

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Полянський Євгеній Геннадійович**

**УДК 631.5**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Удосконалення комплексу машин для вирощування  
столових коренеплодів в умовах проектного  
сільськогосподарського підприємства зони Полісся з  
розробкою очисника головок коренеплодів  
208 “Агроінженерія”**

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Полянський Є.Г.

**Керівник роботи**

Журавльов В.П.

д.ф.-м.н., професор

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

*Полянський Євгеній Геннадійович. Удосконалення комплексу машин для вирощування столових коренеплодів в умовах проектного сільськогосподарського підприємства зони Полісся з розробкою очисника головок. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

У роботі надано характеристику технологічного процесу збирання коренеплодів. Розглянуто заходи під час підготовки до збирання столових коренеплодів і наведено агротехнічні вимоги. Проведено аналіз машин вітчизняного виробництва та зарубіжного виробництва таких як GRIMME, KLEINE, HOLMER. Розглянуто робочі органи для очистки головок під час збирання коренеплодів комбайнами.

Під час виконання роботи було запропоновано модернізацію очисника головок, шляхом встановлення на нього додаткових бил, які очищатимуть головки коренеплодів. Дана модернізація дасть змогу більш якісно виконувати технологічний процес, який виконує коренезбиральний комбайн КСН-6. Встановлені били частково закидатимуть залишки гички до вивідного шнека, так як це роблять ножі гичкоріза, що дасть змогу отримати кращу очистку коренеплодів і зменшити засмічення залишками гички коренеплодів викопаних і укладених у валок для досушування.

Виконано технологічний розрахунок з визначення зусилля, що діє на елементи розроблюваної конструкції, міцнісний і конструктивний розрахунки пропонованої модернізації машини.

*Ключові слова: очисник головок, коренезбиральний комбайн, модернізація, вирощування, столові коренеплоди.*

## ANNOTATION

*Polyansky Yevhen Hennadiiovych. Improvement of the complex of machines for growing table root crops in the conditions of the project agricultural enterprise of Polissya zone with the development of a head cleaner. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The paper describes the technological process of harvesting root crops. Measures in preparation for harvesting table root crops are considered and agrotechnical requirements are given. The analysis of domestic and foreign machines such as GRIMME, KLEINE, HOLMER is carried out. The working bodies for cleaning the heads during harvesting of root crops by combines are considered.

In the course of the work, it was proposed to modernize the head cleaner by installing additional bits on it that will clean the heads of root crops. This modernization will make it possible to perform the technological process performed by the KSN-6 root harvester more efficiently. The installed bats will partially throw the remains of the tops into the outlet auger, as the knives of the top cutter do, which will allow for better cleaning of root crops and reduce clogging of root crops dug up and laid in a windrow for drying.

A technological calculation was performed to determine the force acting on the elements of the developed structure, strength and structural calculations of the proposed modernization of the machine.

*Keywords: head cleaner, root harvester, modernization, cultivation, table roots.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. КОРОТКИЙ ОГЛЯД МАШИН І РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ.....	7
РОЗДІЛ 2. МОДЕРНІЗАЦІЯ РОТОРНОГО ОЧИСНИКА ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ.....	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Буряк є цінною кормовою і технічною культурою і традиційно вирощується в Україні. За врожаєм сухої речовини буряк посідає провідне місце серед інших сільськогосподарських культур. За своїм позитивним впливом на екологію поле кормових буряків перевершує ліс на ідентичній площі. У 2022 році столових коренеплодів в сільськогосподарських організаціях посіяно на площі 8,3 тис. га, зокрема в Житомирській області – 3,4 тис. га, Вінницькій – 2 тис. га, Київській – 3,6 тис. га та Чернігівській – 1,3 тис. га.

Для отримання запланованої врожайності проведено комплекс агротехнічних заходів. Сівбу цієї культури проведено здебільшого в оптимальні агротехнічні строки, за найкращими попередниками, на 1 га посіву було внесено по 430 кг діючої речовини мінеральних добрив, проведено необхідні захисні заходи.

На бурякових полях сформовано густоту кормових буряків від 89 до 98 тис. рослин на гектарі, середній показник по країні становить 91,8 тис. рослин (у 2022 році - 90,8 тис.). Станом на 20 серпня поточного року, середня маса листя становила 482 грами (приріст за декаду становив 31,4 грама), кореня – 547,7 грама (у 2022 році - 564 грами). Біологічний урожай кормових буряків, сформований на полях країни, оцінюється в 4,5 млн. тонн.

З 1 вересня починається збирання і заготівля кормових буряків у ранні терміни. Для проведення збирання кормових буряків загалом в Україні є 3495 бурякозбиральних комбайнів, з них вітчизняних всього 35 штук.

Середнє розрахункове навантаження на один бурякозбиральний комбайн становитиме 199 гектарів, що дасть змогу завершити збирання кормових буряків за 34 дні, прибираючи за добу близько 2,9 тис. гектарів.

**Мета роботи** – удосконалення комплексу машин для вирощування кормових буряків з модернізацією бурякозбирального комбайна КСН-6.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- аналіз та оцінка існуючих технологій вирощування столових коренеплодів;
- обґрунтування основних параметрів очисника головок коренезбирального комбайна КСН-6.

**Об'єкт дослідження:** об'єктом досліджень є процес видалення бадилля з головок столових коренеплодів.

**Предмет дослідження:** закономірності зрізання бадилля з головок столових коренеплодів.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Журавльов В. П., Полянський Є. Г. Особливості запропонованого очисника головок коренеплодів. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 113-114.

2. Журавльов В. П., Полянський Є. Г. Вплив технології вирощування столових коренеплодів на здатність коренів до зберігання. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для підприємств АПК представляє модернізована конструкція коренезбирального комбайна КСН-6.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 34 сторінки комп'ютерного тексту, містить 21 рисунок.

## РОЗДІЛ 1

### КОРОТКИЙ ОГЛЯД МАШИН І РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

Комбайн бурякозбиральний навісний КСН-6 (рис. 1.1) призначено для збирання й укладання бадилля у валок на прибране поле, викопування коренеплодів з очищенням їхнього вороху від домішок і укладанням у валок. Комбайн використовується на ґрунтах із вологістю до 27%, придатних для бурякосіяння, зокрема на важких ґрунтах, у бурякосійних районах. Агрегатується з універсальними енергетичними засобами УЕС-2-250А, УЕС-2-280А оснащеними гідрозбільшувачем зчіпної ваги (ГЗВ) [2, 4, 11].



Рис. 1.1. Комбайн бурякозбиральний КСН-6

Технічна характеристика машини показана в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика [11].

Продуктивність за основний час, га/год	до 1,92
Ширина захвату, м	2,7
Робоча швидкість, км/год, не більше	10
Ширина міжрядь, см	45
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1
Втрати коренеплодів, %, не більше	1,5
Конструкційна маса комбайна, кг, не більше	3000

Під час руху комбайна флюгерні колеса спрямовують по міжряддях. Ножі Очисник головока 3 (рис. 1.2) зрізають гичку буряків і закидають на шнек 4, що подає гичку на лопатки Очисник головока для розкидання по полю або до відбивача для вкладання у валок (на схемі не показано). Очищувач 5 головок коренів гумовотканинними пластинами очищає голівки коренеплодів перед остаточним обрізуванням їх ножами дообрізувачів 6. Вібраційні копачі 8 підкопують коренеплоди та видавлюють їх із ґрунту, а доочищувач коренів 9 гумовотканинними пластинами закидає коренеплоди на валкоукладач 10, після якого граблини 12 формують валок 12 [2, 4, 11].

