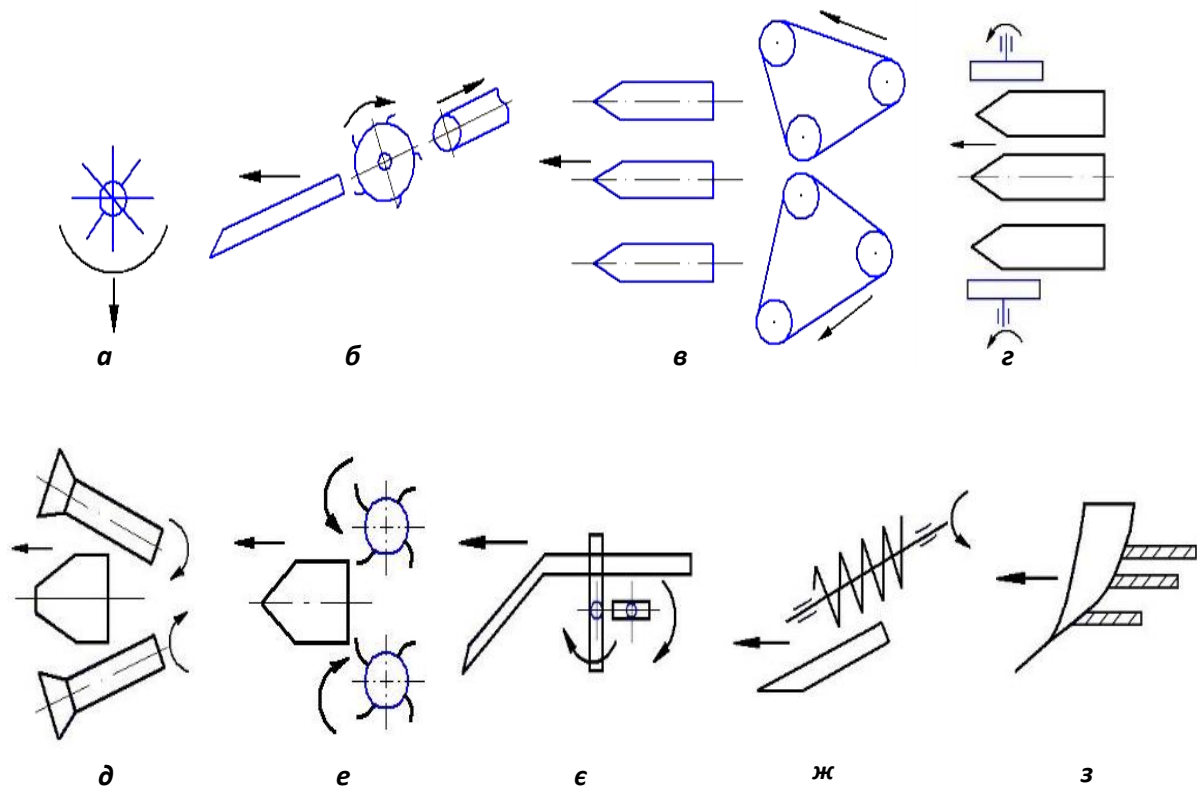


Рисунок 2.9 - Комбіновані механічні підкопувальні органи картоплезбиральних машин з елементами розпушування ґрунту: а – обертальні гребінки; в, г, д, е – активні боковини; б, є, ж – пристрої для попередження забивання леміша; з – гнучкі елементи

У будь-якому випадку активні елементи попереджують розвалювання підкопаного шару, усувають забивання леміша гичкою і рослинними рештками, знижують тяговий опір. Недоліком комбінованих лемішів, як і інших видів, є мала швидкість руху (до 1,8 м/с).

Проведений аналіз різних підкопувальних робочих органів дозволяє зробити висновок про те, що найбільш перспективним напрямом подальшого вдосконалення підкопувальних робочих органів є створення високошвидкісних механізмів, які сприяють викопуванню бульб з ґрунту та винесенню їх на денну поверхню без ґрунту. У такий спосіб надається

можливість виключити з конструкцій картоплекопачів робочі органи сепарованої дії, знизити їх робочу масу, спростити конструкцію машини, забезпечити якісне викопування бульб, зберегти структуру ґрунту.

### 3 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ

Проведення патентного аналізу дозволяє визначитися з оптимальним напрямом удосконалення конструкції картоплекопача.

З метою зниження енергоємності робочого органу і зменшення втрат бульб розроблена схема викопувального робочого органу картоплезбиральної машини [11], який містить леміші 1 (рис. 3.1, 3.2) з решіткою, виконаною у вигляді пруткового диска 2, встановленого на одній осі 3 з лопатевими

розпушувачами 4. Лопаті розпушувача 4 виконані пальцевими. Довжина пальців лопатей виконана змінною, яка зменшується знизу вгору, при цьому довжина верхніх пальців дорівнює довжині нижніх. З метою зменшення намотування осей розпушувачів робочий орган містить крильчатку 5, встановлену на одній осі 3 з розпушувачами. З метою зменшення втрат бульб робочий орган має екран 6, встановлений за розпушувачами 4. Задні крайки лемішів виконані еквідистантними кінцям прутків решітки, яка обертається. Пальці розпушувача і прутки диска закріплені в тримачах 7, між якими встановлені дистанційні кільця 8. За підкопувальним робочим органом розміщено поздовжній прутковий елеватор 9.

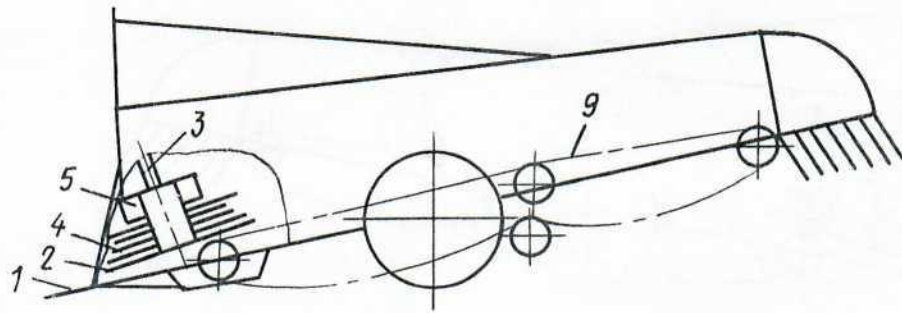


Рисунок 3.1 - Схема викопувального робочого органу картоплезбиральної машини [11], вид збоку

Підкопувальний робочий орган машини працює наступним чином. Під час руху машини вздовж грядок леміші 1 підкопують грядки картоплі і подають їх до роторних робочих органів розпушувача 4, які, обертаючись один

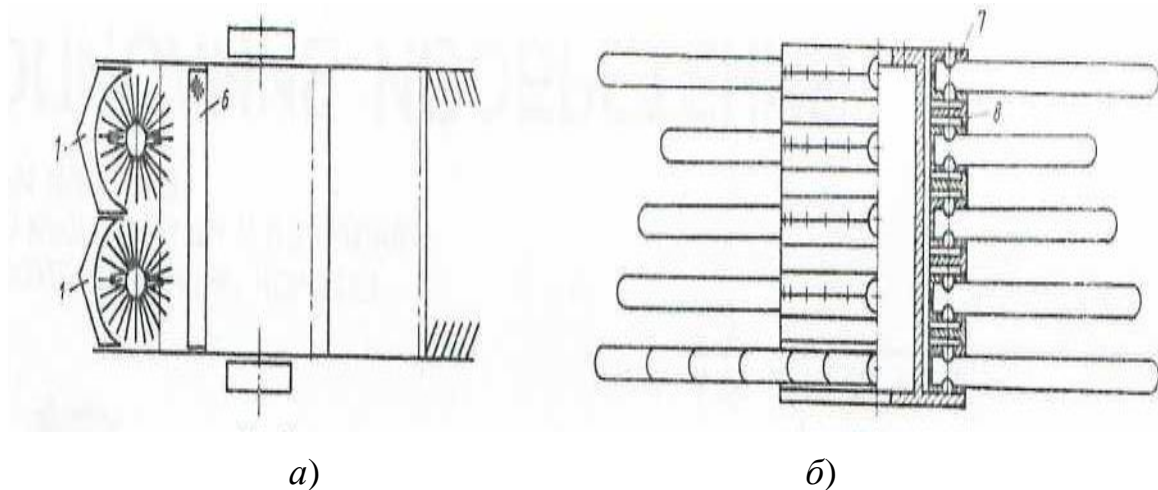


Рисунок 3.2 - Схема копача [11], вид зверху (а) і роторний робочий орган (б)

назустріч другому, захоплюють шар з лемішів 1, розпушують його, руйнують грудки, сепарують дрібні частки ґрунту крізь прутки диска 2, а всі залишки маси подають на поздовжній прутковий елеватор 9. Лопаті крильчатки 5 перешкоджають намотуванню гички і рослинних залишків на вали роторів і допомагають транспортувати масу на елеватор 9. Подані в камеру кожуха елеватора 9 бульби і частина ґрунту, зустрівши на своєму шляху екран 6, значно знижують швидкість і падають на полотно елеватора 9. Бульби з елеватора 9, ковзаючи по звужувальним щиткам, вкладаються в рядок на поверхню ґрунту за машиною.

З метою покращення процесу транспортування картоплі розроблено схему робочого органу картоплезбиральної машини [12], який встановлюється відносно осі симетрії грядок 1 (рис. 3.3) і містить леміші 2, барабани 3 і сепарувальний транспортер 4. Барабани 3 розташовані асиметрично відносно носків лемішів 2 і осі симетрії грядок 1, причому асиметричність дорівнює половині ширини грядки.

При викопуванні грядок 1 всі частки ґрунтової маси зустрічаються з внутрішньою поверхнею барабанів і отримують рух в напрямку дотичної до поверхні барабанів і транспортуються до сепарувального транспортера 4. Це покращує транспортування ґрунтової маси, виключає її скупчення, а, відповідно, і зменшує пошкодження бульб.

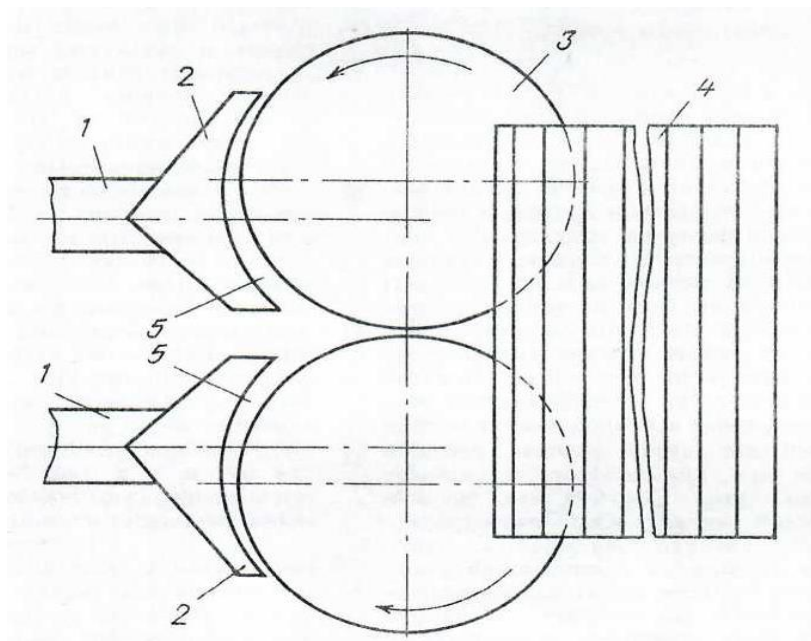


Рисунок 3.3 - Схема робочого органу картоплезбиральної машини [12],  
вид зверху

Каміння, яке знаходиться в ґрунтовій масі, виштовхується в зазор 5 між барабаном і лемішем. Зазор виконано із збільшенням в напрямку обертання барабанів.

