

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО  
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “Підвищення ефективності збирання картоплі з використанням  
удосконаленої картоплезбиральної машини КСТ-1,4А.”

Виконав: студент IV курсу групи Аін-42

Спеціальності 208 „Агорінженерія”  
(шифр і назва)

Морикишка Володимир Ігорович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: Гошко З.О.  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО  
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Шарибура А.О.  
“27” листопада 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ**

на дипломний проєкт студенту

**Морикишка Володимиру Ігоровичу**

1. Тема проєкту: **“ Підвищення ефективності збирання картоплі з використанням удосконаленої картоплезбиральної машини КСТ-1,4А. ”**

Керівник проєкту: Гошко Зіновій Орестович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 27.11.2023 року № 641/к-с.

2. Строк здачі студентом закінченого проєкту 5.06.2024 року

3. Вихідні дані: інструкції з технічної експлуатації та технічного обслуговування тракторів, нормативи з збирання картоплі; патентний пошук та літературні джерела, які стосуються удосконалення очисних механізмів картоплі; визначення економічної ефективності використання технічних засобів.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Характеристика об'єкта проєктування.

2. Технологічний розділ.

3. Конструкторський розділ.

4. Охорона праці.

5. Економічне обґрунтування проєктного рішення

Висновки і пропозиції;

Список літературних джерел.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

1. Операційна карта - 1-ий аркуш.

2. Загальний вигляд машини - 2-ий аркуш.

3. Загальний вигляд вдосконалення - 3-ий аркуш.

4. Робочі креслення деталей – 4-ий арк.

5. Робочі креслення деталей – 5 -ий арк.

6. Результати розрахунку економічного ефекту – 6-ий арк.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5,6	Гошко З.О. к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича			
4	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри УПБВ			

7. Дата видачі завдання: 27.11.2023 р.

### ***КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН***

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Характеристика об'єкту проєктування»</i>	<i>02.01.24-02.02.24</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Технологічний розділ»</i>	<i>03.02.24-03.03.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Конструкторський розділ»</i>	<i>04.03.24-03.04.24</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та захист населення»</i>	<i>04.04.24-03.05.24</i>	
5.	<i>Виконання розділу: «Розрахунок економічного ефекту»</i>	<i>04.05.24-01.06.24</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	<i>01.06.24-05.06.24</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Володимир Морикишка  
(підпис)

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ Зіновій Гошко  
(підпис)

УДК 631.3. – 635.21

Морикишка В. І. “ Підвищення ефективності збирання картоплі з використанням удосконаленої картоплезбиральної машини КСТ-1,4А. ”

Дипломний прєкт. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024.

69 стор. текс. част., 12 рис., 8 табл., 6 арк. ілюстр. матер., 18 бібліогр. джерел.

Проведений аналіз фінансово-господарської діяльності, розглянуто існуючі технології вирощування картоплі та комплекс машин для реалізації цієї технології. Додається операційна карти на збирання картоплі.

Проводиться опис запланованого вдосконалення існуючої технології вирощування картоплі. Проведений аналіз умов машиновикористання і чинників, які впливають на показники машиновикористання. Наведені розрахунки складу і експлуатаційного регламенту МТА на збиранні картоплі. Розроблено заходи по покращенню МТА.

Розроблена конструкція картоплекопача, яка дозволяє більш інтенсивніше проводити сепарацію підкопаного вороху. Визначені основні параметри розробленої конструкції копача і основні режими його роботи.

Проаналізовано стан та розроблено заходи з охорони праці, захисту цивільного населення та довкілля при виконанні механізованих операцій у господарстві.

Виконано розрахунок економічної ефективності запровадження технології та комплексу машин.

## Зміст

Вступ.....	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	7
1.1. Технології вирощування .....	7
1.2. Збирання картоплі .....	7
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1. Особливості вирощування картоплі .....	13
2.2. Вимоги до операції збирання картоплі .....	14
2.3. Підготовка поля .....	17
2.4. Операційна карта на збирання врожаю.....	21
2.5. Сучасний стан механізації збирання картоплі.....	32
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	33
3.1. Вимоги до картоплезбиральних машин .....	33
3.2. Обґрунтування схеми конструктивної розробки .....	35
3.3. Технологічні розрахунки .....	36
3.4. Перевірка на міцність елементів конструкції.....	41
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
4.1. Загальні положення.....	49
4.2. Аналіз стану охорони праці.....	49
4.3 Заходи з покращення умов праці.....	50
4.4 Заходи безпеки при роботі проектованої конструкторської розробки	53
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ	55
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	61
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

## ВСТУП

На сьогодні картопля займає п'яте місце серед джерел енергії в харчуванні людини після пшениці, кукурудзи, рису і ячменю. У бульбах картоплі містяться важливі для людини і тварин поживні речовини. Значення картоплі в харчуванні людини обумовлено вмістом у ній крохмалю, протеїну, вітамінів і мінеральних речовин.

Можна вважати, що більше 50% світового виробництва картоплі йде безпосередньо до або після переробки на харчування людей, 30% - на годівлю тварин, 3...4% - для отримання крохмалю і спирту, і приблизно 10% - на насіннєвий матеріал.

Обґрунтовуючи актуальність даної теми можна сказати, що вирощування картоплі економічно вигідно. Низькі вимоги картоплі до попередників, широкий діапазон сортів, завдяки яким є можливість пристосовуватись до різних умов вирощування, дозволяє включати картоплю у різні сівозміни. Як попередник вона сприяє підвищенню врожайності зернових. З точки зору сезонного використання робочої сили картопля доповнює вирощування зернових і цукрового буряка. Картопля інтенсивно споживає поживні речовини орного шару ґрунту, що запобігає їх вимиванню з ґрунту. Для економічної ефективності вирощування картоплі необхідна висока культура землеробства.

Кращою формою застосування прогресивних технологічних процесів, продуктивного використання сучасної техніки є організація механізованих ланок. Впровадження у виробництво високоефективних технологічних процесів і комплексу досконалих машин та правильна організація механізованих ланок є основою підвищення врожаю й собівартості продукції. Нині промисловість випускає набір машин, який забезпечує комплексну механізацію всіх робіт на вирощуванні картоплі.

## **1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ**

На сьогоднішній день існує велика кількість технологій вирощування картоплі, особливості використання яких залежать від регіону вирощування, кліматичних умов, наявної техніки в господарствах тощо. Всі існуючі технології містять наступні операції: підживлення органічними та мінеральними добривами, підготовка ґрунту під посадку картоплі, підготовка посадкового матеріалу (сортування, пророщення, протруєння), висадка бульб (гладке, гребеневе), догляд за рослинами та збирання врожаю.

### **1.1. Технології вирощування**

Однією з найбільш поширених технологій є інтенсивна, завдання її спрямоване на отримання урожаю картоплі не менше 250 ц/га. Вирощування картоплі, передбачає: [5]

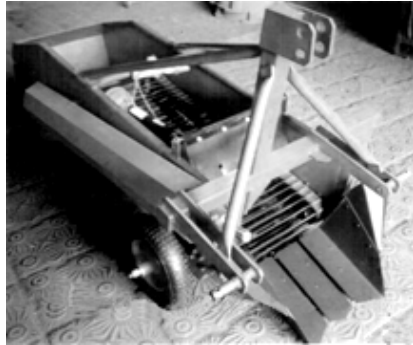
- вирощування насінневої картоплі (фракція 60-80 г);
- вирощування районованих сортів картоплі;
- закладання насінневої картоплі на зберігання для посадки картоплі в наступному році;
- періодичне оновлення та заміна старих сортів новими, на основі розроблених планів сортооновлення.

Найкращим попередником для вирощування картоплі, переважно є озимі зернові, що вирощують у сівозміні з багаторічними травами після полів, що були під паром або зернобобових культур. Також добре родить картопля після кукурудзи на силос. Картопля є один з кращих попередників у сівозміні для ранніх ярих зернових, конопель, льону-довгунця, та ін.

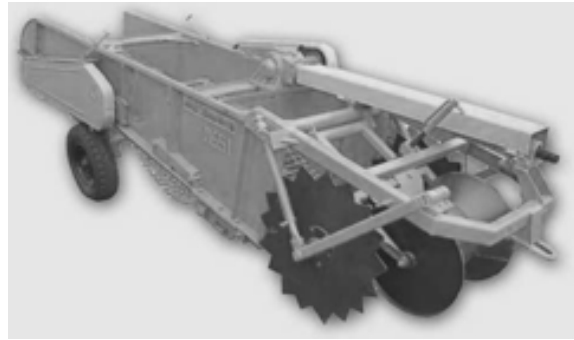
### **1.2. Збирання картоплі**

Ранні сорти картоплі починають збирати в період, коли, ще зелене бадилля - фаза технічної стиглості картоплин. Для того, щоб зібрати картоплю з мінімальними втратами, попередньо скошують бадилля косаркою

КІР-1,5, подрібнюють і розстилають на поверхні поля у вигляді сидератного добрива. Викопують ранню картоплю картоплекопачами-валоутворювачами КТ-0,7, КТН-1,4 і вкладають у валки з подальшим ручним підбиранням картоплі.



а)



б)

Рисунок 1.1 - Картоплекопачі просіювального типу з прутковими елеваторами:

а) – КТ-0,7; б) – Л-651

Середньо- і пізньостиглі сорти картоплі починають збирати у період відмирання бадилля.

Бадилля починають скошувати на за 8-12 днів до збирання насінневої картоплі і за 3-6 днів – товарної. Зрізають бадилля на висоті 8-10 см від поверхні ґрунту. Даний процес прискорює дозрівання картоплин і покращує їх товарний вигляд (огрубіння шкірки, що запобігає травмуванню і пошкодженню хворобами).

Перед збиранням, рекомендують на важких ґрунтах провести міжрядне рихлення культиваторами КОН-2,8А, КРН-4,2Д обладнаними долотоподібними лапами, на глибину 14-16 см. Даний процес сприяє кращому повітрообміну і підсиханню ґрунту, зменшує навантаження на підкопуючі робочі органи, полегшує їх роботу при підкопуванні картоплі та відділенні ґрунту на сепаруючих органах картоплезбиральних машин та комбайнів.



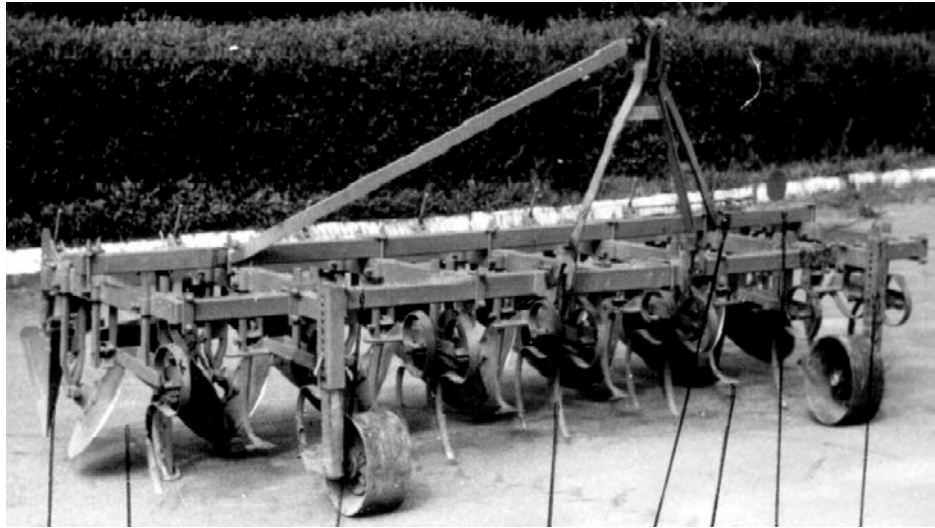


Рисунок 1.2 – Культиватор розпушувач КРН-4,2 Д

За несприятливих погодніх умов (похолодання, дощі), для збирання середньо пізніх та пізньо стиглих сортів картоплі проводять штучне прискорене підсушування бадилля з допомогою десикантів. За 10-15 днів до збирання, посіви картоплі обробляють з допомогою обприскувачів розчинами реглону, або раундапу. Проведені заходи прискорюють процес дозрівання бульб, швидше дубіє шкірка бульбин і вони менше травмуються та поражаються хворобами і шкідниками.

Збирають картоплю в господарствах переважно за тією технологією, яку вони можуть реалізувати наявною у них технікою, а саме прямим комбайнуванням, комбінованим або роздільним способом.

Комбайновий спосіб є найбільш ефективним, зменшує до мінімуму затрати ручної праці, сприяє ефективному очищенню бульбин від грубих домішок та ґрунту, мінімізує строки збирання врожаю. Але його переважно застосовують на чистих від бурянів площах, легких і середніх ґрунтах не високої вологості до 20%, за таких умов ґрунт легко відділяється на сепаруючих, та очисних робочих органах комбайна.

Під час використання комбайнової технології, допустимі втрати пошкодження бульб - не більше 3 % від загальної маси врожаю.

Для комбайнового збирання використовують техніку, як вітчизняного (УКК-2, КПК-2, КПК-3 та ін.) так і зарубіжного виробництва (Е-684, Е-686).



Рисунок 1.3 - Картоплезбиральний комбайн УКК-2

Для комбінованої технології збирання використовують копачі, здатні викопану картоплю вкладати у сусідні незібрані рядки, їх називають копачі-валкоутворювачі (КСТ-1.4А, КТН-2В). По незібраних рядках рухається комбайн, який підкопує два рядки і одночасно підбирає вже викопану картоплю копачами-валкоутворювачами. Таким чином вдається зменшити енерговитрати на збирання картоплі до мінімуму. Відпадає необхідність ручного підбирання картоплі, зібрана копачами картопля, проходить додаткову очистку на очисних механізмах комбайна, а отже значно зменшується її забруднення ґрунтом.