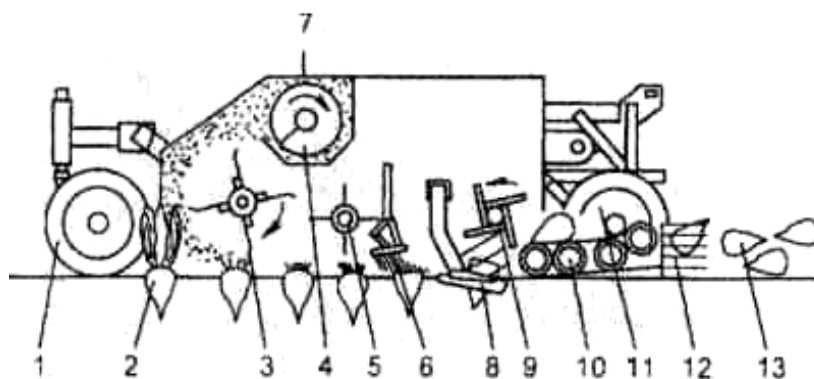


Рис. 1.2. Схема виконання технологічного процесу комбайном КСН-6 : 1 – флюгерні колеса; 2 – буряки в рядках; 3 – Очисник головок; 4 - шнек; 5 – очищувач; 6 - дообрізувач; 7 – прискорювач із силосопроводом; 8 – вібраційні копачі; 9 - доочищувач; 10 – валкоукладач; 11 – опорні колеса; 12 – граблини; 13 – буряки у валку.

Комбайн бурякозбиральний самохідний СКС-624-01 "ПАЛЕССЕ BS624" (рис. 1.3) призначено для однофазного збирання столових буряків в усіх ґрунтово-кліматичних зонах, окрім полів із низькою несучою здатністю ґрунтів і гірських районів.





Рис. 1.3. Комбайн бурякозбиральний самохідний SKS-624-01 "ПАЛЕССЕ BS624" [2, 4, 11].

Під час технологічного процесу "ПАЛЕССЕ BS624" виконує весь комплекс завдань зі збирання буряків за один прохід [2, 4, 11].:

- зрізання бадилля і розкидання його по полю;
- обрізка головок і викопування коренеплодів;
- сепарація та очищення вороху коренеплодів від землі та рослинних залишків;
- завантаження коренеплодів у бункер з подальшим вивантаженням у транспортний засіб або в польовий бурт (кагат).

Поєднання всіх операцій зі збирання буряків в одній самохідній машині дає змогу зменшити кількість проходів техніки по полю, ущільнення ґрунту, скоротити витрату пального та трудовитрати, уникнути зайвої перевалки коренеплодів і зберегти високу якість сировини.

До складу комбайна "ПАЛЕССЕ BS624" входять такі основні технологічні елементи як: бадилезбиральний і коренезбиральний модуль, підйомно-сепарувальний блок, бункер із системою транспортерів.

Модуль бадилезбиральний виконує автоматичне водіння рядками, зрізання бадилля з розподілом подрібненого бадилля по полю та дообрізання коренеплодів (рис. 1.4) [4, 11].



Рис. 1.4. Модуль бадиллезбиральний

Механізм контролю копання, асинхронні вібраційні копачі коренезбирального модуля забезпечують дбайливе викопування коренеплодів, а три ротори, що подають, із напрямними огороженнями та великий шлях очищення дає змогу досягти оптимального рівня чистоти без пошкодження коренеплодів [8].

Викопані коренеплоди рівномірно розподіляється в бункері по донним транспортерам за допомогою шнека.

Вивантажувальний транспортер, зі змінюваною в широких межах навантажувальною висотою, ефективний як під час вивантаження коренеплодів із бункера в кузови транспортних засобів, так і в бурти. Транспортер забезпечує розвантаження бункера об'ємом 24 м<sup>3</sup> за одну хвилину. Технічна характеристика представлена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики [11].

Продуктивність за годину основного часу	га/год	1,0-2,7
Потужність двигуна	л.с.	490
Ширина захвату	м	2,7
Кількість одночасно прибраних рядків	шт	6
Ширина міжрядь	см	45
Обсяг бункера	м <sup>3</sup>	24
Кількість зв'язаного бадилля на коренеплодах, не більше	%	2,0

Нормально обрізані коренеплоди, не менш	%	75
Низько обрізані коренеплоди, не більше	%	10
Втрати коренеплодів у ґрунті, не більше	%	1,5
Сильні механічні пошкодження за масою, не більше	%	5
Висота вивантаження		
У нижньому положенні транспортера	м	1,7
У верхньому положенні транспортера	м	4,2
Час вивантаження 98% обсягу бункера, не більше	с	60
Ходова частина		
Загальне число коліс	шт	4
Кількість коліс: керованих/ведучих	шт	4/4
Швидкість руху, не більше		
Робоча	км/год	10
Транспортна (з порожнім бункером)	км/год	25
Дорожній просвіт, не менше	см	300
Габаритні розміри комбайна в транспортному положенні з навішеною жаткою для грубостеблових культур		
- довжина	мм	13 7000
- ширина	мм	3 800
- висота	мм	4 000
Власна маса комбайна	кг	26 000
Обсяг паливного бака	л	800

Безсумнівним закордонним лідером на українському ринку бурякозбиральної техніки є компанія "Franz Kleine" (Німеччина).

Широкого поширення набув самохідний бурякозбиральний комбайн SF-10 (рис. 1.5) фірми "Franz Kleine". За оцінкою фахівців, він може застосовуватися для роботи на великих полях в акціонерних сільськогосподарських підприємствах. У цій машині закладено принципово нову концепцію збирання, хоча всі робочі органи ідентичні відповідним органам комбайнів KR-6-11, K-6 і R-6 цієї ж фірми, призначених для двофазного збирання [2, 4, 11].



Рис. 1.5. Бурякозбиральний комбайн SF-10 у роботі

Гичкозбиральна машина і копач сконструйовані як два окремі блоки. Бадиллезбиральна машина оснащена гідравлічно керованими опорними колесами; як інтегральний, так і серійний бадиллезрізувач оснащений валом подрібнення бадилля, бадиллешнеком, бадилешвирялкою та дообрізувачем встановленим на лижному шасі. Регулювання висоти і частоти зрізу залежно від відстані між коренеплодами в ряду і рівнем знаходження коренеплоду на поверхні землі, можуть встановлюватися водієм прямо з кабіни машини. Завдяки акумулятору тиску відбувається розвантаження бадиллеприбиральної машини. І тим самим передні опорні колеса тільки зондують ґрунт і не заглиблюються в землю, наприклад, за дощової погоди та сирого ґрунту [9].

Крильчастий жорсткий леміш приводиться в дію ексцентриковим валом і має сторонній маячковий ефект 30 мм як вліво, так і вправо. Число обертів транспортерного вала з гідравлічним приводом може встановлюватися залежно від умов, у яких експлуатується машина. Регулювання ширини міжрядь із кабіни машини робить SF 10-2 (рис. 1.6) особливо цікавим для використання машини не тільки під час збирання цукрових буряків на власних полях, а й для надання послуг іншим господарствам. Перестановка ширини міжрядь займає лише кілька секунд. Під час устанавлення, зміни ширини міжрядь крильчастий жорсткий

леміш і ножі бадиллезрізувача переставляються гідравлічно, тоді як установлення в необхідне положення опорних коліс, щупальців автоматики керування й автоматики глибини, а також транспортерні вали відбувається вручну за допомогою пари простих прийомів [2, 4, 11].

