

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Інженерії машин, споруд та технологій  
(назва факультету)  
Технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

**магістра**

(освітній рівень)

на тему:

**Обґрунтування параметрів очисника вороху  
кормових буряків коренезбиральної машини МКК-6**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МСм-61

напряму підготовки (спеціальності) 133

Галузеве машинобудування

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Вегера А.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Довбуш А.Д.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дзюра В.О.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Гевко Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

Освітній рівень магістр

Напрямок підготовки

(шифр і назва)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри Гевко Р.Б.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

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

Вегері Андрію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування параметрів очисника вороху

кормових буряків коренезбиральної машини МКК-6

Керівник проекту (роботи) Сташків Микола Ярославович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 11 » вересня 2019 року № 4/7-799

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 22 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення коренезбиральної машини МКК-6;

конструктивна ширина захвату 2,7 м; робоча швидкість 1,4 м/с; продуктивність 1,2 га/год;

дані про напрацювання машини; перелік експлуатаційних пошкоджень; базовий технологічний процес механічної обробки деталі; робоче креслення деталі; річна програма випуску деталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз особливостей об'єкту проектування; Обґрунтування основних параметрів об'єкту

розробки; Дослідження параметрів об'єкту розробки; САПР сільськогосподарських машин;

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі; Обґрунтування економічної ефективності; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Екологія; Висновки.

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

1. Загальний вигляд коренезбиральної машини МКК-6 (1А1); 2. Конструктивна схема гвинтово-

вальцьового очисника (1А1); 3. Очисник гвинтово-вальцевий. Складальне креслення (1А1);

4. Конвеєр гвинтовий. Складальне креслення (1А1); 5. Деталювання (2А1); 6. Аналіз НДС

важеля притискаючого барабану (1А1); 7. Кондуктор для свердління отворів (1А1);

8. Пристосування для фрезерування шпонкового пазу (1А1); 9. Наладки інструментальні для

обробки деталі (1А1); 10. Теоретичні дослідження (1А1).



## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ .....	8
1.1. Аналіз конструкцій машин для збирання коренеплодів.....	8
1.2. Аналіз конструкцій очисників вороху коренезбиральних машин.....	10
1.3. Фізико-механічні властивості кормових буряків .....	24
1.4. Агротехнічна характеристика коренезбиральної машини МКК–6 .....	25
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра.....	29
2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНИКА .....	31
2.1. Обґрунтування конструкції сепаруючого пристрою .....	31
2.2. Розрахунок основних конструктивних параметрів очисника.....	36
2.3. Розрахунок витка шнека гвинтового конвеєра.....	41
2.4. Визначення параметрів гладких вальців .....	44
2.5. Розрахунок пружини притискного механізму вальців .....	47
2.6. Розрахунок продуктивності очисника .....	50
2.7. Кінематичний розрахунок очисника.....	62
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	66
3.1. Теоретичне дослідження взаємодії коренеплоду з робочою поверхнею гвинтового конвеєра .....	66
3.3. Імітаційне моделювання взаємодії коренеплоду з робочою поверхнею гвинтового конвеєра .....	73
СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	76
4.1. Класифікація САПР .....	76
4.2. Розробка моделі об'єкту проектування.....	78
3.3. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання .....	81

5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ.....	83
5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі.....	83
5.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	88
5.3. Розробка спеціальних верстатних пристроїв.....	116
6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	118
6.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень. Оцінка технічного рівня виробу.....	118
6.2. Визначення техніко-економічних показників.....	122
6.3. Організація виробництва сільськогосподарської техніки.....	127
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	130
7.1. Нормативно-правові акти з охорони праці.....	132
7.2. Техніка безпеки при експлуатації коренезбиральної машини.....	132
7.3. Заходи підвищення безпеки життєдіяльності.....	135
8. ЕКОЛОГІЯ.....	138
8.1. Вплив сільськогосподарської діяльності людини на стан навколишнього середовища.....	138
8.2. Забруднення довкілля при експлуатації машини МКК-6.....	139
8.3. Заходи із зменшення забруднення довкілля.....	140
ВИСНОВКИ.....	143
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	144
ДОДАТКИ.....	147

## АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи магістра „Обґрунтування параметрів очисника вороху кормових буряків коренезбиральної машини МКК-6”.

Дипломна робота магістра містить наступні розділи.