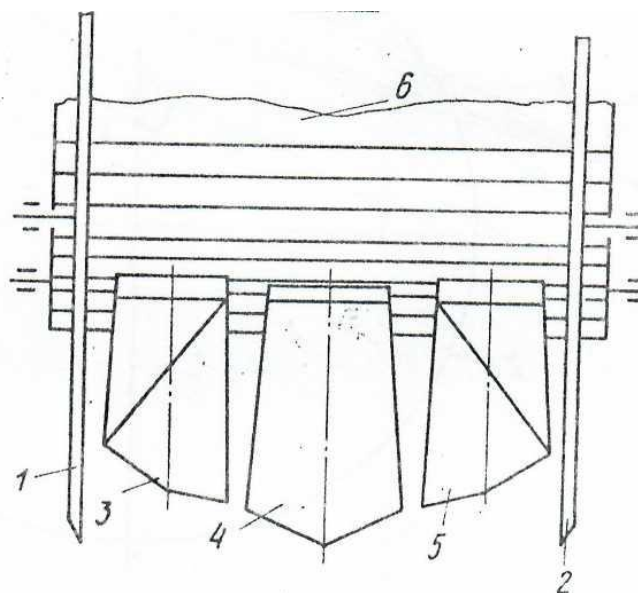


Рисунок 3.4 - Схема викопувального робочого органу  
картоплезбиральної машини [13], вид зверху

З метою покращення очистки бульб шляхом зменшення подачі ґрунту на елеватор розроблено схему викопувального робочого органу



картоплезбиральної машини [13], який містить дискові ножі 1 і 2 (рис. 3.4, 3.5), леміш із трьох плоских секцій 3, 4 і 5, за якими знаходиться елеватор 6. Крайні секції 3 і 5 встановлені під кутом  $\alpha$  до середньої секції 4 з утворенням криволінійного профілю в передній частині леміша. Секції 3 і 5 виконані Г-подібними, вигнутими по діагоналі. Горизонтальна частина середньої секції 4 має гострий кут, направлений в бік руху.

Викопувальний робочий орган картоплезбиральної машини працює наступним чином. Під час руху картоплезбиральної машини дискові ножі 1 і 2 і леміш із трьох секцій 3, 4 і 5 відрізають шар ґрунту з бульбами без повного перерізання рослинних включень (гичка і бур'яни). За рахунок розташування крайніх секцій 3 і 5 під кутом  $\alpha$  до площини середньої секції 4 контур підрізаної лемішем частини ґрунтового шару робиться криволінійним, відповідним формі залягання гнізда бульб, яка описується овалом (еліпсом). Це сприяє зменшенню надходження ґрунту із міжрядь на сепарувальні робочі органи машини (елеватор 6).

В процесі роботи збиральної машини леміш транспортує підрізаний шар і передає на елеватор 6. Виконання середньої секції 4 леміша загостреною дає можливість його лезу самоочищатися від неперерізаних гички і бур'янів, які поступають на леміш разом з підкопаним шаром ґрунту.

При переміщенні підрізаної частини шару ґрунту з бульбами, леміш частково кришить його, так як при пересуванні пласта по леміші на крайніх секціях його відбувається відрив часток його від підрізаної монолітної частини шару під власною вагою із-за наявності кутів перелому внаслідок виконання крайніх секцій Г-подібними з вигином по діагоналі, і тим самим покращує сепарацію ґрунту в подальшому на елеваторі 6. Якісна передача бульбоносної маси з леміша на елеватор 6 забезпечується розташуванням вихідних крайків всіх трьох секцій 3, 4 і 5 на одному рівні в результаті згину крайніх секцій 3 і 5 на необхідний для цього кут.

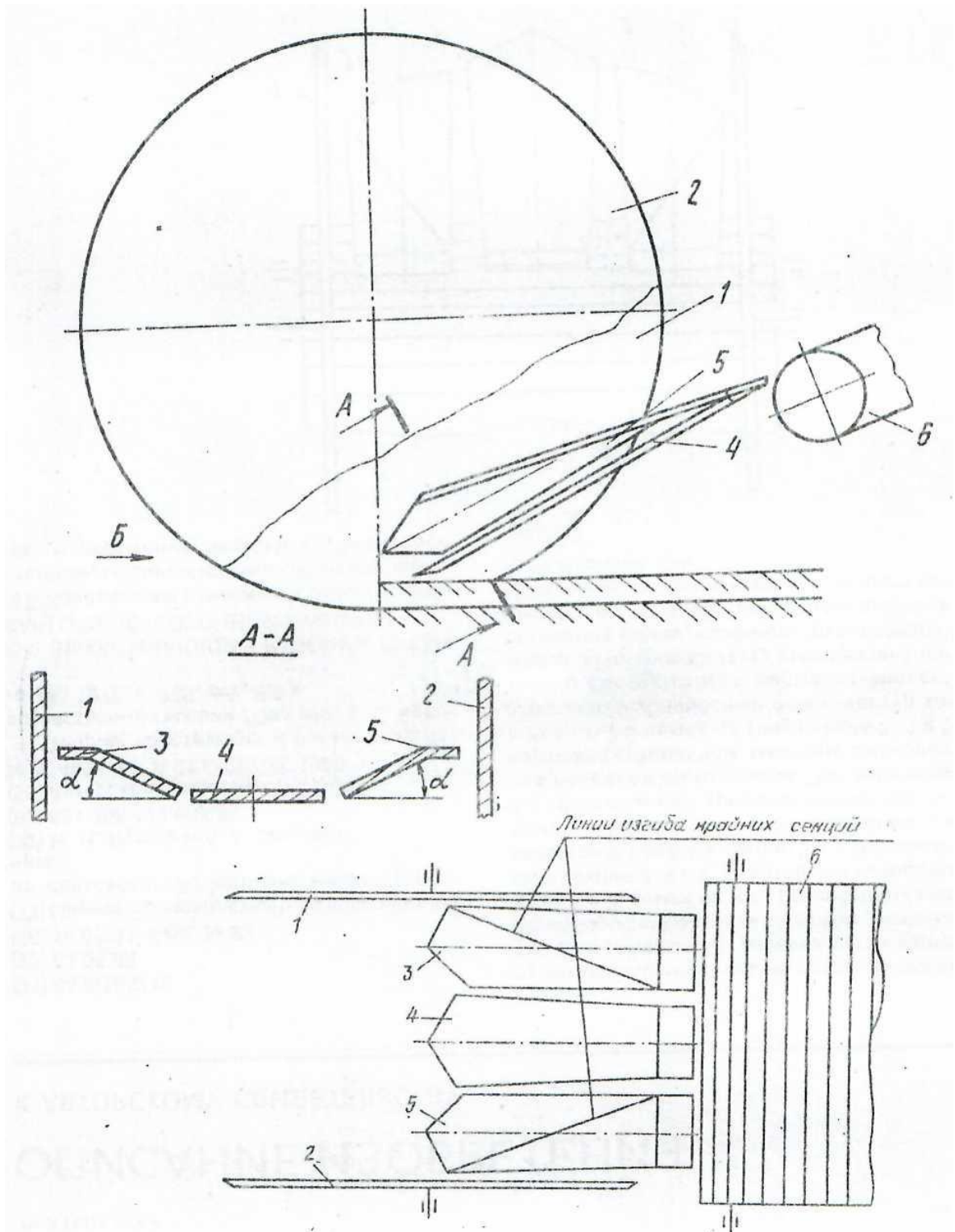


Рисунок 3.5 - Схема викопувального робочого органу збиральної машини [13], вид збоку (а) і зверху (б) з відповідним перерізом А-А

З метою розширення експлуатаційних можливостей і зменшення втрат розроблено схему викопувального пристрою [14], який містить диски 1 і 2 (рис.3.6, 3.7), які зустрічно обертаються і встановлені з перекриттям,

вертикальні транспортери 3 і 4 і леміш 5, встановлений в зоні, обмеженій дисками і дотично до них. При цьому поверхня леміша, повернута до дисків, виконана еквідистантною поверхням останніх.

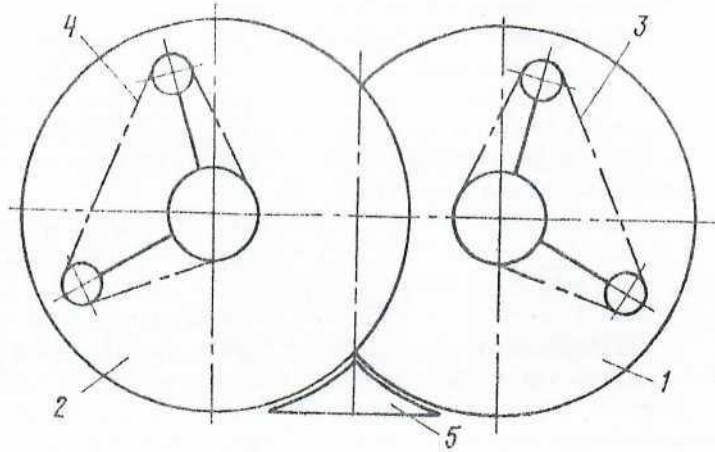


Рисунок 3.6 - Схема викопувального пристрою [14], загальний вид

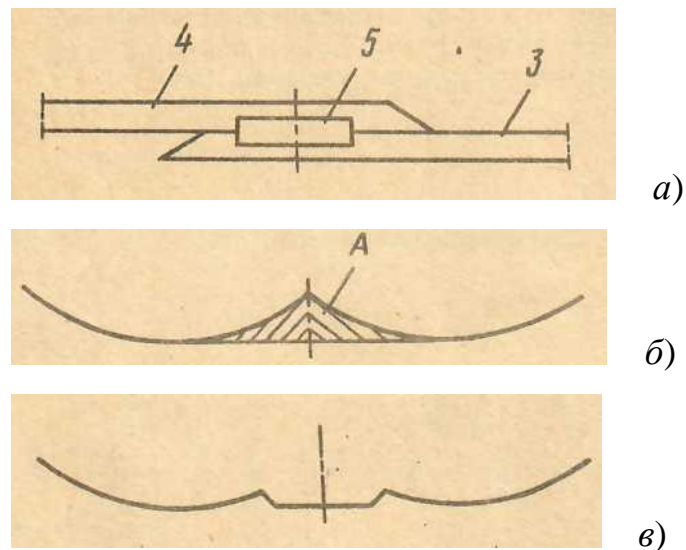


Рисунок 3.7 - Схема викопувального пристрою [14], вид спереду (а) та профіль борозни без леміша (б) і з лемішем (в)

Під час руху агрегату диски 1 і 2, леміш 5 підкопують шар ґрунту з бульбами і передають його на вітки гофрованих транспортерів, а вони разом з дисками до наступних робочих органів. На відміну від відомих пристроїв, які здатні працювати тільки на окремих схемах посадки внаслідок того, що профіль їх борозни має «мертву зону» А, запропонований пристрій може

працювати на будь-яких схемах посадки, так як леміш 5 підкопує зону А (рис. 3.7).