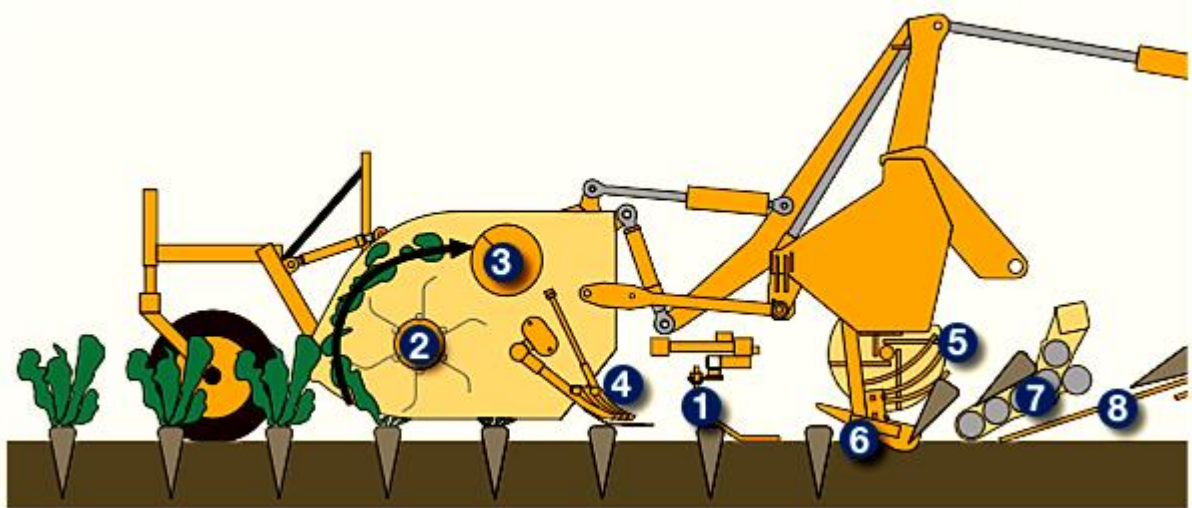


Рис. 1.6. Технологічна схема бурякозбирального комбайна SF 10-2 (вигляд збоку): 1 – щупи, 2 – видалення гички (центрифуга), 3 – шнек транспортування гички, 4 – нижнє шасі дообрізувача, 5 – транспортерний вал, 6 – крильчастий жорсткий леміш, 7 – транспортувальні та очисні вали, 8 – сепаруючі колеса (очисний ротор) [2, 4, 11].

Вальцева група і сепаруючі колеса очищують коренеплоди, що надходять під час копання, від землі. Інтенсивність чищення збільшена за рахунок 5-ти сепаруючих коліс. П'ятизіркова система чищення SF 10-2 працює бездоганно і дбайливо по відношенню до коренеплодів. Відсепарована земля рівномірно розподіляється по полю [2, 4, 11].

Вальцева група і сепаруючі колеса приводяться в рух гідравлічним приводом, кількість обертів перемикається плавно, безступінчато. Подача коренеплодів у бункер відбувається з незначної, завжди однакової висоти падіння незалежно від ступеня наповнення бункера. Місткість бункера 15 м<sup>3</sup>. Подовжена транспортерна стрічка гарантує оптимальне перевантаження, а також формування кагату на краю поля [2, 4, 11].

Усі агрегати SF 10-2 приведені в дію електро-гідравлічним приводом і обслуговуються з комфортної кабіни комбайна.

Транспортерна стрічка елеватора працює поряд з очисним шляхом за швидкості руху потоку коренеплодів і сепарувальних коліс очисного ротора, водночас пропускаючи коренеплоди обережно, дбайливо та вивантажуючи коренеплоди з незначної висоти падіння в бункер комбайна. Пластикові повідці, встановлені на стрічці елеватора, міцно закріплені в точках кріплення. Ділянки між захватами на стрічці елеватора створюють форму короба, що гарантує ефективний, прямолінійний потік коренеплодів до бункера комбайна. Рама очисного ротора оснащена автоматичним керуванням і переміщується вертикально [7].

Таким чином гарантується постійна робоча висота. Технологічна операція вивантаження буряків відбувається дуже просто. Високо розташований центр обертання стрічки перевантаження забезпечує ефективну передачу буряків у транспортні засоби за низької висоти падіння. Оптимізований розмір проміжного бункера виконує проміжне транспортування коренеплодів під час заміни перевантажувальних транспортних засобів.

Бункер місткістю 15 м<sup>3</sup> вивантажується під час копання протягом 1 хвилини. Висота вивантаження становить від 2 до 4,20 м, зміна висоти відбувається безступінчато. Крім того, під час копання довших гонів транспортний засіб може слідувати за SF 10-2 по прибраній ділянці поля.

У роботі SF 10-2 вражає своєю високою маневреністю, а також високою якістю ходової частини і рульового управління. Своєю маневреністю SF 10-2 завдячує насамперед короткій базі та великому куту повороту керованих коліс. Гідростатичний привід ходової частини з триступінчастим редуктором дає змогу на кожній сходинці коробки передач безступінчато регулювати швидкість руху. Крім управління колесами заднього моста під час руху дорогою, під час копання можна активізувати три програми управління за допомогою графічного

термінала обслуговування: рульове управління з приводом на всі колеса, "собачий хід", ручне управління за допомогою потенціометра [2, 4, 11].

Також дана машина забезпечена вальцем-дискатором (рис. 1.7), який дає змогу рослинні залишки частково закладати в ґрунт, тим самим прискорюючи їхнє розкладання [2, 4, 11].



Рис. 1.7. Закладення рослинних решток під час роботи комбайна

Фірма HOLMER представляє новий, повністю власними силами розроблений концепт Terra Dos T4-40 - комбайн для збирання цукрових буряків (рис. 1.8). Численні нововведення нової тривісної моделі HOLMER встановлюють нові стандарти на ринку самохідних бурякозбиральних комбайнів. Конструкція машини дала змогу не тільки мінімізувати тиск на ґрунт, а й максимально збільшити бункер [2, 4, 11].



Рис. 1.8. Terra Dos T4-40 Terra Dos T4-40

Terra Dos T4-40 оснащений агрегатами комбінованого бадиллезріувача KOS-2, що зарекомендували себе великою надійністю, і DLG примірованим корчувачем HR, який має можливість комплектуватися 6-ма, 8-ми або 9-ми рядами за різного міжряддя за різної міжрядної відстані.

Максимальний потік буряків із корчувача на сепаруючі зірки вдалося реалізувати завдяки комбінації сепаруючого транспортера завширшки 900 мм (+100 мм) і нової порталльної осі переднього моста, пропускна спроможність цього "вузького місця", так званої "пляшкової шийки", збільшилась тепер на 40%, як порівняти з найближчим конкурентом.

Перевірені часом, надійні, такі, що мають контроль швидкості обертання та адаптивне очищення, сепаруючі зірки обережно, швидко та ретельно видаляють бруд і залишки бадилля з коренеплодів [11].

