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 проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Удосконалення механізації збирання картоплі з розробкою комбінованого агрегату до інтегрального трактора

Виконав: студент 3 курсу,

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Сектименко Андрій Анатолійович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____ _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ТСГМ
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
_____ Теслюк Г В.
(підпис)
(прізвище, ініціали)
«____» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ
Сектименко Андрію Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації збирання картоплі з розробкою комбінованого агрегату до інтегрального трактора
керівник роботи Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
« 5 » травня 2026 року № 912 .

2. Строк подання студентом роботи 8.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання та існуючих засобів механізації збирання картоплі. Патентний пошук, аналіз літературних джерел та останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз стану механізації збирання картоплі. 2. Аналіз сучасних технічних засобів збирання картоплі. 3. Обгрунтування параметрів та розробка комбінованого агрегату для збирання картоплі. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка впровадження розробленого агрегату. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Аналіз існуючих засобів збирання картоплі. 2. Функціональна схема машини для збирання картоплі. 3. Складальне креслення пристрою для видалення гички. 4. Деталювання. 5. Економічні показники .

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
нормоконтроль	Лепеть Є.І., асистент		

7. Дата видачі завдання: 5.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	5.05-10.05.26 р	
2	Технологічний	11.05-16.05.26 р	
3	Конструктивний	17.05-21.05.26 р	
4	Охорона праці	22.05-25.05.26 р	
5	Економічний	26.05-30.05.26 р	
6	Графічна частина	1.06-8.06.26 р	

Студент _____ Сектименко А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кобець О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№	Фор-мат	Позначення	Найменування	К-сть аркушів	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	52ДП.118.000.ПЗ	Пояснювальна записка	71		
			Графічні матеріали			
2	А1	52ДП.118.001	Аналіз існуючих засобів механізації збирання картоплі	1	1	
3	А1	52ДП.118.000.СТ	Агрегат комбінований картоплезби-ральний	1	2	
4	А1	52ДП.118.000. СК	Коток вібраційний. Складальне креслення	1	3	
5	А4	52ДП.118.003	Хомут	1	4	
6	А3	52ДП.118.004	Вал ведучий	1	4	
7	А4	52ДП.118.005	Пружина	1	4	
8	А4	52ДП.118.006	Кришка підшипника	1	4	
9	А3	52ДП.118.007	Фланець	1	4	
10	А4	52ДП.118.024	Втулка	1	4	
11	А1	52ДП.118.000.ПЕ	Техніко-економічні показники впровадження	1	5	

					52ДП.118.000
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	
Розробив		Сектименко А			Відомість дипломного проекту
Перевірив		Кобець О.			
Н.контр		Лепеть Є.			
Затвердив		Теслюк Г.			

Літера	Аркуш	Аркушів
	1	1
ДДАЕУ		

АНОТАЦІЯ

Сектименко А.А. “Удосконалення механізації збирання картоплі з розробкою комбінованого агрегату до інтегрального трактора”/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025. – 71 с.

Розділи пояснювальної записки містять аналіз способів та технологій збирання картоплі, огляд основних біологічних та фізико-механічних властивостей картоплі, агротехнічні вимоги до збирання цієї культури. Обгрунтовано конструктивну схему комбінованого картоплезбирального агрегату та основні параметри робочих органів для викопування картоплі. Виконано необхідні технічні і технологічні розрахунки, визначено економічні показники проекту.

Ключові слова: картопля; інтегральний трактор; комбінований агрегат; котки-грудкороздавлювачі.

ЗМІСТ

стор.
Вступ……7
1. Значення картоплі та аналіз механізації її вирощування…….....9
1.1.Значення картоплі та її місце в рослинництві……9
1.2. Основні технологічні етапи вирощування картоплі……10
1.3. Агротехнічні вимоги до картоплезбиральних машин……16
1.4. Біологічні та механіко-технологічні властивості картоплі……...21
Висновки……24
2. Аналіз існуючих засобів механізації збирання картоплі……..26
2.1. Аналіз існуючих картоплекопачів та картоплезбиральних комбайнів……...26
2.2. Аналіз підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин……36
Висновки……41
3. Обгрунтування складу картоплезбирального агрегату на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331……42
3.1. Коротка технічна характеристика трактора ХТЗ-16331……43
3.2. Обгрунтування складу картоплезбирального агрегату на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331……45
3.3. Обгрунтування схеми вдосконалення картоплезбирального комбайна КПК-3……...46
Висновки……48
4. Обгрунтування та розрахунки основних параметрів агрегату та робочих органів……..……49
4.1. Обгрунтування вибору тягово-приводної машини і режимів роботи агрегату……49
4.2. Розрахунок геометричних параметрів котків-грудкороздавлювачів……54
4.3. Розрахунок підкопуючого леміша……..57
4.4. Розрахунок відкидних пальців……58
Висновки……59
5. Охорона праці ……..……60
5.1. Аналіз можливих небезпек і шкідливих умов при збиранні картоплі……..60
5.2. Вимоги безпеки при роботі на вдосконаленому картоплезбиральному агрегаті……..…… 61
Висновки……64
6. Розрахунок техніко-економічних показників комбінованого агрегату для збирання картоплі……65
6.1. Вихідні дані до розрахунку……65
6.2. Розрахунок економічної ефективності впровадження проекту...66
Висновок……...67
Загальні висновки 68
Література…… 70
Додатки

ВСТУП

Картопля є поліфункціональною сільськогосподарською культурою, яка використовується у продовольчій, кормовій та переробній сферах для виробництва крохмалю, етилового спирту, патоки і глюкози. За обсягами акумульованої енергетичної цінності вона посідає п’яте місце серед світових лідерів рослинництва, поступаючись лише пшениці, кукурудзі, рису та ячменю.

Попри історичне домінування зернових культур (пшениці та рису) як основних джерел вуглеводневого живлення, у багатьох країнах азійського регіону наразі спостерігається інтенсифікація споживання картоплі. Збільшення обсягів її вирощування є стратегічним інструментом забезпечення продовольчої безпеки у густонаселених країнах, зокрема в КНР та Індії. Біохімічний склад бульб характеризується вмістом 12-25% крохмалю, до 3% сирого протеїну, а також високою концентрацією аскорбінової кислоти (вітаміну С) та вітамінів групи В, що визначає їхню фізіологічну цінність для нервової та серцево-судинної систем людини [2].

Високі органолептичні властивості зумовлюють значні обсяги використання культури в харчовій промисловості. Рівень річного споживання картоплі в європейських країнах варіюється в межах 100-180 кг на душу населення.

Тваринницький сектор також суттєво залежить від цієї культури: 100 кг бульб еквівалентні 30 кормовим одиницям із вмістом близько 2 кг перетравного протеїну. Окрім свіжої маси, для годівлі великої рогатої худоби ефективно залучають побічні продукти промислової переробки – мезгу та барду [2].

У сівозміні картопля виконує важливу агротехнічну роль. Як просапна культура вона забезпечує якісне очищення полів від бур’янів і є оптимальним попередником для озимих та ярих зернових, а в умовах Полісся (за належного внесення добрив) – для льону-довгунця.

Географічним центром походження культури є високогірні регіони Південної Америки (Чилі, Перу, Болівія), звідки у XVI ст. вона була

інтродукована в Європу. На теренах України поширення культури набуло масового характеру з другої половини XVIII ст. Глобальні площі під картоплею становлять близько 23 млн га, причому понад 90% насаджень зосереджено в Північній півкулі. Україна стабільно входить до п’ятірки світових лідерів за площами посіву та валовими зборами [4]. В межах держави основними регіонами промислового вирощування є Полісся, Закарпаття та Лісостепова зона.

Потенціал урожайності культури в передових господарствах та на науково-дослідних сортоділянках становить 250-350 ц/га, а за сприятливих умов досягає 430 ц/га [2].

Технологічний процес збирання картоплі суттєво ускладнюється на високогумусних та перезволожених ґрунтах, де відокремлення бульб від липкої ґрунтової маси безпосередньо в робочих органах машин є проблематичним. За таких умов доцільним технологічним рішенням є підкопування рядків із попередньою сепарацією, укладанням вороху у валок на поверхню поля та подальшим ручним збиранням.

Виходячи з вищевикладеного, **метою дипломного проєкту підвищення технологічних показників процесу збирання картоплі за рахунок розробки комбінованого агрегату на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331.**

Задачами проєкту є:

- аналіз існуючих технологій та технічних засобів збирання картоплі;
- обґрунтування схеми комбінованого збирального агрегату та проведення відповідних розрахунків;
- розробка додаткових вимог по охороні праці та економічне обґрунтування доцільності впровадження комбінованого картоплезбирального агрегату.

1. ЗНАЧЕННЯ КАРТОПЛІ ТА АНАЛІЗ МЕХАНІЗАЦІЇ ЇЇ ВИРОЩУВАННЯ

Вирощування картоплі належить до інтенсивних напрямків рослинництва, що характеризується високою капітало- та трудомісткістю. Зважаючи на значну частку витрат на якісний посадковий матеріал у структурі собівартості, будь-які порушення елементів технологічного регламенту призводять до суттєвих фінансових збитків. У системі сівозміни оптимальними попередниками, які забезпечують сприятливий фітосанітарний стан ґрунту, є огірки, коренеплоди (редис, редька) та бобові культури (квасоля, зелений горошок).

1.1. Значення картоплі та її місце в рослинництві.

У структурі світового рослинництва серед бульбоплідних культур найбільше поширення мають картопля, батат, маніок, ямс та таро. Провідне місце у цій групі належить картоплі – рослині південноамериканського походження, яка характеризується універсальністю застосування та використовується як продовольча, кормова і технічна сировина.

Харчова цінність культури зумовлена її високими органолептичними показниками та збалансованим біохімічним складом. Бульби містять 14-22% крохмалю, 1,5-3% сирого протеїну та 0,8-1% клітковини [2]. Картопляний крохмаль вирізняється високим рівнем засвоюваності, а протеїновий комплекс за біологічною повноцінністю та амінокислотним профілем перевищує білки більшості польових культур.

Сучасний асортимент сортів характеризується високим рівнем екологічної пластичності, що дає змогу вирощувати культуру за весняних і літніх (повторних) строків садіння, а також залучати її як страхову культуру. За напрямами господарського використання сорти класифікують на столові (близько 50%), універсальні (30%), кормові (10%) та технічні (10%). Цей розподіл є досить умовним, оскільки значна частина сортів поєднує високі смакові якості з підвищеним вмістом крохмалю, що дозволяє інтегрувати їх як у харчову індустрію, так і в промислову переробку. У глобальному

агровиробництві також спостерігається тенденція до розширення площ під генетично модифікованими (трансгенними) лініями картоплі.

Регіональні споживчі пріоритети мають певні етнографічні відмінності: зокрема, у країнах Латинської Америки сорти з білим забарвленням м'якуша позиціонуються виключно як кормові, тоді як для продовольчих цілей використовуються лише жовтом'якуші форми. Інтенсивність жовтого забарвлення корелює з підвищеною концентрацією каротиноїдів, які мають антиоксидантні властивості та позитивно впливають на загальний метаболізм людського організму.

1.2. Основні технологічні етапи вирощування картоплі

Технологія обробітку ґрунту

Головною метою механічного обробітку ґрунту за вирощування картоплі є інтенсивне розпушування кореневмісного шару, оптимізація водно-повітряного й поживного режимів, мінімізація забур'яненості посівів, а також активізація корисної ґрунтової мікрофлори. Технологічний комплекс включає основний, передпосівний обробітки та заходи з догляду за насадженнями.

Після збирання стерньових попередників безпосередньо слідом за комбайном виконують лущення стерні. Схема диференціюється залежно від видового складу бур'янів:

- за наявності коренепаросткових видів (осот, молочай, берізка польова): перше дискування здійснюють на глибину 6-8 см дисковими лущильниками (ЛДГ-10, ЛДГ-15), а повторне – після масового з'явлення розеток на глибину 10-12 см полицевими знаряддями (ППЛ-5-25, ППЛ-10-25). Наступну хвилю сходів сегетальної рослинності заорюють плугами з передплужниками (ПЛН-5-35, ПЛН-6-35) на глибину 28-30 см, орієнтуючись на потужність гумусового горизонту [2];
- за домінування кореневищних видів (пирій повзучий, гострець): наступні поверхневі обробітки реалізують важкими дисковими боронами (БДТ-3, БДТ-7, БД-10Б) на глибину залягання підземних органів (не менше 10-12 см). Наприкінці вересня або на початку жовтня, після досягнення бур'янами фази розетки чи «шилець», проводять глибоку зяблеву оранку.

З метою відтворення родючості ґрунту та компенсації дефіциту органічної речовини раціонально використовувати недефіцитні ресурси, зокрема солому зернових та зернобобових культур. Під час жнив подрібнену рослинну масу рівномірно розподіляють по полю комбайновими подрібнювачами, після чого за допомогою дискових борін загортають у верхній шар разом із мінеральними добривами.

Для оптимізації підготовки зябу під картоплю застосовують напівпарову систему, яка передбачає лущення стерні, оранку в першій декаді серпня та культивації за мірою відростання бур'янів. На безструктурних ґрунтах, що схильні до заплівання, навесні доцільно проводити безполицеве розпушування на глибину до 25 см. Слід зауважити, що весняне внесення та приорювання органічних добрив є технологічно менш ефективним порівняно з осіннім і супроводжується зниженням продуктивності культури.

За використання технології садіння у заздалегідь сформовані гребені, восени після зяблевої оранки поле культивують і нарізають гряди заввишки 18-20 см культиваторами КРН-4,2 або КРН-5,6. На ґрунтах легкого гранулометричного складу цю операцію можна переносити на весняний період, поєднуючи її з фрезеруванням агрегатом КГФ-2,8. Якщо формування гребенів передбачене безпосередньо картоплесаджалкою, весняний комплекс робіт обмежується ранньовесняним боронуванням та культиваціями на глибину 12-15 см.

Садіння картоплі

Для вирощування продовольчої картоплі оптимальними є дерново-підзолисті легко- та середньосуглинкові, а також супіщані типи ґрунтів. У разі цільового призначення продукції для технічної переробки спектр придатних окультурених ґрунтів суттєво розширюється. Обмежувальними для вирощування культури є кам'янисті, піщані, важкосуглинкові та глинисті грунти. Останні характеризуються високою схильністю до переущільнення та надмірного зволоження. Також непридатними є малородючі ділянки з високою щільністю популяцій дротяників та значним ступенем забур'яненості пирієм повзучим.

Фізико-механічні та агрохімічні параметри кореневмісного шару повинні відповідати таким значенням:

- об’ємна маса ґрунту: для суглинкових відмін – 1,0-1,2 г/см³, для супіщаних – 1,3–1,5 г/см³.
- кислотність (pH KCl): в межах 5,3-5,8. Культура виявляє високу толерантність до підвищеної кислотності ґрунтового розчину.
- вміст гумусу: мінімум 1,8%.
- забезпеченість елементами живлення: вміст рухомих сполук фосфору та обмінного калію не менше 150-200 мг/кг ґрунту.

Календарні строки проведення садіння визначаються настанням фізичної стиглості ґрунту та його стабільним прогріванням до температури +6…+8°C на глибині 10 см. Недотримання цього температурного режиму призводить до фізіологічного пригнічення проростання та суттєвих втрат продуктивності. Технологічна послідовність передбачає першочергове висаджування пророщеного садивного матеріалу ранньостиглих сортів, після чого переходять до закладання насінницьких та товарних площ.

У зонах інтенсивного картоплярства базовим є гребеневий спосіб садіння. Його агротехнічна перевага полягає в можливості реалізації досходового механічного догляду за насадженнями без ризику додаткового ущільнення зони розташування гнізда. Профільована поверхня гребенів у весняний період інтенсивніше акумулює термічну енергію, є стійкішою до руйнування опадами та забезпечує оптимальну аерацію. Параметри сформованого профілю передбачають висоту гребенів 10-12 см за площі поперечного перерізу в межах 400-450 см³. Для технічного забезпечення цього процесу залучають чотирирядні саджалки СН-4Б, а також автоматизовані агрегати КСМ-4 та КСМ-6.

Глибина загортання насіннєвих бульб становить 6-8 см від вершини сформованого гребеня. На легких за гранулометричним складом ґрунтах цей показник збільшують на 2-3 см. Дрібну фракцію насіннєвого матеріалу висаджують на 2-3 см мілкіше порівняно з базовою фракцією масою 50-80 г.

Оптимізація густоти стояння рослин є визначальним фактором формування стабільної врожайності. Для умов Лісостепу передзбиральна

густота насаджень на товарних плантаціях має становити 45-50 тис. кущів/га, на насінницьких ділянках – 50-55 тис. кущів/га. Враховуючи коефіцієнт польової схожості та можливі механічні пошкодження рослин під час міжлінійного обробітку, норму висадки збільшують на 10-14% від цільової густоти. Конфігурація схем садіння варіюється у межах від 70х20 см до 70х30 см.

Заходи з догляду за посівами.

Заходи з догляду за посівами картоплі спрямовані на деструкцію бур'янів, оптимізацію аерації та вологозабезпечення орного шару, мінімізацію непродуктивного випаровування вологи, а також на фітосанітарний захист рослин від патогенів та шкідників.

Цей технологічний комплекс передбачає проведення суцільних досходових і післясходових розпушувань, міжрядних обробітків із локальним присипанням сегетальної рослинності ґрунтом у рядках, а також внесення пестицидів. Механізований догляд реалізують за допомогою культиваторів КОН-2,8ПМ, КОН-2,8А, КРН-4,2Г та КРН-5,6Д, які агрегатуються з роторними (БРУ-0,7) або сітчастими боронами.

Інтенсивна аерація є критичним фактором для бульбоутворення. Оскільки тривалість періоду від садіння до появи сходів становить 15-25 діб, а до змикання міжрядь – 40-60 діб, у цей проміжок часу необхідне регулярне динамічне розпушування гребенів.

Зважаючи на те, що масове проростання насіння бур'янів фіксується вже на 4-6 добу після висаджування картоплі, першу досходову культивацію проводять на 5-7 день, не допускаючи вкорінення сходів бур'янів.

Регламент механізованого догляду:

- Перший досходовий обробіток (5-7 доба після садіння). Робочі органи культиватора комплектують стрілчастими лапами-підгортачами (або дисковими підгортачами для калібрування профілю) з глибиною ходу 6–8 см, двома долотоподібними лапами для розпушування на 12-14 см (на супісках – до 8-10 см) та шлейфом із ротаційних або сітчастих борін. Борони руйнують ґрунтову кірку та видаляють проростки бур'янів на глибині 3-4 см без винесення насіннєвих бульб на поверхню.

- Другий досходовий обробіток (12-14 доба після садіння). Використовують аналогічне компонування агрегату, проте долотоподібні органи замінюють лапами-бритвами для підрізання бур'янів на схилах гребенів. Ця операція є безпечною за умови початкового закладання садивного матеріалу на глибину не менше 10 см від вершини гребеня.

- Третій досходовий обробіток (за потреби). Призначається у разі пролонгованого вегетаційного старту в умовах низьких температур, інтенсивного відростання бур'янів або утворення щільної кірки після зливових опадів.

- Перша післясходова культивація (фаза сходів). Розпушування міжрядь виконують двома-трьома долотами на глибину 12-14 см. Лапи-підгортачі налаштовують на 6-8 см, забезпечуючи присипання сходів картоплі та бур'янів шаром ґрунту завтовшки 2-3 см. Це стимулює розвиток додаткової кореневої системи картоплі та призводить до загибелі сегетальної флори під наносом. Ранні сорти присипають у фазі повних сходів, середньостиглі – за висоти рослин 3-5 см. Присипання також захищає вегетативну масу від весняних заморозків та імаго колорадського жука.

- Друга післясходова культивація (через 7 діб після першої). Застосовують ідентичний набір робочих органів. Якщо біометричні параметри рослин дозволяють, повторно здійснюють присипання шаром 2-3 см. Обов'язковим є формування повноцінного профілю гребеня, якщо це не було виконано під час досходових робіт. Багаторазове підгортання (навіть за висоти стеблостою 5-7 см) для пролонгації столоноутворення є ефективним лише на пізньостиглих сортах. Для ранніх сортів цей захід недоцільний через ризик непродуктивного перенаправлення асимілятів на ріст бадилля.

- Фінальне підгортання (висота рослин 18-25 см). Спрямоване на остаточне формування гребенів заввишки до 25 см. Використовують лапи-підгортачі з глибиною ходу 10-12 см. За робочої швидкості агрегату 8-9 км/год забезпечується засипання бур'янів у захисній зоні рядка. Високу технологічну якість обробітку, особливо на зв'язних ґрунтах, демонструють дискові підгортачі-розпушувачі, після проходу яких рослини швидко замикають міжряддя.

Технологічні вимоги до якості обробітку: робочі органи культиваторів не повинні пошкоджувати або оголювати підземну архітектоніку рослин; підгортачі мають рівномірно розподіляти пухкий шар ґрунту завтовшки 5-8 см по всьому профілю гребеня, одночасно розпушуючи його бічні грані та дно робочої борозни. Ці вимоги є обов'язковими для отримання великих врожаїв. Для запобігання присипання бадилля картоплі, використовують пруткові грунтонаправлячі. Також відсутнє широке розповсюдження робочих органів для різних ґрунтово-кліматичних умов. Існуючі робочі органи не мають можливості широких меж регулювань, для виконання якісного обробітку.