Зібрана продукція може транспортуватись на приймальний пункт поточним або потоково-перевалочним способом. При першому способі зібрані бульби транспортуються на сортувальні пункти КСГ-15В, КСП-25, де



її сортують на три основні фракції (фуражна менша 60 г., насіннева масою 60-80 г., товарн масою більше 80 г.), кожену з яких спрямовують залежно від призначення на корм худобі, зберігання, реалізацію у мережах

супермаркетів.

Другий спосіб застосовують тоді, коли бульби спочатку зберігають під шаром соломи у наземних кагатах терміном 15-20 днів. Наступний етап - це сортування товарні бульби на фракції і скерування на постійне зберігання у картоплесховища.

Зберігають картоплю у спеціальних приміщеннях, картоплесховищах або кагатах.

Перед закладанням врожаю на зберігання, картоплесховища дезінфікують формаліном або обкурюють сіркою. Для знезараження приміщень, також можна використати аерозольні генератори, для проведення внутрішніх робіт з дезінфекції, за потреби ці приміщення білять свіжогашеним вапном з добавкою мідного купоросу.

Для збереження популяції певного сорту, їх зберігають окремо. Особливо це важливо для насінневої картоплі, яку закладають на зберігання. Вологість у приміщеннях де зберігають картоплю повинна бути в межах 90-94%, а температурний режим повинен зберігатись у межах 1-4 °С.

Найпростіший спосіб зберігання картоплі, це в кагатах, так як вони не потребують спеціальних приміщень. На ділянках з підвищенням закладають траншеї довжиною 15-20 м, шириною 2 м, глибиною 40 см. І після відповідної підготовки в них розміщують картоплю, для довготривалого зберігання. В кагатах передбачена система вентилявання, вона може бути проточно вентиляюема, або примусова, в яку повітря направляється вентилятором.

Картоплю, яку планують садити влітку, можна зберігати у траншеях вільної довжини, глибиною до 1-1,5 м і шириною до 1 м. З метою забезпечення загальної маси бульб від масового ураження хворобами, її масив періодично з інтервалом 4-5 м розділяють ґрунтовими перегородками.

Для запобігання промерзання картоплі у кагатах, її накривають шаром солома, а потім закривають ґрунтом, шаром 15-20 см. Температуру в кагатах

стараються підтримувати в межах 3-5 °С. Щоб запобігти самозігріванню бульб, кагати періодично при відкривають для покращення вентиляційних процесів.

## **2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1. Особливості вирощування картоплі**

В Україні за споживчою цінністю, картопля займає провідне місце після зернових. Однією з особливостей її є те, що вона не приїдається. Картоплю можна споживати вареною, печеною, тушеною, в любых способах нарізки тощо. Цінять картоплю за те, що вона містить велику кількість необхідних елементів для життя людини, а це крохмаль 17,5%, білки 1,5-2%, цукри 0,5%, різноманітні мінеральні солі та вітаміни.

Як сільськогосподарську культуру, картоплю цінять за її високу врожайність, з одиниці площі можна зібрати від 200 до 300 ц/га бульбин. Картоплю часто використовують, як хороший опередник для основної маси вирощуваних культур. Під картоплю вносять велику кількість поживних елементів (добрив), а також вона непогано очищає поле від багаторічних бур'янів.

Для промисловості, картопля служить, сировиною для виробництва крохмаль та спирту. В середньому з однієї тонни картоплі можна отримати до 200 л. спирту. Врахоуючи її високу врожайність 20-30 т/га, вихід спирту може становити від 4 до 6 т/га, що є досить непоганим показником, враховуючи ціни на спирт.

Основний спосіб вирощування картоплі – це рядковий пунктирний. В Україні переважна більшість технологій передбачає посадку картоплі рядковим способом з шириною міжряддь 70 см. Відстань у рядку може коливатись від 10 до 30 см., залежно від кліматичних умов, сортових особливостей, врожайності і мети вирощування (насіннева, товарна, кормова). Перед збиранням бадилля картоплі скошують і поле набирає гребінчастого вигляду, це пов'язане з тим, що в процесі її вирощування, рядки кілька разів підгортають. Гребені можуть мати висоту 11-20 см.

Залежно від сортових властивостей картоплі, може міняти сфера її застосування: фуражна на корм, тверді сорти на виробництво чіпсів, картоплі фрі та ін. Також механіко-технологічні особливості бульбин і гички суттєво залежать від сорту. Найвищу цінність становлять столові сорти, що відрізняються високими смаковими особливостями.

Стеблову частину картоплі (бадилля), переважно подрібнюють і використовують, як сидератне добриво, вона становить  $1/3 - 1/3$  маси картоплі. Щільність бадилля  $133 \text{ кг/м}^3$ .

## 2.2. Вимоги до операції збирання картоплі

Вирощування картоплі включає велику кількість технологічних операцій, найбільш енергоємною з них є збирання врожаю. Енергоємність даного процесу полягає в тому, що необхідно підкопати бульбоносний шар ґрунту (глибина залягання картоплі до 20 см), спрямувати його на сепаруючі робочі органи картоплезбиральної машини, з метою подрібнення і відділення бадилля та ґрунту від бульбин. Залежно від врожайності, процентне співвідношення між бульбоносним пластом і картоплею становить 1-3%. З 200 кг ґрунту можна виділити 4-6 кг картоплі. Значна кількість ґрунту, що перебуває на сепаруючих органах картоплезбиральних машин і є причиною великих енергозатрат.

Збираючи картоплю, виконують наступні технологічні операції: скошування бадилля, видкопування бульбоплодів, сепарація та відділення бульбин від домішок, транспортування на приймальний пункт, остаточна очистка та сортування на фракції.



Рисунок 2.1 –  
Бадиллевидаляюча машина ГВР-2,5

В процесі збирання картоплі, згідно стандартів необхідно дотримуватись певних агротехнічних вимог. Бадилезбиральні машини КІР-1,5, ГВМ-2,5 повинні забезпечувати зрізання не менше 80% бадилля, його зріз по висоті не повинен перевищувати 20 см над висотою гребеня. До картоплезбиральних машин вимоги ставляться, ще більш жорсткіші, втрати картоплин під час її збирання, не повинні перевищувати 2-3%, процент пошкоджених та травмованих більб не більше 4%.

### 2.2.1. Організаційні особливості виконання технології збирання картоплі

Для збирання картоплі, в залежності від наявної у агропідприємстві техніки, можуть використати одну з існуючих технологій:

- потоково-комбайнова, передбачає за один технологічний прохід виконання всіх операцій, а саме, скошування бадилля, викопування і очистку картоплі, завантаження її в бункер з подальшим перевантаженням у транспортні засоби і транспортування на сортувальний пункт;



Рисунок 2.2 - Потоково-комбайнова технологія

- роздільно частково механізована, передбачає попереднє скошування бадилля, через кілька днів здійснюють викопування та очистку картоплі з допомогою однорядних або двохрядних картоплекопачів, викопана картопля вкладається у валки, де підсихає, підбирання здійснюється вручну;



Рисунок 2.3 - Роздільно частково механізована технологія

- комбінована, передбачає найвищий ступінь механізації, це коли картоплезбиральний комбайн працює у парі з двома картоплекопачами валкоутворювачами, викопана картоплекопачами картопля з двох, або чотирьох сусідніх рядків вкладається на центральний рядок, по якому рухається картоплезбиральний комбайн. Дана технологія забезпечує найвищу ступінь механізації процесу збирання, з най меншими енергозатратами, має найвищу продуктивність і якість очистки картоплі.

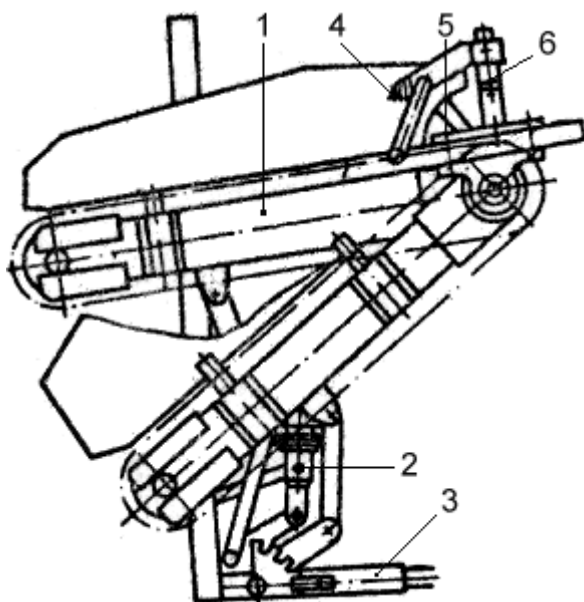


Рисунок 2.4 – Техніка для комбінованої технології

Недолік, необхідно мати в агропідприємстві усю необхідну техніку для її забезпечення.



Для забезпечення якісного процесу викопування картоплі, в картоплезбиральних машинах передбачені наступні регулювання, а саме, регулювання глибини викопування бульб, надто мілке є причиною втрат і значного пошкодження частини врожаю, надто глибоке спричиняє значний тяговий опір, а це додаткові енергозатрати і погіршення якості очистки картоплі із-за значної кількості домішок. Також можна регулювати активність сепараторів, зміною амплітуди їх коливань, швидкістю, тощо. На комбайнах передбачено встановлення похилої гірки (пальчикового транспортера) з змінним кутом встановлення, для покращеного відділення домішок від основної продукції.



Рісунок 2.5 - Регулювання встановлення основної і додаткової гірок:

1 - гірка; 2 - механізм регулювання; 3 - важіль механізму регулювання; 5 - клапан; 4,6 - натяжний гвинт

### 2.3. Підготовка поля

Важливе значення для вирощування картоплі, має підготовка площі під посадку. На першому етапі, проводять огляд місцевості з допомогою безпілотних систем пілотування і виявляють основні перешкоди (сторонні предмети на краю поля, повалені дерева, новоутворені ритвини, те що може стати на перешкоді руху збиральної техніки. Виявлені перешкоди усувають, щоб забезпечити безперешкодне виконання операції збирання врожаю.

Наступний етап, це розбивка поля на загінки, бажано однакові за площею, для полегшення їх обробітку. Бажано, щоб загінки не мали гострих кутів, адже може стати проблемою при розворотах у кінці поля. Наявність непаралельних сторін гонів, є причиною збільшення числа огріхів, неефективного використання техніки.

Розміри загінок повинні співпадати з стиковими міжряддями. Для розвороту картоплезбирального агрегату відбивають поворотні полоси (рис. 2.6.)

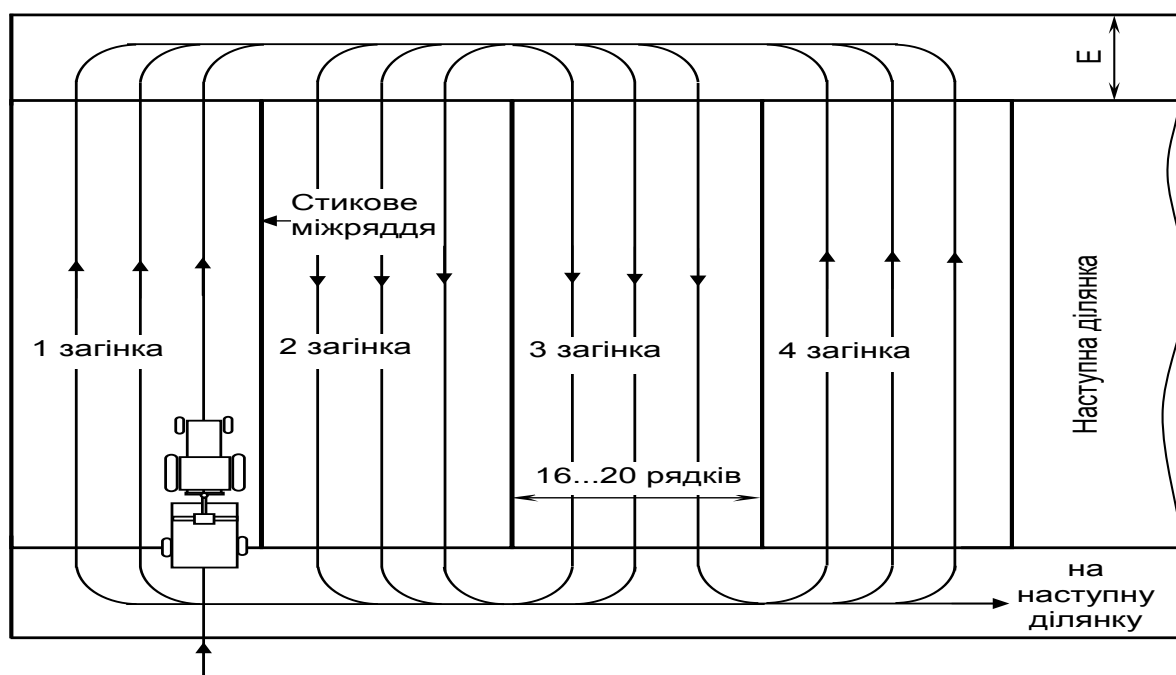


Рисунок 2.6 - Організації руху картоплезбирального агрегату по полю

Для поворотів з безпетльовою схемою (рис.2.6) ширину розворотної полоси розраховують з формули:

$$E = Y_n + e + 0.5 \cdot d_a, \quad (2.1)$$

де  $Y_n$  - розворотна ордината, м;

$e$  - відстань для заходу у розворот, м;

$d_a$  - ширина картоплезбирального агрегату за кінематичним показником,  
 $d_a = 0,7 \text{ м}$ .