Надширокий ремінь кільцевого елеватора 1000 мм (12%-ве збільшення порівняно з наявними на ринку тривісними комбайнами) без особливих зусиль переміщає буряки в 30-тонний, оснащений електронним контролем рівня наповнення, бункер. Вивантажувальний елеватор бункера тепер наповнюється буряками одночасно з обох боків - що дає змогу отримати рівномірні навантаження на ланцюги скребкових днищ і ремінь вивантажувального елеватора, додатковою перевагою є скорочення часу спорожнення бункера.

Передній міст тривісної машини має перевірені і зарекомендовані IF 800/70 R 38 шини з робочим тиском на 1,6 атмосфери [2, 4, 11].

На другому мосту і на задньому третьому встановлені 1050/50 R32 шини, які мають тиск у дві атмосфери. Навантаження на задню вісь гідравлічно кероване, що дає ідеально збалансований розподіл ваги на всі осі та, як наслідок, рівномірне ґрунтопоглинаюче ущільнення землі.

Для оптимального "зчитування" контуру ґрунту і стійкості під час роботи на укосах – задня вісь перебуває на торсіонно-пружинних гойдалках, під час роботи на схилах вільний хід кочення може гідравлічно замикатися, функція амортизування водночас залишається в повному обсязі.



Новий тривісний HOLMER вражає своїми технічними інноваціями як авангард ринку бурякозбиральної техніки. Новий дизайн комфортабельної кабіни надає машині не тільки чогось особливого, що вирізняється зовні. Гігантське панорамне скління забезпечує чудовий огляд, лобове скло тепер цільне і ніщо не перешкоджає оптимальному огляду робочих органів машини.

Гідродинамічна підвіска кабіни Т4 істотно знижує шум і вібрацію, що виникають під час довгої щоденної роботи.

У новому багатофункціональному підлокітнику розташовується інноваційний концепт управління терміналом "Jog Dial" - це вже застосоване і відоме в автомобільній промисловості управління за допомогою "коліщатка", яке дає змогу водієві легше обирати необхідну функцію, не відволікаючись на пошук кнопок. Керування терміналом здійснюється завдяки сенсорному екрану терміналу HOLMER EasyTouch [11].

Terra Dos Т4-40 відповідає найвищим вимогам з погляду економії, ефективності та швидкості в поєднанні з технологією мінімального ущільнення ґрунту та дбайливо-ретельної обробки буряків. Технічна характеристика наведена в таблиці 1.3 [11].

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика Terra Dos Т4-40 Terra Dos Т4-40

Найменування параметра	Значення
Двигун:	Mercedes Benz дизельний двигун OM473LA, 6 циліндрів, норма вихлопу Tier4 final / EuroMot 4 (SCR технологія), потужність 460 кВт (626 к.с.), об'єм двигуна 15,6 літрів, максимальний крутний момент 2900 Nm.
Привід ходової частини:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- три приводних мости</li> <li>- перший міст із гідравлічним приводом за допомогою високоефективного аксіально-поршневого гідромотора з косою віссю</li> <li>- другий міст з гідравлічним приводом за допомогою високоефективного аксіально-поршневого гідромотора з косою віссю</li> <li>- третій міст привід шляхом передачі приводу від другого моста</li> </ul>

Мости:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перший порталний планетарний міст із зовнішніми гальмами</li> <li>- другий планетарний міст із зовнішніми гальмами</li> <li>- третій планетарний міст на торсіонно-пружиненій гойдалці з амортизаторами, гідравлічно блокуємий.</li> </ul>
Швидкості руху:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-ша швидкість: 0-13 км/год, безступінчато регульована</li> <li>- 2-а швидкість: 0-40 км/год, безступінчато регульована</li> <li>- круїзконтроль (темпомат) на 1-ій і 2-ій швидкостях</li> </ul>
Агрегати Очисник головокувача:	<p>KOS-бадиллезрізувач у різних варіантах</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KOS I (інтегральний бадиллезрізувач)</li> <li>- KOS KO (перемикається з розкидання бадилля на інтегральну функцію)</li> </ul>
Збір бадилля:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- за допомогою стрічкового бадиллетранспортера</li> <li>- монтується за допомогою швидкороз'ємного пристрою для бадиллезрізувача KOS KO</li> <li>- візок для стрічкового бадиллетранспортера для руху по дорозі</li> </ul>
Бадилледорізувач:	<p>паралельний бадилледорізувач з автоматичним регулюванням висоти зрізу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- висота зрізу бадилля всіх 6 ножів централізовано регулюється з робочого місця оператора</li> <li>- точний бадилледорізувач - HOLMER DynaCut з високою швидкістю реагування та економічно оптимального видалення бадилля (так само на високих швидкостях)</li> </ul>
Корчувальний агрегат:	<p>HR-корчувач (6-рядний) з регульованою висотою вальцьової групи та модульними агрегатами для окремих рядків у різних конструктивних виконаннях</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- HR 45 (постійна відстань між рядами 45 см)</li> <li>- HR 50 (постійна відстань між рядами 50 см)</li> <li>- VHR (змінна відстань між рядами 45; 47,5; 48; 50 см)</li> <li>- зміщення корчувального агрегату на 200 мм ліворуч або праворуч відносно машини (для дбайливого ставлення до прилеглого рядка)</li> </ul> <p>HR8 і HR9 - корчувачі з регульованою висотою вальцьової групи і модульними агрегатами для окремих рядків у різних конструктивних виконаннях</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- HR 8 (8-рядний із постійною відстанню між рядами 50 см)</li> <li>- HR 9 (9-рядний із постійною відстанню між рядами 45 см)</li> </ul>
Чистка:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 довгих спіральних валків, (HR 9 - 7 довгих спіральних вальців)</li> <li>- 4 коротких спіральних валки</li> <li>- реверсивний сепарувальний транспортер, безшовний, шириною 900 мм, з міжпрутковою відстанню по 50, 60 і 70 мм</li> </ul>

	- 3 сепаруючі зірки з автоматичним регулюванням числа обертів
Грохоти:	- комбіновані частково сегментовані грохоти або грохоти з пружинними зубами, що комбінуються - централізоване безступінчасте регулювання висоти з робочого місця оператора з індикацією на терміналі
Елеватор:	- двошарові ремені зі сталевими захватами - шириною 1000 мм - 10 швидкостей, що встановлюються автоматично або вручну
Вивантажувальний елеватор:	- гідравлічно складаний - програмована висота розвантаження за допомогою запам'ятовуючої функції (Memory) - контур: під час корчування розвантажувальний елеватор прибраний - ширина: 1,85 м - можливе перевантаження на перевантажувач, що йде поруч, під час корчування - регулювання швидкості розвантаження при спорожненні бункера під час корчування
Паливний бак:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1150 літрів (95 л ємкість AdBlue)</li> <li>• окрема заправна цапфа для заправки паливозаправником</li> </ul>
Ємність бункера:	45 м <sup>3</sup> / 30 тон
Висота викиду бадиллетранспортера під час перевантаження:	3,70 М
Шлях очищення:	близько 15,00 м
Продуктивність під час роботи:	до 2,5 га на годину (за 9-рядного корчувача можливе 50% підвищення)

Самохідний бурякозбиральний комбайн фірми Грімме Maxtron 620 (рис. 1.9) було розроблено з урахуванням максимально дбайливого ставлення як до врожаю, так і до ґрунту.