Для виконання цих вимог і буде вдосконалено робочий орган, підгортач, для якіснішого виконання процесу обробітку і зменшення пошкодження кореневої системи.

Внесення добрив

Для формування 10,0 т товарних бульб із відповідною кількістю вегетативної маси картоплі необхідний високий рівень забезпечення поживними речовинами, оскільки винос основних елементів живлення та мезоелементів становить 40-60 кг діючої речовини азоту, 15-20 кг фосфору, 70-90 кг калію, 25-50 кг кальцію, 20-40 кг сірки та 10-25 кг магнію, а також комплекс рухомих форм мікроелементів.

Технологія збирання врожаю

Календарні строки та специфіка збиральної кампанії картоплі диференціюються залежно від цільового призначення продукції та сортових особливостей. Ранню товарну картоплю викопують до настання її фізіологічної стиглості. Насіннєві посіви ранніх сортів збирають у серпні, середньостиглі форми – з кінця серпня до середини вересня, а пізньостиглі – у термін до першої декади жовтня. Критичним температурним порогом для проведення механізованого збирання є зниження середньодобової температури повітря до +7°C і нижче, оскільки за таких умов фізіолого-механічні властивості бульб змінюються, що призводить до різкого зростання їх травмування робочими органами машин.

Важливим передопераційним етапом є деструкція вегетативної маси за 10-15 діб до початку збирання. Видалення бадилля оптимізує гідротермічний

режим верхнього шару ґрунту, знижує ризик ураження врожаю фітопатогенами та стимулює формування міцної перидерми (шкірки), що прискорює фізіологічне дозрівання бульб. На відміну від механічного скошування, яке повністю зупиняє вегетацію, застосування хімічного методу (десикації) забезпечує пролонгований реутилізаційний відтік поживних речовин із надземних органів у бульби, що позитивно впливає на показники кінцевої врожайності. Водночас хімічний спосіб потребує суворого дотримання регламентів та норм внесення десикантів.

У сучасному агровиробництві реалізують три базові технологічні схеми збирання:

- *пряме комбайнування* передбачає однофазне вилучення вороху з подальшим транспортуванням за двома логістичними моделями – потоковою (безпосереднє доставлення на сортувальні пункти типу КСП-15Б) або потоково-перевалочною (попереднє витримування бульб у тимчасових солом’яних кагатах протягом 2-3 тижнів для лікувального періоду з наступним калібруванням і закладанням у сховища). Ця схема суттєво знижує частку ручної праці та підвищує загальну продуктивність процесів;
- *комбінований спосіб* базується на попередній роботі копача-валкоутворювача (наприклад, УКВ-2), який вилучає бульби з двох рядків і переміщує їх у міжряддя суміжних незібраних рядків, після чого модифікований комбайн (ККУ-2 «Дружба», Е-665) одночасно підкопує залишені рядки та підбирає сформований валок;
- *роздільний спосіб* застосовується переважно на зв’язних та перезволожених ґрунтах. За цієї схеми підкопана картопля з двох, чотирьох або шести рядків укладається у валок на поверхню вже прибраного поля для підсушування, після чого підбирається комбайновими агрегатами.

1.3. Агротехнічні вимоги до картоплезбиральних машин.

Конструктивні параметри картоплезбиральних машин повинні забезпечувати збирання врожаю, закладеного з міжряддями 60 і 70 см, а також передбачати технічну можливість інтеграції адаптерів для роботи на міжряддях 90 см.

За умови реалізації технології з попереднім скошуванням вегатативної маси, спеціалізовані бадиллезбиральні машини мають забезпечувати рівень збору рослинних решток у бункер не менше 70% (за потенційної біомаси бадилля до 400 ц/га). У процесі зрізання надземної частини повністю виключається наїзд рушійних систем агрегату на рядки, деструкція гнізд, оголення або травмування бульб. Технічні характеристики машин повинні підтримувати декілька режимів: збір бадилля в бункер із наступним перевантаженням у транспортні засоби, укладання в копи на поворотних смугах або рівномірне розкидання подрібненої маси по поверхні поля.

Картоплезбиральні машини повинні здійснювати підкопування пласта на глибину до 21 см за максимальної ширини залягання гнізда до 40 см.

Таблиця 1.1

Агротехнічні вимоги до прямого та роздільного способу збирання [2]

Показник	Картоплекопач	Комбайн
Рівень повноти збору (викопування) бульб	не менше 95%	не менше 97% (з валка при підборі – не менше 95%)
Граничний рівень загальних втрат	до 5%	не більше 3%
Допустима кількість механічних пошкоджень	не більше 3% за масою	не більше 12% за масою
Чистота вороху в тарі (бункері)	-	не менше 95%
Продуктивність за годину змінного часу	від 0,4 га	не менше 0,15 га на один робочий рядок

Примітка: Під час проведення агротехнічної оцінки втрат і пошкоджень дрібна фракція бульб масою менше 20 г до розрахунку не приймається.

Специфіка реалізації різних способів збирання:

- однофазне копання – дворядні картоплекопачі повинні формувати смугу викладеного на поверхню поля вороху завширшки не більше 1 м.

- роздільне збирання – під час формування валків із двох, чотирьох або шести рядків обов’язковим є збереження вільних технологічних проходів для коліс підбирача. Максимальна товщина ущільненого шару ґрунту та бульб у валку не повинна перевищувати 10 см. При цьому лінійні параметри валка обмежуються: для двох рядків – до 70 см, для 4-6 рядків – до 90 см. Продуктивність комбайна на підборі становить не менше 0,3 га/год (із 2 рядків), 0,6 га/год (із 4 рядків) та 0,9 га/год (із 6 рядків).

Для агрегатування картоплекопачів доцільно використовувати трактори тягового класу 0,9 або 1,4 т. Однорядні комбайнові агрегати адаптують до тракторів класу 0,9; 1,4 або 2,0 т, тоді як дворядні модифікації потребують енергетичних засобів класу 1,4 і 3,0 т або спеціалізованих самохідних шасі (СШ-45, СШ-75).

Регулювання положення підкопувальних лемішів має здійснюватися через гідросистему трактора як під час стаціонарної стоянки, так і в русі. Робочі органи повинні точно копіювати мікрорельєф поля, підтримуючи заданий горизонт підкопування з максимальним осьовим відхиленням ±2 см. Обов'язковим є наявність індивідуальних запобіжних механізмів для попередження поломок у разі контакту з камінням.

Штат обслуговуючого персоналу (включаючи операторів інспекційного столу) обмежений чотирма особами для однорядних та шістьма особами для дворядних комбайнів. Нормативний термін експлуатації машин становить не менше 7 років (без урахування робочих елементів, що швидко зношуються). Мінімальний амортизаційний наробіток до капітального ремонту для копачів визначено на рівні 100 га, для комбайнів – 50 га.

1.4. Вплив властивостей ґрунту на роботу картоплезбиральних машин

Якість роботи картоплезбиральних машин у великій мірі залежить від ґрунтово-кліматичних умов, в яких вони експлуатуються. Ґрунти різних сільськогосподарських зон України надзвичайно різноманітні. Тільки по генетичних ознаках відомо більше 10 різновидів ґрунтів. Крім того, ґрунти, підрозділяються по механічному складу, кам’янистості і іншим ознакам.

Властивості ґрунту, що впливають на роботу картоплезбиральних машин, знаходяться також залежно від її вологості і характеру попередньої обробки.

Різноманіття ґрунтово-кліматичних умов створює специфічні труднощі при проектуванні і експлуатації картоплезбиральних машин. Тому перспективною системою машин передбачене застосування в різних умовах машин різних типів. При проектуванні картоплезбиральних машин необхідно чітко уявляти, для яких ґрунтових умов вони призначаються.

Дані досліджень картоплезбиральних машин і досвід експлуатації показують, що вирішальний вплив на роботу картоплезбиральних машин роблять механічний склад і вологість ґрунтів.

Вплив типу і вологості ґрунту на роботу підкопуючих робочих органів виявляється в основному в збільшенні зусилля на підрізування при роботі на важких ґрунтах, зміні характеру деформації і руйнування скиби, згружування скиби при роботі на рихлих ґрунтах, залипанні лемешів при підвищеній вологості суглинних і глинистих ґрунтів, прискоренні зносу ріжучої кромки на абразивних (супіщаних) ґрунтах. Але особливо сильно впливають ґрунтові умови на роботу сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин.

Залежність коефіцієнта просівання важкого суглинного ґрунту від вологості показана на рис.1.1 [3].

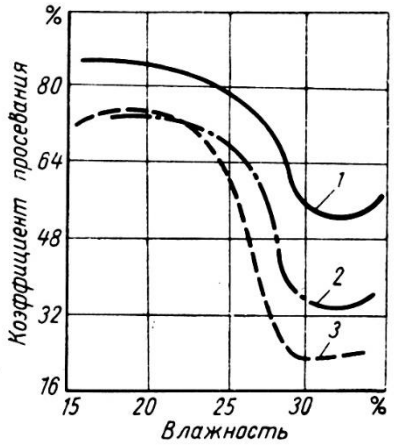


Рис. 1.1. Діаграма залежності коефіцієнту просіювання важкого суглинного ґрунту від його вологості: 1 – гіраційним грохотом зі струнною робочою поверхнею; 2 – коливальний грохот; 3 – прутковий елеватор.

Залежно від вмісту глинистих частинок і вологи ґрунт може знаходитися в трьох різних фізичних станах (консистенціях): твердій, пластичній і текучій. Фізичні властивості ґрунту при переході з одного стану в інший різко змінюються.

У твердому стані ґрунт добре просівається, оскільки частинки її не злипаються і не прилипають до металу. Крім того, ґрунтова скиба порівняно легко руйнується при зтрушуванні, здавленні і ударах. Проте на важких ґрунтах при вологості менше 10% грунтовий пласт набуває великої зв'язності, що веде до утворення міцних глиб і грудок.

У пластичному стані властивості ґрунту різко змінюються: грудки погано руйнуються, сплющуються при здавленні, ґрунтові частинки злипаються між собою, прилипають до металу, не просіваються.

У текучому стані ґрунт деформується (тече) під дією власної ваги.

При збільшенні вологості навіть піщаний ґрунт погано просівається.

Таким чином, процес відділення бульб від ґрунту у зв'язку з крайньою мінливістю властивостей одного з компонентів, що розділяються, – ґрунти — не є постійним, як наприклад, схожі по назві процеси відділення зерна від соломи, сортування насіння за розміром, де компоненти зберігають основні властивості, а змінюється залежно від стану ґрунту.

На рис. 1.2 [3] показана діаграма стану ґрунту залежно від механічного складу і вологості, побудована на підставі експериментальних даних визначення нижньої і верхньої меж пластичності різних ґрунтів.

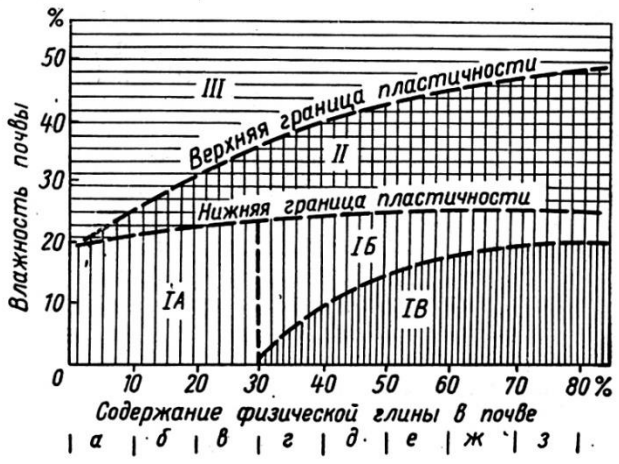


Рис.1.2. Діаграма фізичного стану ґрунту в залежності від його механічного складу і вологості: 1А – розпушений (не грудкуватий) стан; 1Б – розпушений стан з наявністю в ґрунті неміцних грудок; 1В – грудкуватий стан ґрунту; II – пластичний стан ґрунту; III – текучий стан ґрунту; а – пісок; б – супісь; в – суглинок легкий; г – суглинок середній; д – суглинок важкий; е – глина легка; ж – глина середня; з – глина важка.

На діаграмі межі пластичності розділяють три різні фізичні стани ґрунту: твердого, пластичного і текучого. Крім того, в твердому стані ґрунт може, з точки зору сепарації, мати три різновиди стану.

Таким чином, можна виділити п'ять основних видів процесу сепарації [3]:

1. Сепарація компонентів: бульби – тверді частинки ґрунту, значно менші бульб за розміром. Процес відбувається при роботі машин на піщаних і супіщаних ґрунтах, а також на суглинних при оптимальній вологості і добрій попередній обробці (зона 1А на діаграмі).

2. Сепарація компонентів: бульби – дрібні ґрунтові частинки з наявністю неміцних грудок (з міцністю до 200 Н), близьких за розміром до бульб. Процес відбувається при роботі машин на суглинному ґрунті при зниженій вологості і поганій обробці (зона 1Б).

3. Сепарація компонентів: бульби – дрібні ґрунтові частинки з наявністю міцних грудок (або каміння), близьких за розміром до бульб. Процес відбувається при роботі машин на важких суглинних і глинистих ґрунтах при зниженій вологості, а також на легких кам’янистих ґрунтах (зона 1В).

4. Сепарація компонентів: бульби – ґрунт в пластичному стані. Процес відбувається при роботі на суглинних і глинистих ґрунтах при вологості між нижньою і верхньою межами пластичності (зона II).

5. Сепарація компонентів: бульби – грунт в текучому стані. При достатній прохідності агрегату процес може відбуватися на всіх типах ґрунтів при їх вологості вище за верхню межу пластичності (зона III).

1.5. Біологічні та механіко-технологічні властивості картоплі.

При вирощуванні картоплі в більшості випадків витримують ширину міжрядь 70 см.

Більшість сортів висаджують з відстанню між бульбами у рядку біля 30 см. Така схема садіння забезпечує не менш 50 тис. кущів на гектарі. Бульби розміщуються у гніздах, форма та розміри яких визначають глибину ходу підкопуючих робочих органів збиральних машин.

Середня глибина залягання гнізда по сортам складає 14 - 19,5 см, ширина - 17,3…31,2 см.

Таблиця 1.2

Розташування бульб в ґрунті

Сорт	Глибина залягання бульб, см		Ширина залягання, см	
	середня	макс.	середня	макс.
Прискульський	16,1	22	-	-
Лорх	18,8	24	22,5	38
Рання роза	14	21	17,3	36
Північна роза	13,4	18	-	-
Передовик	19,5	22	-	-
Бермхінген	19,2	22	20,5	33
Сілезія	18,5	24	31,2	46
Вольтман	17,2	22	25,5	44

Об’ємна вага бадилля залежить від вологості і щільності укладки та в середньому дорівнює 133 кг/м^3 [3].

Середня вага бульб по сортам складає від 48 до 102 грам (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3

Вагова характеристика бульб

Сорт	Урожайність, ц/га	Вага бульб, г		
		Середня	Максимальна	Мінімальна
Прискульський	200	92	252	20
Лорх	213	75	290	20
Рання роза	210	102	410	20
Північна роза	162	71	196	20
Передовик	208	48	164	20
Бермхінген	200	55	290	20
Вольтман	200	55	290	20

Відповідно з вагою змінюються і розміри бульб (табл. 1.4)

Таблиця 1.4

Розподіл бульб сорту Лорх по класам ваги

Класи бульб по вазі, г	Співвідн. класів, %	Середня вага, г	Розміри, мм		
			Довжина	Ширина	Товщина
0-20	8,5	-	-	-	-
21-60	31,3	45	53	44	35
61-100	29,6	77	64	51	40
101-140	17,2	131	85	65	49

Таблиця 1.5

Вагова і кількісна характеристика куща картоплі

Сорт	Вага бульб, г		К-ть бульб, шт		Сер. вага однієї бульби, г	Вага бадилля, г		Відношення ваги бадилля до бульб,%	Урожайність, ц/га
	середн.	макс.	середн.	макс.		середн.	макс.		
Прискульський	697	1607	8	16	92	277	480	39,7	220
Лорх	610	1035	8	16	75	163	547	26,7	213
Рання роза	602	2140	6	18	102	113	518	18,8	211
Північна роза	514	882	8	13	71	416	652	80,9	162
Передовик	615	926	13	17	48	445	1210	72,3	208
Бермхінген	628	810	10	14	67	191	340	30,4	206
Сілезія	524	1020	12	28	42	499	2070	95,2	183

Середній діаметр стебла в нижній частині знаходиться в межах 8…12 мм, з крайнім відхиленням – 4…20 мм [3].

Довжина бадилля, яка в середньому становить 0,5…0,8 м, в деяких випадках досягає 2 м. При такій довжині до періоду збирання більшість стебел полягає.

Відносна вага бадилля у більшості сортів висока, у сорта Лорх – середня, у Ранньої рози – незначний. Міцність стебел бадилля на розрив у різних сортів різна. Бадилля в період збирання, як правило, знаходиться в неактивному стані, розрив його здійснюється на висоті 200 мм від основи.

Розривне зусилля стебел у різних сортів знаходиться в межах від 493 до 170 Н (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Розривне зусилля бадилля картоплі

Сорт	Серед. діаметр стебел, мм	Розривне зусилля, Н		
		Середнє	Максимальне	Мінімальне
Рання роза	6,3	235	311	189
Епіку	6,9	219	291	170
Лорх	8,4	417	430	393
Сілезія	9,8	427	493	349
Вольтман	8,1	343	416	271

У ранніх сортів міцність бадилля менша, ніж у середніх і пізніх. У сорту Лорх міцність на різній висоті стебел різна. Для порівняння зусиль розриву стебел, котрі находяться в прямій залежності від їх діаметра (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Зусилля розриву стебел (сорт Лорх)

Діаметр стебел у основи, мм	Середнє зусилля теребління, Н	Середнє зусилля розриву (Н) на відстані від бадилля, см		
		5	15	25
5-6	76	260	190	150
6-8	103	280	310	220
8-10	153	420	350	250
10-12	156	480	480	400

Висновки:

1. В результаті аналізу технологічного процесу вирощування картоплі видно, одним із головних шляхів підвищення врожайності, зниження витрат і собівартості її виробництва є комплексна механізація галузі. Проте якість техніки, що виготовляє промисловість, залишається низькою, і при цьому

відсутня можливість комплектування комбінованих картоплезбиральних агрегатів на базі сучасних енергозасобів інтегральної схеми

2. Підкопуючі робочі органи картоплезбиральних машин і комбайнів є найважливішим елементом в технологічному процесі збирання картоплі. У відповідності до цього, агротехнічні вимоги до підкопуючи пристроїв визначаються виходячи з можливості проведення збирання з мінімальними втратами та незначними пошкодженнями бульб картоплі.

3. На роботу викопуючих робочих органів першочерговий вплив мають властивості ґрунту, які в свою чергу залежать від різновиду та вологості. Розробка та вдосконалення існуючих робочих органів для викопування картоплі повинні проводитися з врахуванням властивостей ґрунту та біологічних особливостей картоплі.

2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

2.1. Аналіз існуючих картоплекопачів та картоплезбиральних комбайнів

Для збирання картоплі використовують картоплекопачі, картоплекопачі-валкоутворювачі та картоплезбиральні комбайни [2, 14, 18, 20].

Картоплекопачі є спеціалізованими агротехнічними знаряддями, що забезпечують підкопування скиби ґрунту в зоні розташування рядка, руйнування і подрібнення ґрунтового пласта, відокремлення рослинних і ґрунтових домішок від продуктивної частини та подальше викладання очищених бульб у валок на поверхню поля для підсушування та збирання.

Напівнавісний картоплекопач елеваторного типу КСТ-1,4А застосовується для одночасного підкопування двох рядків картоплі з наступним формуванням валка. Машина адаптована до роботи на всіх типах окультурених ґрунтів. Технічна характеристика наведена в додатку А.

До структури конструктивно-технологічної схеми картоплекопача входять такі основні вузли та механізми (рис. 2.1), як несуча рама, змонтована на одному передньому металевому копіювальному колесі 1 та двох задніх опорно-ходових пневматичних колесах 6, причіпний пристрій 11 для з’єднання з трактором, підкопувальна частина з двох лемешів 2 активного типу з механізмом регулювання глибини 9 їх ходу, сепаруючий комплекс із послідовно встановлених швидкісного 3, основного 5 та каскадного 7 пруткових конвеєрів, а також два бічні звужувальні щитки 8 для формування компактного валка і механізми трансмісії.

Робочі органи підкопувальної частини мають трапецієподібну геометричну форму та здійснюють коливальні рухи, що забезпечує первинне руйнування зв’язного ґрунтового пласта під час підкопування та плавне переміщення маси на перший сепаруючий конвеєр. Для запобігання втратам бульб та заклинюванню маси задня частина кожного леміша обладнана відкидними клапанами, які шарнірно сполучені з несучою рамою 4.