Поворотна ордината дорівнює:

$$Y_n = 1.1 \cdot R_\theta, \quad (2.2)$$

де  $R_\theta$  - реальний поворотний радіус агрегату, м.

Реальний поворотний радіус агрегату розраховуємо з формули:

$$R_\theta = K_p \cdot R_K, \quad (2.3)$$

де  $R_K$  - габаритний поворотний радіус, для енергетичних засобів тягового класу 1,4 кН  $R_K \approx 3\text{ м}$ ;

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує збільшений конструктивний радіус.

Коефіцієнт, що враховує збільшений конструктивний радіус, рахують за формулою

$$K_p = 1 + B_p \cdot V_p, \quad (2.4)$$

де  $V_p = 1.4\text{ м/с}$  - технологічна робоча швидкість агрегату;

$B_p$  - коефіцієнт, для різних швидкостей, для  $V_p = 1.4\text{ м/с}$   $B_p = 0,12\text{ с/м}$ .

Отже маємо:

$$K_p = 1 + 0,12 \cdot 1,4 = 1,17,$$

$$R_\theta = 1,17 \cdot 3 = 3,51\text{ м},$$

$$Y_n = 1.1 \cdot 3,51 = 3,86\text{ м}.$$

Відстань заїзду агрегату в розворот:

$$e = 0.5 \cdot l_a, \quad (2.5)$$

де  $l_a = 6.2\text{ м}$  - конструктивна довжина збирального енергетичного засобу.

Тоді  $e = 0.5 \cdot 6,2 = 3,1\text{ м}$

Ширина полси розвороту становить:

$$E = 3,86 + 3,1 + 0.5 \cdot 1,6 = 6,89\text{ м}$$

Розраховуємо ширину полси розвороту:

$$E_p = \frac{E}{B_m} = \frac{6,89}{0,7} = 9,84, \quad (2.6)$$

де  $B_m = 0,7\text{ м}$  - посадкова ширина посадки бульби.

Отримані результати округлюємо до цілого більшого парного значення. На основі отриманих розрахунків, ширину розворотної полоси приймаємо 10 рядків.

## 2.4. Операційна карта на збирання врожаю

Вихідні дані:

- загальна посадкова площа - 50 га;
- середня врожайність бiльби – 250 ц/га;
- агростроки збирання врожаю 01.09. – 20.09.;
- ухил поверхні  $i=1$

Картоплезбиральний агрегат складається з енергетичного засобу МТЗ-82, і картоплекопачка КСТ-1,4А.

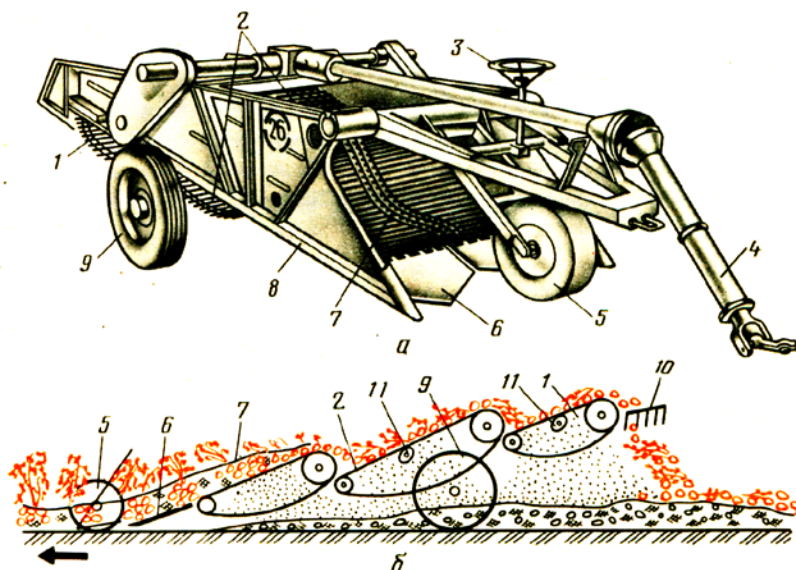


Рисунок 2.7 - Елеваторний напівнавісний картоплекопач КСТ – 1,4А

1 – каскадний елеватор; 2 – основний елеватор; 3 – гвинтовий механізм; 4 – карданний вал; 5 – опорне колесо; 6 – плоский леміш; 7 – швидкісний елеватор; 8 – боковина; 9 – ходове колесо; 10 – валкоформуючий щиток; 11 – еліптичні струшувач.

Розрахунок складу картоплезбирального агрегату.

Тяговий опір картоплезбирального агрегату залежно від швидкості на вибраній передачі знаходимо з формули:

$$K = K_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta \ell}{100} \right], \quad (2.6)$$

де  $K$  – тяговий опір агрегату (для викопування  $K = 3,5-4,0$  кН/м<sup>2</sup>);

$K_0$  - питомий тяговий опір агрегату;

$V_p$  - швидкість виконання роботи ( $V_p = 7$  км/год);

$V_0$  - швидкість агрегату, на прийнятій передачі ( $V_0 = 5,2$  км/год);

$\Delta \ell$  - швидкість наростання тягового опору агрегату.

$$K = 4(1 + (1,94 - 1,44) \frac{2}{100}) = 0,12 \text{ кН/м}^2$$

Тяговий опір рахуємо з формули:

$$R_a = \gamma_\mu KB + G_\mu \frac{i}{100}, \quad (2.8)$$

де  $R_a$  - сумарний опір;

$\gamma_\mu$  - число знарядь у агрегаті ( $\gamma_\mu = 1$ );

$G_\mu$  - експлуатаційна вага картоплезбирального агрегату, кН;

$$G_m = 17,7 \text{ кН}; \quad G_e = 7 \text{ кН}.$$

$B$  – робоча ширина картоплезбирального агрегату,  $B = 1,4$  м.

Тож,

$$R_a = 1 - 0,12 * 1,4 + 24,7 \frac{1}{100} = 0,365 \text{ кН}.$$

Тягове зусилля картоплезбирального агрегату на розворотах:

$$R_{ax} = \gamma_\mu G_\mu \left( i_\mu + \frac{i}{100} \right), \quad (2.9)$$

де  $R_{ax}$  - тягове зусилля картоплезбирального агрегату на розворотах, кН;

$\iota_{\mu}$  - коефіцієнт оприв перекочуванню картоплезбирального агрегату, для колісних,  $\iota_{\mu} = 0,05 \dots 0,2$ ;

$$R_{ax} = 1 * 19,7 \left( 0,1 + \frac{1}{100} \right) = 2,17 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт, що враховує тягове зусилля:

$$\varphi_p = \frac{R_a}{P_{kp} - G \frac{i}{100}}; \quad (2.10)$$

де  $\varphi_p$  - коефіцієнт, що враховує тягове зусилля;

$P_{kp}$  - тягове зусилля на гаку трактора, кН ,

$$\varphi_s = \frac{0,365}{0,6 - 19,7 \frac{1}{100}} = 0,9$$

Коефіцієнт, що враховує споживання реальної потужності :

$$\zeta_{od} = \frac{N_{kp}}{N_{en}}, \quad (2.11)$$

де  $\zeta_{od}$  - коефіцієнт, що враховує споживання реальної потужності;

$N_{kp}$  - потужність на привід, кВт ;

$N_{en}$  - використувувана потужність, кВт.

$$\zeta_{od} = \frac{0,87}{18,4} = 0,05;$$

$$N_{kp} = \frac{P_{kp} * V_p}{3,6}; \quad (2.12)$$

$$N_{kp} = \frac{0,6 * 5,2}{3,6} = 0,87 \text{ кВт}$$

Розраховуємо конструктивні параметри картоплезбирального агрегату і коефіцієнти робочого і холостого ходів.

Розворотний радіус:

$$R = R_0 K_r, \quad (2.13)$$

де  $R$  – розворотний радіус, м ;

$R_0$  - розворотний радіус для швидкості виконання технологічної операції: 5,2 км/год ;

$K_r$  - пропорційний коефіцієнт;

$$R = 4,1 * 1,2 = 4,92 \text{ м.}$$

Технічна довжина машини:

$$l_k = l_{mp} + l_m, \quad (2.14)$$

де  $l_k$  - технічна довжина машини, м;

$l_{mp}$  - технічна довжина енергетичного засобу ,  $l_{mp} = 1,775$  м;

$l_m$  - технічна довжина копача,  $l_m = 1,1$  м.

$$l_k = 1,775 + 1,1 = 2,875 \text{ м}$$

Конструктивна ширина агрегату:

$$dk = \frac{Bk}{2}, \quad (2.15)$$

де  $dk$  - конструктивна ширина агрегату, м;

$$dk = \frac{1,4}{2} = 0,7 .$$

Відстань виїзду машини:

$$l = B_k * l_k, \quad (2.16)$$

$$l = 1,4 * 2,875 = 4,025 \text{ м}$$

Конструктивна ширина розвортної полоси:

$$E_{\min} = 1,1R + l + dk, \quad (2.17)$$

де  $E_{\min}$  - мінімальна ширина розворотної полоси, м;

$$E_{\min} = 1,1 * 4,92 + 4,025 + 0,7 = 10,14 \text{ м.}$$

Реальна ширина розворотної полоси:

$$E = Z * B_k, \quad (2.18)$$

де  $Z$  – мінімальне можливе ціле число,

$$E = 1,1 * 1,4 = 15,4 \text{ м.}$$

Вибираємо реальну ширину розворотної полоси 16 м.

Відстань робочого руху:

$$L_p = L - 2E, \quad (2.19)$$

де  $L_p$  - відстань робочого руху, м;

$L$  – відстань ділянки,  $L = 1000$  м.

$$L_p = 1000 - 2 * 16 = 968 \text{ м}$$

Відстань холостого розвороту:

$$l_x = 3,8R + 2l, \quad (2.20)$$

де  $l_x$  - відстань холостого розвороту, м:

$$l_x = 3,8 * 4,92 + 2 * 4,025 = 26,75 \text{ м.}$$

Число робочого і холостого ходів у загінці:

$$n_p = \frac{e}{B_k}, \quad (2.21)$$

де  $n_p$  – число робочого ходу;

$e$  – ширина ділянки ( 250 м ),

$$n_p = \frac{250}{1,4} = 178,6, \text{ вибираємо } 179.$$



$$n_x = \frac{e}{B_k} - 1 = n_p - 1, \quad (2.22)$$

де  $n_x$  – число холостих проходів:

$$n_x = 179 - 1 = 178$$

Організація робіт картоплезбирального агрегату у полі

Коефіцієнт робочого ходу:

$$\varphi = \frac{L_p n_p}{L_p n_p + l_x n_x}, \quad (2.23)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт робочого ходу:

$$\varphi = \frac{968 * 179}{968 * 179 + 26,75 * 178} = 0,97.$$

Час роботи агрегату у полі:

$$t_u = \frac{2L_p}{V_p * 60} + \frac{2l_x}{V_x * 60}, \quad (2.24)$$

де  $t_u$  – час роботи агрегату у полі:

$$t_u = \frac{2 * 968}{1,44 * 60} + \frac{2 * 26,75}{1,7 * 60} = 22,9 \text{ хв.}$$

Кількість циклів:

$$n_u = \frac{T_{зм} - T_{пз} - T_{пв}}{t_u}, \quad (2.25)$$

де  $n_u$  – кількість циклів;

$T_{зм}$  – час зміни, хв;

$T_{пз}$  – час на підготовчо-заключні роботи, хв;

$T_{пв}$  – час відпочинку персоналу, хв.

$$n_u = \frac{420 - 66 - 25}{22,9} = 14,4 \text{ ( беремо 15 циклів ).}$$

Сумарний час зміни:

$$T_p = t_{pc} n_u, \quad (2.26)$$

де  $T_p$  – сумариний час зміни, хв;

$t_{pc}$  – часу циклу на робочому ході, хв.

$$T_p = 22,9 * 14 = 320 \text{ хв} = 5,34 \text{ год.}$$

Тривалість зміни:

$$T_{ed} = t_u n_u + T_{nz} + T_{en}, \quad (2.27)$$

де  $T_{ed}$  – тривалість зміни, хв.

$$T_{ed} = 22,9 * 14 + 66 + 25 = 412 \text{ хв} = 6,9 \text{ год.}$$

Коефіцієнт тривалості зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{ed}}, \quad (2.28)$$

де  $\tau$  - коефіцієнт тривалісості зміни.

$$\tau = \frac{320}{412} = 0,78.$$

Змінна продуктивність картоплекопача:

$$W_{зм} = 0,1 * B_r * V_p * T_{зм} * \tau, \quad (2.29)$$

де  $W_{зм}$  – змінна продуктивність картоплекопача, га /зм.

$$W_{зм} = 0,1 * 1,4 * 5,2 * 7 * 0,78 = 3,97 \text{ га /зм.}$$

Експлуатаційні витрати на робочий процес.