Рис. 1.9. Грімме Maxtron 620 [2, 4, 11].

Наприкінці процесу копання, за допомогою дискових копачів (рис. 1.10), буряки звільняються від великих шматків бруду та надходять далі в систему очищення спіральними вальцями, де коренеплід уже безпосередньо очищують від рештків бадилля та бруду [2, 4, 11].



Рис. 1.10. Дискові копачі [2, 4, 11].

За систему вальцевого очищення фірма Грімме була також нагороджена організацією німецького сільського господарства медаллю за ефективне очищення по всій ширині захвату без звуження потоку коренеплодів. Офіційні тестові звіти доводять, що втрати маси в процесі збирання було зведено до мінімуму [2, 4, 11].

Принцип копання, а також система очищення в комбайні Maxtron 620 супроводжуються вже давно відомим девізом фірми Грімме, що також використовується і в картоплезбиральній техніці: якнайдбайливіше, агресивно наскільки допустимо.

Під час розробки ходової частини комбайна Maxtron 620 велику увагу було приділено аспекту дбайливого ставлення до ґрунту, навіть за найскладніших погодних умов. Максимальна опорна площа машини досягається завдяки гусеницям, встановленим у передній частині, а також великому подвійному колесу, що розташоване в задній частині комбайна. З радіусом розвороту в один метр знижуються як час розвороту, тиск на ґрунт, так і багаторазове використання колії.

За допомогою вже багаторазово відзначеного Touch Screen VISUAL-CONTROL терміналу управління такою складною машиною як Maxtron 620 може бути освоєно навіть недосвідченими водіями в найкоротші терміни. Всі функції комбайна, що пройшли оптимізацію, легко і просто управляються і контролюються з кабіни водія.

На полях України дедалі частіше зустрічається бурякозбиральний комбайн КПС-6 (рис. 1.11), який призначений для збирання цукрових буряків. Застосовується в усіх зонах вирощування цукрових буряків, за винятком кам'янистих ґрунтів. Обладнаний активними викопувальними органами лемішного типу. Значна площа сепарації ґрунту забезпечує високий рівень чистоти прибраного вороху коренеплодів. Одночасно виконує такі операції: викопує коренеплоди, очищає їх від ґрунту та рослинних решток, здійснює навантаження коренеплодів у транспортний засіб, який їде поруч. Агрегатується з тракторами: Т-70С; МТЗ-1221, ЛТЗ-153 [11].



Рис. 1.11. Бурыкозбиральний комбайн КПС-6 [11].

Переваги: активні віброкопачі, які переміщуються в поперечному напрямку для копіювання рядків; значна площа сепарації, що забезпечена поєднанням різних робочих органів (шнеків, турбінного колеса, пруткових полотен), дає змогу одержувати якісне очищення буряків від ґрунту та рослинних решток.

Більш сучасним, високотехнологічним комбайном є принципово новий бурыкозбиральний комбайн РКМ-6-07 (рис. 1.12), у конструкції якого використано комплектуючі вироби від світових лідерів.



Комбайн оснащено надійним і економічним двигуном ЯМЗ-236-ДК9, комфортабельною кабіною "Дон-Вектор", гідравлікою італійської фірми "Bondioli & Pavesi" і німецької - "HANSA FLEX", транспортерами і скребками

голландської фірми "BROEKEMA". Застосування трьох видів копачів дає змогу якісно з максимальною продуктивністю проводити збирання в будь-яких ґрунтово-кліматичних умовах.

Під час розгляду конструкцій бурякозбиральних комбайнів встановлено, що на всіх моделях комбайнів встановлено роторні Очисник головоки.

Очисник головок (рис. 1.13) призначений для зрізання гички і являє собою порожнистий вал 2, по периметру якого встановлено ножі 1 оригінальної форми інерційного типу [2, 4, 11].

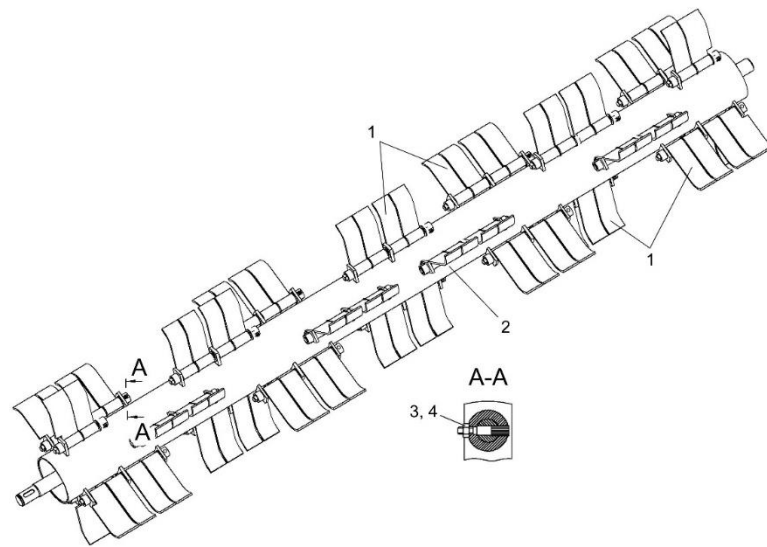


Рис. 1.13. Очисник головок : 1 – ножі; 2 – вал, 3 – гайка; 4 – штифт.

На даних Очисник головоках можуть встановлюватися ножі різної форми або L-подібні (рис. 1.14,а) або ложкоподібні (рис. 1.14,б) [2, 4, 11].



Рис. 1.14. Варіанти ножів Очисник головока : а - L – подібний ніж; б – ложкоподібний ніж [2, 4, 11].

Під час роботи ложкаподібних ножів створюється вакуумний ефект, завдяки якому навіть вилягла півта зрізається Очисник головоком. L-подібні ножі застосовуються в тому разі, якщо потрібно знизити витрату пального під час роботи машини, бо потребують меншої потужності для зрізу гички.

Так само гичка може прибиратися гичкоподрібнювачами. Вертикально-бильний гичкоподрібнювач (рис. 1.15) являє собою барабан 1 із шарнірно закріпленими билами 2. Розташування бил за довжиною відповідає поперечному профілю грядок, що передбачає можливість захоплення полеглого бадилля в міжряддях. [2, 4, 11].

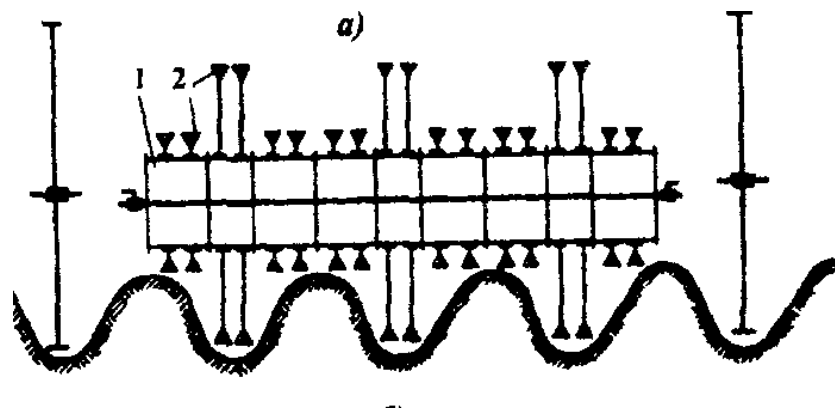


Рис. 1.15. Вертикально-бильний бадиллеподрібнювач: 1 – вал; 2 – била.  
Найчастіше застосовуються роторні бадиллерізи з ножами різної форми.