**Вступ.** Обґрунтовано, що розробка та удосконалення робочих органів коренезбиральних машин для відокремлення домішок від коренеплодів кормових буряків при їх мінімальному пошкодженні та зменшенні витрат праці є актуальною задачею. Об'єктами розробки вибрані: технологічний процес очищення вороху, робочі органи гвинтово-вальцевого очисника вороху кормових буряків, встановленого на коренезбиральну машину.

**Аналіз особливостей об'єкту проектування.** Наведена коротка фізико-механічна характеристика кормових буряків. Проведений технологічний аналіз машин для збирання коренеплодів та літературний огляд конструктивних особливостей очисників вороху коренезбиральних машин. Подана агротехнічна характеристика коренезбиральної машини МКК-6. Сформульовано завдання дипломної роботи.

**Розрахунок основних конструктивних параметрів очисника.** Обґрунтовано технологічний процес очищення вороху кормових буряків і конструкцію сепаруючого пристрою. Визначено основні конструктивні параметри очисника. Розраховано виток шнека гвинтового конвеєра. Визначено параметри відминальних вальців. Проведено розрахунок пружини притискного механізму. Визначено продуктивність гвинтово-вальцевого очисника. Проведено кінематичний розрахунок очисника.

**Дослідження параметрів об'єкту розробки.** Розроблено імітаційну модель взаємодії коренеплоду з спіраллю гвинтового конвеєра. Досліджено взаємодію коренеплоду з робочою поверхнею гвинтового конвеєра.

**САПР сільськогосподарських машин.** Подано класифікацію САПР, розроблено твердотільну модель важеля притискаючого механізму гвинтово-вальцевого очисника та досліджено його напружено-деформований стан.

**Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі.** Проведено аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі. Розроблений технологічний процес механічного процесу та спеціальних верстатних та контрольних пристроїв.

**Обґрунтування економічної ефективності удосконалення конструкції машини.** Проведено оцінку технічного рівня виробу, технічне обґрунтування інженерних рішень. Визначено техніко-економічні показники. Розглянуто заходи з покращення організації виробництва.

**Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.** Розглянуто нормативно-правові акти з охорони праці, подано вимоги техніки безпеки при експлуатації коренезбиральної машини, розглянуто заходи запобіганню виникнення надзвичайних ситуацій в системі безпеки життєдіяльності.

**Екологія.** Розглянуто актуальність охорони навколишнього середовища, досліджено забруднення довкілля, що виникають в результаті реалізації інженерних рішень дипломного проекту та заходи їх зменшення.

**У висновках** підсумовано результати досліджень, проведених у дипломній роботі. Використання гвинтово-вальцевого очисника на коренезбиральних машинах дозволяє втричі зменшити працемісткість за рахунок виключення ручної праці на операції доочищення вороху буряків.

Об'єм дипломної роботи: графічна частина складається із 11 листів креслення формату А1; розрахунково-пояснювальна записка містить 147 с. машинописного тексту, 38 рисунків, 15 таблиць, 36 позицій у переліку посилань.

## ВСТУП

Щорічно в Україні згодовується більше 15 млн. тон коренеплодів кормових буряків. Збільшення виробництва і зниження собівартості коренеплодів кормових буряків в значній мірі стримується ще низьким рівнем механізації їх виробництва і, особливо, збирання. Збирання є дуже трудомісткою операцією, головним чином із-за відсутності надійних і високоефективних бурякозбиральних машин і особливо засобів очищення вороху коренеплодів від домішок. Витрати праці на виробництво цієї культури при використанні ручної праці складають 500...600 люд-год/га, в тому числі 30...50% їх припадає на збирання.

В залежності від умов роботи і забур'яненості полів, загальна кількість домішок у воросі коренеплодів складає більше 15 %. Велика кількість домішок пояснюється використанням недосконалих технологічних процесів та робочих органів для очищення коренеплодів, котрі при цьому не забезпечують належну сепарацію ґрунту і рослинних залишків, не відділяють залишки гички від головок коренеплодів, пошкоджують значну кількість коренеплодів (до 40 %), деякі з них загниваються при зберіганні у сховищах і заражують здорові.