Витрата пального на гектар:

$$Q = \frac{G_{mp} T_p + G_{mx} T_x + G_{mo} T_o}{W_{зм}}, \quad (2.30)$$

де  $G_{mp}, G_{mx}, G_{mo}$  – витрата пального за годину, на робочому, транспортному русі і зупинках енергетичного засобу з включеним двигуном, кг/год;

$T_x$  – час поворотів і переїздів, год.

$$Q = \frac{4,3 * 5,34 + 1,7 * 0,64 + 1,1 + 0,85}{3,97} = 6,55 \text{ кг/га.}$$

$$T_x = t_{xц} n_{ц} + t_{ннк}, \quad (2.31)$$

де  $t_{xц}$  – часу поворотів за цикл, хв;

$T_{ннк}$  – час переїздів спочатку і під кінець зміни, хв..

$$T_x = 0,89 * 14 + 26 = 38,46 \text{ хв.}$$

$$T_o = t_{оц} + n_{ц} + T_{омн} + 0,5T_{емо} + T_{нл} + T_{нн}, \quad (2.32)$$

де  $T_o$  – час зупинок з робочим двигуном, хв;

$t_{оц}$  – часу циклу технологічних зупинок, хв;

$T_{емо}$  – час технічної обслугову енергетичного засобу і картоплекопача, хв;

$T_{нн}$  – час отримання наряду на роботу, хв.

$$T_o = 0,4 * 10 + 25 + 0,5 * 30 + 3 + 4 = 51 \text{ хв.}$$

Час затрачений на виконання одиниці роботи:

$$H = \frac{mT_{ед}}{W_{зм}}, \quad (2.33)$$

де  $m$  – число обслуговуючого персоналу, чол;

$T_{ед}$  – тривалість зміни.

$$H = \frac{2 * 7}{3,97} = 3,53 \text{ люд.год /га.}$$

Витрати на амортизацію енергетичного засобу:

$$S_{am} = \frac{(a_{pm} + a_{km} + a_{mmo})B_m}{100T_{mц}W_{ч}}, \quad (2.34)$$

$S_{am}$  – де  $S_{am}$  – витрати на амортизацію енергетичного засобу, грн / га;

$a_{pm}, a_{km}, a_{mmo}$ , – річні відрахування на реновацію, кап. ремонт, технічну обслугову і потоковий ремонт у відсотках ;

$B_m$  – реалізаційна ціна енергетичного засобу, год;

$T_{mц}$  – завантаження енергетичного засобу за рік, год;

$W_{ч}$  – продуктивність агрегату за годину, га/год

$$S_{am} = \frac{(12,5 + 4 + 22)11800}{100 * 1100 * 0,57} = 7,24 \text{ грн / га.}$$

Амортизаційні затрати на енергетичний засіб:

$$S_{ам} = \frac{(a_{pm} + a_{мом})T_m}{100T_{mц}W_{ч}}, \quad (2.35)$$

де  $S_{ам}$  – амортизаційні затрати на енергетичний засіб, грн / га;

$a_{pm}, a_{мом}$  – відсоток відрахувань на рік на реновацію, тех обслугову і ремонт енергетичного засобу;

$B_m$  – реалізаційна вартість енергетичний засіб, грн..

$$S_{ам} = \frac{(16,6 + 12)4900}{100 * 140 * 0,57} = 17,56, \text{ грн / га.}$$

Витрати на пальне та мастило:

$$S_{nm} = QЦ_{nm}, \quad (2.36)$$

де  $S_{nm}$  – витрати на пальне та мастило, грн / га;

$Q$  – витрата пального на одиницю роботи, кг / га;

$Ц_{nm}$  – вартість 1кг пального, грн.

$$S_{nm} = 42 * 1,4 = 58,7 \text{ грн.}$$

Витрати коштів на зарплату:

$$S_{з.п.} = \frac{1,0455(m_{mp}f_1 + m_{\partial}f_2)1,046}{W_u}, \quad (2.37)$$

де  $m_{mp}, m_{\partial}$  – кількість трактористів і допоміжного персоналу;

$f_1, f_2$  – тарифні ставки трактористів і допоміжного персоналу.

$$S_{з.п.} = \frac{1,0455(1 * 0,9 + 1 * 0,7)1,046}{0,57} = 3,07 \text{ грн / га.}$$

Прямі виробничі витрати на одиницю роботи:

$$S_0 = S_{am} + \sum S_{am} + S_{nm} + S_{зп}, \quad (2.38)$$

де  $S_0$  – прямі виробничі витрати на одиницю роботи, грн / га.

$$S_0 = 7,24 + 17,56 + 9,17 + 3,07 = 37 \text{ грн / га.}$$

Зведені витрати на роботу картоплекопача:

$$S_{np} = S_0 + \frac{E_k}{W_{зм}} \left( \frac{B_m}{T_{mm}} + \frac{n_m B_m}{T_{mm}} \right), \quad (2.39)$$

де  $S_{np}$  – зведені витрати на роботу картоплекопача, грн / га ;

$E_k$  – коефіцієнт ефективності вкладення коштів.

$$S_{np} = 37 + \frac{0,15}{3,97} \left( \frac{11800}{1100} + \frac{1 * 4900}{140} \right) = 38,7 \text{ грн / га.}$$

### 2.5.2. Комплекс машин для виробництва бульби

Потрібну кількість машин необхідну для забезпечення виробничого процесу розраховуємо з формули:

$$na = \Omega / W_a \times D \times T_{доб}, \quad (2.40)$$

де  $\Omega$  – об'єм робіт, га, т, т×км;

$W_a$  – змінний наробіток, га/зм;

Д – тривалість технологічної операції, днів.

Необхідне число сільськогосподарських машин необхідних для обслуговування технології розраховуємо з формули:

$$n_{\text{дон}} = n_o \times W_r \times Q \times t_{\text{об.тр}} / q_T \times \mu \quad (2.41)$$

де  $n_o$  – число агрегатів у полі, шт.;

$W_r$  – пропускна здатність основного агрегату за одиницю часу, га/год;

$Q$  – врожайність бульби, т/га;

$q_T$  – транспортна підйомність автотранспорту, т.

Результати зводимо у таблицю 2.1.

Таблиця 2.2 - Комплекс машин для вирощування картоплі

Машини	Марки	Кількість машин		
		у комп-лексі	у агропід-приємстві	придбати додатково
Трактори	Т-150	2	2	-
	Т-150К	2	2	-
	ЮМЗ-6Л	3	3	-
	МТЗ-82	6	6	-
Луцильник	ППЛ-10-25	2	2	-
Розкидач орг.добрив	ПРТ-10	1	1	-
Розкидач мін.добрив	МВУ-0,5	2	2	-
Обприскувач	ОН-400	1	3	-
Саджалки	КСМ-4	1	2	-
Культиватор	КПС-4	2	1	1
	КОН-2,8	2	2	-
Бадилезбиральна машина	КІР-1,5	1	1	-
Борони	БЗСС-1	10	27	-
Причіп	2-ПТС-4	4	5	-
Картоплекопач	КСТ-1,4А	3	3	-

## 2.5. Сучасний стан механізації збирання картоплі

Технологічний процес збирання картоплі незалежно від засобів механізації що застосовуються включає наступні основні операції: підкопування (викопування бульб), відділення (сепарація) бульб від ґрунту, відділення бадилля і рослинних решток, відділення каміння та інших домішок, навантаження в тару або транспортні засоби. Можуть застосовуватись і додаткові операції: попереднє видалення бадилля або сортування бульб на фракції.

В наш час практичне застосування знаходять три основних способи збирання:

1) викопування бульб картоплекопачами з укладанням їх на поверхню поля і послідовним ручним підбиранням;

2) збирання картоплекопачами з причіпними робочими столами, на яких робітники вручну вибирають бульби і завантажують їх в тару;

3) збирання комбайнами.

При останньому способі розрізняють три варіанти: пряме комбайнування, роздільне (двохфазне) комбайнове збирання (підбирання комбайнами валків, укладених на поверхні поля картоплекопачами) і збирання комбінованим способом (збирання комбайном рядків, між якими розташований валок, утворений картоплекопачем - валкоукладчиком).

Для здійснення цих способів збирання використовують копачі, картоплекопачі, картоплекопачі з причіпними перебиральними столами, картоплекопачі - валкоукладчики і картоплезбиральні комбайни.

### **3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

#### **3.1. Вимоги до картоплезбиральних машин**

Під час збирання картоплі, необхідно дотримуватись наступних вимог, втрати картоплі на зібраному полі не повинні перевищувати 3%, повинні бути відсутні пошкодження бульбин, і вона повинна бути очищена від ґрунтових домішок та бадилля.

Перед початком збиральних робіт, бадилля скошують. Залежно від агростроків збирання, воно може бути висохшим або зеленим, у тих випадках, коли пізній сорт доводиться збирати не дочекавшись підсихання бадилля. Його перед збиральними роботами скошують, подрібнюють і розкидають по полю у вигляді сидератного добрива. Бадилля скошують косарками-подрібнювачами, які можуть подрібнену масу завантажувати у кузов автомобіля або тракторний причіп, або розкидати по полю..

Збирають бульбу картоплекопачами або комбайнами. Вони забезпечують підкопування пласту ґрунту разом з бульбами, спрямовують його на сепаруючі органи, де відбувається розпушення ґрунтового вороху. Подрібнений ґрунтовий ворох, просівається через прутки сепаратора, а бадилевідривний механізм забезпечує вділення бульб від стolonів та залишків бадилля. Очищена бульба, вкладається позаду копача на поверхню поля у валок, або завантажується у причіп транспортного засобу.

Ускладнений технологічний процес збирання картоплі тим, що у загальній масі ґрунту, процент бульбин не перевищує 3%. А отже, щоб їх виділити з ґрунтового ворожу, необхідно прикласти чимало зусиль. На одному погонному метрі сепаратора картоплекопача одночасно знаходиться до 300 кг ґрунту, а це досить серйозне навантаження на робочі органи копача.

Під час збирання врожаю, ефективність роботи картоплекопача на пряму пов'язана з вологістю і механічним складом ґрунту. Від механічних



властивостей ґрунту, залежить тяговий опір копача, його продуктивність, сепаруюча здатність очисних механізмів. Найкраще відділяється ґрунт в основі якого є багато піску, такі ґрунти легко піддаються сепарації. Ґрунти з значним вмістом глини, важко відділяються від бульбин і робота картоплекопачів на таких ґрунтах утруднена. Для задовільної роботи картоплекопача потрібно, щоб статичне зусилля руйнування грудок землі було не більше 196 Н. Якщо цей показник більший, відділення грудок утруднюється, адже необхідні більші зусилля їх руйнування, а це може перевищити допустиму міцність бульби (допустиме навантаження на бульби не повинно перевищувати 80 % від руйнуючого).

Підвищена вологість ґрунту, також негативно впливає на процес сепарації, адже вологий ґрунт стає пластичним і липкість його зростає, внаслідок чого робочі органи сепаратора залипають і процес сепарації погіршується.

На збиральних роботах для якісної роботи картоплекопачів, оптимальною вважається вологість 14-20 % [12].

Сучасні картоплекопачі мають забезпечувати виконання робочого процесу на посадках картоплі з шириною міжрядь 60 і 70 см, і глибині залягання бульбин до 21 см. і ширині залягання корча до 40 см. Сумарні втрати бульб на полі після проходу копача не повинні перевищувати 3 % .

Для роздільного способу викопування бульб, ширина їх розкидання за картоплекопачем, не повинна бути більше 1 м.

В загальній масі картоплі, домішки не повинні перевищувати 3%, а отже чистота зібраного врожаю, повинна становити більше 97 %.

Для комбайнів чистота картоплі в бункері повинна становити: при відправленні картоплі від комбайна зразу на закладання для зберігання – не менше 97 %, при відправленні на картоплесортувальний пункт – не менше 80 %.

Картоплесортувальний пункт повинен забезпечувати:

- 1) якісний обробіток вороху з початковою забрудненістю до 25 %;
- 2) розділення картоплі на три фракції: великі бульби – для харчування (більше 80 г), середні – для насіння (50-80 г) і малі – для годування тварин (30-50 г). При цьому в кожній фракції допускається не більше 10 % бульб суміжної фракції.

Кількість пошкоджених бульб при сортуванні не повинно перевищувати 1%. Картоплесортувальні машини повинні мати пристрій для відбирання домішок, пошкоджених або хворих бульб вручну.

Всі приведені вище вимоги повинні враховуватися при проектуванні, виготовленні і особливо під час експлуатації картоплезбиральних машин та агрегатів.

Відомо, що начіпні картоплекопачі мають ряд переваг в порівнянні з їх причіпними або напівначіпними аналогами. Зокрема, вони мають значно меншу масу і більш маневреніші.

### **3.2. Обґрунтування схеми конструктивної розробки**

Зробивши огляд способів збирання картоплі, та проаналізувавши їх стан (розд. 2), нами запропоновано використати в агропідприємстві для виконання даної операції збирання начіпний двохрядний картоплекопач.

За основу взята конструкція серійного картоплекопача КСТ-1,4А (рис.3.1).

Завданням роботи є вдосконалення існуючої конструкції картоплекопача, з метою зниження енергозатрат на процес викопування і сепарацію бульб, а також зменшення їх пошкоджень.

Запропонований картоплекопач складається з наступних вузлів: підкопуючий робочий орган – це 2 леміші 5 трикутної форми (рис.3.1), над якими встановлений подрібнювальний ротор 1, завдання якого полягає в руйнуванні підрізаного пласта ґрунту. Ротор приводиться в дію від привідного механізму 4, який в свою чергу з'єднаний з ВВП трактора. Робочі

органи роторів - лопаті пальцевого типу. Щоб зменшити імовірність забивання лопатей ротора рештками бадилля та бурянів, він оснащений відкрilками. З допомогою опорного колеса 2, регулюють глибину підкопування бульб, щоб зменшити їх травмування лемішами. Підрізаний пласт ґрунту потрапляє після лемешів на сепаратор у вигляді двох пруткових і транспортерів 3 і 6. що кріпляться до рами 7.