### Висновки по розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи представлено короткий огляд машин і робочих органів для виконання технологічного процесу збирання коренеплодів.



## РОЗДІЛ 2

### МОДЕРНІЗАЦІЯ РОТОРНОГО ОЧИСНИКА ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ

#### 2.1. Обґрунтування запропонованої модернізації

Очисник головок (рис. 2.1) являє собою порожнистий вал, по периметру якого приварені опори 2, 5 і 9 для встановлення осей 3 і 7 підвіски ножів 4, 6, 8 і 12. На кожній осі підвішено по п'ять ножів оригінальної форми [11].

Правильно відрегульований очисник головок за умов збирання, що відповідають агротехнічним вимогам, налаштовується на мінімальний зріз, щоб ножі не захоплювали землю і не пошкоджували коренеплодів, які високо сидять.

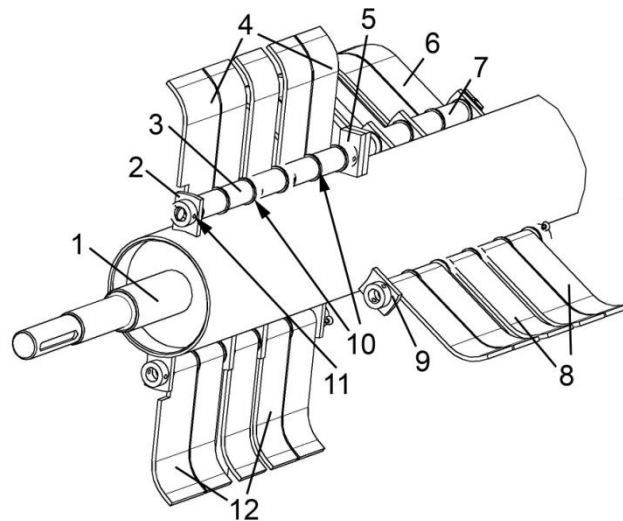


Рис. 2.1. Очисник головок КСН-6: 1 - вал; 2, 5, 9 – опори; 3, 7 – осі; 4, 6, 8, 12 – ножі; 10 – шайби; 11 – шплінт [11].

Відома запатентована конструкція роторного очисника головок фірми GRIMME, що застосовується на бурякозбиральних машинах (рис. 2.2). Особливістю даного очисника головок є встановлення не лише ножів А для зрізання бадилля, а й зносостійких поліуретанових бичів В, які дбайливо, не пошкоджуючи коренеплід, видаляють бадилля з його головок.

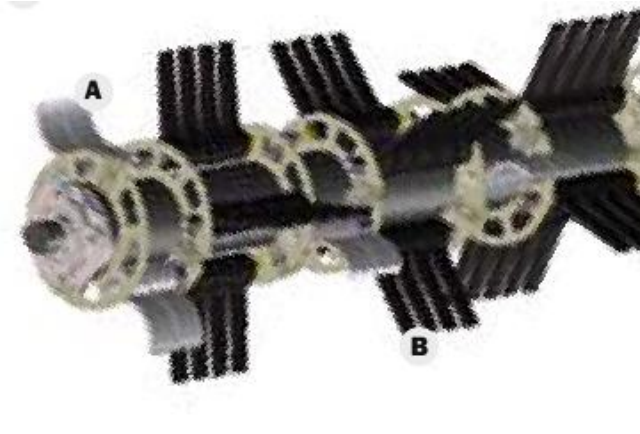


Рис. 2.2 Очисник головок фірми GRIMME : А – ножі для зрізу бадилля; В – поліуретанові бичі

Модернізуємо очисник головок бурякозбирального комбайна КСН-6 шляхом установлення додаткових бичів таких самих, як на валу очисному цього комбайна.

Модернізований очисник головок складається з порожнистого вала 1 (рис. 2.2), на якому шарнірно закріплені ножі 2 і бичи 3.

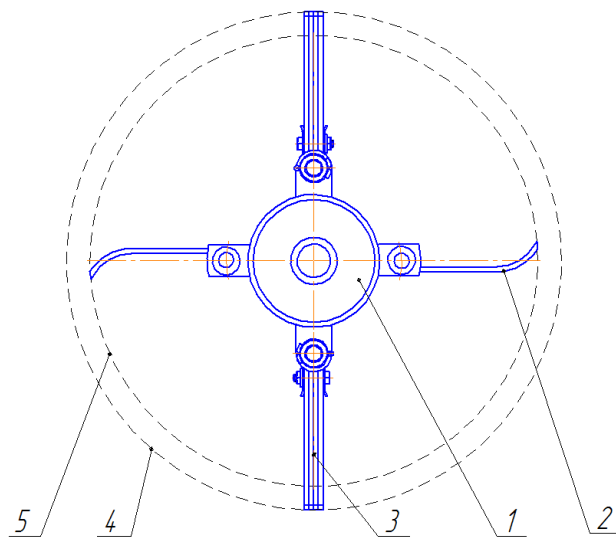


Рис. 2.2. Запропонована конструкція очисника головок : 1 – вал; 2 – ніж; 3 – бича; 4 – лінія руху бичи; 5 – лінія руху ножа

Під час роботи бичи 3 рухаються за більшим радіусом і дістають до головок коренеплодів, дбайливо очищаючи їх від залишків бадилля.

Ця модернізація дасть змогу якісніше виконувати технологічний процес, який виконує бурякозбиральний комбайн КСН-6. Біли 3 частково закидатимуть

залишки бадилля до вивідного шнека, так як це роблять ножі Очисник головока, що дасть змогу отримати краще очищення коренеплодів і зменшити засмічення залишками бадилля коренеплодів, викопаних і вкладених у валок для досушування.

## 2.2. Будова та робочий процес модернізованого бурякозбирального комбайна

Під час руху комбайна флюгерні колеса спрямовують міжряддями. Ножі Очисник головока 3 (рис. 2.3) зрізають бадилля буряків, а встановлені нами били очищають голівки коренеплодів і разом із ножами закидають на шнек 4, який подає бадилля на лопатки Очисник головока для розкидання по полю або до відбивача для вкладання у валок (на схемі не показані). Очищувач 5 головок коренів гумовотканинними пластинами очищає голівки коренеплодів перед остаточним обрізуванням їх ножами дообрізувачів 6. Вібраційні копачі 8 підкопують коренеплоди та видавлюють їх із ґрунту, а доочищувач коренів 9 гумовотканинними пластинами закидає коренеплоди на валкоукладач 10, після якого граблини 12 формують валок 12.