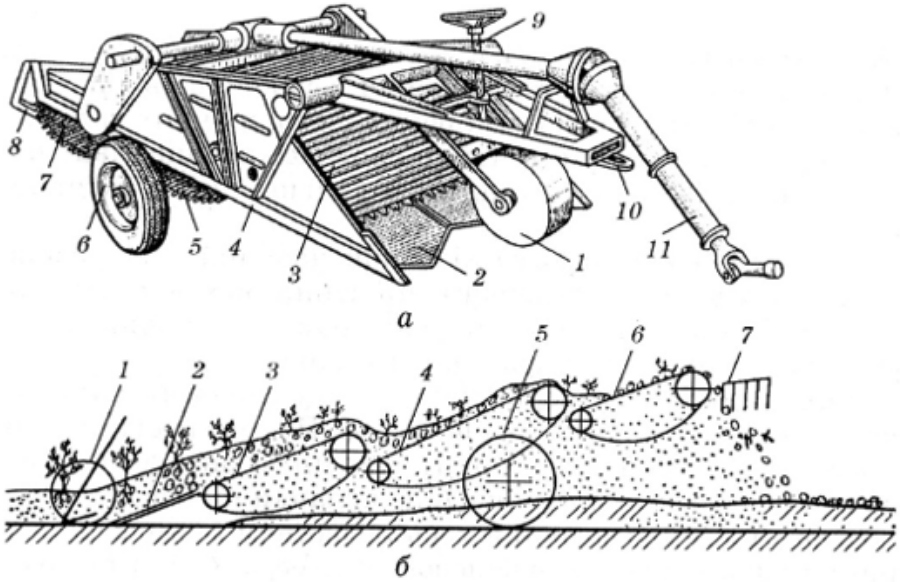


Рис. 2.1. Картоплекопач КСТ-1,4А: а – загальний вигляд: 1– копіювальне колесо; 2 – леміш; 3, 5 і 7 – відповідно швидкісний, основний і каскадний конвеєри; 4 – рама; 6 – ходове колесо; 8 – звужувальний щиток; 9, 10 і 11 – відповідно механізми регулювання глибини ходу лемішів, причіпного пристрою і приводу робочих органів; б – конструктивно-технологічна схема; 1 – копіювальне колесо; 2 – леміш; 3 – швидкісний конвеєр; 4 – основний конвеєр; 5 – ходове колесо; 6 – каскадний конвеєр; 7 – звужувальний щиток.

Швидкісний конвеєр 3 пруткового типу забезпечує інтенсивне розпушення, подрібнення та первинну сепарацію підкопаного ґрунтового пласта з наступним його переміщенням на основний конвеєр 5. Верхня робоча гілка основного конвеєра здійснює додаткові вертикальні коливання за допомогою еліптичних зірочок (струшувачів), завдяки чому відбувається активне просіювання дрібнодисперсних фракцій ґрунту крізь міжпруткові зазори.

Каскадний конвеєр 7 виконує завершальну сепарацію викопаного картопляного вороху та спрямовує масу до звужувальних щитків 8, які формують компактний валок на поверхні поля. З метою зниження динамічних навантажень на бульби та мінімізації їх механічного пошкодження конструкція конвеєра передбачає прогумування кожного другого робочого прутка.

Навісний картоплекопач КТН-2В застосовується для підкопування двох рядків картоплі, первинного очищення викопаного об’єму маси від домішок та формування валка на поверхні поля. Машина оптимізована для роботи на легких і середніх за гранулометричним складом ґрунтах.

До компонувальної схеми КТН-2В (рис. 2.2) входять несуча рама 2, пасивні леміші 1, карданна передача 3, центральний редуктор 4, послідовно встановлені основний 5 і каскадний 6 пруткові конвеєри, опорно-ходові колеса 8 та звужувальні бічні решітки 7. На відміну від моделі КСТ-1,4А, конструкція даного викопувального пристрою спрощена: у ній відсутні переднє копіювальне колесо та додатковий швидкісний конвеєр, а леміші жорстко зафіксовані на рамі (пасивного типу).

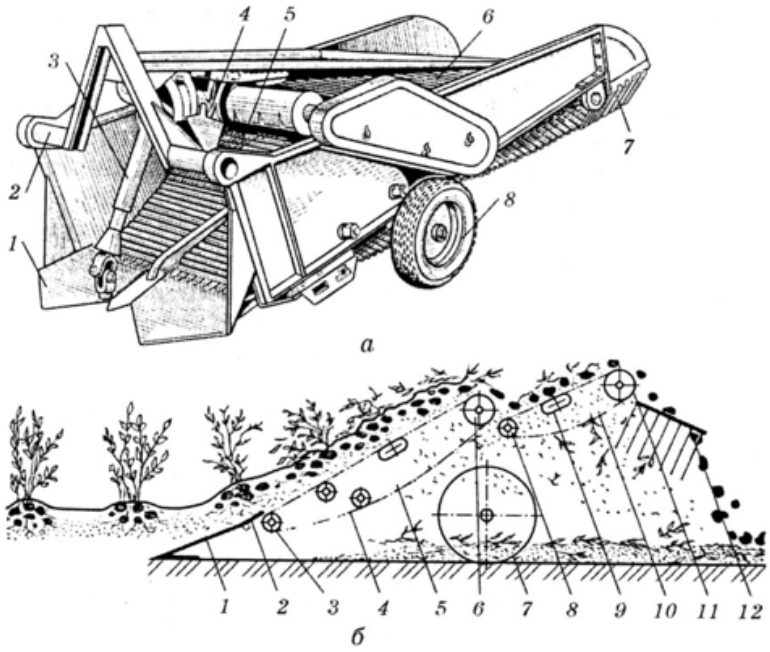


Рис. 2.2. Картоплекопач КТН-2В: а – загальний вигляд: 1 – леміш; 2 – рама; 3 – карданна передача; 4 – редуктор; 5 – основний конвеєр; 6 – каскадний конвеєр; 7 – звужувальна решітка; 8 – опорне колесо; б – конструктивно-технологічна схема: 1 – леміш; 2 – відкидний клапан; 3 і 8 – напрямні котки; 4 – основний конвеєр; 5 і 9 – зтрушувачі; 6 і 11 – ведучі зірочки; 7 – опорне колесо; 10 – каскадний конвеєр; 12 – відбивач.

Технологічний процес роботи (рис. 2.2б) базується на тому, що підрізаний пасивними лемішами 1 ґрунтовий пласт разом із бульбами

спрямовується на основний конвеєр 4. Завдяки вертикальним варіаціям полотна, які забезпечуються механічними струшувачами, відбувається інтенсивне просіювання основної маси руйнованого ґрунту. Очищений ворох переходить на каскадний конвеєр 10, де за допомогою аналогічних струшувачів 9 реалізується вторинна сепарація. На виході з машини потік, що складається з бульб, рослинних решток і залишків несепарованого ґрунту, обмежується звужувальними решітками й укладається у компактний валок на поверхню поля.

Аналогічний за призначенням напівпричіпний картоплекопач-валкоутворювач УКВ-2 орієнтований на дворядне збирання за комбінованою або роздільною технологічними схемами. Його функціональний цикл також включає підкопування пласта, відсіювання супутніх домішок і формування валка для подальшого комбайнового підбору. Технічна характеристика наведена в додатку А

Загальна будова. Копач-валкоутворювач (рис 2.3) базується на основній рамі, на якій змонтовані ходові пневматичні та опорні 1 колеса. До складу технологічного комплексу машини входять лемеші 3 з активними боковинами 2, бадиллівідокремлювальні гірки, основний конвеєр 4 зі струшувачами 5, два балони-грудкоподрібнювачі 6, а також двоярусний грохот з першим 7 та другим 9 решетами. Для належного очищення й укладання вороху конструкція містить ложеутворювач 8, поперечний конвеєр 10, бадиллівідокремлювальні тростини 11, бадиллівідокремлювальну гірку 12, внутрішню гідросистему та трансмісійний механізм приводу робочих органів.

Леміші 3 мають плоску п’ятикутну геометрію із загостреною передньою частиною та обладнані активними коливальними боковинами. У задній зоні лемішів шарнірно зафіксовані клапани, функція яких полягає в запобіганні заклинюванню сторонніх предметів та каміння у проміжку між підкопувальною частиною та основним конвеєром 4. Наявність вільного простору між лемішами і боковинами, а також коливальний рух самих активних боковин повністю усувають ризик нагромадження і звантаження рослинних решток на робочих органах. Основний конвеєр 4 пруткового типу функціонує зі швидкістю руху полотна 1,54 м/с і оснащений активними

струшувачами 5. Ці струшувачі виконані у формі еліптичних зірочок, які забезпечують вертикальні коливання стрічки, що суттєво інтенсифікує процес просіювання дрібнодисперсного ґрунту крізь зазори між прутками.

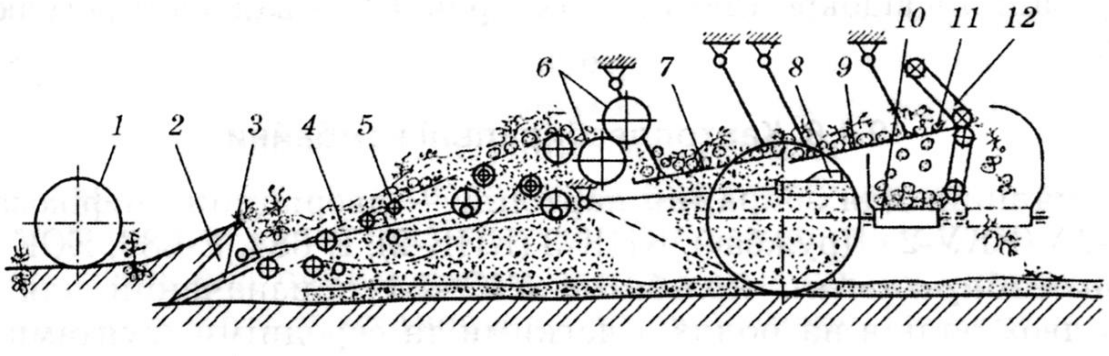


Рис. 2.3 Конструктивно-технологічна схема картоплекопача-валкоутворювача УКВ-2: 1 – опорне колесо; 2 – активні боковини; 3 – леміш; 4 – основний конвеєр; 5 – зтрушувачі; 6 – балони-грудкоподрібнювачі; 7 – перше решето грохота; 8 – ложеутворювач; 9 – друге решето грохота; 10 – поперечний конвеєр; 11 – бадиллєвідокремлювальні тростини; 12 – гірка.

Грудкоподрібнювач 6 конструктивно представлений двома циліндричними пневматичними балонами, які розміщені один над одним. Ефективне руйнування ґрунтових комів забезпечується за рахунок різної кутової швидкості обертання цих балонів, які відрізняються як за своїм значенням, так і за напрямком руху робочих поверхонь.

Картоплезбиральні комбайни

Основними технічними засобами для механізованого збирання картоплі є дворядні уніфіковані комбайни моделей ККУ-2А (ККУ-2 «Дружба»), КПК-3 (КПК-2), Е-684, Е-686, а також КСК-4-1.

Напівнавісний картоплезбиральний комбайн ККУ-2А розрахований на дворядне вилучення бульб на легких і середніх за механічним складом ґрунтах. Технічна характеристика наведена в додатку А

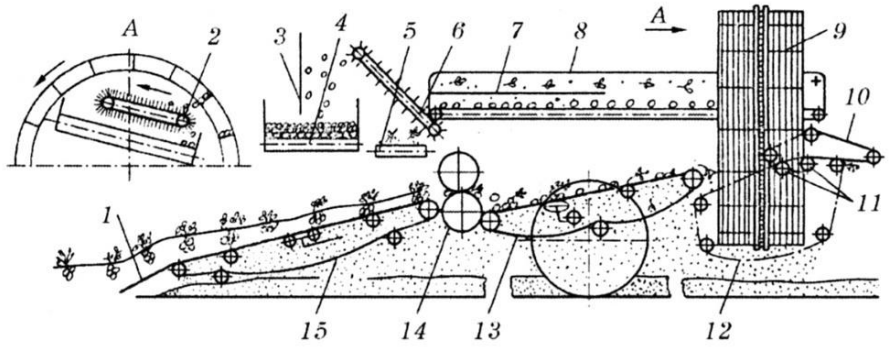


Рис. 2.4. Конструктивно-технологічна схема комбайна ККУ-2А:
1 – активний леміш; 2 – гірка; 3 – екран; 4 – бункер; 5 – конвеєр домішок; 6 – конвеєр завантаження бункера; 7 – розподільник; 8 – перебиральний стіл; 9 і 10 – барабанний та притискний конвеєри; 11 – відбийні прутки; 12 – рідко прутковий конвеєр; 13 і 15 – другий та основний се парувальні конвеєри; 14 – грудко подрібнювач

До базових конструктивних елементів картоплезбирального комбайна належать активний леміш 1, основний 15 та другий 13 сепарувальні конвеєри з механізмом струшування, пневматичний грудкоподрібнювач 14 і бадиллевідокремлювач.

Транспортування й очищення вороху здійснюють барабанний конвеєр 9, похила гірка 2 та перебиральний стіл 8. Готова продукція і відходи розподіляються через конвеєр завантаження 6 у бункер 4 та конвеєр домішок 5.

Усі вузли змонтовані на рамі з опорними та ходовими колесами, яка оснащена механізмом передач, гідросистемою піднімання бункера, регулятором заглиблення леміша, а також робочими майданчиками для комбайнера і перебиральників.

Активний леміш підкопує рядки або підбирає валки картоплі. Складається з плоского леміша, шатунів, решітки та ексцентрикового вала. При прямому комбайнуванні на нього встановлюють змінні накладки, а при роздільному збиранні – бічні боковини.

Основний прутковий конвеєр та механізм струшування здійснюють первинне відсіювання ґрунту. Полотно елеватора приводиться в коливальний

рух кривошипно-шатунним механізмом через три пари котків, розміщених під верхньою стрічкою.

Грудкоподрібнювач руйнує комки землі та відокремлює бульби від бадилля за допомогою двох паралельних циліндричних пневмобалонів, що обертаються один над одним. За ним встановлено другий сепарувальний конвеєр, який аналогічно першому додатково очищує ворох.

Бадиллівідокремлювач відриває і викидає стебла на поле завдяки взаємодії пруткового і притискного конвеєрів із відбійними прутками.

Барабанний конвеєр розташований поперек комбайна; він просіює дрібну землю крізь решітчасту поверхню зі сталевого троса і лопатями переміщує масу далі.

Гірка розділяє потік: похила стрічка з гумовими пальцями затримує домішки і виносить їх угору, а бульби котяться вниз на перебиральний стіл. Останній є ланцюгово-стрічковим конвеєром під кутом 12^0 для ручного доочищення, облаштовані робочі майданчики.

Розподільник розділяє масу на два потоки: чисту картоплю – до бункера, а відходи – на конвеєр домішок, який викидає сміття назовні.

Бункер накопичує врожай і вивантажує його в транспорт на ходу. Складається з рухомого прогумованого дна-транспортера, розсувної рамної конструкції та гідроциліндрів підйому.

Напівпричіпний трирядний картоплезбиральний комбайн КПК-3 призначений для збирання трьох рядків картоплі прямим комбайнуванням з міжряддям 70 см, посаджених гребеневим способом на легких, середніх і важких перезволожених ґрунтах.

Загальна будова. Усі функціональні вузли комбайна змонтовані на рамі 1, яка спирається на ходові колеса 12. До складу підкопувального апарату входять три копіювальні котки 2, які стискують гребені рядків, викопувальні дискові копачі 3, підкопувальні лемеші 14 та поздовжні шнеки 15. Первинне та вторинне очищення вороху здійснюють перший 16 і другий 21 сепарувальні конвеєри, двовальний грудкоподрібнювач 18, а також сепаратори шнекового типу, представлені середнім 5, заднім 9 і боковими 19 шнеками.

Для відокремлення рослинних решток і фінального сортування конструкція містить рідкопрутковий конвеєр 13, бадиллєвтягувальний валик, а також задню основну 11 і вузьку 10 пальчасті гірки. Транспортування та накопичення готової продукції забезпечують ківшовий конвеєр 8, конвеєр завантаження 7 та місткий бункер 20. Надійне функціонування, налаштування та безпеку забезпечують регулювальні механізми 6 і 17, внутрішня гідросистема, трансмісійний привід та облаштована робоча площадка для комбайнера.

Картоплезбиральний комбайн КПК-3 призначений для збирання трьох рядків картоплі прямим комбайнуванням (однофазним способом) з міжряддям 70 см, посаджених гребеневим способом на легких, середніх і важких перезволожених грунтах. Комбайн напівпричіпний, агрегатується з тракторами класу тяги 1,4; 2 і 3. Робочі органи приводяться в рух від ВВП трактора. Ширина захвату 2,1 м, робоча швидкість 2,0...6,0 км/год, продуктивність 0,44...0,8 га/год, маса 6000 кг.

Загальна будова. Конструктивну схему картоплезбирального комбайна КПК-3 наведено на рис. 2.5. Комбайн складається з рами 1, трьох копіювальних котків 2, які стискують гребені рядків, викопувальних дискових копачів 3, підкопувальних лемешів 14, поздовжніх шнеків 15, першого 16 і другого 21 сепарувальних конвеєрів, сепараторів шнекового типу – середнього 5, заднього 9 і бокових 19 шнеків, грудкоподрібнювача 18, рідкопруткового конвеєра 13, задньої основної 11 і вузької 10 пальчастих гірок, ківшового конвеєра 8, конвеєра завантаження 7 бункера 20, регулювальних механізмів 6 і 17, бадиллєвтягувального валика, гідросистеми, приводу, площадки для комбайнера. Робочі органи комбайна змонтовані на рамі 1, яка спирається на ходові колеса 12. Основна технічна характеристика наведена в додатку А.

КПК-3 уніфікований із дворядного КПК-2, але адаптований під три рядки: має трирядні підкопувальні органи й розширене перше пруткове полотно.

Порожнисті опорні котки обертаються від зчеплення з землею, копіюють рельєф гребенів і витримують глибину ходу трапецієподібних

лемішів із відкидними клапанами, які працюють у парі з двома плоскими дисковими копачами на колінчастій осі.

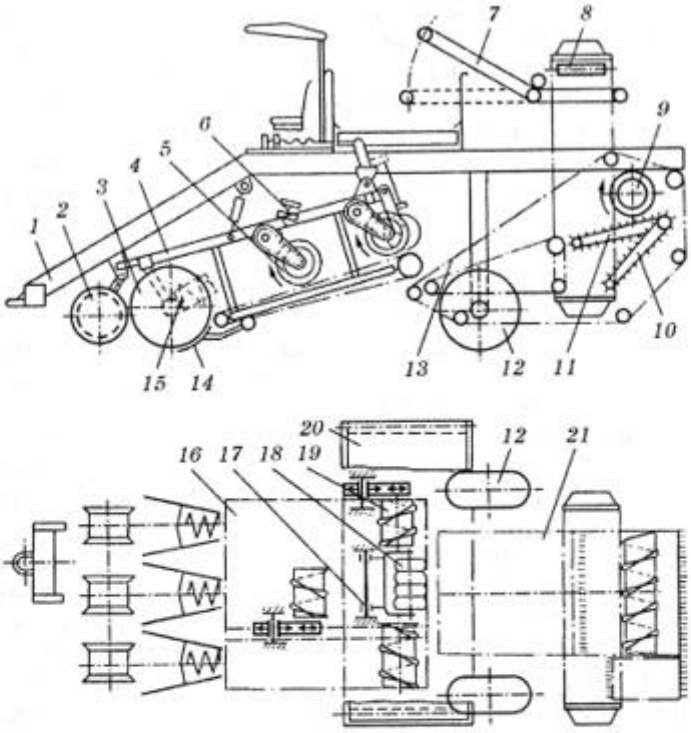


Рис. 2.5 Конструктивна схема комбайна КПК-3:
1 – рама; 2 – копіювальний коток; 3 – викопувальні диски; 4 – рухома частина рами; 5, 9 і 19 – середній, задній та бокові шнеки; 6 і 17 – регулювальні механізми; 7 – конвеєр завантаження бункера; 8 – конвеєр; 10 і 11 – вузька та основна пальчасті гірки; 12 – ходові колеса; 13 – рідкопрутковий конвеєр; 14 – леміш; 15 – поздовжній шнек; 16 і 21 – перший і другий се парувальні конвеєри; 18 – грудко подрібнювач; 20 – бункер

Основний прутковий конвеєр складається з двох полотен. Над ним розміщено три шнеки з гумовими спіралями: нижній центральний подрібнює грудки, а два верхніх бічних звужують потік вороху до пневматичного грудкоподрібнювача (аналогічного ККУ-2А). Далі другий сепарувальний конвеєр з одним суцільним полотном додатково відсіює землю й подає масу на очисні органи.

Фільтрацію забезпечує основна пальчаста гірка, яка відсіює дрібне сміття й спрямовує картоплю до підйомника, тоді як задній шнек зсуває великі

домішки на суміжну вузьку гірку. Ківшевий конвеєр із прогумованими ковшами піднімає бульби до завантажувача бункера.

Бункер обладнаний трьома нерухомими й однією рухою стінкою, прийомним лотком та ланцюгово-планчастим елеватором для вивантаження. Усі допоміжні операції – від підйому рами до приводу транспортерів – контролює гідросистема, що складається з розподільника, магістралей, гідромотора та гідроциліндрів.

Картоплезбиральний комбайн Е-684 – це причіпна машина для дворядного збирання врожаю методом прямого комбайнування на полях з міжряддям 70 см.