Принцип роботи картоплекопача КСТ-1,4А відбувається наступним чином. Картоплекопач навішується на навіску трактора МТЗ-80, привід його робочих органів забезпечується ВВП трактора. Під час збирання картоплі картоплезбиральний агрегат, здійснює рух по 2 рядках, леміші 5 підрізають ґрунт вздовж двох гребенів, на ширині захвату 1,4 м., підрізаний пласт ґрунту потрапляє в робочу зону дії двох роторів 1, що обертаються назустріч один одному, підхоплюють пласт ґрунту і руйнують його структуру, подрібнений ґрунтовий ворох потрапляє на сепаратори пруткових транспортерів 3 і 6, які забезпечують процес доочищення картоплі від ґрунтових домішок та залишків бадилля. Очищена картопля вкладається у валок з задку картоплезбирального агрегату.

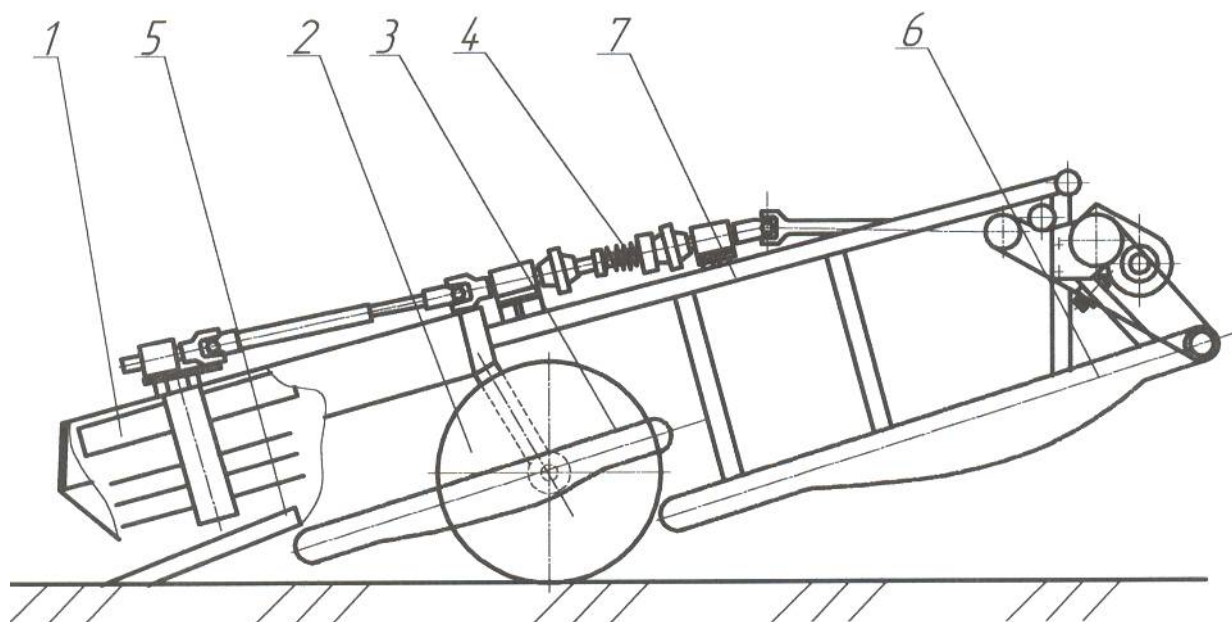


Рисунок 3.1 – Схема запропонованого картоплекопача КСТ-1,4А:

1 – ротор; 2 – колесо опорне; 3 – транспортер перший; 4 – механізм приводу; 5 – лемішні копачі; 6 – транспортер другий; 7 – рама

### 3.3. Технологічні розрахунки

#### 3.3.1. Технологічний розрахунок копача

Завдання лемішів картоплекопача підрізати бульбоносний пласта ґрунту на глибину залягання бульбин і спрямування його на сепаруючі елементи. Копч складається з двох пасивних трикутних лемішів 1 і 2 та двох закріплених над ними активних роторів 3, завдання яких з допомогою пруткових лопатей, руйнувати ворох. Подрібнений пласт спрямовується на сепаратор, що складається з двох пруткових транспортерів 4 і 7, на яких відбувається остаточне відділення домішок ґрунту та бадилля від клубнів. Описана схема наведена на рис. 3.2.

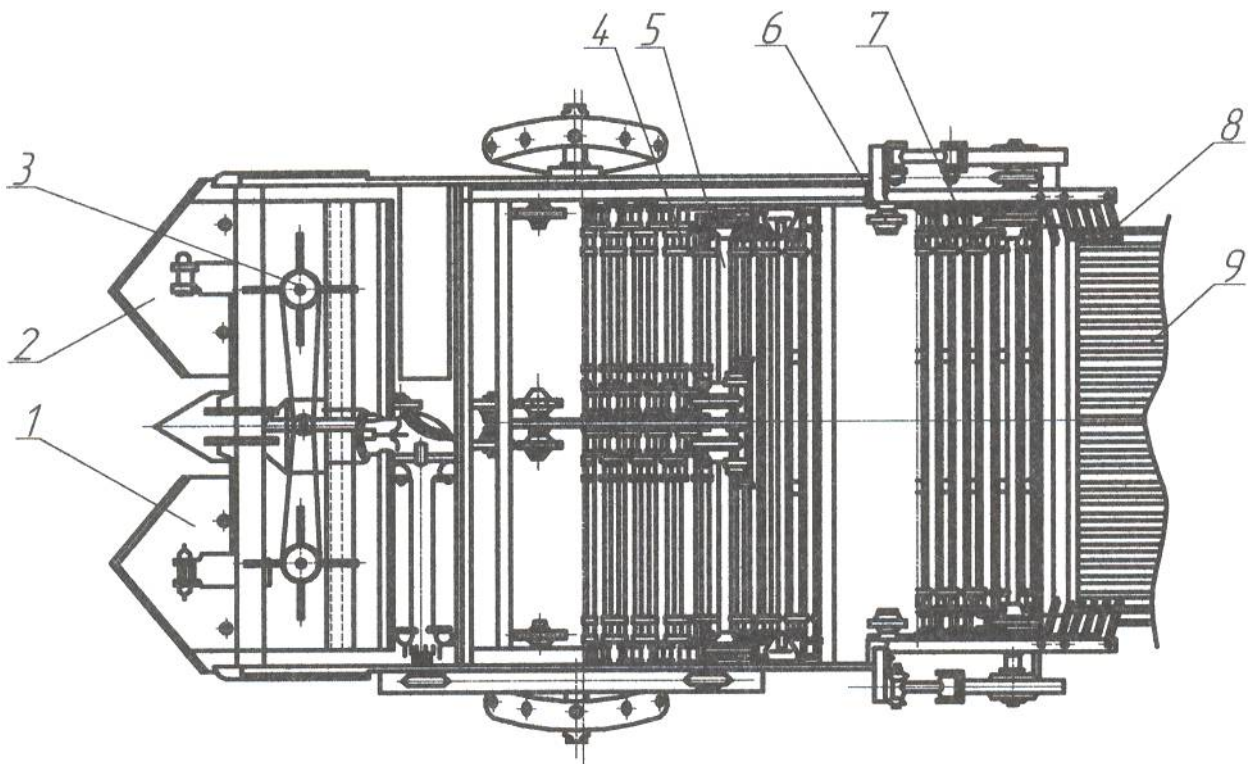


Рисунок 3.2 – Схема модернізованого картоплекопача

Розрахунок підкопувальної частини. Необхідний кут встановлення леміша  $\alpha$  вибирають з умов, що забезпечать ковзання ґрунтової маси по його поверхні, необхідне виконання умови:

$$\alpha \leq \varphi, \quad (3.1)$$

де  $\varphi$  – кут тертя підрізаного пласта ґрунту по площині леміша,  $\varphi = 30 \dots 40^\circ$  [3].

Згідно нерівності (3.1) та дослідним даним, приймаємо кут встановлення леміша  $\alpha 24^\circ$  [3].

Кут сходження з лемішів  $\gamma$  приймаємо з умов, що забезпечить ковзання залишків бадилля по лезу леміша, щоб забезпечити їх перерізання або відкидання за межі копачів. Необхідне виконання умови:

$$\gamma \leq 2\psi, \quad (3.2)$$

де  $\psi$  – кут тертя залишків бадилля по лезу леміша,  $\psi = 45 \dots 50^\circ$  [1].

Вибираємо кут  $\psi = 45^\circ$ .

Робочу ширину поверхні лемішів  $b$  розраховуємо з рівності мінімального завантаження сепаратора ґрунтовим ворохом, та відсутності втрат картоплі:

$$b = B - 2b_1, \quad (3.3)$$

де  $B$  – робоча ширина захвату лемішів,  $B = 400$  мм;

$b_1$  – зазор між лемішами і поздовжнім транспортером,  $b_1 = 20$  мм.

$$b = 400 - 2 \cdot 20 = 360 \text{ мм}$$

Робочу довжину лемішів  $L$  розраховуємо з формули [5]:

$$L = \frac{h_{\text{п}}}{\sin \alpha} - l_{\text{п}}, \quad (3.4)$$

де  $h_{\text{п}}$  – висота, на яку піднімається підрізаний пласт лемішами, м;

$l_{\text{п}}$  – довжина відкидних клапанів, м.

$$h_{\text{п}} = d + s + b \cdot \text{tg} \theta / 2, \quad (3.5)$$

де  $d$  – діаметр зірочки транспортера,  $d = 0,13$  м;

$s$  – максимальні параметри груд та каміння,  $s = 0,06 \dots 0,08$  м.

$$h_{\pi} = 0,13 + 0,05 + 0,36 \cdot \operatorname{tg} 30^{\circ} / 2 = 0,27 \text{ м.}$$

Довжину відкидних клапанів визначаєм з умови:

$$l_{\pi} \geq s. \quad (3.6)$$

Беремо  $l_{\pi} = 0,1 \text{ м.}$

Тому:

$$L = \frac{0,27}{\sin 30^{\circ}} - 0,1 = 0,44 \text{ м.}$$

Схема до розрахунку довжини відкидних клапанів подана на (рис. 3.3).

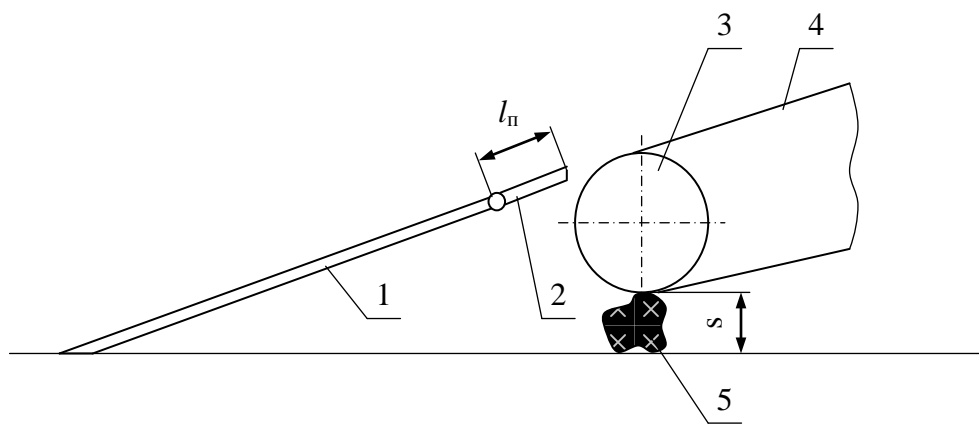


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку довжини відкидних клапанів

1– леміш; 2 – відкидний клапан; 3 – зірочка ведена; 4 – транспортер; 5 – домішка.

Ширина відкидних клапанів, згідно конструкції, приймається  $b_{\pi} = 4 \text{ см.}$

Кількість клапанів розраховуємо з формули:

$$z = \frac{b}{b_{\pi} + \Delta b}, \quad (3.7)$$

де  $\Delta b$  – кріпильний зазор між клапанами,  $\Delta b = 0,01 \dots 0,03 \text{ м.}$

$$z = \frac{0,36}{0,04 + 0,02} = 9.$$

5.3.2. Розрахунок конструкції сепаратора. Сепаратор картоплекопача зображено на рис. 3.4.

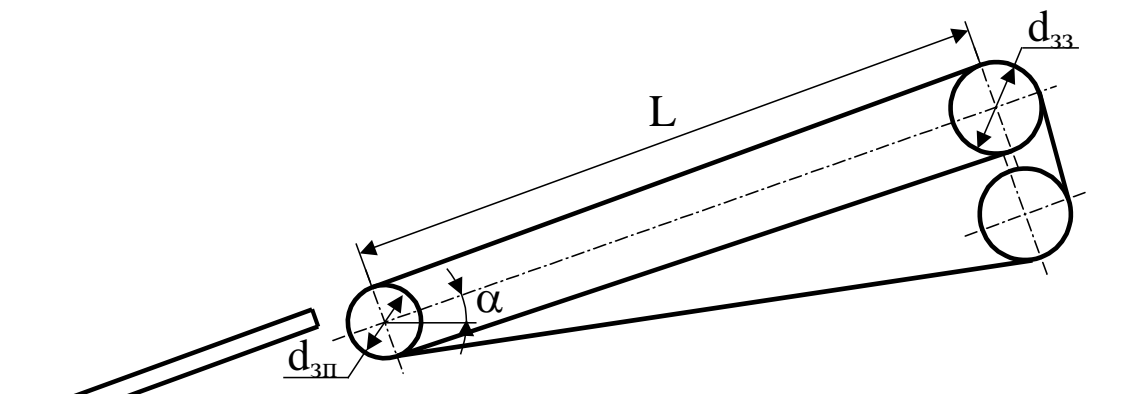


Рисунок 3.4 – Схема сепаратора

Робочу довжину транспортера розраховуємо, враховуючи коефіцієнт сепарації ґрунту [9]:

$$\eta = \frac{a \cdot L^b}{1 + a \cdot L^b}, \quad (3.8)$$

де  $L$  – довжина транспортера, м;

$a$  і  $b$  – розрахункові коефіцієнти,  $a = 3,5$ ;  $b = 0,66$ .