Загнивання коренеплодів кормових буряків при їх зберіганні в кагатах відбувається також внаслідок загнивання залишків гички на їх головках, які складають 5...8 % від маси коренеплодів при допустимому значенні до 3 % згідно вихідних вимог до такого типу коренезбиральних машин. Такі коренеплоди потребують повного перебирання і ручного доочищення. При цьому витрачається 40... 50 людино-годин на гектар, або більше 30 % всіх затрат праці на їх виробництво.

Крім того, при умові, що очисник коренезбиральної машини не в змозі роздрібнити грудки землі і відокремити її від коренеплодів при транспортуванні вороху сепаруючими робочими органами, то разом з зібраним урожаєм (550 ц/га) буде вивезено з поля біля 3 % самого родючого ґрунту. В сухий період збирання кількість ґрунту, вивезеного з поля разом із коренеплодами, збільшується в 5...10 разів.



В зв'язку з цим розробка та удосконалення робочих органів коренезбиральних машин для відокремлення домішок від коренеплодів кормових буряків при їх мінімальному пошкодженні є актуальною задачею.

Метою даної магістерської роботи є підвищення ефективності очисних робочих органів коренезбиральних машин для поліпшення їх показників якості роботи шляхом обґрунтування нового технологічного процесу очищення вороху кормових буряків і розробки робочого органу для його виконання.

Для дослідження обрано гвинтово-вальцьовий очисник вороху буряка, технологічний процес роботи якого може забезпечити високу якість відокремлення домішок як в оптимальних так і екстремальних умовах роботи.

Рекомендації для визначення оптимальних параметрів і режимів роботи гвинтово-вальцевого очисника в літературі відсутні. Тому виникла потреба виявлення потенціальних можливостей очисного адаптера коренезбиральних машин, обґрунтування геометричних і кінематичних параметрів, які б забезпечували найбільш повне відокремлення землі та рослинних домішок від коренеплодів кормових буряків при їх мінімально допустимих пошкодженнях.

Об'єктами розробки вибрані: технологічний процес очищення вороху, нові робочі органи гвинтово-вальцевого очисника вороху кормових буряків, встановленого на коренезбиральні машини.

# 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

## 1.1. Аналіз конструкцій машин для збирання коренеплодів

Аналіз використання коренезбиральних машин в різних ґрунтово-кліматичних умовах та зонах показує, що коренеплоди кормових буряків без надмірних домішок землі і рослинних залишків можуть бути одержані лише в оптимальних умовах збирання.

На даний час істотно змінилися механіко-технологічні принципи і технічні рішення, які використовуються при конструюванні коренезбиральних машин на різних стадіях їх проектування, виготовлення, випробування та впровадження в серійне виробництво. В результаті підвищилася якість виконання технологічного процесу, збільшилась продуктивність праці при збиранні коренеплодів кормових буряків. Разом з тим досягнутий рівень агротехнічних (повнота збирання коренеплодів 95-98%, забруднення їх рослинними домішками - 2,5...8,5%, землею - 5...15%) і техніко-експлуатаційних показників (продуктивність, надійність технологічного процесу і інші) коренезбиральних машин не зовсім відповідають вимогам корінного підвищення якості виконання технологічного процесу, повного усунення ручних робіт по очищенню коренеплодів від домішок при закладанні зібраного урожаю на зберігання в сховища, кагати і зменшення їх втрат.

Особливо великі труднощі виникають при зміщенні строків збирання коренеплодів кормових буряків, коли із-за збільшення вологості ґрунту знижується технологічна і технічна надійність збиральних машин, зменшується їх продуктивність та якість очищення коренеплодів від землі і рослинних домішок. Значне варіювання умов роботи коренезбиральних машин і недостатнє пристосування існуючих конструкцій викопуючих і особливо очисних робочих органів до цих змін умов роботи не дозволяють отримувати стійких агротехнічних показників, особливо при високих урожаєх, сухого і вологого ґрунту, забур'яненості поля і т.д. При збиранні високих врожаїв

кормових буряків (700 ц/га і більше) знижується повнота збирання коренеплодів, втрати коренеплодів на поверхні ґрунту досягають 6...12 %. При збільшенні вологості ґрунту до 22...28 % якість роботи машин погіршується в 2...6 рази, а на сухих твердих ґрунтах (абсолютна вологість 6...12 %) спостерігається значне (до 20...40 %) забруднення вороху коренеплодів грудками землі. В обох випадках, при збиранні коренеплодів в вологих або сухих умовах, виникає потреба в ручному перебиранні (очищенню) вороху кормових буряків перед закладанням коренів на зберігання.