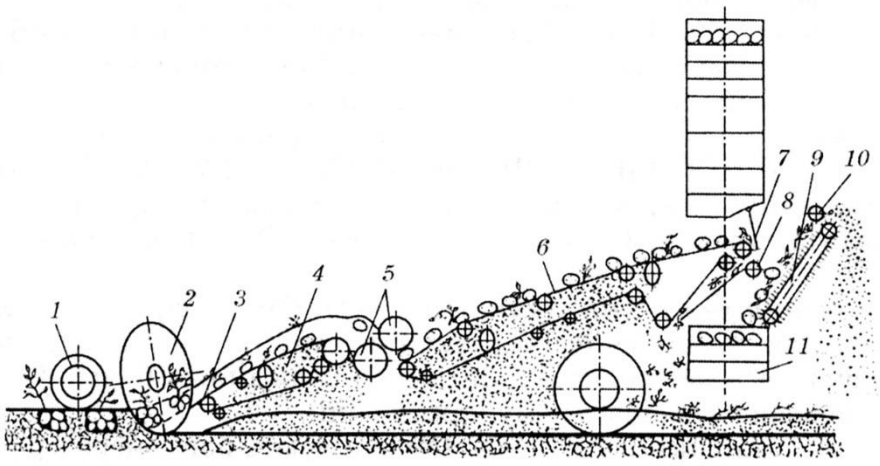


Рис. 2.6. Конструктивно-технологічна схема комбайна Е-684:
1 – копіювальний коток; 2 – боковий дисковий леміш; 3 – основний леміш; 4 і 6 – перший та другий конвеєри; 5 – балони-грудкоподрібнювачі; 7 – напрямні пальці; 8 – бадиллєвідокремлювальний валик; 9 – пальчаста гірка; 10 – бульбо відбійний валик; 11 – вивантажувальний елеватор

Картоплезбиральний комбайн Е-684 (рис. 2.6) складається з рами з ходовою частиною та пневматичними гальмами. На ній змонтовано опорно-копіювальні котки 1, нахилені бічні дискові леміші 2, плоскі підкопувальні лемеші 3, лопатеві бітери, перший 4 і другий 6 пруткові сепарувальні конвеєри, пневматичні балони-грудкоподрібнювачі 5, напрямні пальці 7, бадиллєвідокремлювальний валик 8, похилу виносну пальчасту гірку 9, бульбовідбійний валик 10 та вивантажувальний елеватор 11.

Опорно-копіювальні котки 1 регулюють глибину ходу плоских лемішів 3, які зрізають гребені й передають їх на перший конвеєр 4. Стабільному переміщенню маси допомагають лопатеві бітери, а похилі дискові леміші 2 зсувають крайні грядки до центру, запобігаючи втратам. Після первинного відсіювання землі на першому конвеєрі 4 ворох проходить крізь балони-грудкоподрібнювачі 5, де руйнуються скиби, і потрапляє на другий конвеєр 6 для вторинної сепарації.

На виході з другого елеватора напрямні пальці 7 спрямовують рослинність у зазор між полотном конвеєра та зустрічно обертовим бадиллєвідокремлювальним валиком 8; тут бадилля затягується і скидається на поле, а відірвані бульби падають на пальчасту гірку 9. На цій похилій стрічці залишки землі та сміття виносяться вгору, тоді як картопля скочується вниз до вивантажувального елеватора 11 для транспортування у причеп. Для запобігання втратам врожаю над гіркою працює зустрічний бульбовідбійний валик 10, який відбиває випадково захоплені бульби назад на лоток.

2.2. Аналіз підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин.

Існуючі конструкції картоплекопачів можна розділити за призначенням на чотири групи: копачі, копачі кидального типу, копачі просівного типу, комбайни [10].

Копачі – це ґрунтообробні знаряддя для розорювання картопляних грядок, які за своїм функціоналом поділяються на три типи:

- двополицеві корпуси;
- пристрої з гнучкими елементами, що виносять бульби на поверхню поля;
- копачі з U-подібними лемішами, які виштовхують бульби на поверхню вже без ґрунту.

Копачі з гнучкими елементами обладнані двома розпушувачами (рис. 2.7) 1, встановленими по краях знаряддя. Самі гнучкі елементи 2 – це відрізки сталевих тросів, закріплені з певним кроком по глибині обробітку. Кінці цих тросів зафіксовані на одному рівні між суміжними стояками розпушувачів, причому довжина відрізків зменшується згори донизу. Під час руху таких петель

у товщі землі ґрунтовий пласт активно кришиться, а бульби піднімаються й виносяться на поверхню поля.

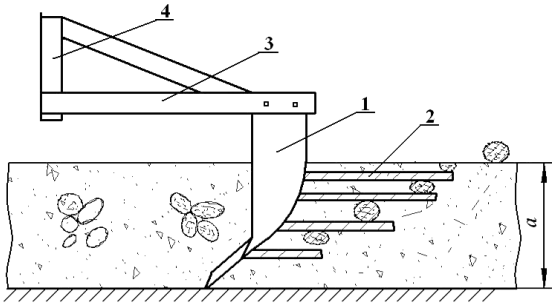


Рис.2.7. Схема копача з гнучкими елементами: 1 – розпушувач; 2 – гнучкі елементи; 3 – рама;4 – навісний пристрій

Двополицеві найчастіше це однорядні знаряддя з глибиною обробітку до 0,25 м і робочою швидкістю 1,3-1,6 м/с. Вони забезпечують вихід на поверхню лише 60-80% бульб. Головними мінусами двополицевих моделей є низька продуктивність і високі втрати врожаю. Модифікації з гнучкими елементами (тросами) додатково мають підвищену енергоємність, низьку ефективність та сильно травмують картоплю через інтенсивне тертя об сталеві канати.

Копачі кидального типу лемішем підрізають пласт, який під час сходження руйнується роторною кидалкою з вісьмома гребінками (кожна має 3-5 прутків діаметром 14-15 мм). При коловій швидкості кінців гребінок до 6 м/с і швидкості руху агрегату до 1,5 м/с, маса розкидається перпендикулярно ходу машини смугою 1,5-2,5 м. Це забезпечує високий рівень візуалізації – до 90% бульб залишаються на виду.

Копачі просіювального типу – найбільш поширений клас машин, леміш яких підкопує грядку і спрямовує її на динамічні сепарувальні органи (рухомі решітки або конвеєри). Земля просіюється крізь зазори, а картопля, бадилля та великі грудки скидаються позаду копача у вузький валок. Завдяки такому кучному вкладанню, затрати ручної праці на подальше збирання бульб є на 20-25% нижчими порівняно з машинами кидального типу.

Сепарувальні робочі органи розподіляють на три конструктивні типи: елеваторні, грохотні та барабанні. Схема класичного елеваторного копача (рис. 2.8) містить підкопувальний леміш 1, який зрізає скибу ґрунту й передає

її на сепарувальні пруткові елеватори 2 і 5. Під час руху матеріалу по пруткових полотнах земля просіюється, а для остаточного руйнування великих грудок і відокремлення залишків домішок на виході з машини встановлено додаткову струшувальну решітку 7.

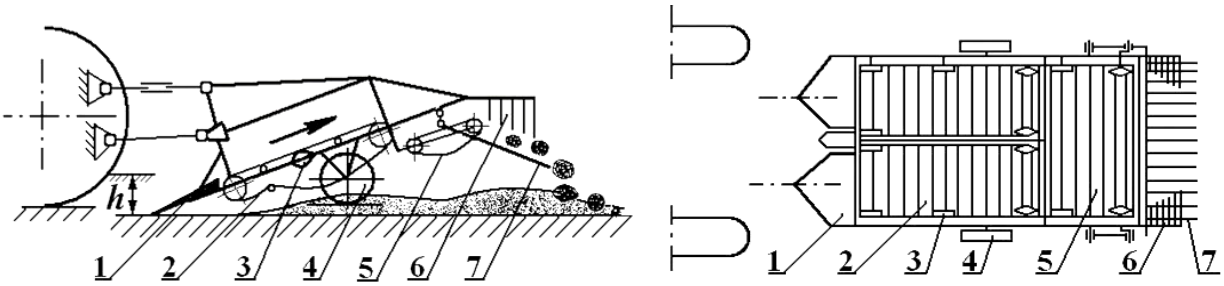


Рис. 2.8. Схема елеваторного копача: 1 – леміш; 2 – основний прутковий елеватор; 3 – зтрушувач; 4 – опорне колесо; 5 – каскадний елеватор; 6 – звужувальний щиток; 7 – струшувальна решітка

Пруткові елеватори складаються з транспортерів із зазорами 25-30 мм, полотно яких струшується еліптичними зірочками, та фінальної коливальної решітки для руйнування грудок і відриву бадилля. Для підвищення швидкості в моделі КСТ-1,4 застосували активний леміш та швидкісний елеватор, що інтенсивно розтягує підкопаний пласт.

Грохотні копачі (рис 2.9) обладнані двома решетами з поздовжніми прутками, які коливаються з частотою 150–200 хв$^{-1}$ [10].

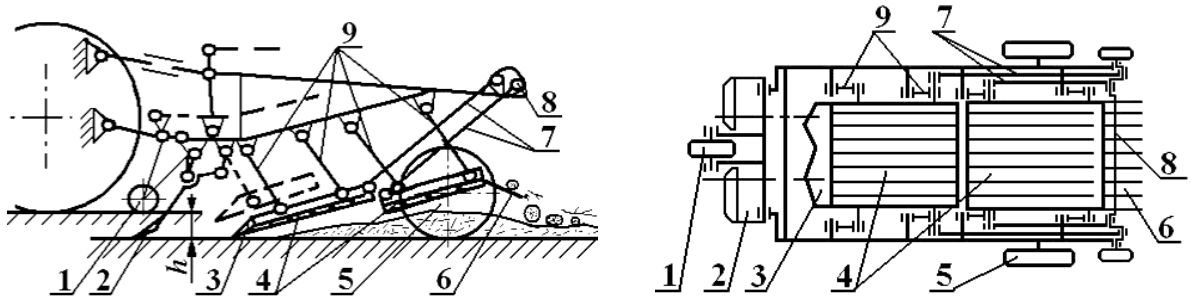


Рис. 2.9. Схема грохотного копача: 1 – опорний коток; 2 – запобіжна напівскоба; 3 – леміш; 4 – дворешітний грохот; 5 – опорне колесо; б – зтрушувальна решітка; 7 – шатуни; 8 – ексцентриковий вал; 9 – підвіски решета

Активні леміші таких машин здійснюють коливання разом із першим грохотом, що зменшує тяговий опір знаряддя на 25-30 % та покращує

кришення ґрунту в 1,3-1,5 рази. Проте через динамічні удари грохотні системи пошкоджують бульби в 1,5-1,8 рази частіше, ніж елеваторні копачі, де рівень травмування зазвичай становить 8-10 %.

Барабанні копачі обладнані конічними або циліндричними сепарувальними органами, поздовжня вісь яких орієнтована вздовж напрямку руху агрегату. Під час роботи леміш підрізає пласт і спрямовує його всередину барабана, що обертається з частотою 150-200 хв$^{-1}$. У процесі обертання ґрунт інтенсивно розпушується і просіюється крізь зазори, а бульби переміщуються вздовж порожнини і на виході вкладаються ззаду машини на очищену землю вузьким валком; при цьому робоча швидкість копача не перевищує 1,4 м/с.

Загальними недоліками більшості існуючих конструкцій картоплезбиральних машин є низька технологічна швидкість руху в межах 0,8-1,1 м/с, суттєві втрати врожаю, що сягають 8 % і більше, а також високий рівень травмування бульб, який може становити 30-40% [14]. Крім того, такі комбайни характеризуються значною конструкційною масою від 4,5 до 12,0 тон та громіздкими габаритними розмірами. За принципом взаємодії з ґрунтом їхні підкопувальні робочі органи поділяють на пасивні, активні та комбіновані

На рис. 2.10 представлена класифікація пасивних підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин. Найбільше розповсюдження отримали сегментні плоскі леміші. Недоліком плоских лемішів є розвалювання шару по боках і обов’язковий захват зайвого ґрунту для попередження втрат бульб картоплі.

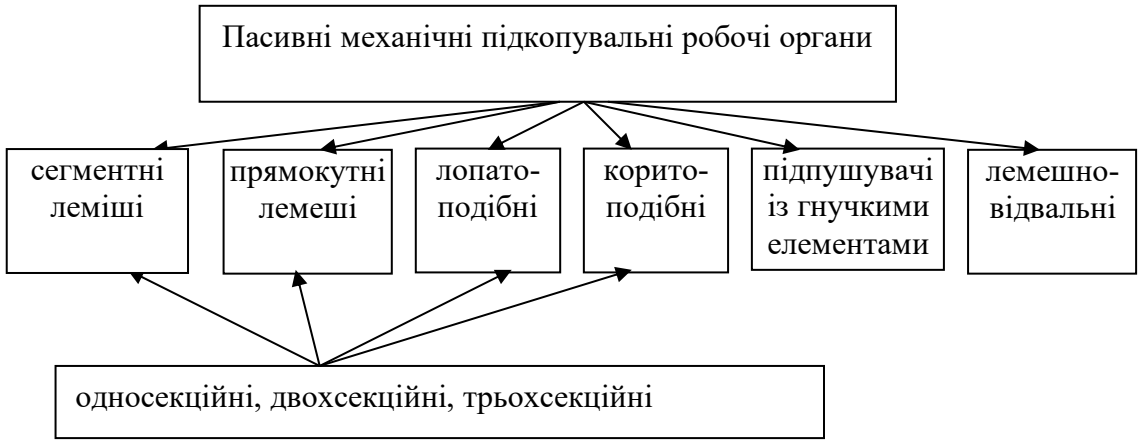


Рис. 2.10. Класифікація пасивних підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин

Коритоподібний леміш запобігає розвалу шару ґрунту, захоплює менше ґрунту, ніж плоский, але він більш залипає на згинах, що приводить 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 1,5-1,8 м/с [14].

З метою зниження тягових опорів і зменшення ймовірності скупчення ґрунту використовують активні леміші. Активні леміші бувають зі зворотно-поступальним рухом, з напівактивною підвіскою, з коловим обертанням, дискові з обертальним рухом і обертальними барабанами-валиками (рис. 4.11). До основного недоліку активних лемішів зі зворотно-поступальним рухом відносять динамічну неврівноваженість. Для часткового врівноваження коливальних лемішів використовують активні боковини, які рухаються в протифазі з лемішем.

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 неврівноважених сил інерції і можливість звуження потоку підкопаної маси.

В деяких конструкціях диски виготовляються з прорізами для сепарації ґрунту. Дискові леміші доцільно використовувати на супісчаних і легких суглинкових ґрунтах.

Комбіновані леміші поєднують у своїй конструкції нерухомі пасивні леміші з додатковими активними елементами (рис. 2.11,г) – бічними боковинами, гребінками, лопатями, спіралями, бітерами або гнучкими компонентами. Залежно від модифікації, ці допоміжні робочі органи здійснюють коливальні або обертальні рухи, що дозволяє інтенсивніше руйнувати структуру підкопаного ґрунтового пласта й полегшує його подальше переміщення на сепарувальні пристрої.

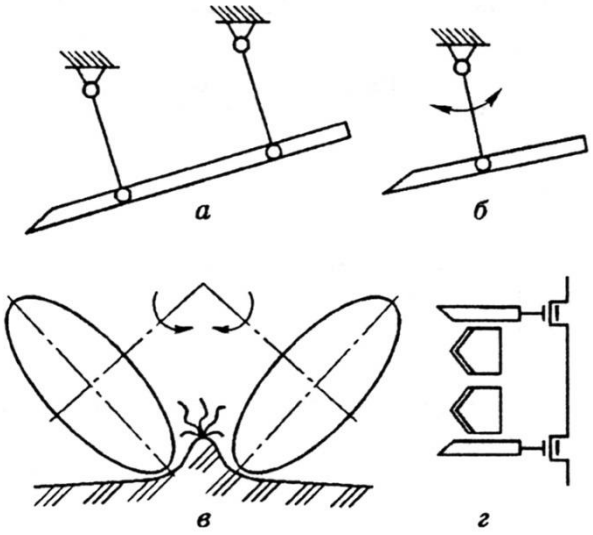


Рис. 2.11. Схеми активних та комбінованих підкопувальних робочих органів: а-в – активні; г – комбіновані.

Активні елементи комбінованих лемішів запобігають розвалюванню підкопаного пласта, усувають забивання робочих органів бадиллям і бур'янами, а також знижують тяговий опір агрегату. Проте їхнім основним недоліком залишається низька робоча швидкість руху – до 1,8 м/с.

Висновки:

1. Сучасні картоплезбиральні машини не повністю задовольняють технологічні вимоги щодо якості роботи, особливо за складних умов. Для покращення ситуації наявний парк комбайнів доцільно модернізувати й адаптувати для роботи у складі комбінованих агрегатів на базі енергозасобів інтегральної схеми.

2. Аналіз існуючих конструкцій свідчить, що найперспективнішим вектором розвитку є розробка підкопувальних органів із додатковими пристроями, які виноситимуть бульби на поверхню поля повністю очищеними від землі. Такий підхід дозволить повністю вилучити з конструкції громіздкі сепарувальні вузли, спростити й полегшити збиральну техніку, знизити її металомісткість, а також забезпечити якісне викопування врожаю із збереженням природної структури ґрунту.

3. ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО АГРЕГАТУ НА БАЗІ ІНТЕГРАЛЬНОГО ТРАКТОРА ХТЗ-16331

Нові агротехнології забезпечують не тільки збереження родючості ґрунтів та збільшення врожайності, але і, головне, вирішують найважливішу задачу зниження трудомісткості виробництва сільськогосподарських культур при загальній економії всіх матеріальних витрат. Підставою для такого висновку є результати багаторічних іспитів тракторів ХТЗ-16331 у різних регіонах і на різних видах робіт. Так, по даним іспитів в Україні [5] застосування інтегрального трактора ХТЗ-16131 у порівнянні зі звичайною технологією на базі трактора МТЗ-82 з 12-рядними машинами забезпечило суттєвий економічний та технологічний ефект. Завдяки впровадженню нового агрегату вдалося у 2-3 рази скоротити кількість проходів техніки по полю, підвищити продуктивність праці в 1,5-2,5 рази та вдвічі зменшити витрату гербіцидів. Разом із цим витрати паливо-мастильних матеріалів знизилися на 35-45 %, вивільнилося 2-3 механізатори, а додатковий урожай склав 4,5-8 центнерів бульбоплодів з кожного гектара.

Універсальні трактори серії ХТЗ-16331 (рис. 3.1) мають високу експлуатаційну ефективність і здатні агрегатуватися з більшістю існуючих сільськогосподарських машин, призначених для тягових класів МТЗ-82 та Т-150К. Зокрема, вони успішно працюють у шлейфі з 5-корпусними плугами, дисковими лущильниками ЛДГ-10, зчіпками з трьох культиваторів КПС-4, а також широкозахватними агрегатами з трьох сівалок СЗ-3,6 під час посіву зернових та інших культур.

Більш ефективно, в порівнянні зі своїми аналогами ХТЗ-16331 працює з 9-тонними причепами і розкидачами добрив тракторів класу 30 кН. Найбільш ефективно трактор працює із широкозахватними машинами для вирощування цукрового буряка, кукурудзи, картоплі та інших сільськогосподарських культур.



Рис.3.1. Трактор ХТЗ-16331.

3.1. Коротка технічна характеристика трактора ХТЗ-16331.

Універсально-просапний трактор інтегральної схеми ХТЗ-16331 призначений для вирощування і збирання цукрових буряків, кукурудзи, соняшнику, картоплі та овочевих культур за класичними й прогресивними технологіями. Конструкція машини дозволяє суміщати кілька технологічних операцій у складі широкозахватних або комбінованих агрегатів завдяки одночасному використанню передньої та задньої навісок, можливості привода активних робочих органів, а також розміщенню місткостей для насіння, добрив і пестицидів безпосередньо на самому тракторі. Окрім догляду за посівами, цей енергозасіб ефективно виконує оранку, суцільну культивацію, внесення добрив, а також комплекс збиральних, транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Схема трактора ХТЗ-16331 представлена на рис. 3.2.

Принципи інтегральності трактора ХТЗ-16331 базуються на блочно-модульному компонуванні, що забезпечує мінімальну дію рушіїв на ґрунт і постійну реалізацію зчіпної маси завдяки однаковим колесам при будь-яких навантаженнях. Конструкція машини передбачає наявність передньої та задньої навісних систем для роздільного копіювання рельєфу, майданчика для технологічних місткостей, розвиненої мережі валів відбору потужності та можливості зміни технологічного кліренсу. Для максимальної

універсальності в тракторі реалізовано повний реверс поста керування, всі керовані колеса зі зміною режимів повороту, а також центральне розташування кабіни з можливістю її перестановки над заднім мостом або перед двигуном.