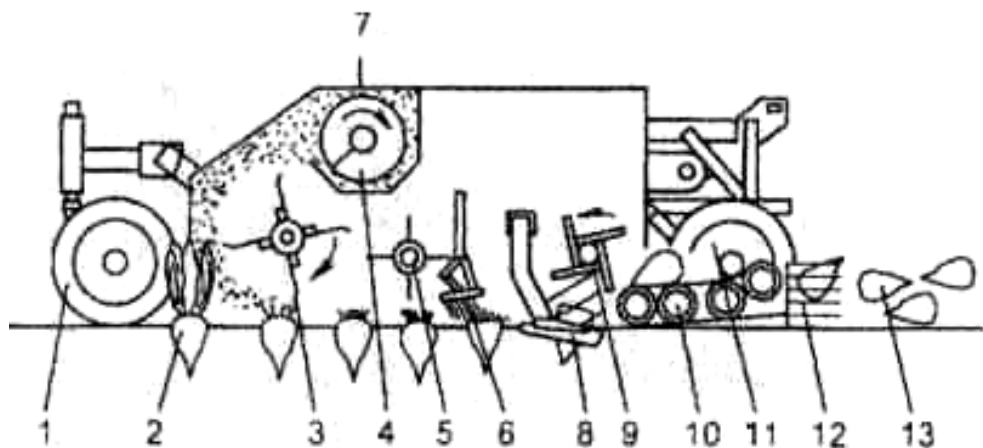


Рис. 2.3. Схема виконання технологічного процесу комбайном КСН-6 : 1 – флюгерні колеса; 2 – буряки в рядках; 3 – очисник головок; 4 – шнек; 5 – очищувач; 6 – дообрізувач; 7 – прискорювач із силосопроводом; 8 – вібраційні копачі; 9 – доочищувач; 10 – валкоукладач; 11 – опорні колеса; 12 – граблини; 13 – буряки у валку.

### 2.3. Розрахунок основних параметрів бурякозбирального комбайна

Для встановлення додаткових бил на Очисник головок нам необхідно приварити вуха 1 до труби Очисник головока 2 (рис. 2.4). Стиснути скобами 4 гумовотканинні били 5 і закріпити їх за допомогою болтових з'єднань 6 і закріпити на трубі за допомогою осі 3.

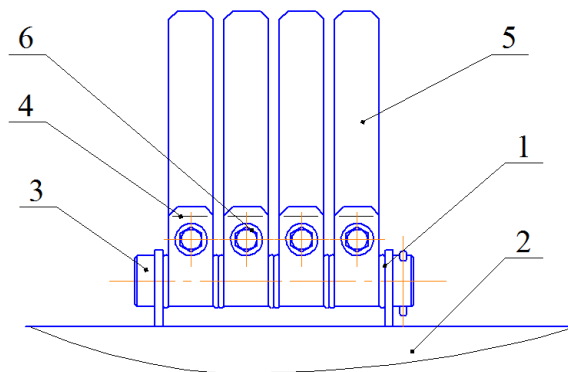


Рис. 2.4. Били встановлені на очисника головок: 1 – вуха; 2 – труба; 3 – вісь; 4 – скоба; 5 – била; 6 – болтове з'єднання

Нам необхідно розрахувати зварне з'єднання вуха 1 із трубою очисника головок 2, провести розрахунок на зріз осі 3.

#### 2.3.1 Визначення зусилля, що виникає під час роботи бил очисника

Під час роботи бил очисника виникатимуть дві сили, сила відцентрова і сила, що діє з боку головок коренеплодів, які очищаються. Під час роботи важливо, щоб била розташовувалася перпендикулярно до труби Очисник головока, це можливо тільки в тому разі, якщо відцентрова сила значно більша за силу, що діє з боку головок коренеплодів. Тому приймаємо за основну діючу силу - відцентрову силу.

$$P = m \cdot a_n = m \cdot \omega^2 \cdot r_0 \quad (2.1)$$

де  $m$ - маса всіх бив із болтовими з'єднаннями віссю кріплення і вухами вага болта М 10 довжиною 50 мм = 43 гр = 0,43 Н;

гайки М 10 = 9 гр = 0,09Н [6];

шайби  $10 = 2 \text{ гр} = 0,02 \text{ Н}$  [6];

гумовотканинних бил  $240 \text{ гр} = 2,4 \text{ Н}$ ;

вісь кріплення бил  $= 200 \text{ гр} = 2 \text{ Н}$  [6];

вуха  $= 90 \text{ гр} = 0,90 \text{ Н}$ .

Тоді загальна маса становитиме  $5,84 \text{ Н}$

$\omega$  – частота обертання очисника головок, рад/с

Для визначення, знаючи оберти  $n=720$  об/хв, визначимо частоту обертання  $\omega$ .

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad (2.2)$$

Тоді

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 720}{30} = 75,4 \text{ рад/с};$$

Тоді

$$P = m \cdot a_n = 5,84 \cdot 75,4^2 \cdot 0,12 = 3984 \text{ Н} \approx 4 \text{ кН}$$

### 2.3.2. Розрахунок зварного з'єднання вуха-труба

Розраховуємо стикове зварне з'єднання планки 1 зі стійками 2 на міцність (рис. 2.5). Розрахунок такого з'єднання проводиться за перевіркою на розтяг.

На розтяг розрахунок проводиться за такою залежністю:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{b \cdot k} \leq [\sigma], \quad (2.3)$$

де  $k$  – катет шва, мм;

$b$  – довжина шва, мм;

$[\sigma]$  – допустиме напруження для зварних з'єднань, для сталі 35

$$[\sigma] = 0,9 \cdot [\sigma]_p = 0,9 \cdot 162 = 145,8 \text{ МПа};$$

$F$  – навантаження на зварне з'єднання, Н.

Навантаження на зварне з'єднання дорівнює виходячи з розрахунків наведених вище  $F = P/2 = 2 \text{ кН}$ .

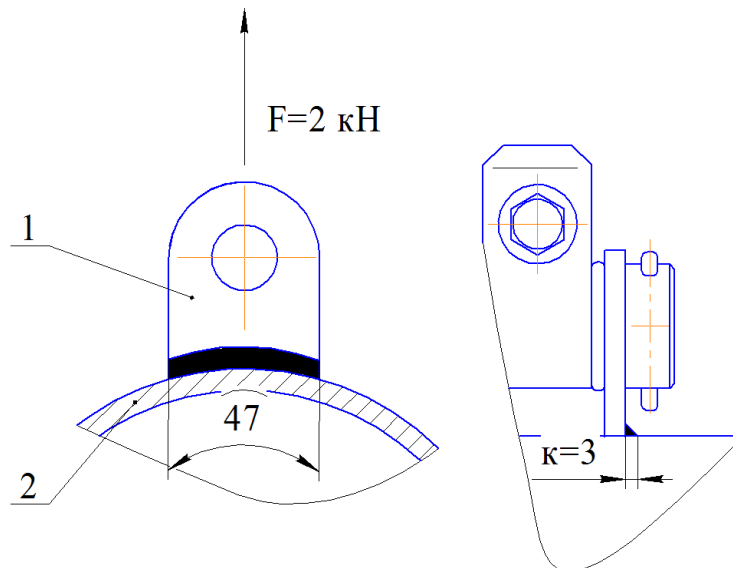


Рис. 2.5. Схема зварного з'єднання : 1 – вухо; 2 – труба.

Тоді напруження дорівнюватиме:

$$\sigma = \frac{2000}{3 \cdot 47} = 14,2 \text{ МПа} \leq [\sigma].$$

Це задовольняє умову, оскільки  $[\sigma] = 145,8 \text{ МПа} > 14,2 \text{ МПа}$ .

Зварне з'єднання зможе витримати робоче навантаження.

### 2.3.2. Розрахунок на зріз осі кріплення бил

Під час розрахунку деталей на міцність враховуємо, що  $d=1,2$  см, Прийнято з конструктивних міркувань,  $n$  - число площин зрізу дорівнює 2.

Визначимо площу зрізу  $A_{зр}$  і площу зминання  $A_{зм}$ .