На основі цього рівняння, прийнявши максимальне значення коефіцієнта сепарації  $\eta = 0,85$ , отримаємо оптимальну довжиною транспортера  $L = 1,5$  м.

Враховуючи, що збільшуючи різницю між швидкостями руху планок транспортера і поступальною швидкістю картоплекопального агрегату, сепаруюча властивість транспортера поліпшується [10, 11].

Щоб зменшити травмування бульб об прутки транспортера, визначаємо максимально допустиму висоту падіння картоплин на них, а також співударяння бульб об поверхню транспортера:

$$\Delta V_{\text{ел}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad (3.9)$$

де  $\Delta V_{\text{ел}}$  – допустима швидкість співудару бульб об поверхню транспортера, м/с:

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$h$  – гранична висота падіння бульб на прутки транспортера,  $h = 0,2 \text{ м}$  [11].

Тому,

$$\Delta V_{\text{ел}} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,2} = 1,97 \text{ м/с.}$$

Оптимальна швидкість прутків транспортера, це швидкість, параметри яких знаходяться у межах:

$$V_{\text{ел}} = V_{\text{м}} \dots (V_{\text{м}} + \Delta V_{\text{ел}}). \quad (3.10)$$

Відповідно:

$$V_{\text{ел}} = 1,5 \dots (1,5 + 1,97) = 1,5 \dots 3,47 \text{ м/с.}$$

Середня швидкість транспортера сепаратора рівна:

$$V_{\text{е.с}} = \frac{1,5 + 3,47}{2} = 2,68 \text{ м/с.} \quad (3.11)$$

Щоб забезпечити оптимальну степінь очистки бульб, враховуючи шкідливі наслідки у вигляді зростання відсотку їх пошкоджень, із-за зменшення пропускної здатності ґрунтового вороху, через зменшення швидкості прутків транспортера, необхідно зменшити різницю їх швидкостей на 20...25%. Отже:

$$\Delta V = 0,8 \cdot \Delta V_{\text{max}} = 0,8 \cdot 1,97 = 1,58 \text{ м/с.} \quad (3.12)$$

Для приводу транспортера, вибираємо довголанковий ланцюговий конвеєр серії ПРД. Крок між ланками ланцюгів знаходимо з формули [11]:

$$t = \frac{L}{30 \dots 50} = \frac{1500}{30 \dots 50} = 50 \dots 30 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Вибираємо ланцюг ПРД-38-4000 ДСТУ 13568-75, з кроком  $t = 38 \text{ мм}$ , шириною  $b = 47 \text{ мм}$  [3]. До ланцюга кріпимо прутки.

Зазор  $S_2$  між ланцюгами беремо 25 мм.

Розраховуємо необхідну кількість ланцюгів:

$$n_{\text{л}} = \frac{B_{\text{ел}}}{b + s_2}, \quad (3.14)$$



де  $B_{\text{ел}}$  – робоча ширина транспортера,  $B_{\text{ел}} \geq B_{\text{п}}$ ,  $B_{\text{ел}} \geq 800$  мм.

$$n_{\text{л}} \geq \frac{800}{47 + 25} = 11,1.$$

Необхідну кількість ланцюгів прирівнюємо до парного значення. Вибираємо 12.

Обґрунтовуємо ширину транспортера:

$$B_{\text{ел}} = n_{\text{л}} \cdot (b + s_2) + s_2 = 12 \cdot (47 + 25) + 25 = 889 \text{ мм.}$$

Для роботи транспортера приймаємо стандартні зірочки з числом зубів: для привідної вісі – 8, для ведених осей – 11.

Тоді

$$d_1^{\text{зн}} = \frac{z \cdot t}{\pi} = \frac{8 \cdot 38}{3,14} = 96,8 \text{ мм;} \quad (3.15)$$

$$d_1^{\text{зз}} = \frac{z \cdot t}{\pi} = \frac{11 \cdot 38}{3,14} = 133,1 \text{ мм.} \quad (3.16)$$

Щоб визначити діапазон регулювання частот обертання ведучої вісі, враховуємо режим швидкостей руху транспортера:

$$n_{\text{min}} = \frac{60 \cdot V_{\text{min}}}{z_1 \cdot t} = \frac{60 \cdot 1,5}{10 \cdot 0,038} = 236 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{\text{max}} = \frac{60 \cdot V_{\text{max}}}{z_4 \cdot t} = \frac{60 \cdot 3,47}{22 \cdot 0,038} = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

Розраховуємо число ланок у ланцюгах транспортера [3]:

$$m = \frac{2 \cdot L}{t} + \frac{z_{\text{н}} + z_{\text{в}}}{2} + \left( \frac{z_{\text{н}} - z_{\text{в}}}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{L} + 2; \quad (3.17)$$

$$m_{\text{к}} = \frac{2 \cdot 1500}{38} + \frac{11 + 8}{2} + \left( \frac{11 - 8}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \cdot \frac{38}{1500} + 2 = 92;$$

$$m_{\text{д}} = m_{\text{к}} + \frac{\Delta l}{t} = 92 + \frac{225}{38} = 98.$$

### 3.4. Перевірка на міцність елементів конструкції

#### 3.4.1. Розрахунок міцності транспортера

Перевіряємо на міцність ланцюгову передачу. Головним критерієм надійності роботи передачі ланцюгового типу є кількість ударів їх ланок за секунду [11]:

$$\nu = \frac{4 \cdot z \cdot n}{60 \cdot m} = \frac{4 \cdot 22 \cdot 250}{60 \cdot 97} = 3,8 \text{ с}^{-1}.$$

Для класичного роликового ланцюга, допустима кількість ударів їх ланок є  $\nu = 20 \text{ с}^{-1}$  [11], цей показник свідчить про роботу придатність конвеєра.

3.4.2. Перевірка міцності валів транспортера. Розраховуємо навантаження на вісь.

Щоб розрахувати значення навантаження на вісь, проведем розрахунок рис. 3.5.

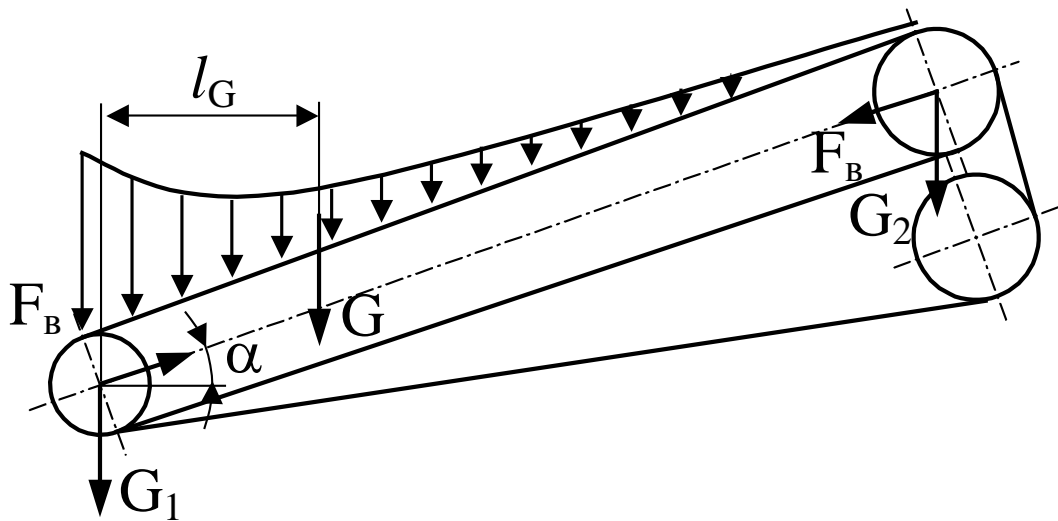


Рисунок 3.5 – Схема навантажень на вісі транспортера

Враховуючи не значну довжину ланцюгів транспортера, потужність на їх привід буде розподіляється майже рівномірно, а також і по довжині вісі. Так як, шар підкопаного пласта рівномірно розташований на робочій поверхні транспортера, то навантаження на вісі від ваги ґрунту, також буде розподілене рівномірно.

Навантаження від дії передач ланцюгового типу на вісь, розрахуємо з формули:

$$F_b = \frac{z \cdot (F_t + 2 \cdot 9,81 \cdot k_f \cdot q \cdot a)}{B}, \quad (3.18)$$

де  $z$  – число ланцюгів,  $z = 7$ ;

$F_t$  – кутове зусилля на привід зірочок, Н;

$k_f$  – коефіцієнт провисання ланцюга, для  $\alpha = 30^\circ$   $k_f = 3,5$  [12];

$q$  – вага погонного метра ланцюга,  $q = 2,1$  кг/м [1];

$a$  – відстань між осями транспортера,  $a = 1,5$  м;

$B$  – ширина транспортера,  $B = 0,455$  м.

Кутове зусилля на привід зірочок розраховуємо з формули:

$$F_t = \frac{N}{V_{ec}}, \quad (3.19)$$

де  $N$  – потужність приводу транспортера,  $N = 3340$  Вт;

$V_{ec}$  – середня швидкість транспортера,  $V_{ec} = 2,68$  м/с.

$$F_t = \frac{3340}{2,68} = 1246 \text{ Н.}$$

Отже,

$$F_g = \frac{7 \cdot (1246 + 2 \cdot 9,81 \cdot 3,5 \cdot 2,1 \cdot 1,5)}{0,455} = 22497 \text{ Н/м.}$$

Визначаємо вагу ґрунтового вороху, що знаходиться на транспортері сепаратора:

$$G_g = \gamma \cdot V, \quad (3.20)$$

де  $\gamma$  – щільність ґрунтового вороху,  $\gamma = 14000$  Н/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм ґрунтового вороху на транспортері, м<sup>3</sup>.

Найбільша кількість ґрунту знаходиться на вході на транспортер (рис. 3.5) і рівна товщині 0,1 м. Об'єм цього вороху розраховуємо з формули:

$$V = \int_0^{1,5} h \cdot \left( 1 - \frac{a \cdot l^b}{1 + a \cdot l^b} \right) dl \cdot B, \quad (3.21)$$

де  $h$  – товщина пласта ґрунтового вороху на вході транспортера,  $h = 0,1$  м;

$a$  і  $b$  – коефіцієнти дослідні,  $a = 4,5$ ,  $b = 0,66$ .

$$V = \int_0^{1,5} 0,1 \cdot \left( 1 - \frac{4,5 \cdot l^{0,66}}{1 + 4,5 \cdot l^{0,66}} \right) dl \cdot 0,35 = 0,017 \text{ м}^3.$$

Отже  $G_e = 14000 \cdot 0,017 = 238 \text{ Н}.$

Щільність ґрунту, що припадає на один погонний метр транспортера розраховуємо з формули:

$$G = \frac{G_e}{B} = \frac{238}{0,455} = 523 \text{ Н/м}. \quad (3.22)$$

Розраховуємо центр мас ґрунтового вороху:

$$l_G = \frac{\int_0^l \left( \int_0^{1 - \frac{a \cdot l^b}{1 + a \cdot l^b}} l \, dh \right) dl}{\int_0^l \left( \int_0^{1 - \frac{a \cdot l^b}{1 + a \cdot l^b}} 1 \, dh \right) dl \cdot \cos \alpha} = 0,488 \text{ м}.$$

Отже:  $G_2 = G \frac{l_G \cdot \cos \alpha}{l} = 523 \cdot \frac{0,488}{1,5 \cdot \cos 30^0} = 200 \text{ Н/м},$

$$G_1 = G - G_2 = 523 - 200 = 323 \text{ Н/м}.$$

Перевірка міцності ведучі вісі. Для цього складемо схему розрахунків навантаження на вісь (рис. 3.5).