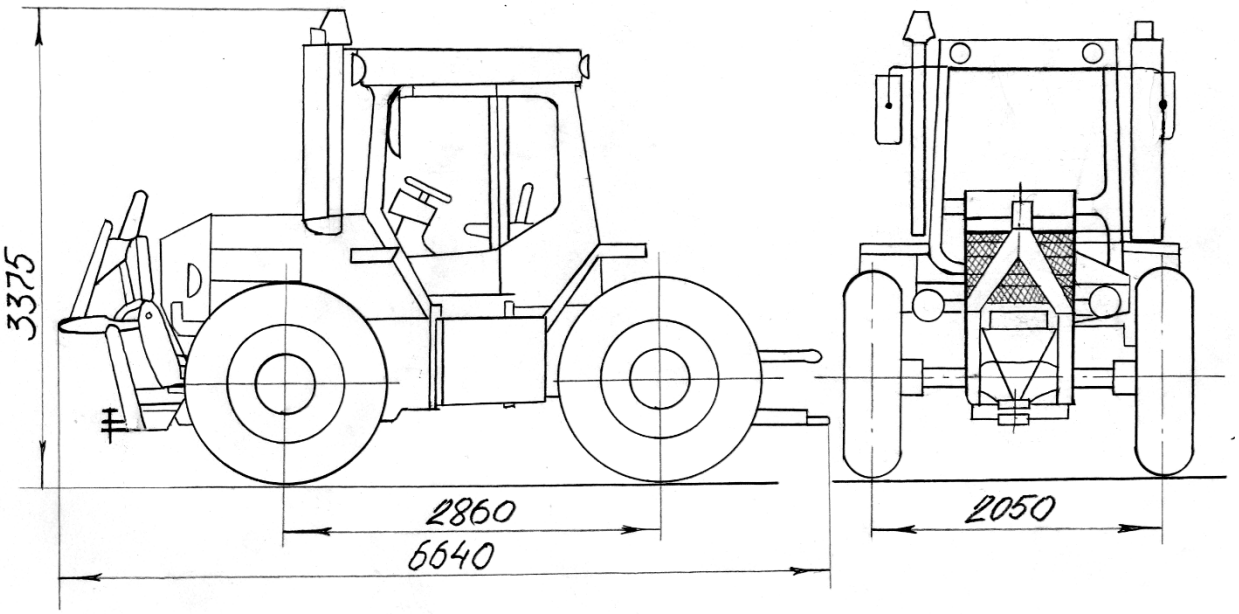


Рис. 3.2. Схема трактора ХТЗ-16331.

Головною особливістю інтегрального трактора ХТЗ-16331 є його блочно-модульне виконання, завдяки якому він ефективно поєднує функції тягової машини з високими зчіпними властивостями, енергетичного засобу та монтажної бази. Як монтажна база він має технологічний майданчик і дві триточкові навісні системи) для збирання багатоопераційних комбінованих агрегатів. Енергетичний потенціал забезпечує німецький двигун Deutz BF6M1013E потужністю 180 к.с. із питомою витратою палива 220 г×кВт/год, а також два вали відбору потужності (ВВП) на 540 та 1000 хв$^{-1}$ для привода активних робочих органів. При експлуатаційній масі 8260 кг трактор адаптований до міжрядь 45 см завдяки можливості встановлення спарених коліс із вузькими шинами розміром 9,5×24”.

3.2. Обґрунтування складу картоплезбирального агрегату на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331.

Підвищення ефективності однофазного збирання картоплі забезпечується використанням інтегрального трактора ХТЗ-16331 із реверсним постом управління. Таке рішення дозволяє в один прохід видаляти бадилля, викопувати й очищати бульби на підвищеній робочій швидкості 3-5 км/год. Перспективним варіантом цієї технології є агрегатування з новим інтегральним трактором уже існуючих причіпних картоплезбиральних машин. Оскільки ці машини вже достатньо відпрацьовані й адаптовані до реальних умов збирання, відпадає потреба в додатковому детальному проектуванні їхнього технологічного процесу, параметрів та режимів роботи робочих органів.

При опрацюванні можливості агрегатування існуючих картоплезбиральних машин з інтегральними тракторами та універсальними енергетичними засобами виникають ускладнення в адаптації гідравлічної системи енергозасобу до машини для можливості використання системи автоматичного водіння машини по рядкам картоплі.

Враховуючи вищевикладене, пропонується для збирання картоплі використати картоплезбиральний агрегат в складі інтегрального трактора ХТЗ-16331 і картоплезбиральний комбайн КПК-3 в причіпному варіанті агрегатування. Схему запропонованого картоплезбирального агрегату представлено на рис. 5.3.

Запропонований картоплезбиральний агрегат складається з інтегрального трактора ХТЗ-16331 1, бадиллєвидаляючого модуля 2 та причіпного картоплезбирального комбайна КПК-3.

Конструктивну схему та особливості агрегатування бадиллєвидаляючого модуля комбінованого картоплезбирального агрегату викладено в роботі [11].

При агрегатуванні картоплезбирального комбайна КПК-3 з інтегральним трактором ХТЗ-16331 привод робочих органів здійснюється від заднього верхнього ВВП (n= 1000 хв$^{-1}$) через карданну передачу.

Схема технологічного процесу комбінованого картоплезбирального агрегату на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331 представлена на аркуші 2 графічної частини проекту.

3.3. Обґрунтування схеми вдосконалення картоплезбирального комбайна КПК-3.

Технологічний процес роботи картоплезбирального комбайна КПК-3 (рис.3.4), як і усіх картоплезбиральних машин, ґрунтується на підкопуванні пласту з наступною його сепарацією, але у ньому є свої особливості.

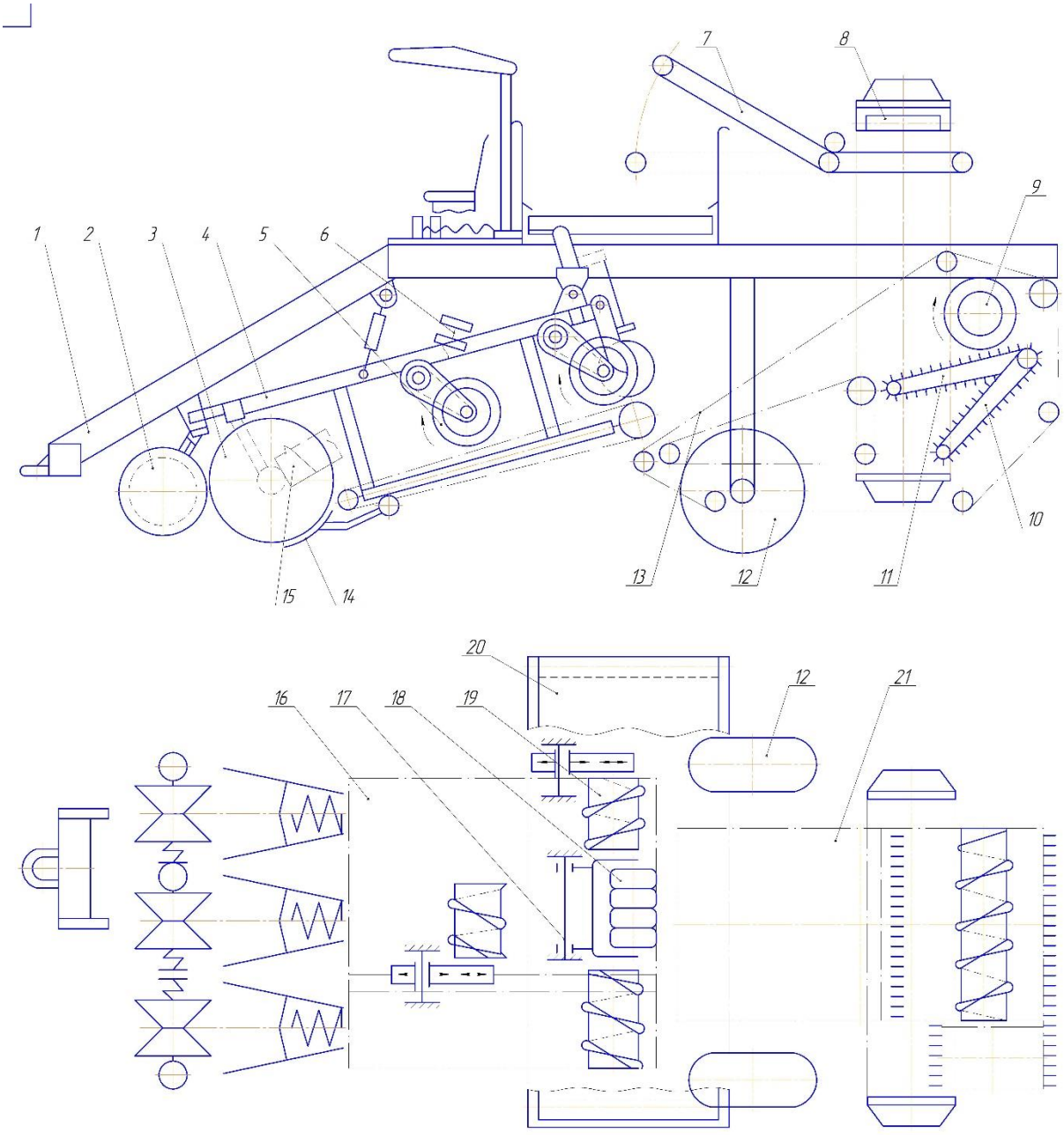


Рис. 3.4. Схема технологічна вдосконаленого комбайну КПК-3.

Підвищення якості збирання картоплі досягається використанням активних грядообтискаючих котків 2 (рис.3.4), які забезпечують підвищення якісних показників роботи сепаруючих і грудкороздавлюючих органів. Крім того, виникла необхідність заміни механічного приводу на гідропривід, що у кінцевому результаті позитивно вплине на якість збирання картоплі в умовах зони Степу України.

Запропоноване удосконалення конструкції картоплезбирального комбайну КПК-3 необхідно обґрунтувати відповідними розрахунками.

Коротка технічна характеристика комбайна та основні вимоги до роботи картоплезбирального комбайну КПК-3 були викладені в попередньому розділі.

Суть модернізації полягає у встановленні на рухомій рамі трьох грядкообтискних активних котків, які регулюються по висоті залежно від глибини викопування бульб.

За активними котками послідовно встановлюються три копачі, кожен з яких конструктивно виконаний у вигляді двох дисків, розміщених із розхилом. У нижній зоні між цими дисками знаходиться леміш, що підтримує викопану масу, а у верхній частині змонтовано поздовжній шнек, який подає суміш від дисків на основний елеватор, розділений на праве та ліве полотна. Для інтенсифікації процесу над цими полотнами додатково розміщені шнеки, які розпушують підкопану масу та спрямовують її безпосередньо в зону грудкороздавлювача.

За підкопуючою секцією розташований другий елеватор, основна гірка із заднім шнеком, які охоплюються рідкопрутковим транспортером бадиллєвідокремлювача.

Зліва від основної гірки встановлено додаткову гірку очищення. На рамі також розміщено підйомний ковшовий і завантажувальний транспортери, а також бункер на 1500 кг зі скатним лотком. З майданчика комбайнера через гідророзподільник здійснюється повне керування робочими органами та налаштування грудкороздавлювача. Швидкознімні щитки забезпечують безпеку та легкий доступ до вузлів.

Завдяки активним коткам, підкопуючим дискам і шнековим сепараторам зростають робоча швидкість та продуктивність комбайна. Ці органи знижують тяговий опір і зменшують надходження ґрунту та домішок, а шнеки над елеваторами інтенсивніше розпушують скибу. Місткий бункер мінімізує частоту вивантаження врожаю.

Висновки:

1. Вимоги, що ставляться до машин для збирання картоплі недостатньо враховують сучасні особливості та перспективні напрямки механізації збирання бульбоплодів з використанням універсальних енергетичних засобів та інтегральних тракторів.

2. Запропонована конструктивна схема комбінованого картоплезбирального агрегату на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331 відповідає технічним вимогам що ставляться до картоплезбиральних машин (згідно ДСТУ 2258-93) .

3. Проведене вдосконалення картоплезбирального комбайну, яке полягає у встановленні активних грядкообтискних котків дозволяє підвищити надійність роботи машини, особливо в складних умовах, а також підвищити продуктивність роботи.

4. ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ АГРЕГАТУ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Застосування інтегральних тракторів для створення комбінованих збиральних агрегатів є порівняно новим напрямком у розвитку сучасних засобів механізації рослинництва. У зв’язку з цим під час проектування таких комплексів, до складу яких входять окремі одноопераційні машини, обов'язковим етапом є теоретичне обґрунтування вибору та розрахунок основних режимів їхньої роботи. Це необхідно для забезпечення кінематичного узгодження всіх робочих органів, оптимізації енергетичних параметрів трактора та досягнення максимальної продуктивності агрегату в полі.

4.1. Обґрунтування вибору тягово-приводної машини і режимів роботи агрегату.

При вирощуванні картоплі з міжряддям 70 см при використанні шестирядної системи машин використовується головним чином універсально-просапні трактори МТЗ-80 та ЮМЗ-6 тягового класу 14 кН та трактор ДТ-75.

Вдосконалена технологія збирання картоплі передбачає використання інтегрального трактора ХТЗ-16331, фронтального бадиллєвидаляючого модуля та причіпного картоплезбирального комбайна КПК-3. У відповідності до цього існує необхідність визначення оптимального тягово-приводного режиму збирального агрегату.

Проведемо тяговий розрахунок і побудуємо регуляторну характеристику двигуна і тягової характеристики трактора.

Будуємо регуляторну характеристику.

Вихідні дані:

Енергетичний засіб – трактор ХТЗ-16131;

Номінальна потужність двигуна N_e= 130 кВт, [19];

Номінальне число обертів вала двигуна n_e = 1850 хв$^{-1}$;

Питома витрата палива g_e = 210 г/кВт·год.

Визначаємо номінальний крутний момент:

$$Me = \frac{9{,}81\times30\times102\times Ne}{\pi\times ne} = \frac{9{,}81\times30\times102\times130}{3{,}14\times1850} = 672\text{Нм} \quad (4.1)$$

Максимальний крутний момент двигуна:

$$M_{e\ max} = 1{,}05\times M_e = 1{,}05\times672 = 706\ \text{Нм}. \quad (4.2)$$

Число оборотів вала двигуна для $M_{e\ мах}$:

$$n_{ем} = n_e\times 1{,}5^{-1} = 1850/1{,}5 = 1235\ \text{хв}^{-1}. \quad (4.3)$$

Максимальне число оборотів двигуна при М = 0.

$$n_{e\ мах} = n_e \times 0{,}92^{-1} = 1850/0{,}92 = 2010\ \text{хвл}^{-1}. \quad (4.4)$$

$$N\text{ем} = \frac{\pi\times M\text{етах}\times П\text{ем}}{9{,}81\times30\times102} = \frac{3{,}14\times706\times1235}{9{,}81\times30\times102} = 91{,}2\text{кВт}. \quad (4.5)$$

Потужність двигуна при $M_{e\ мах}$:

Потужність двигуна при М =0 дорівнює 0.

Годинна витрата палива при М = M_e складе:

$$G_e = g_e \times N_e = 200\times130 = 26000\ \text{г} = 26\ \text{кг}. \quad (4.6)$$

Годинна витрата палива при М = $M_{емах}$:

$$G_{em} = g_e \times N_{em} = 200\times91{,}2 = 18{,}24\ \text{кг}. \quad (4.7)$$

Годинна витрата палива при М = 0:

$$G = G_{em} = 18{,}24\ \text{кг}. \quad (4.8)$$

Отримані дані зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1.

Розрахункові показники роботи двигуна на різних режимах

Число обертів вала двигуна, хвл^{-1}		Крутний момент, Нм	
Позначення	Значення	позначення	Значення
n_e	1850	M_e	672
$n_{ем}$	1235	$M_{емах}$	706
$n_{e\ max}$	2010	$M_{ем}$	0

Будуємо регуляторну характеристику двигуна $N_e = f(M)$; $П_e = f(M)$; $G_e = f(M)$ (рис 4.1).

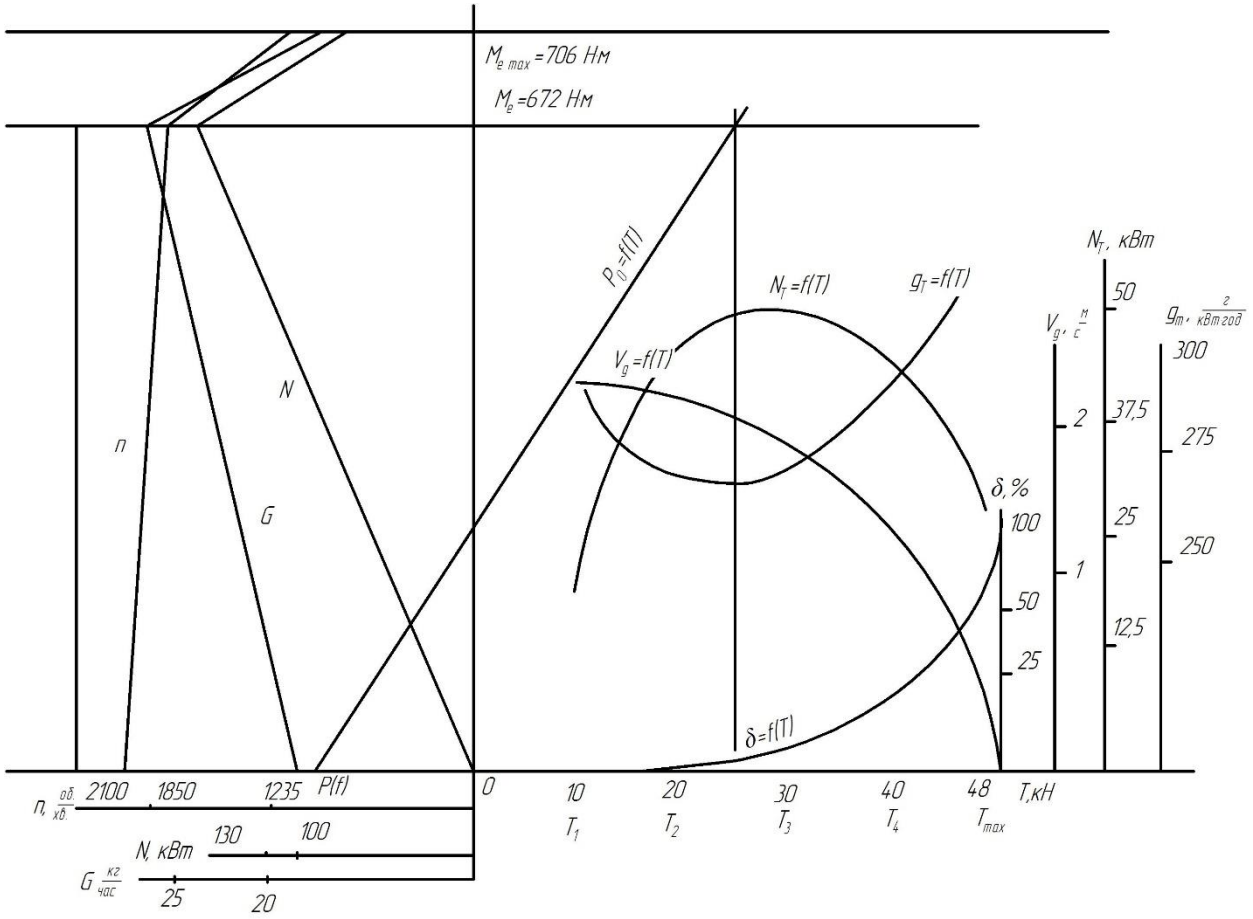


Рис. 4.1. Регуляторна та тягова характеристика збирального агрегату на базі трактора ХТЗ-16331.

Будуємо тягову характеристику трактора.

$$\delta = A \times \left(\frac{T\max}{9{,}81 \times G_M}\right) + B \times \left(\frac{T\max}{9{,}81 \times G_M}\right)^n = 1{,}0 \qquad (4.9)$$

Визначаємо максимальну силу тяги з умови буксування рушія:

де: T_{max} – максимальна сила тяги, кН.

δ - коефіцієнт буксування;

A, B, n - коефіцієнти, що залежать від грунтових умов.

Для кількості ударів твердоміра C_y = 4-7 і тиску у шинах коліс Р =120 кПа.

A = 0,115; B = 1,4; n = 6. [17]

Gм – маса трактора = 8,1 т.

Розкладаємо рівняння (6.9) у ряд Фур'є і обмежуючись першими п'ятьма членами, знаходимо T_{max} = 48 кН.

На осі абсцис відкладаємо в масштабі $T_{мах}$ і ділимо його на 5 рівних частин, так що $T_1 = 10$; $T_2 = 20$; $T_3 = 30$; $T_4 = 40$ і $T_5 = T_{мах} = 48$ кН. Для кожного T_i знаходимо δ:

$$\delta_1 = A\times\left(\frac{T_1}{9{,}81\times G\grave{o}}\right)+\hat{A}\times\left(\frac{\grave{O}_1}{9{,}81\times G\grave{o}}\right)^n = 0{,}115\times\left(\frac{10}{9{,}81\times 5{,}5}\right)+1{,}4\times\left(\frac{10}{9{,}81\times 5{,}5}\right)^6 \cong 0{,}018.$$

$$\delta_2 = 0{,}115\times\left(\frac{20}{9{,}81\times 5{,}2}\right)+1{,}4\times\left(\frac{20}{9{,}81\times 5{,}5}\right)^6 \cong 0{,}076.$$

Сила опору кочення рушія:

$$\delta_3 = 0{,}115\times\left(\frac{30}{9{,}81\times 5{,}5}\right)+1{,}4\times\left(\frac{30}{9{,}81\times 5{,}5}\right)^6 \cong 0{,}19.$$

$$\delta_4 = 0{,}115\times\left(\frac{40}{9{,}81\times 5{,}5}\right)+1{,}4\times\left(\frac{40}{9{,}81\times 5{,}5}\right)^6 = 0{,}24.$$

$$\delta_5 = 1.$$

$$P_f = 9{,}81\times G_м \times f_{коч} \qquad (4.10)$$

$$G_м = G_m + G_{б.м.} + G_{к.м.} = 8{,}1 + 0{,}8 + 5{,}1 = 14 \text{ т.}$$

де: $G_{б.м.}$ – маса бадиллєзбирального модуля, т;

$G_{к.м.}$- маса картоплезбирального комбайна, т;

$f_{коч}$ –коефіцієнт опору кочення, $f_{коч.}$=0,2.

$$P_f = 9{,}81\times 14\times 0{,}2 = 23{,}34 \text{ кН.}$$

Колове зусилля на ведучому колесі:

$$P_0 = \frac{M_e \times u \times \eta}{R}, \text{кН.} \qquad (4.11)$$

де: u – передатне число трансмісії;

R – радіус ведучого колеса, м; R= 0,76 м.[16]

ή - .к.к.д трансмісії.