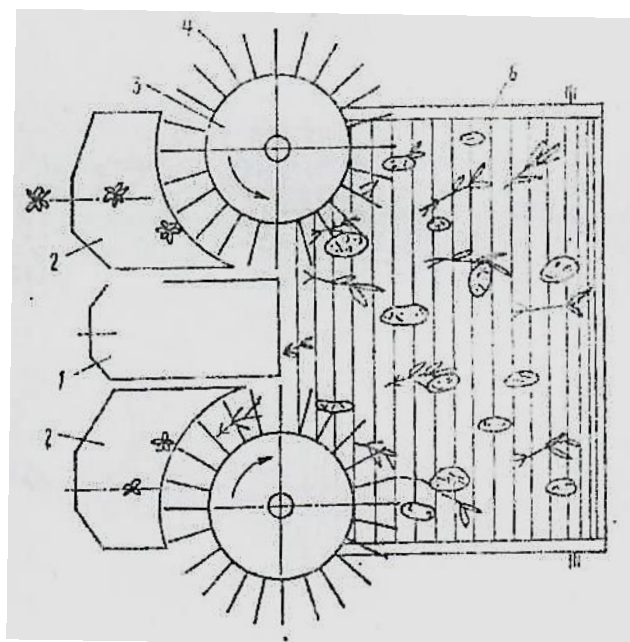


Рисунок 3.8 - Схема підкопувально-сепарувального пристрою збиральної машини [15], вид зверху

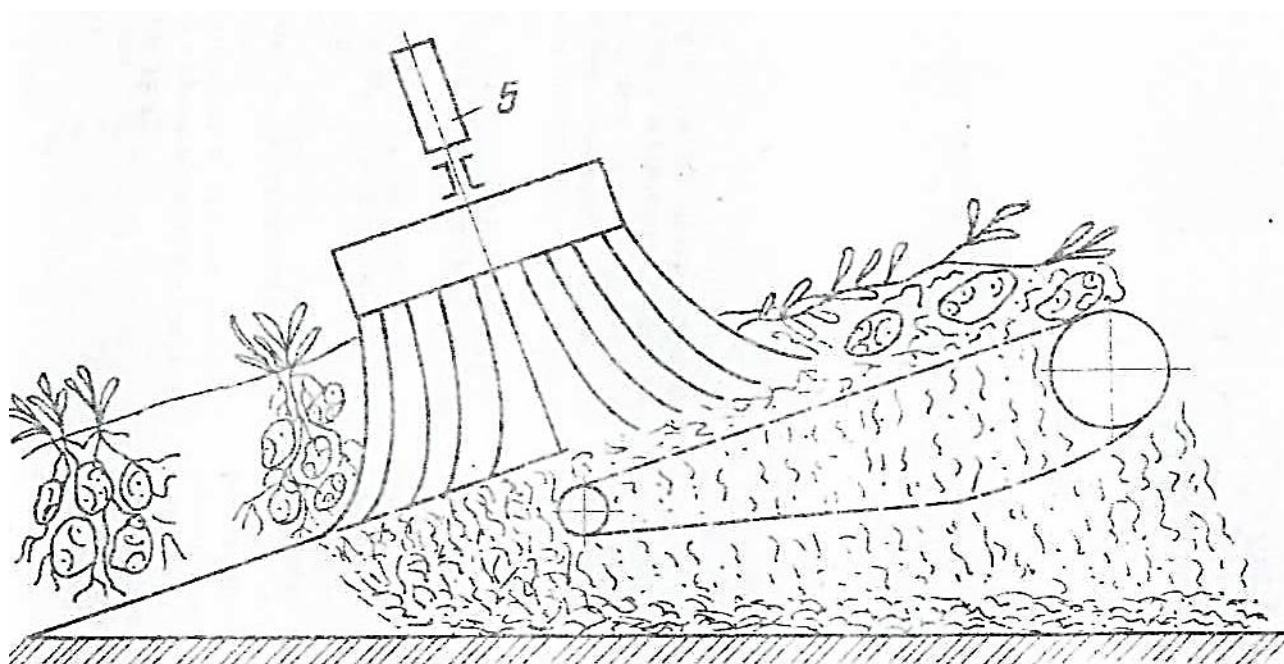


Рисунок 3.9 - Схема підкопувально-сепарувального пристрою збиральної машини [15], вид збоку

З метою підвищення ефективності сепарації ґрунту і забезпечення сходження рослинних залишків розроблена схема підкопувально-

сепарувального пристрою збиральної машини [15], який містить пасивні центральний 1 (рис. 3.8 і 3.9) і два крайніх леміші 2, за якими розташовані барабани 3 з механізмом 5 приводу і конусоподібними пальцями 4, виконаними по кривій другого порядку ввігнутостю назовні. За лемішами розташований транспортер 6. Задня кромка лемішів 2 виконана адекватно розташуванню нижніх торців пальців 4, а нижні торці пальців барабана 3 розташовані на рівні поверхні лемішів 2 і являються як би їх продовженням.

Конусоподібні криволінійні пальці 4 вставляються в барабан 3 і закріплюються гайкою. Від провертання палець утримує зріз.

Пристрій працює наступним чином. Під час руху машини крайні леміші 2 підкопують два суміжних рядка картоплі. Підкопаний лемішами шар ґрунту з бульбами за допомогою підпору ґрунту рухається по лемішу до пальців 4. Так як вони виконані криволінійними і являються як би продовженням лемішів, то беруть на себе підкопаний шар і переносять його на себе без скупчення і перемішування з рослинністю в зазор між барабанами і далі розподіляючи його по всій ширині на транспортері 6.

Внаслідок того, що нижні торці пальців 4 барабана 3 розташовані на рівні поверхні лемішів 2, то пальці не пошкоджують торцями бульби картоплі. Крім того, завдяки конусоподібній фігурній формі прутка відбувається хороше самоочищення пальців від рослинності.

## 4 МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ КАРТОПЛЕКОПАЧА

### 4.1 Фізико-механічні властивості ґрунту і бульб

Багаторічний досвід дослідження, випробувань та експлуатації картоплезбиральних машин показує, що якість їх роботи і продуктивність в великій мірі залежить від ґрунтово-кліматичних умов, в яких вони експлуатуються. Ґрунти різних сільськогосподарських зон України відрізняються один від одного. Навіть в межах однієї зони, області, району можуть бути ґрунти, що різко відрізняються по типу і властивостям. Нестійкість властивостей ґрунту приводить до різких коливань якісних і техніко-економічних показників, що характеризують роботу картоплезбиральних машин.

Основними показниками, по яким класифікують ґрунти є генетичний тип та механічний склад. Тільки по генетичним особливостям розрізняють більше двадцяти різновидностей ґрунту.

Властивості ґрунту, що впливають на роботу збиральної машини, знаходяться також в залежності від її вологості і характеру попередньої обробки. Поряд з цим суттєве значення для характеристики ґрунту мають його фізичні властивості, хімічний склад, структура, наявність корневих включень і степені задернілості.

Фізико-механічні властивості ґрунту визначають прохідність, питомий опір при обробці і опір перекочуванню машин. Разом з цим, від фізико-механічних властивостей залежить енергоємність, витрати палива, спрацювання робочих органів картоплезбиральних машин.

В наукових працях встановлено, що на роботу картоплезбиральних машин найбільше впливає механічний склад і вологість ґрунту, від яких, в свою чергу, залежать такі властивості ґрунту, як пластичність, липкість,

фракційний склад, зв'язаність ґрунту, твердість, об'ємна маса, коефіцієнт тертя і ін. [7].

Тип, конструкцію і параметри робочих органів картоплезбиральних машин потрібно встановлювати, виходячи із розташування бульб в ґрунті, форми і розмірів бульб, фізико-механічних властивостей бульб і бадилля. Всі ці властивості картоплі не є постійними. Вони можуть змінюватись в залежності від сорту картоплі, глибини і прямолінійності висадки, а також агротехніки догляду і ґрунтово-кліматичних умов його вирощування.

Картоплю, як правило вирощують з шириною міжрядь 70 см. Більшість сортів висаджують на відстані між бульбами в рядку близько 30 см. Така схема садіння забезпечує не менше 50 тис. кущів на 1 га. Бульби розміщуються в кущах, форма і розміри яких визначають глибину ходу і інші геометричні характеристики підкопуючи органів. Важливе значення для встановлення параметрів підкопуючих робочих органів мають наступні параметри куща бульб: глибина залягання нижньої бульби, відстань між зовнішніми точками крайніх бульб (ширина куща), а також глибина залягання верхньої бульби. Ці параметри не є постійними. Вони залежать від сорту картоплі, типу ґрунту, глибини висадки, агротехнічного вирощування і ряду інших факторів.

Ширина куща для різних сортів, за даними В.С. Митрофанова, змінюється в межах 14-24 см; за даними Е.А. Глухих, середня ширина кущів 15-21 см, а максимальна 23-32 см, максимальна глибина залягання нижньої бульби 16-21 см. Загальну картину варіювання параметрів кущів бульб характеризують дані, приведені в таблиці 4.1.

Бульби картоплі мають форму, характерну для кожного сорту. Наприклад бульби сорту Рання роза – крупні продовгуваті, Епікур – бочкоподібні, Епрон і Лорх – округлі.

При сепарації краще відділяються великі бульби округлої форми. Розміри (крупність) бульб пов'язана з числом їх у кущі, а також залежить від сорту.

Жива тканина бульб може руйнуватися при статичних навантаженнях (стиску) або динамічній взаємодії (удар) на неї. Міцність бульб збільшується

по мірі їх дозрівання і відповідного зменшення вологості, що відображається залежностями на рис 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні параметри кущів деяких сортів картоплі

Показники	Сорт		
	Лорх	Епрон	Берліхінген
Глибина залягання верхньої бульби, см			
Середня	5,1	4,7	5,3
Найменша	3,0	2,0	2,0
Найбільша	10,0	9,0	10,0
Ширина куща, см			
Середня	23,9	24,8	27,7
Найменша	14,0	9,0	12,0
Найбільша	36,0	37,0	38,0
Поперек рядка, см			
Середня	20,8	18,5	22,5
Найменша	13,0	8,0	10,0
Найбільша	29,0	30,0	31,0
Глибина залягання нижньої бульби, см			
Середня	18,9	19,2	18,6
Найменша	16,0	14,0	16,0
Найбільша	23,0	22,0	24,0

Повне руйнування бульб (поява тріщин) при динамічному ударі об металічну поверхню відбувається при швидкості співудару 10 м/с і вище. При менших швидкостях бульби пошкоджуються частково. При швидкостях співудару менше 3 м/с пошкодження не відбувається. Міцність бульб залежить також від величини бульби та сорту картоплі. Залежність міцності при стиску від їх маси зображено на рисунку 4.2, а розміри і абсолютну масу бульб в залежності від врожайності, приведено в таблиці 4.2.