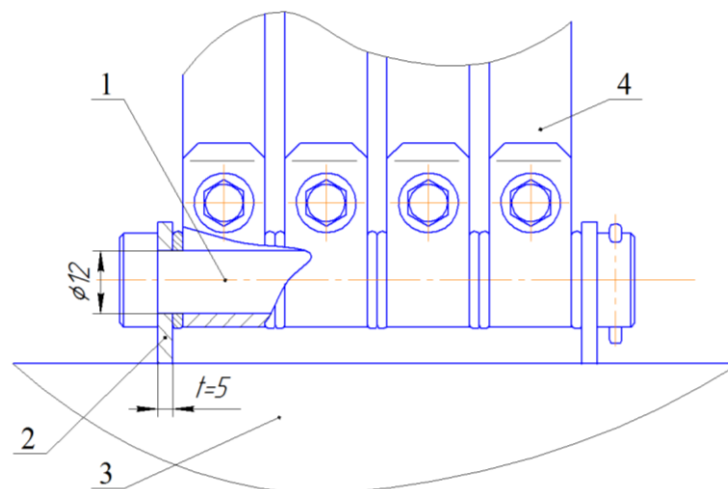


Рис. 2.6. Розрахункова схема: 1 – вісь; 2 – вухо; 3 – труба; 4 – била.

$$A_{зр} = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4}; \quad (2.4)$$

$$A_{зм} = d \cdot t; \quad (2.5)$$

Підставивши значення отримаємо;

$$A_{зр} = \frac{3,14 \cdot 12_n^2}{4} = 113 \text{ мм}^2;$$

$$A_{зм} = 12 \cdot 5 = 60 \text{ мм}^2;$$

Допустиме напруження на зріз для Ст 40  $\rightarrow [\tau]_{зр} = 115 \text{ Мпа}$ ;

Допустиме напруження на зминання для Ст 40  $\rightarrow [G]_{зм} = 280 \text{ Мпа}$ ;

$$F_{СР} \leq n \cdot A_{СР} \cdot [\tau]_{зр}; \quad (2.6)$$

$$F_{СМ} \leq A_{СМ} \cdot [G]_{зм} \quad (2.7)$$

Підставивши значення отримаємо;

$$F_{зр} \leq 2 \cdot 113 \cdot [115] = 26 \text{ кН}$$

$$F_{зм} \leq 60 \cdot 280 = 16,8 \text{ кН}$$

Приймаємо значення  $[F] = F_{зр} = 26 \text{ кН}$ .

Знаючи силу, що діє на вісь, яка дорівнює 4 кН, можемо зробити висновок, що вісь витримає це навантаження. Вісь даного діаметра буде стійко працювати.

## Висновки по розділу

Під час виконання розділу було запропоновано модернізацію очисника головок, шляхом встановлення на нього додаткових бил, які очищатимуть головки коренеплодів. Дана модернізація дасть змогу більш якісно виконувати технологічний процес, який виконує бурякозбиральний комбайн КСН-6.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі надано характеристику технологічного процесу збирання коренеплодів. Розглянуто заходи під час підготовки до збирання столових коренеплодів і наведено агротехнічні вимоги.

Проведено аналіз машин вітчизняного виробництва та зарубіжного виробництва таких як GRIMME, KLEINE, HOLMER. Розглянуто робочі органи для очистки головок під час збирання коренеплодів комбайнами.

Під час виконання роботи було запропоновано модернізацію очисника головок, шляхом встановлення на нього додаткових бил, які очищатимуть головки коренеплодів. Дана модернізація дасть змогу більш якісно виконувати технологічний процес, який виконує коренезбиральний комбайн КСН-6. Встановлені били частково закидатимуть залишки гички до вивідного шнека, так як це роблять ножі гичкоріза, що дасть змогу отримати кращу очистку коренеплодів і зменшити засмічення залишками гички коренеплодів викопаних і укладених у валок для досушування.

Виконано технологічний розрахунок з визначення зусилля, що діє на елементи розроблюваної конструкції, міцнісний і конструктивний розрахунки пропонованої модернізації машини.

Дана модернізація коренезбирального комбайна КСН-6 дасть нам змогу якісно проводити збирання кормових коренеплодів, що дасть змогу досягти значної економії як пального, так і затрат трудових ресурсів, знизить трудомісткість збирання та переробки столових коренеплодів.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський В. М. Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральної машини. Науковий вісник НАУ. 2004. Вип. 73, ч. 1. С. 249–255.
2. Бондар С. М., Мельник І. І., Гречкосій В. Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навч. посіб. Ніжин: АСПЕКТ Поліграф., 2005. 192 с.
3. Булгаков В. М., Головач І. В. Використання вібраційних робочих органів при викопуванні коренеплодів цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2004. № 2. С. 40–45.
4. Булгаков В. М. Теорія бурякозбиральних машин: монографія. Київ: Вид-во НАУ, 2105. 245 с.
5. Буряк цукровий. Аграрний сектор України. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-7/c-22/info/cag-40/>.
6. Взаємозв'язки між головними складовими проєктів технікотехнологічного забезпечення систем збирання цукрових буряків / Луб П. М., Пукас В. Л., Шарибура А. О., Спідчак В. С. Управління проєктами: стан та перспективи: матеріали XIII Міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв: НУК, 2017. С. 66.
7. Войтюк П., Кремсал В. Вплив основної обробки ґрунту на врожайність цукрових буряків. Цукрові буряки. 2010. № 1. С. 8–11.
8. Войтюк П., Погорілий В. Комбайни для цукрових буряків. Farmer. 2008. № 9. С. 54–57.
9. Вплив рівня техніко-технологічного забезпечення на ефективність виробництва цукрових буряків / М. І. Грицишин, М. Г. Цибуля, Н. М. Коньок, Г. М. Бражевська. Вісник аграрної науки. 2011. № 9. С. 37–40.
10. Вплив узгодженості складових технологічної системи на ефективність збирання врожаю культур / П. М. Луб, В. Л. Пукас, А. О. Шарибура, В. С.

Спічак. Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві: матеріали XXVII Міжнар. наук.-техн. конф. Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2019. С. 83–84.

11. Гевко Р. Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Київ, 1999. 35 с.

12. Гречкосій В. Д. Сучасні технології і техніка для збирання цукрових буряків. Аграрний сектор України. URL: [http://agroua.net/news/news\\_47907.html](http://agroua.net/news/news_47907.html).

13. Гречкосій В. Д., Гаркуша Ю. М. Комплексна механізація вирощування та збирання цукрових буряків. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. Вип. 145. С. 281–290.

14. Динаміка формування листкового апарату, маси коренеплодів та накопичення цукру різних біологічних форм буряків цукрових / Л. М. Карпук, О. В. Крикунова, М. М. Кикало, В. В. Поліщук. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква, 2015. Вип. 1. С. 59–62.

15. Долінський В. Європейські стандарти вирощування цукрового буряку: за і проти. URL: <http://agravery.com/uk/posts/author/show?slug=evropejskistandarti-virosuvanna-cukrovogo-buraku-za-i-proti>.

16. Журавльов В. П., **Полянський Є. Г.** Особливості запропонованого очисника головок коренеплодів. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 113-114.

17. Журавльов В. П., **Полянський Є. Г.** Вплив технології вирощування столових коренеплодів на здатність коренів до зберігання. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.