Агротехнічно допустима швидкість при збиранні картоплі V= 4,5 км/год. Для цих умов u = 61; ή =0,75 [20].

З врахуванням цього:

$$P_0 = \frac{672\times 61\times 0{,}75}{0{,}76} = 40{,}4\ кН.$$

На тяговій характеристиці вліво від початку координат відкладаємо P_1, вправо – P_0 . Шукані швидкості руху агрегату підраховуємо по формулі

$$V_{gi} = \frac{\pi\times R\times n_i\times(1-\delta_i)}{30\times u} \qquad (4.12)$$

Значення n_i, δ визначаємо по регуляторній характеристиці для відповідних значень T_1.

У результаті розрахунків отримуємо V_{gi} = 2,16 м/с; V_{g2} = 1,93 м/с; V_{g3} =1,6 м/с; V_{g4} = 1,12 м/с.

Будуємо графік $V_g = f(T)$.(рис. 4.1)

Визначаємо значення тягової потужності $N_{ті}$ для значення T_i по формулі:

$$N_{ті} = T_i \times V_{gi} \quad (4.13)$$

$$N_{т1} = 10 \times 2,16 = 21,6 \text{ кВт.}$$

$N_{т2}$ = 38,6 кВт; $N_{т3}$ = 48,0 кВт; $N_{т4}$ = 44,8 кВт.

$$g_{ri} = \frac{1000 \times G_{ri}}{N_{ті}} \quad (4.14)$$

Будуємо графік $N_т = f(T)$.

Визначаємо питому витрату палива по формулі:

$g_{г1}$ =280 г/кВт год; $g_{г2}$ = 275 г/кВт год; $g_{г3}$ = 270 г/кВт год; $g_{г4}$ = 320 г/кВт год.

Сумарний тяговий опір агрегату:

$$\sum W = W_{РО} + W_{ПЕР} + Wi + Wин \quad (4.15)$$

де: $W_{ро}$- тяговий опір робочих органів.

$W_{ро}$= 3,5 кН/м. [13].Отже, $W_{р.о.}$=9,8 кН.

$W_{пер}$- тяговий опір пересування агрегату.

$$W_{пер} = G_{агр} \times f_{дв} \quad (4.16)$$

$$G_{агр} = G_т + G_м = 4,35+1,35 = 5,7 \text{ т.} \quad (4.17)$$

$f_{дв}$ - коефіцієнт руху машини; для руху агрегату на фоні плантації картоплі, $f_{дв}$ = 0,15 [17].

$$W_{пер} = 5,7 \times 0,15 = 0,86 \text{ кН.}$$

W_i – тяговий опір руху агрегату на ухил.

$$W_i = G_{агр} \times i, \quad (4.18)$$

i -ухил поля;

$$i = \text{tg}\ \alpha \quad \alpha = 12^0, i = \text{tg}12^0 = 0,21.$$

$$W_i = 5,7 \times 0,21 \cong 1,2 \text{кН.}$$

$W_{ин}$ – тяговий опір інерції при троганні агрегату, кН.

$$W_{ин} = \frac{G_{аг}}{g} \times \frac{V_д}{t} \quad (4.19)$$

$$V_g=V= 2 \text{ м/с}.$$

t – час розгону; t = 2…3 с.

$$W_{ин} = \frac{5,7}{9,81} \times \frac{2}{2} = 0,58кН.$$

$$\sum W = 9,8 + 0,86 + 1,2 + 0,58 = 12,62 \ кН.$$

З урахуванням одержаних результатів маємо:

Тягові можливості трактора на номінальному режимі роботи дизеля T = 20 кН.

Ступінь завантаження трактора тяговим опором комбінованого агрегату:

$$D = \frac{\sum W}{T_i} = \frac{12,62}{20,0} = 0,63.$$

4.2. Розрахунок геометричних параметрів котків грудкороздавлювачів

Запропонована у дипломному проєкті конструкція вібраційного котка-грудкороздавлювача показана на рис. 4.2 і у графічній частині проекту.

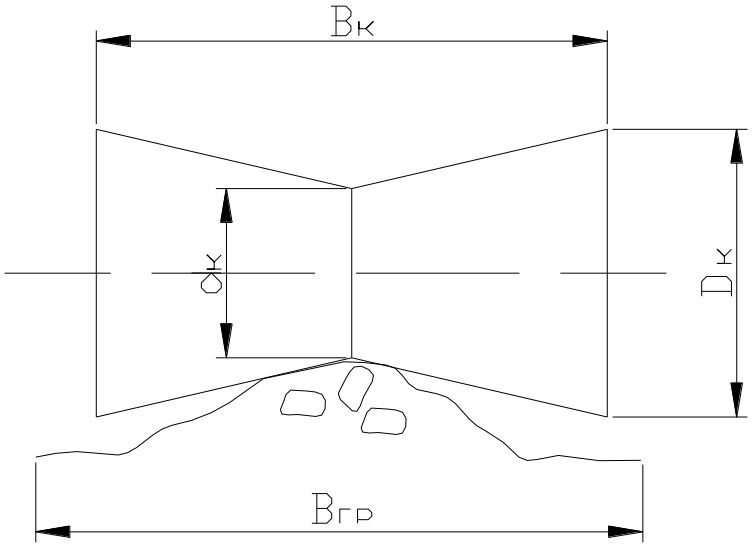


Рис. 4.2. Розрахункова схема котків-грудкороздавлювачів:
1 – гряда, 2 – коток-грудкороздавлювач.

Проведемо конструктивний розрахунок запропонованого удосконалення.

Для визначення меншого (внутрішнього) діаметра d_K активного опорного котка з умови не намотування на нього картопляного бадилля та рослинних домішок визначимо за формулою

$$d_K = l_b / \pi ; \quad (4.20)$$

де l_b – довжина бадилля, максимальне значення, $l_b = 0{,}5...0{,}7$ м [3];

$$d_K = 0{,}6/3{,}14 = 0{,}19 \text{ м};$$

приймаємо d_K = 0,2м.

Тоді

$$D_K = 0{,}2 + 2 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}52 = 0{,}356 \text{ м}; \quad (4.21)$$

приймаємо D_K=0,35м.

Ширина конічного опорно-активного котка визначається з умов його раціонального компонування на рамі комбайна [15]:

$$B_K = B_M - B_{Ш} ; \quad (4.22)$$

де B_M – ширина міжряддя, $B_M = 0{,}7$ м;

$B_{Ш}$ – ширина шини трактора, $B_{Ш} = 0{,}35$ м.

Тоді

$B_K = 0{,}7 - 0{,}35 = 0{,}35$м.

Частоту поперечних коливань конічного котка-грудкороздавлювача приймають рівною частоті вимушених коливань гідровібратора $h_R = 2...4 \text{ с}^{-1}$ [15].

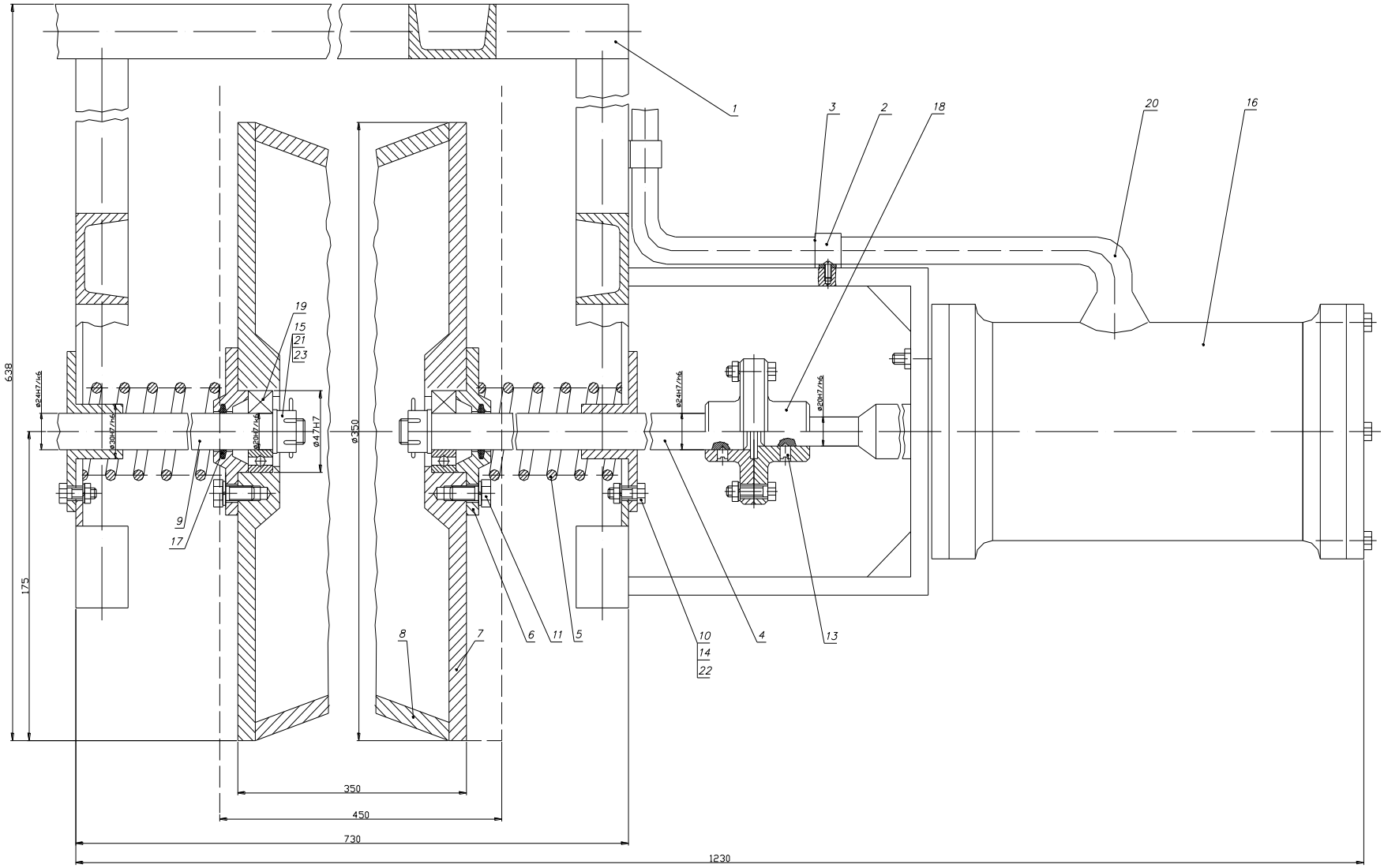


Рис. 4.3. Вібраційний коток-грудкороздавлювач картоплезбирального комбайну КПК-3

4.3. Розрахунок підкопуючого леміша.

Підкопувальний леміш (рис. 4.4) має трапецієподібну форму із загостренням у передній частині, що забезпечує стабільне заглиблення в ґрунт і зниження тягового опору. У задній частині робочого органа за допомогою шарнірного з'єднання встановлені відкидні пальці, виконані у вигляді металевих пластин. Така конструктивна особливість запобігає заклинюванню каміння, твердих грудок та рослинних решток у технологічному зазорі між лемішем і основним елеватором.

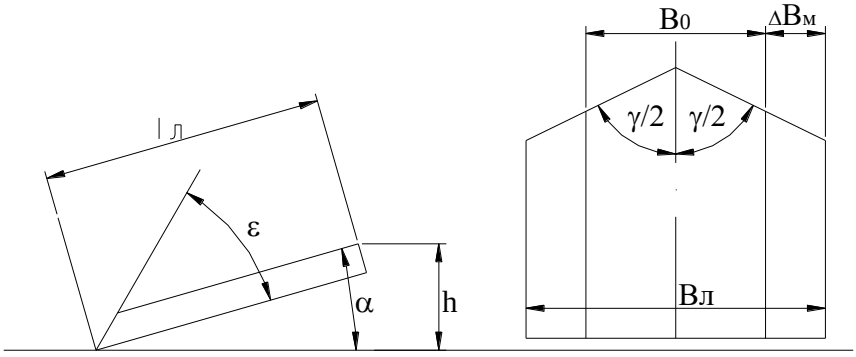


Рис. 4.4. Схема для розрахунку підкопуючого леміша

Основним призначенням даного леміша є надійне підкопування й підняття бульбоносного шару ґрунту, попередньо роздробленого та розпушеного конічним котком-грудкороздавлювачем, для його подальшого передавання на сепарувальні робочі органи.

Ширину захвату леміша визначаємо за формулою [15]

$$B_Л = B_M - B_Ш + 2\Delta B_M ; \qquad (4.23)$$

де ΔB_M – розмір на який збільшений леміш, який запобігає пересипанню й втратам підкопаного ґрунтової маси та бульб через його бічні краї, м

ΔB_M =0,07...0,12м [10, 15];

Тоді $B_Л = 0{,}7 - 0{,}35 + 2 \cdot 0{,}10 = 0{,}55$ м.

Кут встановлення леміша до горизонту визначаємо з умови ковзання підкопаної:

$$\alpha_Л \le \varphi_m; \quad (4.24)$$

де φ_m – це кут тертя леміша по ґрунту (сталь), φ_m=24^0 [3];

тобто $\alpha_Л \le 24^0$.

Згідно з виразом визначаємо довжину леміша [15]

$$l_Л = h_{ГР} / \sin \alpha_Л; \quad (4.25)$$

де $h_{ГР}$ – висота гряди, $h_{ГР}$=0,15м; тоді

$$l_{ГР} = 0{,}15 / \sin 24^0 = 0{,}368 \text{м};$$

приймаємо $l_{ГР}$=0,4м.

Кут леміша визначаємо із умови самоочищення леміша за формулою [15]

$$\frac{\pi}{2} - \frac{\gamma}{2} > \varphi_{ТР}; \quad (4.26)$$

де $\varphi_{ТР}$ – кут тертя рослинних і кореневих залишків до леза лемеша, $\varphi_{тр} = 40...50°$ [3].

З виразу (4.26) визначимо кут $\gamma = 90°$.

ε – кут загострення леза леміша. $\varepsilon = 11...13°$ [15].

4.4 Розрахунок відкидних пальців

Відкидні пальці (рис. 4.5) є шарнірними пластинами на лемеші, що захищають від заклинювання каменів між ним та елеватором.

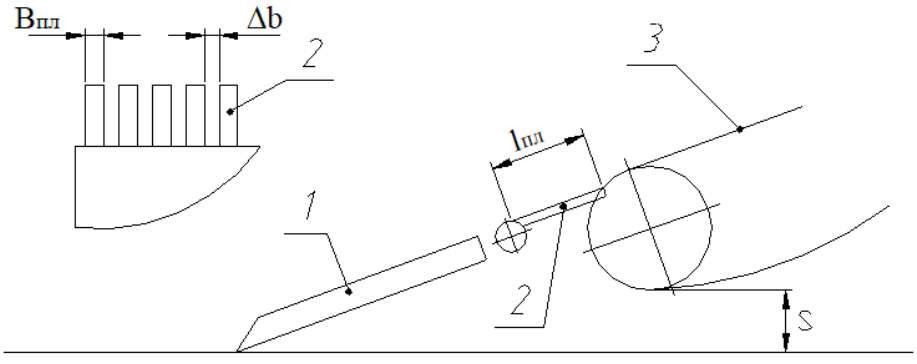


Рис. 4.5. Схема розрахунку відкидних пальців:

1 – леміш, 2 – відкидні пальці; 3 – прутковий елеватор.

Параметр ширини пальців обчислюють з урахуванням габаритів каміння і грудок за такою залежністю [15]

$$l_{ПЛ} \geq S_{\max}; \tag{4.27}$$

де $S_{\max}$ – максимальний розмір твердих грудок або каміння, що трапляються на полі, $S_{\max} = 0,06...0,08$ м; звідки $l_{ПЛ} = 0,07$ м.

Загальну кількість пальців знаходимо за формулою [15]

$$Z_{П} = B_{Л} / \left(B_{ПЛ} + \Delta b\right); \tag{4.28}$$

де $B_{ПЛ}$ – ширина пальців, м. Приймаємо $B_{ПЛ} = 0,02...0,04$;

Δb – монтажний зазор між пальцями, м $\Delta b = 0,02$ м;

тоді

$$Z_{П} = 0,55 / \left(0,03 + 0,02\right) = 11 \; шт.$$

Висновки:

1. Проведено визначення оптимального тягового режиму агрегату, при цьому ступінь тягового завантаження трактора становить 63%.

2. В результаті розрахунків обґрунтовано параметри активного грядо обтискного котка, а саме: діаметр та робоча ширина котка 0,35 м; частота поперечних коливань 2…4 Гц

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз можливих небезпек і шкідливих умов при збиранні картоплі

Специфіка аграрного виробництва відрізняється від промислової чи будівельної галузей значною територіальною розпорошеністю, що вимагає постійного переміщення персоналу та мобільної техніки для виконання сезонних робіт просто неба [12].

При вирощуванні картоплі задіяно широкий спектр машинно-тракторних агрегатів та самохідних машин. Оскільки персонал часто обслуговує ці динамічні комплекси під час їхнього руху, суттєво зростає ризик травматизму [2].

Під час роботи на операторів діє комплекс шкідливих виробничих факторів: підвищена запиленість повітря, яка провокує патології органів дихання та зору; токсичні випари агрохімікатів, що викликають професійні захворювання. Додатковим несприятливим чинником є високий рівень акустичного навантаження від працюючих механізмів: шум прискорює втому оператора та знижує увагу до звукових попереджувальних сигналів, що підвищує імовірність нещасних випадків [22].

Додаткова небезпека порізів та забиття виникає при технічному обслуговуванні, очищенні чи ремонті гострих робочих органів – лемішів та підкопуючих елементів. Експлуатація комбайна КПК-3 вимагає суворого дотримання правил особистої безпеки через безпосередню близькість людей до рухомих частин, що зобов’язує персонал працювати у застібнутому спецодязі та ховати волосся під головні убори. Оскільки хімічний захист насаджень картоплі та її підживлення передбачають застосування токсичних пестицидів і мінеральних добрив, здатних викликати отруєння чи хімічні опіки, всі операції з ними мають суворо відповідати інструкціям з охорони праці [22]. Окремим чинником небезпеки є щоденний контакт механізаторів із паливно-мастильними матеріалами. Бензин, дизельне пальне, моторні та

трансмісійні оливи для тракторів і комбайнів є не лише високотоксичними для організму, а й пожежо- та вибухонебезпечними [21].

Процес збирання картоплі є найменш автоматизованим та найбільш працемістким. При використанні картоплекопачів обсяг і важкість ручної праці безпосередньо залежать від якості роботи сепаруючих органів: наявність у вороху великої кількості твердих ґрунтових грудок і каміння значно прискорює стомлюваність робітників.

5.2. Вимоги безпеки при роботі на вдосконаленому картоплезбиральному агрегаті.

5.2.1. Загальні положення.

Під час експлуатації картоплезбирального агрегату який складається з інтегрального трактора ХТЗ-16331 та напівначіпного картоплезбирального комбайна КПК-3 необхідно виконувати всі вимоги безпеки, вказані в “Правилах безпеки праці при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах”.

Для безпечної роботи на картоплезбиральному агрегаті необхідно:

- суворе виконання приведених нижче правил безпеки обов’язкове для всіх обслуговуючих комбайн і трактор;

- до управління комбайном допускаються тільки комбайнери, що пройшли спеціальне навчання і не молодше 18 років;

- дотримуватися особливої обережності при установці комбайна в транспортне або робоче положення (при розстановці ходових коліс), при цьому користуватися підкладкою у вигляді дерев’яного бруска або козлами під швелер осі.

5.2.2. Вимоги безпеки праці перед початком роботи.

Перед експлуатацією картоплезбиральної техніки необхідно перевірити наявність, цілісність і надійність фіксації захисних кожухів карданних, пасових та зубчастих передач, а також інших рухомих елементів. Захисний кожух карданного вала слід жорстко прикріпити до нерухомих конструкцій трактора й машини, повністю унеможлививши його обертання разом із валом. Також важливо переконатися в наявності чітких попереджувальних написів у зонах підвищеної небезпеки та біля вузлів, що обслуговуються.

Контролю підлягає технічний стан сидіння, підніжок і драбин трактора (або комбайна). Наявність тріщин у зварних швах чи послаблення нарізних з'єднань не допускається; усі опорні поверхні й підніжки необхідно ретельно очистити від бруду, рослинних решток і витерти насухо. Комплектацію машини перевіряють на наявність штатного інструменту та спеціальних пристроїв для очищення робочих органів від забивання ґрунтом чи бадиллям. Для проведення регулювально-ремонтних робіт і технічного обслуговування майданчик має бути укомплектований справним інструментом, противідкатними башмаками та надійними опорними підставками.

Особливої обережності слід дотримуватися під час агрегатування комбайна з трактором. Запуск робочих органів машини здійснюється виключно за командою комбайнера після усного чи звукового попередження всього обслуговуючого персоналу.