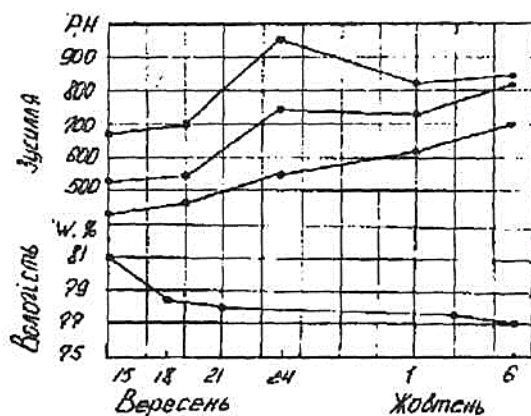


Рисунок 4.1 - Залежність міцності бульб сорту Вольтман при стиску від терміну збирання (по даним Митрофанова В.С.)

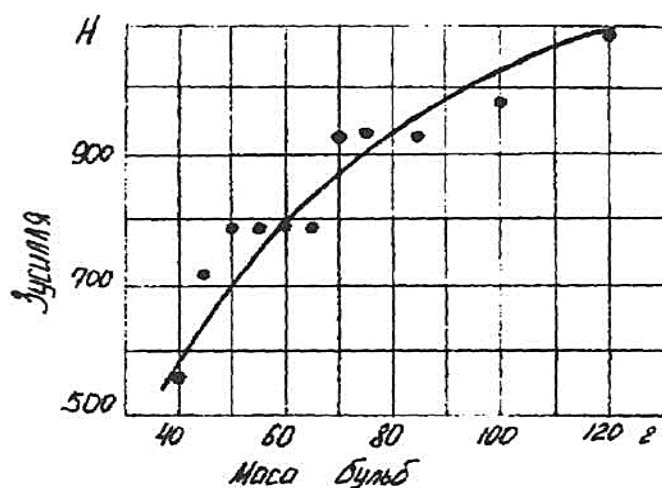


Рисунок 4.2 - Залежність міцності бульб при стиску від їх маси (за даними Мацапура М.С.)

Від ступеня дозрілості культури картоплі залежать фізико-механічні властивості бадилля. Зелене бадилля недозрілої картоплі має меншу міцність, довжину і товщину стеблин в порівнянні з бадиллям достиглої картоплі.

В одному куці картоплі може бути 1-10, а в деяких випадках і більше стеблин, середня довжина стеблин складає 60 – 90 см, максимальна – 2 м; діаметр бадилля у основи складає 4 – 20 мм. Об'ємна вага бадилля в ущільненому стані - 0,133 т/м<sup>3</sup>.

Фізико-механічні властивості бульб і бадилля в значній мірі залежить від сорту картоплі і ряду інших факторів [7].

Таблиця 4.2 - Варіювання маси і кількості бульб в одному кущі в деяких сортів картоплі

Показники	Сорт		
	Лорх	Епрон	Берліхінген
Врожайність, ц/га	201,2	147,9	135,5
Маса бульб одного куща, г			
Середня	985	725	664
Найменша	545	120	380
Найбільша	2030	1400	920
Число бульб одного куща			
Середнє	21	17	20
Найменше	4	3	8
Найбільше	38	34	33
Середня маса однієї бульби, г	46,9	42,6	33,2

#### 4.2 Технічні вимоги до картоплекопача і його будова

Картоплекопач роторний, однорядний призначений для підкопування картоплі, часткового відокремлення бульб від ґрунту і подачі їх в бік на зібране поле з послідуєчим підбором картоплі вручну. Зони застосування копача – всі зони вирощування картоплі.

Копач повинен бути начіпний і переводитись з транспортного в робоче положення і навпаки за допомогою гідравлічної системи трактора.

Підкопуючі робочі органи повинні мати регулювання глибини підкопування.

Конструкція копача повинна забезпечувати зручний і безпечний доступ до вузлів і деталей з метою проведення профілактичних робіт, а також заміни їх при виході з ладу.

Робочі органи копача повинні від'єднуватись від рами, а їх регулювання не повинно потребувати спеціальних інструментів.

Всі деталі кріплення (болти, гвинти, шпильки, гайки, шайби, шплінти, а також всі пружини повинні мати металічне антикорозійне покриття.

Місця для змащування повинні вказуватись нанесенням стійкої фарби, яка відрізняється по кольору від загального кольору машини.

Продуктивність копача за годину основного часу повинна бути не менша 0,35 га. Робоча швидкість повинна бути в межах 6 - 6,5 км/год, а транспортна до 20 км/год. Робоча ширина захвату, в залежності від ширини міжрядь, може бути 0,6 м, 0,7 м, 0,9 м.

Картоплекопач повинен підкопувати бульби при глибині їх залягання до 25 см. Ширина підкопування рядка лемішем не менше 0,4 м. Мінімальна ширина міжрядь – 0,6 м. Конструктивна маса копача до 180 кг.

Копач повинен забезпечувати викопування картоплі на всіх видах ґрунтів при наступних умовах:

- твердість ґрунту не більше 1,4 МПа;
- вологість ґрунту 8 – 30%;
- урожайність картоплі до 0,6 т/га з відмерлим бадиллям, попередньо зібраним бадиллям, а також незібраним бадиллям;
- засміченість ґрунту камінням розміром до 50 мм не більше 8 т/га (загальною масою);
- глибина залягання нижніх бульб до 20 см;
- ширина міжрядь не менше 60 см;
- поперечний схил поля до 6 %;
- копач повинен агрегатуватися з трактором класу 0,6;

Удосконалена машина, а це картоплекопач роторного типу на основі копача КТН-1,0, складається з наступних частин і вузлів:

- рами, яка являється несучою металоконструкцією і призначена для встановлення на ній всіх основних допоміжних органів картоплекопача;
- підкопую чого робочого органу коритоподібної форми, який призначений для підрізання шару ґрунту в якому містяться кущі картоплі і подачі його до ротора;

- пристрою для регулювання глибини підкопування, що являє собою гвинтовий механізм, який переміщує копіювальне колесо вниз чи вгору відносно рами;

- ротора для відокремлення бульб від ґрунту і подачі їх в бік від підкопуваного рядка на викопане поле.

Ротор складається з барабана, до якого кріпиться вісім кидальних гребінок. Кожна гребінка складається з чотирьох зігнутих сталевих пальців. Кожний палець при підході до барабана має виток навколо труби, тобто пальці мають пружну конструкцію і можуть при необхідності відхилитись назад. Кожний палець на закінченні прогумований.

Для приведення ротора в дію копач включає карданний вал, на якому змонтована запобіжна муфта, що необхідна для припинення передавання крутного моменту в випадках заклинювання ротора тощо.

Для зменшення колової швидкості та збільшення крутного моменту картоплекопач обладнаний ланцюговою передачею, що закрита від навколишнього середовища.

При удосконаленні цієї машини, так само, як при удосконаленні будь-якої сільськогосподарської машини, перед усім було звернено увагу на ті складові частини та вузли, від яких залежить якість роботи. Тобто такі питання, як зниження опору машини при її агрегуванні, зменшення маси, спрощення складних вузлів, заміна дорогих матеріалів на менш дорогі, удосконалення пристроїв з якими контактує вихідний продукт і від яких залежить його якість, були поставлені на перший план.

Такими елементами в картоплекопачі виявились: леміш, пальці ротора та привод ротора (редуктор).

Підкопуючий робочий орган, леміш, безпосередньо контактує з ґрунтом і від досконалості його форми залежить опір, що чинить ґрунт при переміщенні копача. Оптимізація форми цього робочого органу повинна дати можливість зменшити енергетичні витрати при агрегуванні машини.

Пальці ротора розбивають ґрунт і контактують з картоплею. Відомо, що майже всі пошкодження бульб при збиранні картоплекопачами роторного типу відбувається від ударів пальців по поверхні бульби. Вирішення цієї недосконалості здійснилось за рахунок використання гумових насадок на кінцівки пальців.

Редуктор в старій конструкції, передачу крутного моменту здійснював бездоганно, але його велика маса та наявність в ньому оливи, для нормальної роботи передачі, рівень якої необхідно підтримувати, та можливість її протікання через ущільнювальну прокладку і забруднювати навколишнє середовище, що недопустимо, змусило замінити циліндричну передачу на ланцюгову.

Отже, бачимо, що створення картоплекопача на основі машини КТН-1,0, пов'язане з рядом перерахованих вже удосконалень. В цілому зміни повинні позитивно вплинути, як на експлуатаційні, так і на агротехнічні властивості машини.

## 5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОПАЧА

### 5.1 Розрахунок та обґрунтування основних конструктивних параметрів леміша копача

Призначення леміша картоплезбиральної машини – підкопати шар ґрунту де містяться бульби, частково чи повністю зруйнувати його і передати на наступні робочі органи. Конструкція леміша повинна забезпечити мінімальний захват ґрунту при відсутності не підкопаних чи пошкоджених бульб. Пошук раціональної форми леміша необхідно вести на основі комплексного аналізу вимог, що до нього висуваються, та умов його роботи. Для досягнення цих цілей запропонований робочий орган, що здійснює підріз шару ґрунту, з пасивним впливом леміша на шар. Основою підкопуючого органу є двогранний клин, що створює лобове підрізання.

Форма леза підкопуючого органу повинна відповідати формі перерізу куща бульб [7].

Як відомо, характер деформацій ґрунту під дією клину залежить від величини кута  $\alpha$  (рис. 5.1), що називається кутом різання. Щоб отримати

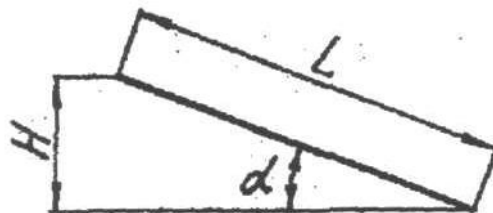


Рисунок 5.1 - Схема для визначення оптимальної форми леміша

мінімальну силу, що витрачається на підрізання шару, кут  $\alpha$  повинен бути мінімальним. Підняти шар на потрібну висоту  $H$  маючи мінімальну початкову величину  $\alpha$  і оптимальну довжину леміша  $L$ , можна в результаті застосування

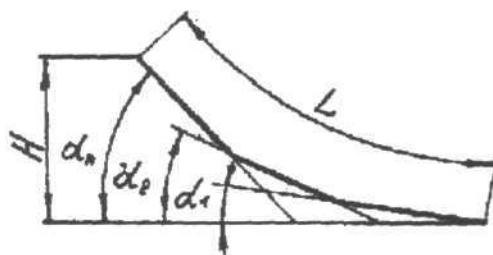


Рисунок 5.2 - Схема для визначення оптимальної форми леміша

клинів, що мають різне значення кута  $\alpha$  по довжині (рис. 5.2). Кут  $\alpha$  також є і кутом кришення. При проходженні підкопаної маси вздовж звичайного (з постійним кутом) вона не може отримати будь-яких додаткових взаємодій. Очевидно, щоб знову подіяти на піднятий шар потрібно застосувати новий клин із більшим кутом кришення.

Для безперервного розвитку фактору кришення та виключення злипання клину ґрунтом, необхідно використати плавну криволінійну поверхню в вигляді відповідної ділянки параболи.