Розраховуємо реакції в опорах вісі. Пприймаємо, що навантаження на вісь симетричне, тому реакції на крайніх опорах є рівними:

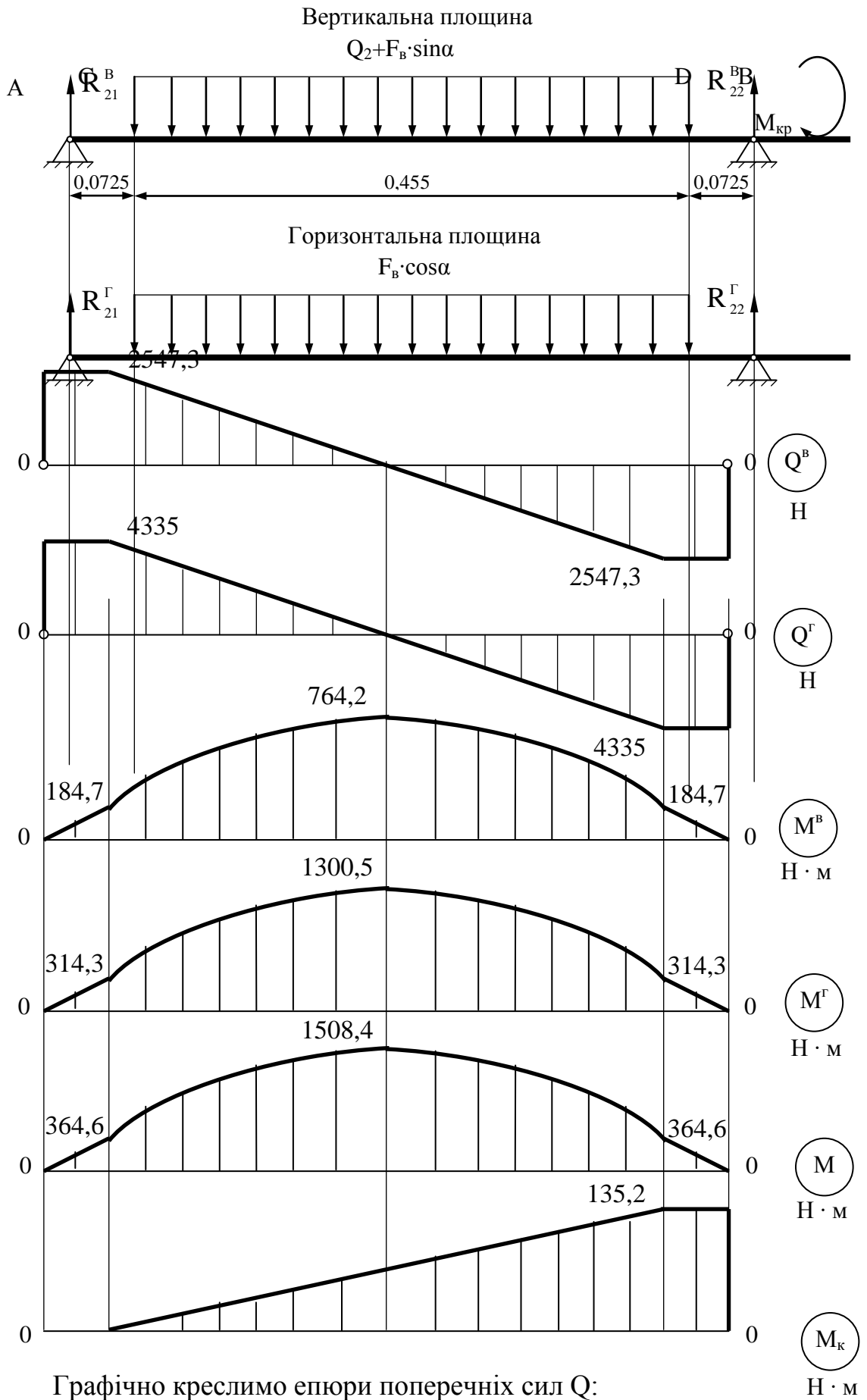
$$R_{21}^B = R_{22}^B = \frac{(Q_2 + F_B \cdot \sin \alpha) \cdot b \cdot (0,5 \cdot b + c)}{a + b + c}, \quad (3.23)$$

$$R_{21}^B = R_{22}^B = \frac{(200 + 22497 \cdot \sin 30^0) \cdot 0,445 \cdot (0,5 \cdot 0,445 + 0,0725)}{0,0725 + 0,455 + 0,0725} = 2547,3 \text{ Н}$$

У горизонтальній площині:

$$R_{21}^\Gamma = R_{22}^\Gamma = \frac{F_B \cdot \cos \alpha \cdot b \cdot (0,5 \cdot b + c)}{a + b + c}, \quad (3.24)$$

$$R_{21}^B = R_{22}^B = \frac{22497 \cdot \cos 30^0 \cdot 0,445 \cdot (0,5 \cdot 0,445 + 0,0725)}{0,0725 + 0,455 + 0,0725} = 4335 \text{ Н}.$$



$$\begin{aligned}
Q_A^B &= R_{21}^B = 2547,3 \text{ Н}; & Q_C^B &= Q_A^B = 2547,3 \text{ Н}; \\
Q_B^B &= -R_{22}^B = -2547,3 \text{ Н}; & Q_D^B &= Q_B^B = -2547,3 \text{ Н}. \\
Q_A^\Gamma &= R_{21}^\Gamma = 4335 \text{ Н}; & Q_C^\Gamma &= Q_A^\Gamma = 4335 \text{ Н}; \\
Q_B^\Gamma &= -R_{22}^\Gamma = -4335 \text{ Н}; & Q_D^\Gamma &= Q_B^\Gamma = -4335 \text{ Н}.
\end{aligned}$$

Графічно креслимо епюри моментів згину:

$$\begin{aligned}
M_A^B &= M_B^B = 0; \\
M_C^B &= M_D^B = R_{21}^B \cdot a = 2547,3 \cdot 0,0725 = 184,7 \text{ Н}\cdot\text{м}; \\
M_E^B &= R_{21}^B \cdot (a + 0,5 \cdot b) = 2547,3 \cdot (0,0725 + 0,5 \cdot 0,445) = 764,2 \text{ Н}\cdot\text{м}. \\
M_A^\Gamma &= M_B^\Gamma = 0; \\
M_C^\Gamma &= M_D^\Gamma = R_{21}^\Gamma \cdot a = 4335 \cdot 0,0725 = 314,3 \text{ Н}\cdot\text{м}; \\
M_E^\Gamma &= R_{21}^\Gamma \cdot (a + 0,5 \cdot b) = 4335 \cdot (0,0725 + 0,5 \cdot 0,445) = 1300,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.
\end{aligned}$$

Сумарний момент згину:

$$\begin{aligned}
M_{AC}^B &= M_{BC}^B = 0; \\
M_C^C &= M_D^C = \sqrt{(M_C^B)^2 + (M_C^\Gamma)^2} = \sqrt{184,7^2 + 314,3^2} = 364,6 \text{ Н}\cdot\text{м}; \\
M_E^C &= \sqrt{(M_E^B)^2 + (M_E^\Gamma)^2} = \sqrt{764,2^2 + 1300,5^2} = 1508,4 \text{ Н}\cdot\text{м};
\end{aligned}$$

Параметри моменту кручення розраховуємо з формули:

$$\begin{aligned}
M_{\text{кр}} &= \frac{30 \cdot N}{\pi \cdot n}, \\
M_{\text{кр}} &= \frac{30 \cdot 3340}{3,14 \cdot 236} = 135,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.
\end{aligned}$$

Згідно IV теорії міцності крутний момент у небезпечному перерізі E рівний:

$$\begin{aligned}
M_p &= \sqrt{(M_E^C)^2 + 0,75 \cdot M_{\text{кр}}^2}, \\
M_p &= \sqrt{1508,4^2 + 0,75 \cdot 135,2^2} = 1513 \text{ Н}\cdot\text{м}.
\end{aligned}$$

Згідно розрахункових даних діаметр вісі буде рівний:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_p}{\pi \cdot [\sigma]}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1513}{3,14 \cdot 320 \cdot 10^6}} = 0,029 \text{ м.}$$

На основі зроблених розрахунків, для забезпечення надійної роботи транспортера, діаметр вісі в небезпечному перерізі приймаємо 30 мм.

Для високої робото здатності підбираємо для вузла опорні підшипники з конічним фіксатором, а різниця натягів забезпечить їх яківне кріплення на вісі.

Враховуючи, що навантаження на передню вісь менші ніж на вали, з метою уніфікації підшипникових вузлів конструктивні розміри осі приймаємо подібними до ведучих валів.

### 3.4.3. Розрахунок підшипникових вузлів

Розрахуємо на довговічність опорні підшипники вісі транспортера. Щоб спрстити уніфікацію картоплекопача, підшипники для ведучої і веденої вісі приймаємо однакового типорозміру. Враховуючи, що максимальне навантаження припадає на ведучу вісь, розрахунок підшипників проводимо за реакціями на її опорах.

Загальна реакція в опорах:

$$R = \sqrt{R_A^2 + R_B^2} = \sqrt{2547,3^2 + 4335,0^2} = 5028 \text{ Н.}$$

Обираємо підшипники легкої серії 206 ГОСТ 8338-75.

$$d = 30 \text{ мм; } C = 33,2 \text{ кН.}$$

Перевіряємо підшипники на довговічність:

Навантаження загальне:

$$P_E = X \cdot V \cdot R \cdot K_B \cdot K_T,$$

де  $X$  – коефіцієнт, що враховує радіальні навантаження,  $X = 1$ ;

$V$  – коефіцієнт, що враховує навантаження на внутрішню обойму підшипника,  $V = 1$ ;

$K_{\sigma}$  – коефіцієнт безпеки,  $K_{\sigma} = 1,8 \dots 2,5$ ;

$K_T$  – коефіцієнт температурного режиму,  $K_T = 1$ .

$$P_E = 1 \cdot 1 \cdot 5028 \cdot 2,2 \cdot 1 = 11062 \text{ Н.}$$

Розрахункова довговічність підшипника у млн. об.:

$$L = \left( \frac{C}{P_E} \right)^3 = \left( \frac{33,2 \cdot 10^3}{11062} \right)^3 = 27,0 \text{ млн. об.}$$

Робоча довговічність:

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{27 \cdot 10^6}{60 \cdot 250} = 1800 \text{ год.}$$

Згідно розрахунків виробничий ресурс картоплекопача становитиме 1600 год, а для цього ресурсу довговічність підшипників буде достатньою.



## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1. Загальні положення**

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

З охороною праці тісно зв'язані пожежна безпека і блискавкозахист, тому, що пожежі на виробництві й у побуті і грозові розряди загрожують не тільки матеріальним цінностям, але і життю людей при обробі картоплі. В умовах спеціалізації і концентрації сільськогосподарського виробництва на базі міжгосподарської кооперації й агропромислової інтеграції зростає насиченість села різними машинами і разом з тим стає ще більш важливою гарна підготовка сільських трудівників в галузі техніки безпеки і виробничої санітарії.

### **4.2 Аналіз стану охорони праці в господарстві**

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

використання, зокрема, пристрій додаткових огорожень, блокувань, сигналізації, придбання приладів контролю умов безпеки.

### **4.3. Заходи з покращенню умов праці**

#### *а. Загальні вимоги:*

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

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

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

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

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

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

#### **Забороняється:**

- допускати до роботи осіб у стані сп'яніння;
- працювати на агрегатах у незаправленому одязі зі звисаючими полами або рукавами;
- допускати до агрегату сторонніх осіб;
- знаходитися перед агрегатом під час його руху;
- проводити будь-який догляд за машиною при включеному ВВП, а також робити ремонт, регулювання й очищення робочих органів на ходу або при працюючому двигуні;

- сідати на машини або сходити з них при русі агрегату;
- включати гідромеханізм підйому з землі або стоячи на тракторі;
- проводити прокручування машини від ВВП, не приєднавши неї до трактора;
- працювати в нічних умовах без достатнього освітлення і попереднього ознайомлення з ділянкою в денний час;
- користуватися несправним інструментом.

## 2. Розрахунок засобів індивідуального захисту

Кількість спецодягу розраховуємо за формулою:

$$H=(P/C \cdot 12)-N, \quad (4.1)$$

де  $H$  - кількість працюючих людей.  $3$  - термін використання, років;

$N$  - залишкова кількість спецодягу.

Кількість і різновид спецодягу представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Кількість та різновид спецодягу

Професії	В	Індивідуальні засоби захисту	Термін носки	Залишок	Потреба
Тракторист	10	Комбінезон ХБ	12	3	7
Слюсар	2	Фартух	6	0	4
Водій	12	Комбінезон ХБ	12	2	10
Допоміжні робітники	2	Комбінезон ХБ	12	1	1

### г. Вимоги щодо безпечних умов праці при роботі на тракторах

Застосування енергонасичених тракторів МТЗ-82 і ЮМЗ-6Л, тракторів нових конструкцій, які мають якісно нові показники, підвищує продуктивність праці у 2,5—3,2 рази.

Робоче місце. Кабіна. Робочим місцем на тракторах, що випускаються промисловістю, є кабіна, в якій розташовують сидіння, органи керування і контролю. Колісні трактори мають захисну кабіну, яка не деформується при

перекиданні, у більшості — сидіння обладнують пасами безпеки, що запобігають тяжким травмам механізаторів в аварійних ситуаціях.

Безпосередній контакт з пестицидами у механізаторів спостерігається при приготуванні розчинів, заправці машин, технічному і технологічному обслуговуванні їх. Кабіни надійно захищають механізатора від впливу пестицидів, за винятком південних районів, де через високу температуру повітря концентрація їх у зоні дихання може перевищувати допустимі величини. Крім того, внаслідок тих же екстремальних умов механізатори у південних районах при використанні пестицидів працюють на тракторах без кабін чи в кабінах з відкритими вікнами і дверцятами.

Освітленість. Згідно з вимогами стандарту на тракторах встановлюють не менше двох фар, які забезпечують освітленість шляху в темний час на рівні гігієнічних умов. Для освітлення причіпних і начіпних машин трактори обладнують додатковими фарами.

Умови праці на тракторах нових марок значно поліпшені: знижений до гранично допустимого рівня шум, зменшені зусилля на органах керування, вібрація на сидіння і рівень запиленості, поліпшені оглядовість і наближені до гігієнічних вимог параметри мікроклімату; в будові кабін використані сучасні досягнення ергономіки.

#### *д. Протипожежні заходи*

На машинах, де передбачається вогнегасник, він повинний бути завжди справним і вчасно заправленим. Не дозволяється навішувати на нього одяг або укладати сторонні предмети.

У нічний час при виході з ладу електроустаткування користуються вогнебезпечними ліхтарями.

Щоб запобігти замиканню проводів, щодня перевіряють справність електропроводки, не допускають забруднення її маслом і пилом.

Потрібно стежити за тим, щоб прокладка колектора не пропускала відпрацьовані гази. Недостатнє ущільнення може привести до запалення

легкозаймистих матеріалів, що знаходяться поблизу. Періодично варто очищати вихлопну трубу від нагару.

Не можна користуватися відкритим вогнем при заправленні машин паливом, біля сховищ, цистерн і бачків з рідкими азотними добривами або нафтопродуктами, допускати підтікання пального в місцях з'єднання паливопроводів, заливати бензин, що запалився, водою (його гасять вогнегасниками, закидають землею, піском, накривають брезентом і т.д.), при відкриванні бочок, бити по пробці металевими предметами.