5.2.3. Безпека праці під час експлуатації МТА

У процесі роботи машинно-тракторного агрегату категорично забороняється перебувати поблизу неогорожених динамічних елементів. Експлуатація техніки зі знятими, несправними або зафіксованими нештатними деталями захисних кожухів не допускається. Потрібно систематично контролювати надійність кріплення захисних систем і щільність з'єднання вузлів агрегату, а також стежити за технічним станом гальмівної системи і рульового керування.

Будь-які технологічні маніпуляції, зокрема регулювання робочих органів, натягування пасів чи ланцюгів, змащування, очищення від бадилля та усунення несправностей, виконують виключно після повної зупинки МТА, вимкнення ВВП, переведення важеля КПП у нейтральне положення та зупинки двигуна.

Для безпечного проведення міжрядного чи піддонного обслуговування піднятої техніки обов’язково застосовують противідкатні гальмівні башмаки та штатні опорні стійки. Якщо піддомкрачування виконується на пухкому ґрунті, під основу домкрата підкладають міцну дерев’яну дошку для забезпечення стійкості.

При короткочасних зупинках із працюючим двигуном трактор обов’язково фіксують стоянковим гальмом, а у випадку тривалої стоянки – глушать двигун і додатково закладають башмаки під колеса. Забороняється залишати працюючий агрегат без нагляду або перевозити людей і сторонні вантажі на причіпних машинах.

Транспортні та робочі режими руху МТА вибирають з урахуванням його маси, габаритів та інерційного впливу. Складні ділянки доріг (круті підйоми, схили) проїжджають без перемикання передач на першій або другій швидкості, дотримуючись безпечної відстані від краю насипу чи греблі не менше 1 метра. Маневрування та розвороти виконують виключно в межах визначеної поворотної смуги поля, знижуючи швидкість руху до 3-4 км/год.

5.2.4. Дії персоналу в аварійних ситуаціях

У разі виникнення аварійних обставин оператор повинен керуватися чинними інструкціями з охорони праці та експлуатаційною документацією картоплезбирального комбайна КПК-3.

При загрозі чи виникненні пожежі внаслідок займання паливно-мастильних матеріалів осередки полум’я ліквідовують за допомогою штатного вогнегасника, засипають ґрунтом (піском) або перекривають доступ кисню щільним матеріалом. Гасити палаюче пальне водою категорично

заборонено. Якщо аварійна чи небезпечна ситуація трапилася під час транспортування комбайна автомобільними дорогами загального користування, дії тракториста мають чітко відповідати Правилам дорожнього руху з урахуванням конкретних обставин.

5.2.5. Заходи безпеки після завершення робіт

По закінченню зміни агрегат переводять на спеціально відведене місце стоянки, опускають гідронавісну систему трактора у транспортне положення та фіксують машину стоянковим гальмом.

Технологічну очистку робочих органів і вузлів сепарації від бруду, рослинних решток і каміння виконують виключно за допомогою призначеного для цього штатного інструменту та засобів очищення, повністю виключивши використання підручних предметів.

Висновки.

1. Запропонований картоплезбиральний агрегат в складі комбайна КПК-3 та інтегрального трактора ХТЗ-16331 повністю відповідає існуючим вимогам безпеки праці на мобільних сільськогосподарських агрегатах. Дотримання уточнених вимог стосовно охорони праці при використанні артоплезбирального комбайна КПК-3 дозволить уникнути виробничого травматизму та підвищити продуктивність праці.

6. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

При прийнятій технології вирощування і збирання картоплі передбачається видалення бадилля на непідкопаних кущах картоплі і викопування бульб з наступним очищенням і завантаженням в транспортні засоби.

Метою роботи є створення картоплезбирального агрегату на базі інтегрального трактора, що забезпечує об’єднання в однім проході видалення бадилля, підкопування бульб, очищення їх і завантаження в транспортний засіб.

Комбінований картоплезбиральний агрегат на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331 дозволяє проводити за один прохід видалення бадилля картоплі, розсіювання подрібненого бадилля на зібраній частині поля, викопування бульб з наступним очищенням і завантаженням їх в транспортний засіб.

Для видалення бадилля пропонується використовувати фронтально-начіпну бадиллєзбиральну машину МБФ-3, а для збирання бульб картоплі – причіпний картоплезбиральний комбайн КПК-3.

6.1. Вихідні дані до розрахунку.

Вихідні параметри для обчислення економічного ефекту від застосування проектованого картоплезбирального комплексу сформовано за даними спеціалізованої довідкової літератури [5] й наведено в таблиці 6.1

Таблиця 6.1

Вихідні дані до розрахунку

№ п/п	Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант
1	Вид роботи, що виконується	Збирання картоплі	
2	Склад агрегату	а) МТЗ-80+КІР-1,5 б) МТЗ-142+КПК-3	МБФ-3 + ХТЗ-16331+КПК-3
3	Обсяг робіт (Q),га	100	100
4	Продуктивність ($W_{год}$), га/год	а) 0,6 б) 0,52	0,5
5	Балансова вартість ($Б$), грн	825 000	880 000
6	Тривалість зміни (T), год	7	7
7	Кількість обслуговуючого персоналу ($К_{пр}$), осіб	2	1
8	Комплексна ціна 1 кг палива ($Ц_к$), грн	70	70

6.2. Розрахунок економічної ефективності впровадження проекту.

Методика техніко-економічного оцінювання проєктних рішень передбачає послідовне визначення прямих експлуатаційних витрат, питомих капіталовкладень, а також інтегральних показників – річної економії та строку окупності інвестицій.

Одним з етапів є оцінювання капіталомісткості проєкту шляхом обчислення питомих капіталовкладень, які враховують балансову вартість серійних машин та додаткові витрати на виготовлення й монтаж модернізованих підкопувально-сепаруючих вузлів.

Результати порівняльного розрахунку економічної ефективності впровадження проєкту структуровані та подані в табл. 6.2

Таблиця 6.2

Показники економічної ефективності проекту

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Обсяг роботи, га	100	100
Годинна продуктивність, га/год.	а) 0,6; б) 0,52	0,5
Витрати палива на 1 га, кг	а) 20; б) 35	42
Балансова вартість агрегату, грн.	825000	880000
Нормативне навантаження, год.	а) 167; б) 192	200
Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього:	а) 3128; б) 4185	4776
в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн.	а) 131; б) 151	157
амортизаційні відрахування, грн.	а) 1171,5; б) 1171,5	1249,6
вартість ПММ, грн.	а) 1400;б) 2450	2940
витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн.	а) 336,12; б) 291,28	290,86
інші витрати.	а) 91; б) 122	139
Капітальні вкладення на 1 га, грн.	а) 8250; б) 8250	8800
Приведені витрати на 1 га, грн.	а) 4365; б) 5422	6096
Річний економічний ефект, грн.		369100
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років		0,15

Висновок. Впровадження запропонованого комбінованого картоплезбирального агрегату, дозволяє підвищити продуктивність та зменшити витрати палива. При цьому забезпечується річний економічний ефект 369 тис. грн. при терміні окупності додаткових вкладень менше за 1 рік експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Спосіб збирання картоплі вибирають залежно від наявності техніки та ґрунтово-кліматичних умов. Якість збирання картоплі та продуктивність агрегату значною мірою залежать від способу збирання.

2. В результаті аналізу технологічного процесу вирощування картоплі видно, одним із головних шляхів підвищення врожайності, зниження витрат і собівартості її виробництва є комплексна механізація галузі. Проте якість техніки, що виготовляє промисловість, залишається низькою, і при цьому відсутня можливість комплектування комбінованих картоплезбиральних агрегатів на базі сучасних енергозасобів інтегральної схеми

3. Існуючі технічні засоби механізації процесу збирання картоплі на сьогодні не в повній мірі задовольняють вимогам щодо якісних показників виконання процесу, особливо у складних умовах роботи.

4. Картоплезбиральні комбайни, які використовуються при збиранні картоплі в нашій країні, при проведенні модернізації можуть бути використані для комплектування комбінованих агрегатів на базі енергозасобів інтегральної схеми.

5. Підкопуючі робочі органи картоплезбиральних машин і комбайнів є найважливішим елементом в технологічному процесі збирання картоплі. Розробка та вдосконалення існуючих робочих органів для викопування картоплі повинні проводитися з врахуванням властивостей ґрунту та біологічних особливостей картоплі

6. Запропоновано конструктивна схема комбінованого картоплезбирального агрегату на базі інтегрального трактора ХТЗ-16331, яка відповідає технічним вимогам, що ставляться до картоплезбиральних машин.

7. Проведене вдосконалення картоплезбирального комбайну, яке полягає у встановленні активних грядкообтискних котків дозволяє підвищити надійність роботи машини, особливо в складних умовах, а також підвищити продуктивність роботи.

8. Проведено визначення оптимального тягового режиму збирального агрегату, при цьому ступінь тягового завантаження трактора становить 63%. В результаті розрахунків також обґрунтовано параметри активного грядо-обтискного котка, а саме: діаметр та робоча ширина котка 0,35м; частота поперечних коливань 2…4 Гц

9. Розроблено та запропоновано до виконання правила безпечної експлуатації вдосконаленого картоплезбирального агрегату.

10. Розрахунки економічних показників впровадження запропонованого картоплезбирального агрегату свідчить про доцільність його практичного використання. При цьому економічний ефект при впроваджені складає 369 тис. грн. на площі 100 га. при терміні окупності за 1 сезон роботи.

11. Використання збиральних агрегатів на базі сучасних тракторів інтегральної схеми є на сьогодні одним із найбільш перспективних напрямків створення збиральних комплексів для реалізації ресурсоощадних та ґрунтозахисних технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Волянський М. С. та ін. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. Київ: Агроосвіта, 2017. 180 с.

2. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Іщенко В. В. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ: Агроосвіта, 2015. 678 с.

3. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник. Київ: НУБіП України, 2018. 736 с.

4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. — К.: Мета, 2003. — 448 с.: іл.

5. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 15 с.

6. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (Ч. 2). Машини для сівби та садіння. Харків: Око, 2016. 452 с.

7. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (ч. 4). Машини для захисту рослин від шкідників і хвороб. Харків: Око, 2016. 272 с.

8. Кравчук В.І., Грицишин М.І., С.М. Коваль С.М. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. Київ: Аграрна наука, 2015. 396с.

9. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню дипломних проектів для студентів факультету механізації сільського господарства, які захищають диплом на кафедрі сільськогосподарські машини. / ДДАУ. Дніпропетровськ, 2011 20 с.

10. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ : Юні вест Маркетинг, 2021. 352 с

11. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навчальний посібник. 4-те вид., випр. і доп. Львів : Українські технології, 2014. 1040 с.

12. Писаренко В. М. Піщаленко М. А., Поспєлова Г. Д., та ін. Інтегрований захист рослин. Полтава, 2020. 245 с.

13. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.

14. Свірень М.О., Смірнов В.П., Осипов І.М. та ін. Процеси, машини та обладнання АПВ: Навчальний посібник. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2018. 296 с.

15. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропивний В. М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1. Машини для рільництва: обробіток грунту, сівба, садіння, внесення добрив. Київ: Урожай, 2017. 382 с

16. Цизь І.Є. Конструювання і розрахунок сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2016. 172 с.

17. AVR. Potato equipment catalogue. 2021. Режим доступу: https://avr.be (дата звернення: 04.05.2026).

18. Каталог техніки фірми Грімме. 2020. Режим доступу: https://grimme.com/ru (дата звернення: 04.05.2026).

19. KUHN Group. Agricultural machinery catalogue. 2021. Режим доступу: https://www.kuhn.com (дата звернення: 04.05.2026).

ДОДАТКИ

Додаток А

Технічна характеристика копачів та картоплезбиральних комбайнів

Показник	КСТ-1,4	КТН-2В	УКВ-2	ККУ-2А	КПК-3	Е-684
Ширина захвату, м	1,4	1,4	1,4	1,4	2,1	2,1
Робоча швидкість, км/год	1,9-6,5	1,8-3,4	2,8-6,0	1,8-4,0	2,0-6,0	до 6,0
Продуктивність, га/год	до 0,9	0,25-0,47	до 0,4	0,32-0,43	0,44-0,8	до 1,0
Конструкційна маса, кг	1320	835	2521	4527	6000	4200
Агрегатування, кН	14	14	14	14	14, 20, 30	14
Вологість ґрунту, %	10-27	до 27	до 27	14-20	10-20	10-20
Привід робочих органів	ВВП	ВВП	ВВП	ВВП	ВВП	ВВП

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кількість	Примітка
				Документація		
				Складальне креслення		
			52ДП.118.000. СК	Вібраційний коток		
				Складальні одиниці		
		1	52ДП.118.000.000.СК	Рама	1	
				Деталі		
		2	52ДП.118.002	Втулка кріпильна	3	
		3	52ДП.118.003	Хомут	2	
		4	52ДП.118.004	Вал ведучий	1	
		5	52ДП.118. 001	Пружина	4	
		6	52ДП.118.006	Кришка підшипника	4	
		7	52ДП.118.007	Фланець	4	
		8	52ДП.118.008	Конус	4	
		9	52ДП.118.009	Вал проміжний	1	
		24	52ДП.118.024	Втулка направляюча	4	
				Стандартні вироби		
		10		Болт М6х20	6	
		11		Болт М8х20	8	
				ГОСТ 7798-70		

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	52ДП.118.000		
Розробив		Сектименко			Коток вібраційний. Складальне креслення	Літ.	Аркуш. 1 / Аркушів 2
Перевірив		Кобець О.					
Консультант						ДДАЕУ	
Н. контр.		Ленеть Є.					
Зав. каф.		Теслюк Г.					

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кількість	Примітка
		12		Гвинт М4х10	4	
				ГОСТ 1491-72		
		13		Гвипт М6х12	6	
				ГОСТ 1476-75		
		14		Гайка М6 ГОСТ 2528-73	4	
		15		Гайка М6,5 ДЕСТ591770	4	
		16		Гідровібратор ГА-4000Б	1	
				ДЕСТ-19877-74		
		17		Кільце 1-24х36	4	
				ГОСТ 6418-67		
		18		Муфта фланцева 16-16-11	1	
				ДЕСТ-20761-75		
		19		Підшипник 204	4	
				ГОСТ 8338-75		
		20		Шланг 6-14-12	1	
				ГОСТ 8698-13		
		21		Шайба 1201.05	4	
				ГОСТ 6958-68		
		22		Шайба 12.65	6	
				ГОСТ 6402-70		
		23		Шплінт 2х28	2	
				ГОСТ 391-66		

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	52ДП.118.000	Арк 2

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ З РОЗРОБКОЮ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ ДО ІНТЕГРАЛЬНОГО ТРАКТОРА

демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

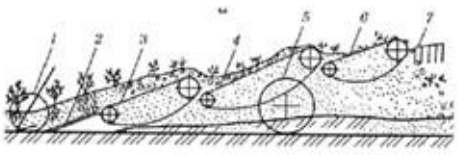
Виконав: студент 4 курсу
Сектименко Андрій Анатолійович

Керівник: доцент
Кобець Олександр Миколайович

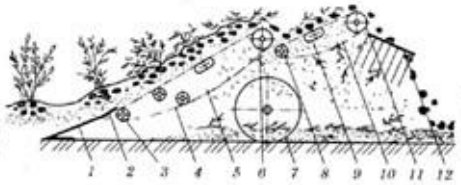
Дніпро-2026

Аналіз засобів механізації збирання картоплі

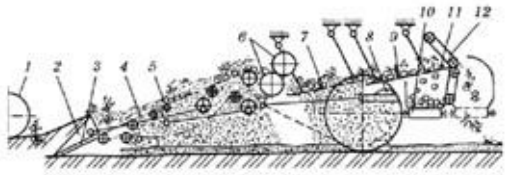
1



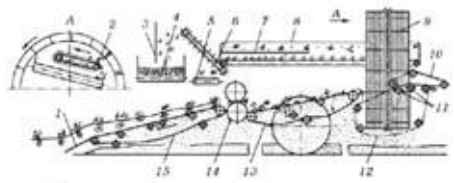
Картоплекопач КСТ-1,4А:
1- копіювальне колесо; 2- леміш; 3 - шнек-ковий конвеєр; 4 - основний конвеєр; 5 - ходове колесо; 6 - каскадний конвеєр; 7 - звужувальний щиток.



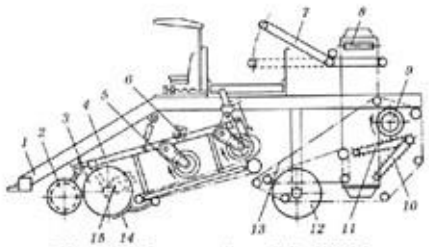
Картоплекопач КТП-2В:
1 – леміш; 2 – відкидний клапан; 3 і 8 – напрямні котки; 4 – основний конвеєр; 5 і 9 – струшувачі; 6 і 11 – ведучі зірочки; 7 – опорне колесо; 10 – каскадний конвеєр; 12 – відбивач.



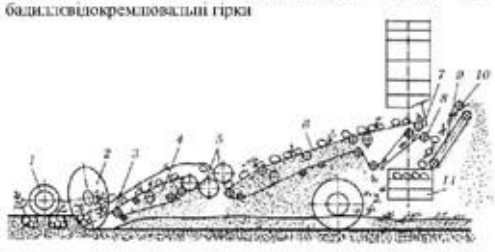
Картоплекопач–валкоутворювач УКВ-2:
1 – опорне колесо; 2 – активні боковини; 3 – леміш; 4 – основний конвеєр; 5 – струшувачі; 6 – балони-грудкополрібнювачі; 7 – перше решето грохота; 8 – ложеутворювач; 9 – друге решето грохота; 10 – поперечний конвеєр; 11 – бадилєвидокремлювальні прутки; 12 – бадилєвидокремлювальні гірки



Картоплезбиральний комбайн ККУ-2А:
1 – активний леміш; 2 – гірка; 3 – екран; 4 – бункер; 5 – конвеєр домішок; 6 – конвеєр завантаження бункера; 7 – розподільник; 8 – перебиральний стіл; 9 і 10 – барабанний та притискний конвеєри; 11 – відбійні прутки; 12 – рідко-прутковий конвеєр; 13 і 15 – другий та основний сепарувальні конвеєри; 14 – грудко-полрібнювач

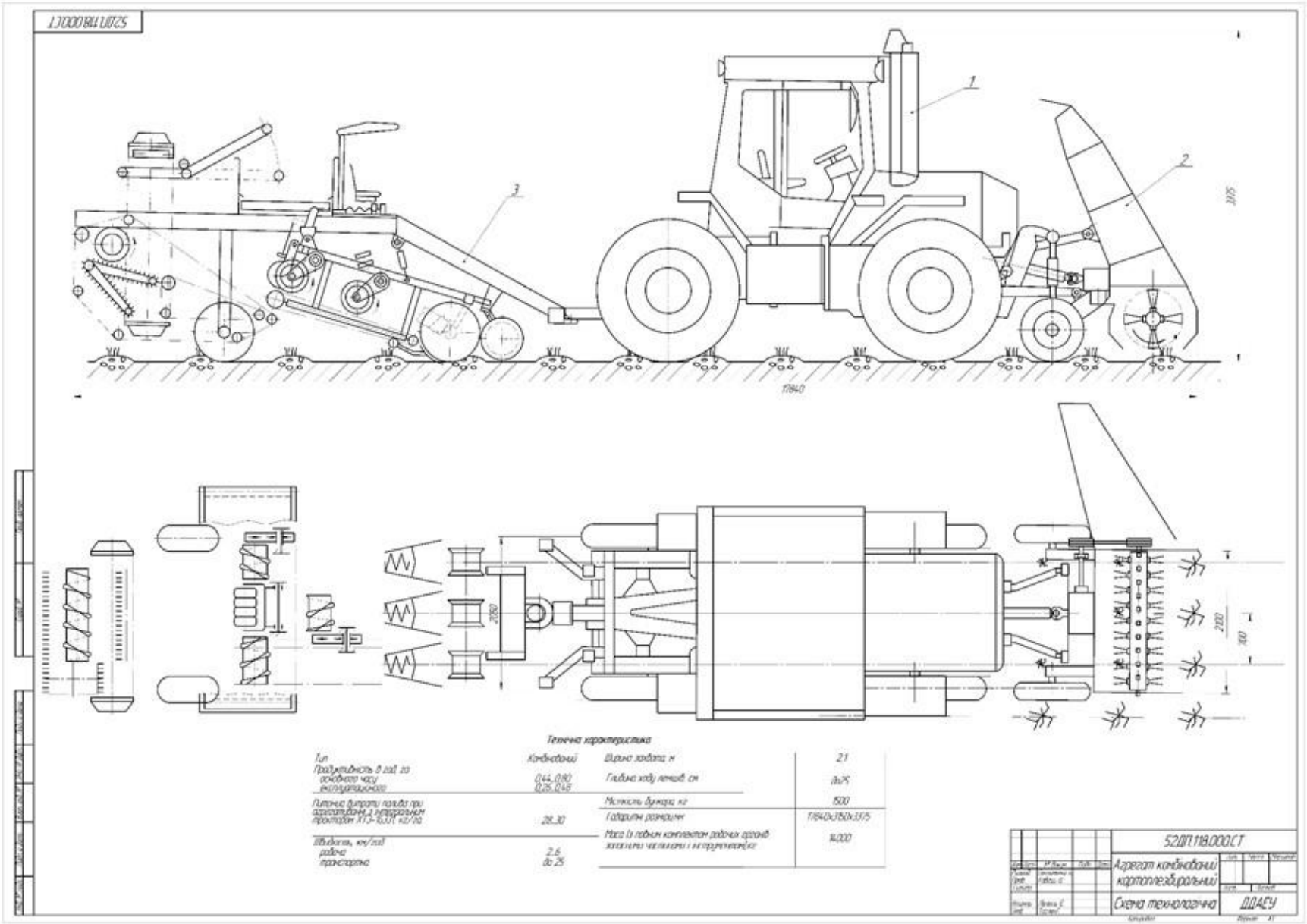


Картоплезбиральний комбайн КНК-3:
1 – рама; 2 – копіювальний коток; 3 – викопувальні диски; 4 – рухома частина рами; 5, 9 і 19 – середній, задній та бокові щити; 6 і 17 – регулювальні механізми; 7 – конвеєр завантаження бункера; 8 – конвеєр; 10 і 11 – вузька та основна пальчасті гірки; 12 – ходові колеса; 13 – рідкопрутковий конвеєр; 14 – леміш; 15 – шнек.