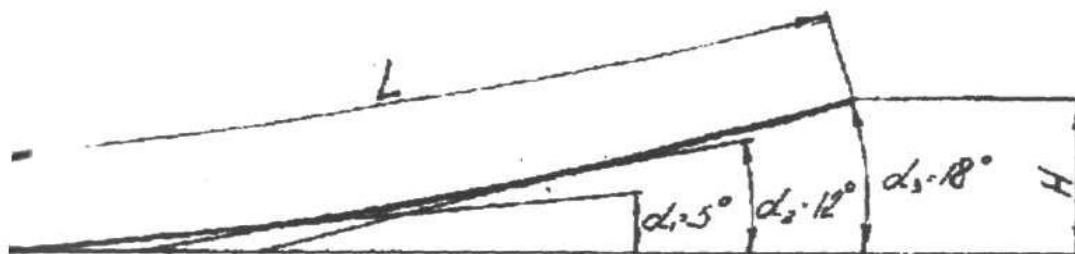


Рисунок 5.3 - Пропонована форма повздовжнього перерізу

Довжину леміша  $L$  та висоту розташування заднього обрізу леміша  $H$ , орієнтуючись на попередню конструкцію та з конструктивних міркувань, прийmemo  $L = 280$  мм,  $H = 55$  мм.

Ширина коритоподібного леміша (рис. 5.4) визначається за формулою:

$$B = b + 2\delta \quad (5.1)$$

де  $b$  - ширина залягання бульб в куці. За даними Е.А. Глухих [7] максимальна ширина куці коливається від 23 до 32 см.

$\delta$  - зміщення осі рядка відносно осі леміша, яке може виникати через непрямолінійність рядка та неточності руху машини. Прийmemo це значення рівним 11 см. Отже,

$$B = 320 + 2 \cdot 110 = 540 \text{ мм.}$$

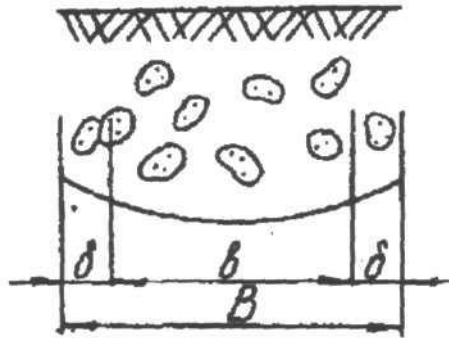


Рисунок 5.4 - Схема для розрахунку ширини леміша

Переміщенню шару ґрунту по лемішу дуже заважає рослинність (коріння). Для попередження цього кут сходу  $\gamma$  (рис. 5.5) повинен бути:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi \quad (5.2)$$

де  $\varphi$  - кут тертя рослинних стеблин чи кореневищ по лезу. На основі дослідних даних кут тертя коріння по лезу  $\varphi = 45^\circ$  [7].

Отже,

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 45 = 45^\circ.$$

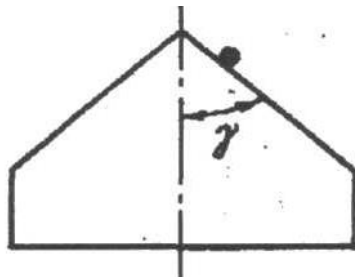


Рисунок 5.5 - Схема для розрахунку кута сходу леміша

Для пасивних лемішів сучасних картоплезбиральних машин  $\gamma = 40 - 50^\circ$ .



## 5.2 Розрахунок основних параметрів ротора картоплекопача

Призначення пальців ротора – розбивати шар ґрунту, де містяться бульби, виносити їх і розкидати по поверхні поля. При контакті пальців з поверхнею бульб відбувається пошкодження останніх, оскільки пальці виготовлені із сталі.

Для усунення недоліків потрібно застосовувати, при їх виготовленні, матеріали які не будуть спричиняти пошкодження бульб, або будуть значно менше. Таким матеріалом може бути прогумована тканина ДСТУ 7338-97. Матеріал являє собою гуму з прошарком тканини, для підвищення міцності.

Звичайно прогумовувати палець, по всій його довжині не потрібно, а тільки ту його частину, яка контактує з бульбами (яка рухається в шарі ґрунту). Тобто довжина прогумовування повинна бути близько 25 см.

Частота обертання ротора впливає на якість прочісування шару ґрунту де містяться бульби та на ступінь пошкодження самих бульб. Вона повинна забезпечувати повне видалення їх з шару ґрунту, не допускати їх втрат через невисоку частоту обертання. Виходячи з вищенаведеного частота повинна бути оптимальною і задовольняти обидві умови.

З агротехнічних вимог нам відомо, що робоча швидкість машини, а значить і швидкість руху шару ґрунту який поступає до пальців ротора, повинна бути 6 -6,5 км/год. Для розрахунку приймемо більшу швидкість, тобто 6,5 км/год (1800 м/с). При такій швидкості переміщення, шар ґрунту пройде ділянку А (рис. 5.6), що рівна 186 мм близько 0,10 секунди.

Щоб винести бульби з шару ґрунту і не допускати втрат, гребінки повинні входити в нього, що найменше через 0,10 с.

Оскільки конструкція ротора містить вісім гребінок, що розташовані одна від одної через кожні 45°, то необхідна колова швидкість ротора буде рівна.

$$\omega = \frac{45^{\circ}}{0,10} = 7,853 \text{ рад/с.}$$

Щоб визначити частоту обертання ротора використовуємо формулу

$$n_n = \frac{\omega_n \cdot 30}{\pi} = \frac{7,853 \cdot 30}{\pi} = 75,0 \text{ об/хв.}$$

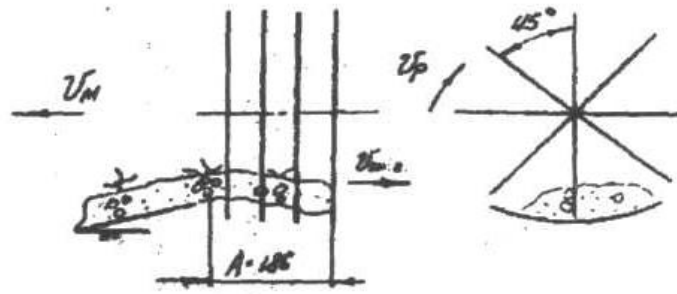


Рисунок 5.6 - Схема для розрахунку частоти обертання ротора

Для забезпечення бездоганності протікання процесу збільшимо частоту обертання ротора в 1,2 рази. Тобто,

$$n = n_n \cdot 1,2 = 75 \cdot 1,2 = 90 \text{ об/хв.}$$

Отже, частота обертання ротора повинна бути 90 об/хв..

Потужність, необхідна на привід ротора витрачається на деформацію ґрунту пальцями та відкидання ними бульб і ґрунту в сторону:

$$N = N_\delta + N_\epsilon \quad (5.4)$$

де  $N_\delta$  і  $N_\epsilon$  - відповідно втрати потужності на деформацію і відкидання.

Потужність на деформацію визначається [8]

$$N_\delta = 10^{-4} \cdot k \cdot c \cdot h \cdot z \cdot n \cdot \alpha / 6 \text{ кВт} \quad (5.5)$$

де  $k$  - питомий опір деформації ґрунту;

$k = 2 \cdot 10^{-2}$  МПа – легкі ґрунти;

$k = 4,9 \cdot 10^{-2}$  МПа – середні ґрунти;

$k = 7,64 \cdot 10^{-2}$  МПа – важкі ґрунти;

$c$  - площа перерізу ґрунту, що розбивається одним пальцем  $c = 55 \text{ см}^2$ ;

$h$  - висота шару ґрунту, що розбивається пальцем, приймаємо рівною максимальній глибині підкопування,  $h = 25 \text{ см}$ ;

$z$  - загальна кількість пальців,  $z = 32$ ;

$n$  - частота обертання пальців ротора;

$\alpha$  - коефіцієнт, що враховує стан ґрунту, що піддається дії пальців. Оскільки ґрунт підрізаний і частково покритий на леміші,  $\alpha = 0,7$ .

Отже маємо для легких ґрунтів:

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 2,04 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 0,942 \text{ кВт.}$$

Для середніх :

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 4,9 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 2,26 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 7,84 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 3,62 \text{ кВт.}$$

Потужність на відкидання бульб та ґрунту [8]:

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot Q_n \cdot V_p^2, \text{ кВт} \quad (5.6)$$

де  $\delta$  - коефіцієнт відкидання, що залежить від форми робочого органу,  $\delta = 0,5$ ;

$Q_n$  - маса бульб та ґрунту, що відкидається за одну секунду,

$Q_n = 45,02$  – легкі ґрунти;

$Q_n = 54,82$  – середні ґрунти;

$Q_n = 61,82$  – важкі ґрунти;

$V_p$  - колова швидкість ротора,  $V_p = 4,23$  м/с.

Отже, маємо для легких ґрунтів:

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 45,02 \cdot 4,23^2 = 0,201 \text{ кВт.}$$

Для середніх:

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 54,82 \cdot 4,23^2 = 0,245 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 61,82 \cdot 4,23^2 = 0,274 \text{ кВт.}$$

Отже повна потужність, що затрачається ротором для легких ґрунтів:

$$N = 0,942 + 0,201 = 1,142 \text{ кВт.}$$

Для середніх:

$$N = 2,26 + 0,245 = 2,505 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N = 3,62 + 0,274 = 3,896 \text{ кВт.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо максимальну потужність 3,89 кВт.

Потужність ВВП визначимо за формулою:

$$N_{\text{ввп}} = \frac{N}{\eta_l^2 \cdot \eta_m}, \text{ кВт} \quad (5.7)$$

де  $\eta_l$  - коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі,  $\eta_l = 0,96$ ;

$\eta_m$  - коефіцієнт корисної дії запобіжної муфти,  $\eta_m = 0,98$ .

$$N_{\text{ввп}} = \frac{3,89}{0,96^2 \cdot 0,98} = 4,30 \text{ кВт.}$$

Максимально необхідна потужність на ВВП трактора – 4,30 кВт.

### 5.3 Визначення геометричних параметрів першої ланцюгової передачі

Вихідні дані:

- колова швидкість вала ведучої зірочки  $\omega_1 = 56,52 \text{ рад/с}$ ;
- потужність на валу ведучої зірочки буде рівна потужності на ВВП трактора з урахуванням затрату запобіжній муфті,  $N_1 = 4.22 \text{ кВт}$ ;
- передаточне число передачі приймаємо  $U = 3$ .

Розрахунок проводимо згідно [9].

Визначаємо основний параметр ланцюга – крок:

$$t = 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1 \cdot K_3}{Z_1 \cdot \omega_1 \cdot [p] \cdot m_p}}, \text{ мм}, \quad (5.8)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт експлуатації,

$$K_3 = K_\delta \cdot K_{\text{рег}} \cdot K_n \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{реж}} \cdot K_a, \quad (5.9)$$

де  $K_\delta$  - коефіцієнт характеру навантаження,  $K_\delta = 1,25$ ;

$K_{\text{рег}}$  - коефіцієнт, що залежить від способу регулювання провисання ланцюга,

$K_{\text{рег}} = 1,0$ ;

$K_n$  - коефіцієнт, що враховує характер мащення ланцюга,  $K_n = 1,0$ ;

$K_{реж}$  - коефіцієнт, що враховує протяжність роботи,  $K_{реж} = 1,0$ ;

$K_a$  - коефіцієнт довжини ланцюга (при  $a_1 = 19,16$ ),  $K_a = 1,0$ .

Отже,  $K_3 = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25$ .