#### **4.4 Заходи безпеки при роботі проектованої конструкторської розробки**

Вимоги до збиральних машин:

- приводити в рух і зупиняти збиральний агрегат трактористові можна тільки по сигналу помічника. Сигнали заздалегідь обумовлюються;
- очищення машини проводиться спеціальним очисником – різакон;
- у процесі роботи необхідно остерігатися обертових частин, не знаходитися поблизу головної карданної передачі;
- у картоплезбиральній машині КСТ-1,4 необхідно систематично перевіряти справність електрообладнання і сигналізації;
- при переведенні навантажувального елеватора з робочого в транспортне положення (або навпаки) попередньо переконатися в наявності вільного простору, оскільки габаритний розмір елеватора не перевищує 4 м;
- максимальний кут при транспортуванні машини зі швидкістю до 4 км/год не повинний перевищувати 10°;
- при поворотах швидкість необхідно зменшувати до другої пониженої (3 - 4 км/год) передачі;
- стропувальні роботи проводити тільки відповідно до заводської інструкції.

**Забороняється:**

- знаходитися знаходитись між картоплекопачем і трактором;
- знаходитися біля елеватором під час його роботи;
- перевозити вантажі на транспортерах;
- регулювати викопувальний апарат і виконувати які-небудь роботи під машиною без установки в місцях піддомкочування надійних підставок;
- знаходитися під машиною піднятою на домкрат;
- працювати на машині при ослабленому кріпленні вузлів і деталей;
- очищати робочі органи машини при включеному ВВП трактора.

## 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ

Картоплярство на сьогодні є однією з найбільш енергоємних галузей сільського господарства. Сьогодні в умовах енергетичної кризи та фінансового зuboжіння колективні та державні сільськогосподарські підприємства неспроможні здійснювати спеціалізоване виробництво картоплі на інтенсивній основі, а тому змушені значно скорочувати площі під цією культурою.

Аналіз показує, що найбільші затрати при виробництві картоплі приходяться на паливо (24,1 %), добрива (22,8 %) і насіння (22,9 %), а в цілому енергетичні витрати на вирощування картоплі на 79 % більші, ніж на вирощуванні озимої пшениці і на 41 % більші, ніж на вирощуванні цукрових буряків.

Виходом з цього становища є запровадження різних енергозберігаючих технологій вирощування картоплі і вдосконалення машин та механізмів, які застосовуються на вирощуванні та збиранні картоплі.

Розроблений в дипломному проекті картоплекопач дозволяє підвищити якісні показники збирання картоплі, а також пропускну спроможність машини, тобто її продуктивність. Розрахунки проводимо в порівнянні з існуючим картоплекопачем КСТ-1,4А, який використовується в господарстві при збиранні бульб.

При визначені ціни удосконаленого копача приймемо до уваги наступне. Розроблений картоплекопач в конструктивному виконанні і за складністю його виготовлення аналогічний серійному копачу КСТ-1,4А. Маса копача КСТ-1,4А 730 кг, а його ціна становить 37000 грн. Удосконалений копач буде мати більшу масу за рахунок встановлення двох роторів, редуктора і передач приводу. Маса удосконаленого копача становить 910 кг (див. графічну частину проекту).

Тоді, ціна удосконаленого копача буде становити

$$\frac{37000}{730} \cdot 910 = 46100 \text{ грн.}$$

Вихідні дані для проведення розрахунків економічної ефективності проекту зводимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані до розрахунків економічної ефективності проекту

Показники	Базова машина КСТ-1,4А	Розроблений картоплекопач
1. Продуктивність, га/год.	0,50	0,70
2. Ширина захвату машини, м	1,4	1,4
3. Питомі витрати палива, кг/га	22,0	18,0
4. Ціна машини, грн.	37000	46100
5. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Затрати праці при роботі картоплекопача визначаються за формулою:

$$H = \frac{M}{W_{год}}, \quad (5.1)$$

де  $M$  – кількість обслуговуючого агрегат персоналу;

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

При викопуванні картоплі базовим копачем КТН-2А затрати праці дорівнюють:

$$H_б = \frac{1}{0,50} = 2,0 \text{ люд.год/га.}$$

При викопуванні картоплі розробленим картоплекопачем затрати праці дорівнюють:

$$H_м = 1/0,7 = 1,40 \text{ люд.год/га.}$$

Зниження затрат праці при використанні розробленого картоплекопача становить:

$$З_н = H_б - H_м \quad (5.2)$$

$$З_н = 2,0 - 1,4 = 0,60 \text{ люд.год/га.}$$



Прямі експлуатаційні витрати при викопуванні картоплі визначаються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{пмм}, \quad (5.3)$$

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

$C_a$  – відрахування на реновацію, грн.;

$C_p$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування машини, грн.;

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

Проводимо розрахунки по кожній із складових. Оплата праці проводиться за виконану норму роботи по тарифній сітці. Викопування картоплі відноситься до складних механізованих сільськогосподарських робіт і оплата праці механізатору проводиться по 5 розряду тарифної сітки з тарифною ставкою 670 грн. за зміну.

За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

$$C'_o = \frac{C^T \alpha}{H}, \quad (5.4)$$

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

$H$  – норма виробітку, га;

$\alpha$  – нарахування на заробітну плату.

Для механізатора, який працює на базовому картоплекопачеві, оплата праці за 1 га зібраної площі дорівнює:

$$C'_{o.б} = \frac{101,4 \cdot 1,375}{3,50} = 40 \text{ грн/га.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки оплати праці механізатора, який працює на розробленому картоплекопачеві. Оплата праці за 1 га зібраної площі становить:

$$C'_m = \frac{101,4 \cdot 1,375}{4,9} = 29 \text{ грн/га.}$$

Визначаємо амортизаційні відрахування на машину, виходячи з норм річних відрахувань, за рівнянням:

$$Ca = \frac{S\alpha}{100DW_{3M}}, \quad (5.5)$$

де  $S$  – ціна машини, грн.;

$\alpha$  - річна норма відрахувань на амортизацію машини, %;

$D$  – нормативне річне завантаження копача, год.;

$W_{3M}$  – продуктивність машини за зміну, га;

За нормативами річна норма відрахувань на реновацію для картоплекопача становить 14,2 %. Тоді, відрахування на реновацію для базової машини становить:

$$Ca.б = \frac{37000 \cdot 14,2}{100 \cdot 220 \cdot 0,50} = 4,78 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на амортизацію для розробленого копача становлять

$$Ca.м = \frac{46100 \cdot 14,2}{100 \cdot 220 \cdot 0,7} = 4,25 \text{ грн/га.}$$

Затрати на ремонт та технічне обслуговування машин визначаються за формулою аналогічною (5.5). Норма відрахувань для картоплекопача на ремонт і ТО становить 15 %. Тоді, для базового копача КТН-2А ці затрати становлять:

$$Cr.б = \frac{37000 \cdot 15}{100 \cdot 220 \cdot 0,50} = 5,04 \text{ грн/га.}$$

Для розробленого копача затрати на ремонт і технічне обслуговування становлять:

$$Cr.м = \frac{46100 \cdot 15}{100 \cdot 220 \cdot 0,7} = 4,49 \text{ грн/га.}$$

Затрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{пмм} = C_{пк} g_{га}, \quad (5.6)$$

де  $C_{пк}$  – комплексна ціна палива і мастильних матеріалів, грн.;

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

Комплексна ціна 1 л палива розраховується виходячи з нормативів витрат мастил в % до основного палива: моторне масло – 3,8 %;

індустріальне масло – 0,4 %; трансмісійне масло – 0,6 %; пластичні мастила – 0,04 %; пусковий бензин – 1,0 %.

Розрахувати постійні значення комплексної ціни на сьогодні неможливо оскільки ціни на ринку коливаються в залежності від економічної ситуації в країні, постачальника. Прийmemo  $C_k = 42$  грн./л.

Затрати на паливо і мастильні матеріали для базового агрегату дорівнюють:

$$C_{б.пмм} = 42 \times 2,2 = 92 \text{ грн/га.}$$

Аналогічні затрати при роботі агрегату з розробленим картоплекопачем становлять:

$$C_{м.пмм} = 42 \times 1,53 = 64 \text{ грн/га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при викопуванні картоплі базовим картоплекопачем становлять:

$$C_{б} = 40 + 4,78 + 5,04 + 92 = 113,8 \text{ грн/га.}$$

При викопуванні картоплі розробленим копачем-валкоутворювачем прямі затрати становлять:

$$C_{м} = 29 + 4,25 + 4,49 + 64 = 101,7 \text{ грн/га.}$$

Зниження прямих затрат при запровадженні нової машини становить:

$$E = C_{б} - C_{м} = 113,8 - 101,7 = 12,1 \text{ грн/га.} \quad (5.7)$$

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

$$E_p = 12,1 \times 50 = 605 \text{ грн.}$$

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

Строк окупності затрат на розробку нового картоплекопача визначається за формулою:

$$Z_o = \frac{S_n - S_{б.}}{E_p}, \quad (5.8)$$

де  $E_p$  – річний економічний ефект.

Підставивши в (7.8), отримаємо:

$$Z_o = \frac{46100 - 37000}{605} \approx 1,5 \text{ роки.}$$

Таблиця 5.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Значення показників	
	Базова машина КСТ-1,4А	Розроблений картоплекопач
1. Продуктивність, га/год	0,5	0,7
2. Питомі витрати палива, кг/га	22,0	18,0
3. Затрати праці, люд.-год/га	2,27	1,43
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	113,8	113,7
В тому числі:		
оплата праці з нарахуваннями	40	29
відрахування на реновацію	4,78	4,25
затрати на ремонт і ТО	5,04	4,49
затрати на паливо і мастила	92	64
5. Затрати на модернізацію, грн.	910	
6. Річний економічний ефект, т.грн.	605	
8. Строк окупності затрат, років	1,5	

Розрахунки показують, що розроблений картоплекопач, при умові використання його на площі 50 га, може дати економічний ефект в сумі 605 т.грн. Затрати на модернізацію машини окупаються на протязі двох років його експлуатації.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Розглянувши розроблений проект на основі наведеного аналізу і розрахунків можна зробити пропозиції:

2. Накопичений досвід господарства з урахуванням наукового досвіду дозволяє ефективно використовувати землі під картоплю. Розроблена інтенсивна технологія вирощування та збирання картоплі.

3. Розроблена операційно-технологічна карта збирання картоплі удосконаленим копачем.

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

5. Розроблена конструкція картоплекопача, яка дозволяє більш інтенсивніше проводити сепарацію підкопаного вороху. Визначені основні параметри розробленої конструкції копача і основні режими його роботи.

6. Продуктивність розробленого картоплекопача виросла майже в 1,6 рази в порівнянні з серійним копачем КТН-2В аналогічного класу. Визначені основні технологічні показники процесу збирання картоплі розробленою машиною і кінематичні показники агрегату.

5. Розроблені заходи по безпечній експлуатації розробленого картоплекопача-валкоутворювача.

6. Річний економічний ефект при впровадженні картоплекопача на площі 40 га становить 610 грн. Затрати праці при цьому знижуються на 0,84 люд.-год/га. Затрати на модернізацію окупаються на протязі перших двох років експлуатації.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алімов Д. Н., Шелестов Ю. В. Технологія виробництва продукції рослинництва. – К.: Вища школа. Главне в-во, 1988, - 320 с.
2. Довідник сільського інженера. В. Д. Гречкосій, О. М. Погорілець, І. І. Ревенко та інші за ред. В. Д. Гречкосія.- К.: Урожай, 1991, - 400 с.
3. Кияк Г. С. Рослинництво. – Київ.: Вища школа. Головне в-во, 1992, - 400 с.
4. Машиновикористання в землеробстві. За редакцією Ільченка В. Ю., Нагірного Ю. П., К.: Урожай, 1996, - 382 с.
5. Моделювання енергоємності механічного обробітку ґрунту в сівоzmінах./М. Я. Бомба та ін. Львів ЛДАУ, 1997, - 38 с.
6. Пістун І. П., Кіт Ю. В., Березовецький А. П. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За заг. ред. канд. тех. наук І. П. Пістуна. – Суми: Видавництво «Університетська книга», 2000, – 207с.
7. Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Навч. посібник. Львів: Сполом. 2022. 376 с.
8. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>(датазвернення:22.10.2022).
9. Електробезпека [Текст]: підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 295 с.
10. Охорона праці (гігієна праці та виробнича санітарія): навчальний посібник / Пістун І.П., Березовецький А.П., Тимочко В.О., Городецький І.М.; за ред. І.П.Пістуна. Львів: Тріада плюс, 2017. Ч.1. 620 с.
11. Охорона праці (гігієна праці та виробнича санітарія): навчальний посібник / Пістун І.П., Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П.,; за ред. І.П.Пістуна. Львів: Тріада плюс, 2015. Ч.11. 224 с.

12. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.  
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text> (дата звернення 16.09.2022).
13. Войналович О.В., Білько Т.О. Виробнича санітарія: Навч. посіб. К. : НУБП, 2009. 170 с.
14. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. К.: Урожай, 1993. 270 с.
15. Царенко О.М., Войтюк Д.Г. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів.- Київ: РВВ «Мета», 2003. – 441 с.
16. Бакум М.В., Горбатовський О.М., Манчинський В.Ю., Манчинський Ю.О., Сергеева А.В. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум.- Харків: РВВ ХНТУСГ, 2005.-193 с.
17. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник.-Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. -84 с.
18. Головченко Г. С., Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Конспект лекцій.- Суми: РВВ СНАУ, 2012. – 59 с.