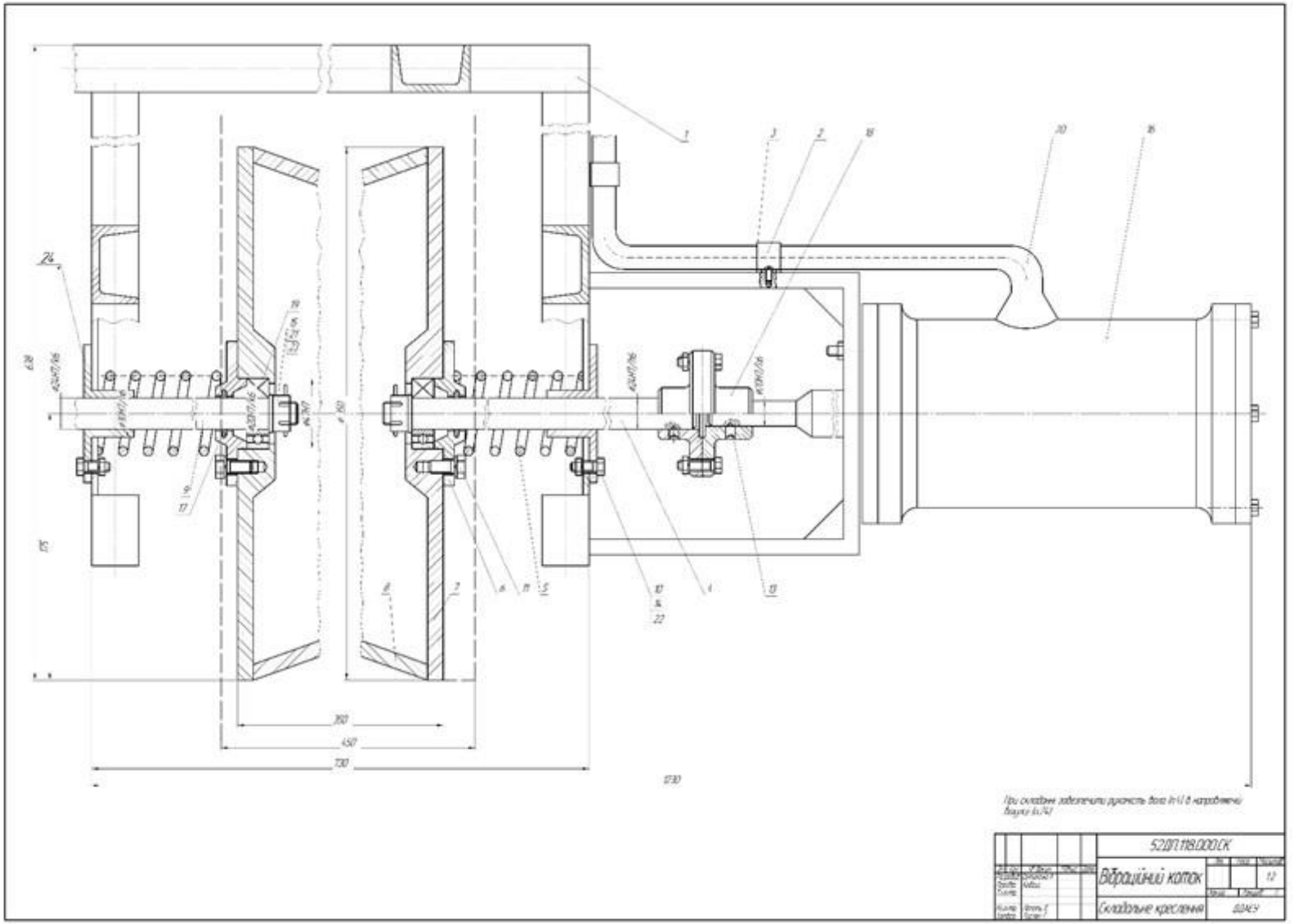
Картоплезбиральний комбайн Е-684:
1 – копіювальний коток; 2 – боковий дисковий леміш; 3 – основний леміш; 4 і 6 – перший та другий конвеєри; 5 – балони-грудкополрібнювачі; 7 – напрямні пальці; 8 – бадилєвидокремлювальний валик; 9 – пальчаста гірка; 10 – бульбо відбійний валик; 11 – вивантажувальний елеватор

Схема комбінованого картоплезбирального агрегату 2

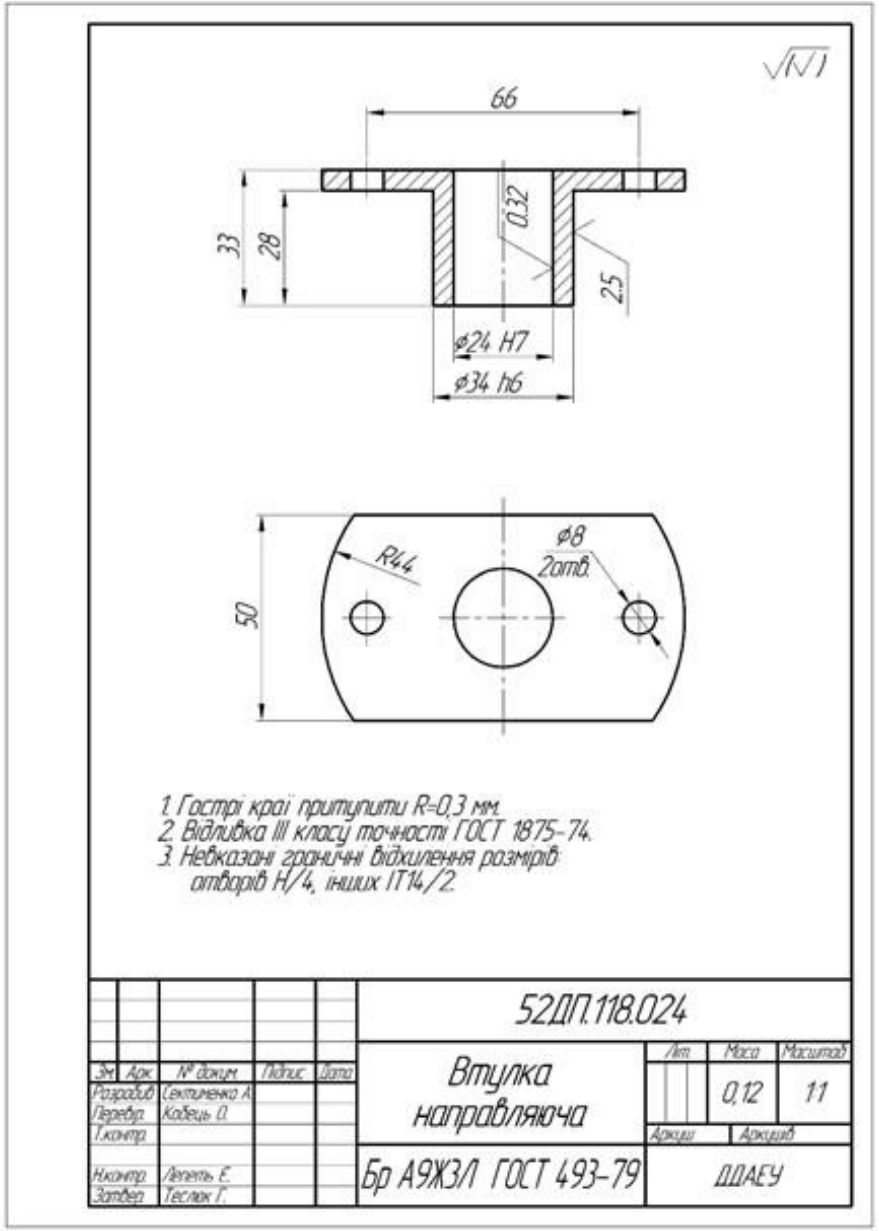


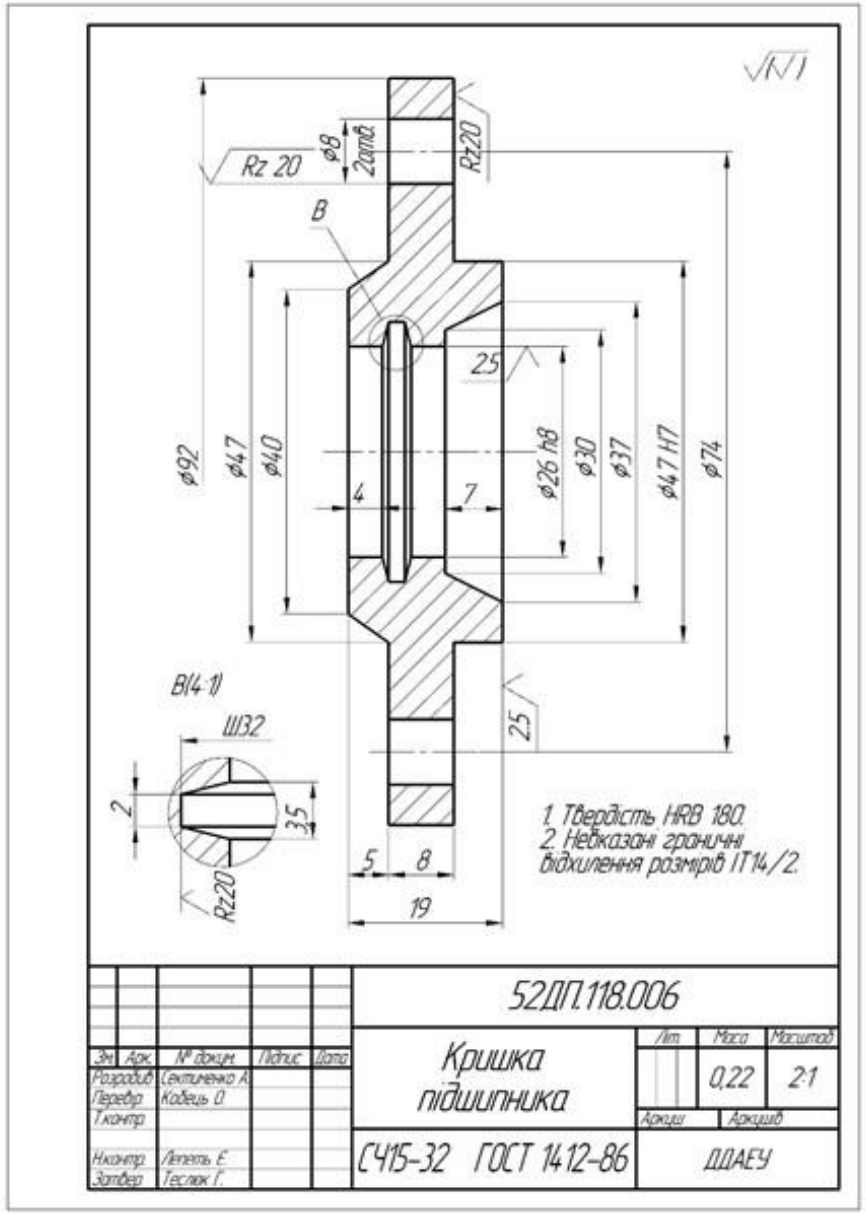
3

Складальне креслення грядообтискного котка

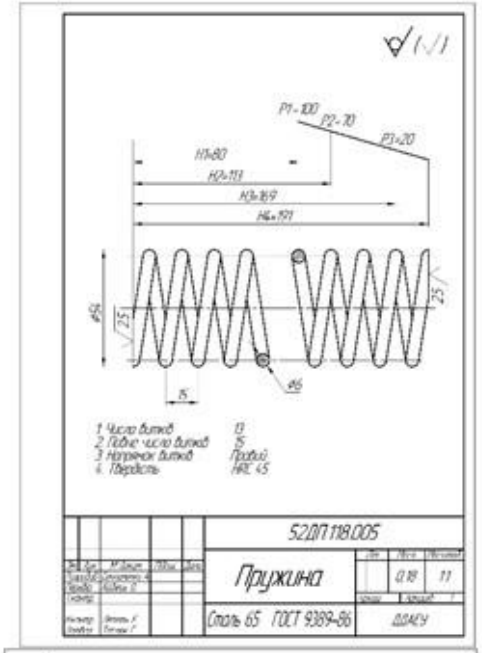


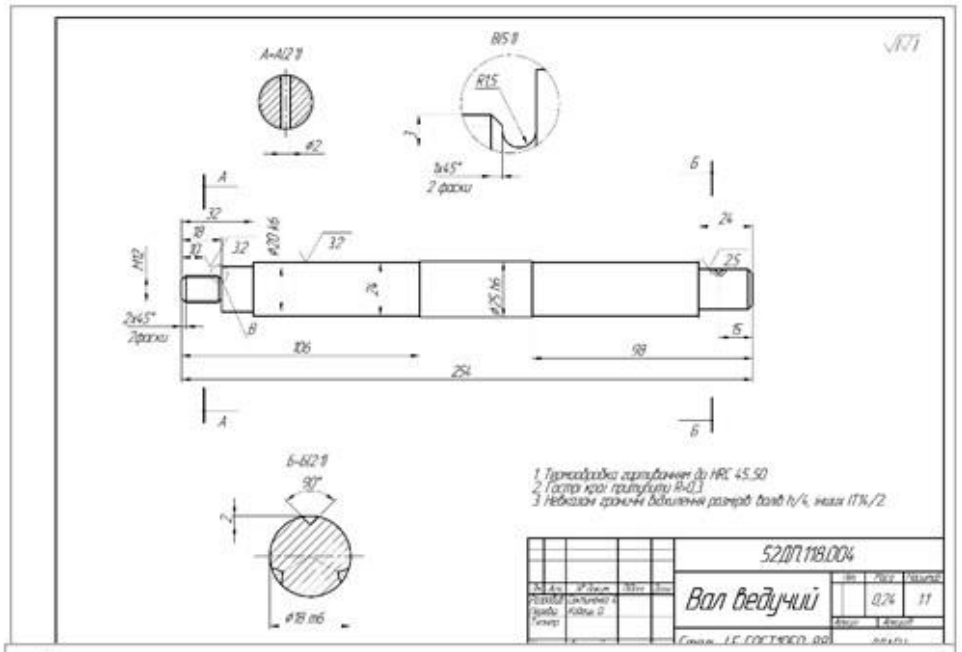
4

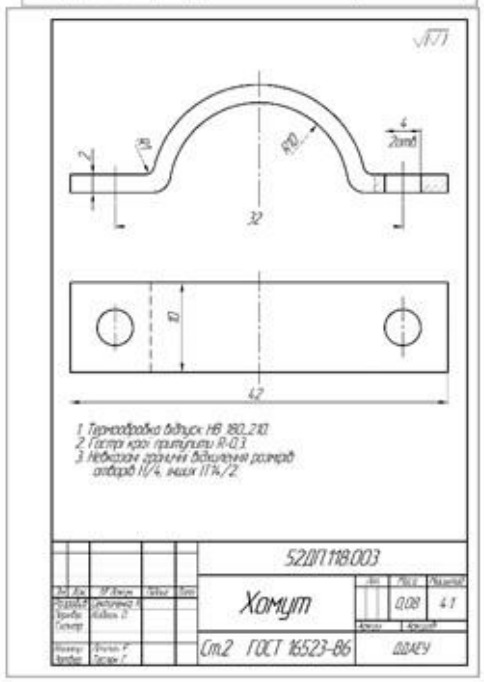

66
33
28
0,32
2,5
ø24 H7
ø34 h6
R44
ø8
2отв.
50
1. Гострі краї притупити R=0,3 мм.
2. Відливка III класу точності ГОСТ 1875-74.
3. Невказані граничні відхилення розмірів
отворів H/4, інших IT14/2.
52ДП.118.024
Втулка направляюча
Бр А9Ж3Л ГОСТ 493-79
ДДАЕУ
0,12
11

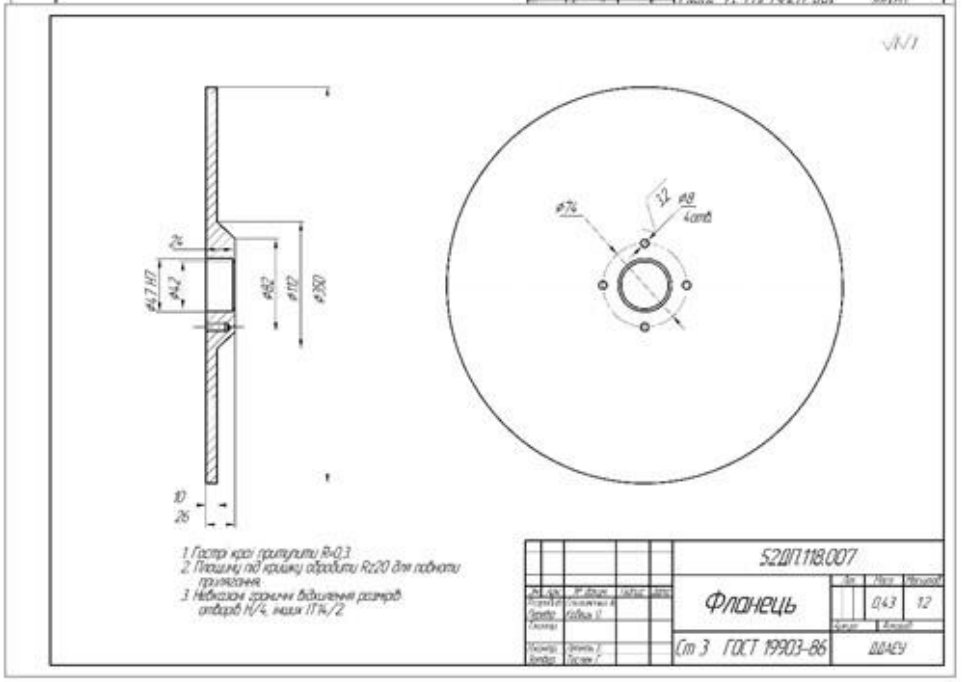

Rz 20
ø8
2отв.
Rz20
B
25
ø92
ø47
ø40
ø26 h8
ø30
ø37
ø47 H7
ø74
4
7
B(4:1)
III32
2
3,5
Rz20
5
8
19
1. Твердість HRB 180.
2. Невказані граничні
відхилення розмірів IT14/2.
52ДП.118.006
Кришка підшипника
С415-32 ГОСТ 1412-86
ДДАЕУ
0,22
2:1

5


P1=100
P2=70
P3=120
H1=80
H2=111
H3=169
H4=191
1. Число витків 13
2. Повне число витків 15
3. Напрямок витків Правий
4. Твердість HRC 45
52ДП.118.005
Пружина
Сталь 65 ГОСТ 9389-86
ДДАЕУ


A-A(2:1)
Б-Б(2:1)
R15
1. Термообробка загартування до HRC 45..50
2. Гостра кромка притуплена R=0,3
3. Невказані граничні відхилення розмірів валів h/4, інших IT14/2
52ДП.118.004
Вал ведучий
Сталь 45 ГОСТ 1050-88


1. Термообробка відпуск НВ 180..210
2. Гостра кромка притуплена R=0,3
3. Невказані граничні відхилення розмірів отворів H/4, інших IT14/2
52ДП.118.003
Хомут
Ст.2 ГОСТ 16523-86
ДДАЕУ


1. Гостра кромка притуплена R=0,3
2. Площину під кришку обробити Rz20 для кращого притягання
3. Невказані граничні відхилення розмірів отворів H/4, інших IT14/2
52ДП.118.007
Фланець
Ст 3 ГОСТ 19903-86
ДДАЕУ

6

Техніко-економічні показники впровадження

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Обсяг роботи, га	100	100
Годинна продуктивність, га/год.	а) 0,6 б) 0,52	0,5
Витрати палива на 1 га, кг	а) 20 б) 35	42
Балансова вартість агрегату, грн.	825000	880000
Нормативне навантаження, год.	а) 167 б) 192	200
Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього:	а) 3128 б) 4185	4776
в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн.	а) 131 б) 151	157
амортизаційні відрахування, грн.	а) 1171 б) 1171	1249
вартість ПММ, грн.	а) 1400 б) 2450	2940
витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн.	а) 336 б) 291	290
інші витрати.	а) 91 б) 122	139
Капітальні вкладення на 1 га, грн.	а) 8250 б) 8250	8800
Приведені витрати на 1 га, грн.	а) 4365 б) 5422	6096
Річний економічний ефект, грн.		369100
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років		0,15