$Z_1$  - кількість зубів ведучої зірочки, приймаємо  $Z_1 = 15$ ;

Визначаємо число зубів веденої зірочки:

$$Z_2 = Z_1 \cdot U < Z_{2\max}, \quad (5.10)$$

де  $Z_{2\max}$  - максимальне число зубів веденої зірочки,  $Z_{2\max} = 120$ .

Приймаємо  $Z_2 = 45$ .

$[p]$  - допустимий питомий тиск в шарнірах, при  $\omega = 56.52$  м/с,  $[p] = 24$  МПа;

$m_p$  - коефіцієнт рядності.

Маємо

$$t = 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{4,22 \cdot 1,25}{15 \cdot 56 \cdot 24 \cdot 1,0}} = 17,85, \text{ мм.}$$

Приймаємо ланцюг ПР-19,05-3180 ДСТУ 13568-95.

Параметри ланцюга:  $t = 19,05$  мм;  $b_1 = 12,7$  мм;  $d_1 = 11,91$  мм;  $P_1 = 22,78$  мм;

$b_4 = 26,9$ , погонна маса  $q = 1,9$  кг/м, руйнівна сила  $Q = 31,8$  кН.

Визначаємо міжосьову відстань:

$$a = a_1 \cdot t \quad (5.11)$$

де  $a_1$  - міжосьова відстань в кроках,  $a_1 = 21,35$

$t$  - крок ланцюга,  $t = 19,05$

$$a = 21,35 \cdot 19,05 = 406,71$$

Необхідна довжина ланцюга в кроках:

$$L_1 = 2a_1 + a_1 + \frac{b}{a_1}, \quad (5.12)$$

$$\text{де } a_1 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = \frac{15 + 45}{2} = 30 \quad (5.13)$$

$$b = \left( \frac{Z_1 - Z_2}{2\pi} \right)^2 = \left( \frac{45 - 15}{2\pi} \right)^2 = 22.82.$$

Отже,

$$L_1 = 221,35 + 21,35 + \frac{22,82}{21,35} = 73,77.$$

Приймаємо  $L_1 = 74$  кроків.

Уточнюємо величину міжосьової відстані

$$a = \frac{t}{4} \left( L_1 - a_1 + \sqrt{(L_1 a_1)^2 - 8b} \right)$$

$$a = \frac{19.05}{4} \left( 74.0 - 30 + \sqrt{(74.0 - 30)^2 - 8 \cdot 22.82} \right) = 408.92 \text{ мм.}$$

Для забезпечення провисання ланцюга міжосьову відстань зменшено на величину (0,002...0,004), а отже:

$$\Delta = 0,003 \cdot 408,97 = 1,22 \text{ мм.}$$

Маємо:

$$a = 408.97 - 1.22 = 407.75 \text{ мм.}$$

Визначимо число ударів ланки об зуб зірочки за секунду:

$$v = \frac{2 \cdot Z_1 \cdot \omega_1}{\pi \cdot L_1} < [v], \quad (5.14)$$

де  $[v]$  - допустимі значення,  $[v] = 35$ ,

$$v = \frac{2 \cdot 15 \cdot 56.52}{\pi \cdot 74} = 7.29 < 35$$

Визначаємо сили, що діють в вітках ланцюга і діють на вали.

Колова сила:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_1}{V}, \quad (5.15)$$

де  $V$  - швидкість переміщення ланцюга,

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot \omega_1}{2000 \cdot \pi} = \frac{15 \cdot 19.05 \cdot 56.52}{2000 \cdot \pi} = 2.57 \text{ м/с.}$$

Отже,

$$F_t = \frac{1000 \cdot 4.22}{2.57} = 1642.02 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від провисання:

$$F_q = K_f \cdot q \cdot a \cdot g, \quad (5.16)$$

де  $q$  - погонна маса,  $q=1,9$  кг/м;

$K_f$  - коефіцієнт провисання,  $K_f=6,0$

$$F_q = 6.0 \cdot 1.9 \cdot 0.407 \cdot 9.8 = 45.47 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від відцентрових сил

$$F_y = q \cdot V^2 = 1.9 \cdot 2.57^2 = 12.54 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля в ведучій вітці

$$F_{заг1} = F_t \cdot K_d + F_q + F_y = 1642.02 \cdot 1.25 + 45.47 + 12.54 = 2110.53 \text{ Н.}$$

$$F_{заг2} = F_q + F_y = 45.47 + 12.54 = 58,01 \text{ Н.}$$

Зусилля, що діє на вали ведучої та веденої зірочки:

$$F_e = F_t \cdot K_d + 2F_q = 1642.02 \cdot 1.125 + 2 \cdot 45.47 = 2143.46 \text{ Н}$$

Перевіримо на питомий тиск в шарнірах:

$$p = \frac{F_t \cdot K_3}{S \cdot m_p \cdot 10^2} < [p], \quad (5.17)$$

де  $S$  - проекція опорної поверхні шарніра,  $S=1,05$  см<sup>2</sup>;

$[p]$  - допустиме зусилля питомого тиску,  $[p]=24$  МПа.

Отже,

$$p = \frac{1642.02 \cdot 1.25}{1.05 \cdot 1.0 \cdot 10^2} = 19.54 < 24$$

Запас міцності вибраного ланцюга:

$$n = \frac{Q}{F_{заг}} > [n], \quad (5.18)$$

де  $Q$  - руйнівне навантаження ланцюга,  $Q=31800$  Н;

$[n]$  - допустимий запас міцності,  $[n]=9,3$ .



Отже

$$n = \frac{31800}{2110,53} = 15,06 > 9,3.$$

Ланцюг вибрано вірно.

Визначаємо основні геометричні та конструктивні розміри зірочок.

Діаметр ділительних окружностей

$$d_0 = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z}} \quad (5.19)$$

Ведуча зірочка

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{15}} = 91,62, \text{ мм.}$$

Ведена зірочка

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{45}} = 273,09, \text{ мм.}$$

Діаметр зовнішніх окружностей

$$d_{a\min} = d + 0.5 \cdot d_1 \text{ мм;}$$

$$d_{a\max} = d + 1.25 \cdot t - d_1 \text{ мм.}$$

Ведуча зірочка:

$$d_{a\min} = 91.62 + 0.5 \cdot 11.91 = 97.50, \text{ мм;}$$

$$d_{a\max} = 91,62 + 1.25 \cdot 19,05 - 11,91 = 103,52, \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{a\min} = 273,09 + 0.5 \cdot 11.91 = 279,04, \text{ мм;}$$

$$d_{a\max} = 273,09 + 1.25 \cdot 19,05 - 11,91 = 296,90, \text{ мм.}$$

Радіус впадин:

$$r_{i\min} = 0.505 \cdot d_1, \text{ мм;}$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot d_1 + 0.069 \sqrt{d_1}, \text{ мм.}$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i \min} = 0.505 \cdot 11.91 = 6.01, \text{ мм};$$

$$r_{i \max} = 0.505 \cdot 11.91 + 0.069 \sqrt{11.91} = 6.17, \text{ мм}.$$

Ведена зірочка:

$$r_{i \min} = 0.505 \cdot 11.91 = 6.01, \text{ мм};$$

$$r_{i \max} = 0.505 \cdot 11.91 + 0.069 \sqrt{11.91} = 6.17, \text{ мм}.$$

Діаметр окружності впадин:

$$d_f = d - 2 \cdot r_i, \text{ мм}.$$

Ведуча зірочка:

$$d_{f \min} = 91.62 - 2 \cdot 6.01 = 79.6, \text{ мм};$$

$$d_{f \max} = 91.62 - 2 \cdot 6.17 = 79.26, \text{ мм}.$$

Ведена зірочка:

$$d_{f \min} = 273.09 - 2 \cdot 6.01 = 261.07, \text{ мм};$$

$$d_{f \max} = 273.09 - 2 \cdot 6.17 = 260.75, \text{ мм}.$$

Радіус спряжень:

$$r_{i \min} = 0.12 \cdot d_1 \cdot (Z + 2), \text{ мм};$$

$$r_{i \max} = 0.505 \cdot d_1 \cdot (Z^2 + 180), \text{ мм}.$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i \min} = 0.12 \cdot 11.91 \cdot (15 + 2) = 24.29, \text{ мм};$$

$$r_{i \max} = 0.505 \cdot 11.91 \cdot (15^2 + 180) = 38.58, \text{ мм}.$$

Ведена зірочка:

$$r_{i \min} = 0.12 \cdot 11.91 \cdot (45 + 2) = 67.17, \text{ мм};$$

$$r_{i \max} = 0.505 \cdot 11.91 \cdot (45^2 + 180) = 210.99, \text{ мм}.$$

Кут спряження:

$$d_{\min} = 120^\circ - \frac{90}{Z};$$

$$d_{\max} = 140^\circ - \frac{90}{Z}.$$

Ведуча зірочка:

$$d_{\min} = 120^{\circ} - \frac{90}{15} = 114^{\circ};$$

$$d_{\max} = 140^{\circ} - \frac{90}{15} = 134^{\circ}.$$

Ведена зірочка:

$$d_{\min} = 120^{\circ} - \frac{90}{45} = 118^{\circ};$$

$$d_{\max} = 140^{\circ} - \frac{90}{45} = 138^{\circ}.$$

Радіус заокруглення, як ведучої так і веденої зірочки:

$$Z_x = 1.5 \cdot d_1 = 1.5 \cdot 11.91 = 17.86, \text{ мм.}$$

Величина заокруглення зуба:

$$b_a = 1.5 \cdot d_1 = 1.5 \cdot 11.91 = 1.54, \text{ мм.}$$

Ширина зуба:

$$b_{r1} = 0.93 \cdot b_1 = 0.93 \cdot 12.7 = 11.81, \text{ мм.}$$

Визначимо орієнтовно діаметри отворів під вали:

$$d_g = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 \cdot \tau_{кр}}}, \quad (5.20)$$

де  $T$  - крутний момент на валу зірочок;

$T = 76,66$  Нм – ведуча зірочка;

$T = 241,96$  Нм – ведена зірочка;

$\tau_{кр}$  - допустиме напруження при крученні.

Отже, ведуча зірочка  $d_g = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{76,66}{0.2 \cdot 20}} = 26,52$ , мм. Приймаємо  $d_g = 25$  мм.

Ведена зірочка  $d_g = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{214,96}{0.2 \cdot 20}} = 37,73$ , мм. Приймаємо  $d_g = 40$  мм.

Діаметр маточини

$$d_{c2} = (1,8 \dots 2,0) \cdot d_g. \quad (5.21)$$

Ведуча зірочка:  $d_{cz} = 1,8 \cdot 25 = 45$ , мм.

Ведена зірочка:  $d_{cz} = 1,8 \cdot 40 = 72,0$ , мм.

Довжину маточини, ведучої зірочок приймаємо  $L_{cz} = 50$  мм.

Діаметр технологічних отворів в диску веденої зірочки

$$d_0 = 0.25 \cdot (d_{ob} - d_{cz}), \quad (5.22)$$

$$d_0 = 0.25 \cdot (185.4 - 72) = 28.41 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_0 = 30$  мм.

Діаметр розміщення технологічних отворів в диску:

$$D_0 = 0.25 \cdot (d_{ob} + d_{cz}), \quad (5.23)$$

$$D_0 = 0.25 \cdot (185.84 + 72) = 128.92 \text{ мм.}$$

За даними розрахунків проводимо розробку конструкції вузлів і деталей картоплекопача.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Основою для організації охорони праці в господарстві слугують «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [21].

### 6.1 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем

Представлені нижче заходи безпеки можуть бути використані при проведенні інструктажу на робочому місці для всіх робітників, які приймають участь у збиранні картоплі. Основні заходи полягають в наступному:

- до управління збиральним агрегатом допускаються тільки механізатори, які пройшли спеціальну підготовку і мають документ на право управління машиною. Підсобними працівниками можуть працювати особи не молодші 18 років;

- перед початком збирання картоплі механізатори і робітники, задіяні в процесі збирання, проходять інструктаж з безпечних методів роботи, розписуються в журналі реєстрації інструктажів і отримують на руки пам'ятки з техніки безпеки;

- всім учасникам збиральних робіт необхідно виконувати тільки ту роботу, яка доручена адміністрацією.

- одяг у механізаторів і обслуговуючого персоналу не повинна мати довгих частин і кінців, які звисають. Дозволяється працювати тільки в застібнутій і ретельно заправленому одязі і головному уборі. Працювати в фартухах забороняється;

- до роботи на збиральному агрегаті можна приступати тільки при його повній справності і відповідності вимогам експлуатації машинно-тракторного парку і «Правил техніки безпеки»;

- категорично забороняється працювати в стані навіть легкого алкогольного чи іншого сп'яніння;
- забороняється розташовуватись на відпочинок, в тому числі і короткочасний, на ділянках, де працюють агрегати, а також біля них під час їх зупинки. Відпочивати треба на спеціально відведеному місці;
- при підготовці агрегату до роботи слід перевіряти наявність і справність запобіжних кожухів і огорожень карданної і ланцюгової передач. При відсутності або несправності їх робота не дозволяється;
- карданний вал повинен бути міцно з'єднаним з валом відбору потужності трактора і закритий захисним кожухом. Огородження не повинно обертатися разом з валом, а має бути зафіксованим з нерухомими частинами машини;
- перед початком роботи необхідно перевіряти наявність справного інструменту і аптечки;
- трактор повинен мати дзеркало заднього виду, справне рульове керування, добре відрегульовані гальма, муфту зчеплення, коробку передач. Бак і паливопроводи не повинні мати течії палива;
- слід постійно слідкувати за станом гнучких шлангів гідросистеми, щільністю затягування з'єднувальних штуцерів маслопроводів. При несправності гідросистеми працювати на агрегаті не дозволяється;
- механізм регулювання глибини підкопування бульб повинен вільно переміщатися і надійно фіксуватися в установленому положенні;
- під час обслуговування і регулювань слід користуватися тільки справним інструментом і пристроями;
- забороняється очищати руками підкопуючі леміші, роторні сепаратори, елеватори, транспортери і інші робочі органи. Очистку проводити тільки за допомогою призначених для цього крючків і чистиків, які додаються до машини. Очистку і всі роботи по проведенні технічного обслуговування слід проводити тільки при виключеному валу відбору потужності і заглушеному двигуну трактора;

- під час роботи під картоплекопачем, у випадку необхідності його підняття домкратом, слід користуватися підставками, які забезпечують стійке і безпечне положення. Забороняється для підставок використовувати ящики, каміння, цеглу, деталі машин і т. Ін;

- при роботі лежачи під машиною на землю слід покласти дошки, листи фанери, мати або користуватися дерев'яними лежаками з підголовником;

- під час приєднання картоплекопача до трактора забороняється робочим знаходитися між трактором і машиною і в безпосередній близькості від них.

- під'їжджати до копача слід обережно (без ривків), при малих обертах двигуна. Тракторист повинен дивитися в напрямку руху і слідкувати за процесом, ногу при цьому тримати на педалі муфти зчеплення;

- перед виїздом в поле необхідно випробувати роботу картоплекопача на холостому ході;

- перед початком руху агрегату механізатор повинен впевнитися в відсутності людей в безпосередній близькості від агрегату і дати сигнал про початок руху;

- під час роботи забороняється знаходження в кабіні сторонніх людей;

- забороняється під час руху агрегату перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, надівати і натягувати ланцюги, усувати несправності, змащувати вузли, очищати підкопуючи леміші, транспортери, сепаратори і інші робочі органи;

- в кінці гону тракторист повертає агрегат тільки тоді, коли робочі органи повністю вийшли з ґрунту;

- перед початком повороту на поворотній смузі і при короткочасній зупинці вал відбору потужності треба відключати;

- в місцях повороту агрегату не повинні знаходитися люди і різні транспортні засоби;

- після виконання яких-небудь ремонтних робіт в польових умовах не можна залишати на транспортерах копача інструмент і інші сторонні предмети;

- під час грози робота на агрегаті зупиняється, а люди віддаляються від машин на відстань 30-50 м;
- після дощу переїжджати через канави, рухатися вздовж схилів, на поворотах і т. ін. слід тільки на першій передачі;
- на межі полів, які прилягають до ярів або круч, поворотні смуги слід позначити контрольною борозною;
- забороняється стоянка і короткочасна зупинка поблизу крутих схилів і ярів. В випадку вимушеної зупинки слід заглушити двигун трактора і загальмувати його. Під колеса слід покласти упори;
- по закінченні роботи поставити агрегат на місце стоянки, оглянути, очистити від пилу і бруду, привести в порядок робоче місце. Зняти і привести в порядок спецодяг, помитися;
- перед транспортним переїздом шосейних доріг необхідно зупинитися і впевнитися в тому, що шлях безпечний і немає транспорту, який наближається;
- під час руху по шосе в нічний час картоплекопач повинен бути означений (габаритні розміри) світловими знаками або лампочками;
- при зустрічному роз'їзді слід триматися правого боку на відстані не менше 2 м від зустрічного транспорту;
- на спуску з гори і підйманні на гору трактор повинен рухатися повільно (на першій передачі і на малих обертах двигуна), а тракторист повинен бути готовим користуватися гальмами. Максимально допустимий схил не повинен перевищувати  $12^{\circ}$ ;
- забороняється перевозити людей і вантажі на картоплекопачеві.
- при зупинці агрегату ставити його тільки на узбіччі дороги і при умові достатньої ширини дороги для проїзду, а в нічний час обладнати світловими знаками;
- під час руху заднім ходом, а також при розворотах і поворотах слід подавати сигнали і впевнитися в відсутності людей на шляху руху. Рухатися необхідно на малому газі, не знімаючи ноги з муфти зчеплення;



- під час переїзду через мости слід керуватися встановленими знаками вантажопідйомності і ширини між перилами;
- в тумані і під час дощу, коли видимість недостатня (менше 20 м), слід включати світло і періодично подавати звуковий сигнал;
- під час руху по слизькій дорозі слід дотримуватись особливої уваги. Не можна різко гальмувати і змінювати напрямок руху;
- при переїзді через залізницю слід керуватися попереджувальними знаками, показаннями світлофорів, звуковими сигналами, положенням шлагбаума. Переїжджати через переїзд слід зі швидкістю 3-4 км/год, при цьому перемикати передачу не дозволяється. Особливо треба бути уважним при переїздах в нічний час.

## 6.2 Вимоги безпеки при зберіганні картоплекопача

При зберіганні машини виконують вимоги ДСТУ 7751-95 “Техніка, яка використовується у сільському господарстві. Правила зберігання”.

Машину ставлять на зберігання: міжзмінне – перерва у використанні машини до 18 днів; довгострокове – перерва більше двох місяців.

Машини на міжзмінне зберігання повинні бути поставлені безпосередньо після закінчення робіт, а на довгострокове збереження – не пізніше 10 днів з моменту закінчення робіт.

Машини повинні зберігатися у закритих приміщеннях або під навісом. Допускається зберігати на відкритих пристосованих майданах при обов’язковому виконанні робіт з консервації, герметизації і знятті складових частин, що потребують складського зберігання (пасів, бичів, коліс).

Для проведення профілактичних оглядів машини повинні бути розташовані із збереженням відстані між ними (не менше 0,7м). Машини підготовлені до збереження повинні бути віддані механізаторами і прийняті відповідальною особою. Місце збереження машини забезпечують протипожежними засобами.

Машини повинні встановлюватися на підставки (або підкладки) у горизонтальному положенні для уникнення перекосу і згину рам, для розвантаження коліс між шинами і опорними поверхнями повин бути просвіт 8-10 см. Стан машин повинен перевірятися у період збереження у закритих приміщеннях не рідше 1 разу у 2 місяці, а на відкритих майданчиках і під навісом – щомісячно.

Допускається збереження машини на майданчиках і пунктах міжзмінного збереження або безпосередньо на місці проведення робіт. Машини повинні бути встановлені комплектно без зняття з них складових частин.

Консервацію машин проводять відповідно до вимог ДСТУ 9.014-98. Машина підлягає частковій консервації. Консервація включає підготовку поверхні, застосування (нанесення) засобів тимчасового захисту і пакування. Консервація повинна проводитися у спеціальних приміщеннях або дільницях, які дозволяють зберігати встановлений технологічний процес і вимоги безпеки. Ділянки консервації повинні розташовуватись з врахуванням обмеження або виключення проникнення агресивних газів і пилу.

Гвинтові і різьбові поверхні, як відкриті, так і закриті кожухами повинні бути змащені змазкою (антикорозійне покриття).

Карданні передачі, ланцюги, різьбові поверхні деталей і складальних одиниць, а також зовнішні спряжені і механічно відпрацьовані поверхні повинні бути законсервовані.

Привідні паси повинні бути помиті теплою мильною водою або знежирені нестилованим бензином, просушені, припудрені тальком і зв'язані у комплекти.

Допускається відкрито зберігати пневматичні шини у розвантаженому стані на машинах, встановлених на підставках. Поверхні шин повинні бути покриті воском або захисним матеріалом. Тиск у шинах при закритому і відкритому збереженні повинен бути знижений до 70% від нормального.

При технічному обслуговуванні машин у період збереження повинна бути перевірена: правильність встановлення машин на підставки або прокладки (відсутність перекосів, прогинів, стійкість); комплектність (з врахуванням знятих складових частин, які зберігаються на складі); тиск повітря у шинах; стан антикорозійних покриттів (наявність захисного змащення, цілісність фарбованих покриттів, відсутність корозії). Технічне обслуговування машин при знятті із збереження включає: зняття машин з підставок (прокладок); зняття герметизуючих пристроїв (розконсервація); встановлення знятих складових частин.

## 7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ

Картоплярство на сьогодні є однією з найбільш енергоємних галузей сільського господарства. Найбільші затрати при виробництві картоплі приходяться на паливо, добрива і насіння. В цілому енергетичні витрати на вирощування картоплі на 49 % більші, ніж на вирощуванні озимої пшениці і на 41 % більші, ніж на вирощуванні цукрових буряків.

Удосконалений в дипломному проекті картоплекопач дозволяє підвищити якісні показники збирання картоплі – зменшити травмування бульб і підвищити продуктивність праці. Розрахунки проводимо в порівнянні з аналогом - серійним картоплекопачем КТН-1,0, ціна якого становить 17500 грн.

При визначенні ціни модернізованого копача приймемо до уваги той факт, що модернізація копача призводить до зростання на 10 % складності його виготовлення в порівнянні з серійною машиною. Тоді, ціна удосконаленого копача буде становити  $17500 \cdot 1,2 = 19250$  грн.

Як серійний, так і розроблений картоплекопач може агрегуватися з трактором Т-25.

Вихідні дані для проведення розрахунків економічної ефективності проекту зводимо до таблиці 7.1. Розрахунки проводимо по відомій методиці [22]. Затрати праці при роботі картоплекопача визначаються за формулою:

$$H = \frac{M}{W_{год}}, \quad (7.1)$$

де  $M$  – кількість обслуговуючого агрегат персоналу;

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

При викопуванні картоплі серійним копачем затрати праці дорівнюють

$$H_c = \frac{1}{0,35} = 2,85 \text{ люд.год/га.}$$

Таблиця 7.1- Вихідні дані до розрахунків економічної ефективності проекту

Показники	Картоплекопач	
	Серійний КТН-2Б	Удосконалений
1. Продуктивність, га/год.	0,35	0,45
3. Питомі витрати палива, кг/га	10,2	9,0
4. Ціна машини, грн.	17500	19250
5. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

При викопуванні картоплі розробленим копачем затрати праці дорівнюють

$$H_p = \frac{1}{0,45} = 2,22 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці становлять

$$H_z = 2,85 - 2,22 = 0,63 \text{ люд.год./га.}$$

Прямі експлуатаційні витрати при викопуванні картоплі визначаються за рівнянням:

$$C = C_o + C_p + C_{то} + C_{пмм}, \quad (7.2)$$

де  $C_o$  – оплата праці з нарахуваннями, грн.;

$C_p$  – відрахування на реновацію машин в агрегаті, грн.;

$C_{то}$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування машин, грн.;

$C_{пмм}$  – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн.

Проводимо розрахунки по кожній із складових. Оплата праці проводиться за виконану норму роботи по тарифній сітці. Викопування картоплі відноситься до складних механізованих сільськогосподарських робіт і оплата праці механізатору здійснюють по 5 розряду. Враховуючи останнє збільшення мінімальної заробітної плати до 6700 грн./місяць, оплата праці за

норму виробітку становить 291,3 грн. Витрати на оплату праці можна визначити за формулою:

$$C'_o = \frac{C^T \alpha}{H}, \quad (7.3)$$

де  $C^T$  - оплата праці за тарифною сіткою, грн.;

$H$  – норма виробітку, га;

$\alpha$  - нарахування на заробітну плату.

Тоді, витрати пов'язані з оплатою праці на викопуванні картоплі серійним копачем будуть становити

$$C_{oc} = \frac{291,3 \cdot 1,375}{2,45} = 163,48 \text{ грн./га.}$$

Витрати на оплату праці механізатору, який працює на розробленому копачі, будуть становити

$$C_{op} = \frac{291,3 \cdot 1,375}{3,15} = 127,15 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на реновацію машини в агрегаті  $C_{pa}$  грн./га визначається так:

$$C_p = \frac{\alpha_p \cdot B_M}{100 \cdot W_{год} \cdot t_M}, \quad (7.4)$$

де  $\alpha_p$  - норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості машини %;

$B_M$  - балансова вартість машини, грн.;

$W_{год}$  - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

$t_M$  - нормативне річне завантаження машини, год.

Тоді, відрахування на реновацію для серійного копача будуть становити:

$$C_{pc} = \frac{14,2 \cdot 17500}{100 \cdot 0,35 \cdot 120} = 59,17 \text{ грн./га.}$$

Для агрегату з удосконаленим копачем відрахування на реновацію становлять:

$$C_{pp} = \frac{14,2 \cdot 19250}{100 \cdot 0,45 \cdot 120} = 50,62 \text{ грн./га}$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування  $C_{то}$  обчислюється аналогічно. Оскільки норма річних відрахувань така сама, як і на реновацію, то ці відрахування будуть такі ж, як і вище розраховані.

Витрати на паливо-мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{пмм} = C_k g_{га}, \quad (7.5)$$

де  $C_k$  – комплексна ціна палива і мастильних матеріалів, грн./л;

$g_{га}$  – витрати палива на 1 га зібраної площі, л/га.

Комплексна ціна 1 кг палива розраховується виходячи з нормативів витрат мастил в % до основного палива: моторне масло – 3,8 %; індустриальне масло – 0,4 %; трансмісійне масло – 0,6 %; пластичні мастила – 0,04 %. Розрахувати постійні значення комплексної ціни на сьогодні неможливо, так як ціни на ринку коливаються в залежності від економічної ситуації в країні, постачальника. Прийmemo  $C_k = 51,8$  грн./л.

Для серійного агрегату затрати на паливо-мастильні матеріали на викопування картоплі будуть становити

$$C_{пммс} = 51,8 \times 10,2 = 528,36 \text{ грн/га.}$$

Для агрегату з розробленим копачем затрати на ПММ становлять:

$$C_{пммр} = 51,8 \times 9,0 = 466,20 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при викопуванні картоплі агрегатом, в склад якого входить серійний картоплекопач будуть становити:

$$C_c = 163,48 + 59,17 + 59,17 + 528,36 = 810,18 \text{ грн/га.}$$

При викопуванні картоплі розробленим копачем:

$$C_m = 127,15 + 50,62 + 50,62 + 466,20 = 694,59 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, запровадження у виробництво розробленого копача призведе до зниження прямих експлуатаційних затрат:

$$E = C_c - C_m = 810,18 - 694,59 = 115,59 \text{ грн./га.}$$

При цьому використання його дасть змогу зменшити травмування бульб, а відтак зменшити відходи при зберіганні бульб на 5 - 8 % , що рівнозначно підвищенню урожайності. Отже, використання модернізованого копача на збиранні бульб дасть змогу за рахунок зменшення втрат при зберіганні одержати додаткову продукцію, питома величина якої при урожайності 200 ц/га і закупівельній ціні 9,5 грн/кг буде становити

$$E_d = 20000 \cdot 0,06 \cdot 9,5 = 11400 \text{ грн/га.}$$

При використанні розробленого картоплекопача в умовах господарства на площі 50 га річний економічний ефект буде становити

$$E_p = (115,59 + 11400) \times 50 = 575779,5 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Серійний картоплекопач	Розроблений картоплекопач
1. Продуктивність, га/год	0,35	0,45
2. Питомі витрати палива, л/га	10,2	9,0
3. Затрати праці, люд.-год/га	2,85	2,22
4.Прямі експлуатаційні затрати, грн/га: в тому числі:	810,18	694,59
- оплата праці з нарахуваннями	163,48	127,15
- відрахування на реновацію	59,17	50,62
- затрати на ремонти і ТО	59,17	50,62
- затрати на паливо і мастила	528,36	466,20
6. Затрати на модернізацію, грн.	-	1850
7. Економічний ефект від додаткової продукції, грн./га	-	11400
8. Річний економічний ефект, грн.	-	575779,5
9. Строк окупності затрат, років	-	0,003



Строк окупності затрат на розробку нового картоплекопача визначається за формулою:

$$T_o = \frac{S_n - S_0}{E_p}, \quad (7.6)$$

де  $E_p$  – річний економічний ефект.

$$T_o = \frac{19250 - 17400}{575779,5} = 0,003 \text{ року.}$$

Визначені в процесі розрахунків в дипломному проекті основні економічні показники зводимо в таблицю 7.2.

Розрахунки показують, що розроблений картоплекопач може принести економічний ефект і всі затрати на модернізацію машини окупаються на протязі року експлуатації.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз способів і комплексів машин для збирання картоплі. Відзначено різні технології і машини для збирання в залежності від умов і величини господарства. Встановлено, що для дрібних виробників картоплі ще не достатня кількість випускається техніки і над цим треба працювати.

2. Основним напрямком поліпшення роботи машин для збирання картоплі є введення в конструкцію активних робочих органів, які більш інтенсивніше розпушують підкопаний шар ґрунту з бульбами і відділяють домішки від бульб.

3. Удосконалена конструкція картоплекопача, яка дозволяє більш інтенсивніше проводити сепарацію підкопаного вороху і менше травмувати бульби. Визначені основні параметри розробленої конструкції і основні режими його роботи.

4. Розроблені заходи з охорони праці для безпечної експлуатації розробленого картоплекопача.

5. Економічна ефективність розробленого проекту становить 11515,59 грн/га, а річний економічний ефект при впровадженні розробки в господарстві на площі 50 га становить 575779,5 грн. Затрати на модернізацію окупаються на протязі першого року експлуатації картоплекопача.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вирощування картоплі: витрати, окупність, доходи // [https://bankchart.com.ua/biznes/rozvitok\\_biznesu/statti/viroschuvannya\\_kartopli\\_vitrati\\_okupnist\\_dohodi](https://bankchart.com.ua/biznes/rozvitok_biznesu/statti/viroschuvannya_kartopli_vitrati_okupnist_dohodi).
2. Ковальчук Т. Картопляний бізнес потребує багато вкладень//10 березня 2023. - <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/26359-kartoplianyi-biznes-potrebuie-bahato-vkladen.html>.
3. Як війна і погода цього року вплинули на ринок картоплі в Україні// 28.09.2022. - <https://www.agronom.com.ua/yak-vijna-i-pogoda-tsogo-roku-vplynuly-na-rynok-kartopli-v-ukrayini/>.
4. Як вирощувати та заробляти на картоплі в умовах війни. – 25 квітня 2022. - <https://aggeek.net/ru-blog/yak-viroschuvati-ta-zaroblyati-na-kartopli-v-umovah-vijni>.
5. В. Залужний, В. Думич. Техніка для збирання картоплі// Пропозиція. - № 10, 2011. – с. 72 – 77.
6. Бондарчук А.А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні// Агроном, №1 (лютий), 2010. – с.76 – 77.
7. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
8. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
9. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

10. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.
11. Размислович І.Р., Скварскі Б.Т., Кроптов А.П., Угланов М.Б., Дохін І.Е. Викопувальний робочий орган коренебульбозбиральної машини. – Авторське свідоцтво на винахід №1276283. – 15.12.86. Бюл. № 46.
12. Мкртчян Д.Г., Косян К.В., Аракелян Ф.Л., Сардарян Р.Г. Робочий орган для коренеплодозбиральної машини. – Авторське свідоцтво на винахід №1607721. – 23.11.90. Бюл. № 43.
13. Лутхов М.М., Сорокін А.А. Викопувальний робочий орган картоплезбиральної машини. - Авторське свідоцтво на винахід №1655338. – 15.06.91. Бюл. № 22.
14. Григорчук О.К., Мейлахс І.І., Жирновніков П.А., Шапошніков Ю.П. Викопувальний пристрій. - Авторське свідоцтво на винахід №1665918. – 30.07.91. Бюл. № 28.
15. Шумило М.М., Завгородній А.Ф., Козаченко Б.А. Підкопувально-сепарувальний пристрій коренебульбозбиральної машини. - Авторське свідоцтво на винахід №1690586. – 15.11.91. Бюл. № 42.
16. Землеробська механіка. Т2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Глонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.
17. Землеробська механіка. Т3. Аналіз і результати досліджень робочих органів машин для обробітку ґрунту/ А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, В.І. Дирда і ін. -Дніпро, Пороги, 2022. – 408 с.
18. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.
19. Опір матеріалів під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.

20. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

21. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

22. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.