Найбільш характерною тенденцією розвитку коренезбиральних машин являється підвищення їх продуктивності шляхом збільшення ширини захвату. Як показують результати зарубіжних досліджень використання багаторядних машин рентабельне при сезонному наробітку не менше 60...100 га. Розробка і впровадження таких машин дозволить в значній мірі збільшити продуктивність праці при збиранні коренеплодів, вирішити ряд нових задач: розміщення в граничному просторі додаткових робочих органів, розмежувати технологічні потоки коренеплодів, гички і домішок, звузити потік збираного продукту.

Аналіз основних напрямків розвитку високопродуктивної збиральної техніки, технології і методів збирання показав, що в сучасних умовах збільшити продуктивність збиральних агрегатів можна, головним чином, шляхом створення широкозахватних (багаторядних) збиральних машин. На рис. 1.1 показана класифікація машин для збирання коренеплодів кормових буряків.



Рисунок 1.1 – Класифікація машин для збирання кормових буряків

Компонувальні схеми коренезбиральних машин, в яких змінюється ширина технологічного потоку, необхідно вважати найбільш раціональними. Це, як правило, багаторядні самохідні компактні машини. В них поверхня сепаруючих органів, по мірі їх віддаленню від початку процесу зменшується, тобто із зменшенням завантаження зменшується і ширина технологічного потоку.

Звуження технологічного потоку може здійснюватися як до сепарації викопаного вороху, так і після первинної сепарації або одночасно з сепарацією землі. Нерідко звуження потоку в машинах здійснюється шнековими робочими органами. Збиральні машини, в яких звуження потоку проходить до сепарації викопаного вороху, розраховані в основному на роботу в легких умовах.

Багаторядні машини, в яких звуження потоку відбувається після первинної сепарації землі або одночасно з її сепарацією є найбільш раціональними. В них забезпечується відносно рівномірне завантаження всіх робочих органів незалежно від їх розташування в технологічному процесі машини, в результаті чого знижується ймовірність пошкодження коренеплодів робочими органами. Звуження потоку в цих машинах виконується різними робочими органами. В основному це робочі органи з активною поверхнею: поперечні, похилі або гвинтові транспортери, пруткові елеватори в сукупності з поперечно встановленими шнеками, пруткові турбіни і інші.

## **1.2. Аналіз конструкцій очисників вороху коренезбиральних машин**

Одним із основних критеріїв оцінки якості роботи коренезбиральних машин при збиранні коренеплодів кормових буряків є ступені пошкодження коренеплодів і відокремлення домішок з складу вороху. Ефективність і якість роботи машин в більшості залежить від роботи робочих органів очисників

вороху, які повинні відокремити із складу наступаючого вороху не менше 92% домішок за вихідними вимогами на коренезбиральні машини, при цьому допустимі пошкодження не повинні перевищувати 15% межу.

Робочі органи, які найбільш широко використовуються для очищення вороху коренеплодів в процесі їх машинного збирання, подані в табл. 1.1.

Із таблиці 1.1 видно, що ряд робочих органів мають універсальні якості, так як вони використовуються для відокремлення різних видів домішок із складу викопаного вороху коренеплодів. В теперішній час існують два основних напрямки, за якими проводиться робота з метою створення робочих органів машин, які повинні забезпечувати велику надійність і розділяти з високою якістю на окремі компоненти поступаючі на збиральні машини складові компоненти вороху.

Таблиця 1.1 – Робочі органи для відокремлення домішок від коренеплодів

Компоненти вороху, які поступають на обробку	Типи робочих органів очисників вороху						
	Сепаруючі робочі органи просіваючого типу				Гірки	Відми- наючі вальці	Комбі- новані
	прут- кові	гро- хотні	валь- цьові	ро- торні			
Дрібні ґрунтові домішки	+	+	+	+	+	–	+
Рослинні домішки і вільна гичка	+	–	+	+	+	–	+
Грудки ґрунту	–	–	+	–	+	–	+
Залишки гички на головках коренеплодів	–	–	–	–	–	+	+
Каміні й інші інородні компоненти	–	–	–	–	+	–	+

Одним із напрямків є створення робочих органів на основі механічних способів відокремлення коренеплодів від домішок. При цьому використовуються такі властивості розділяючих тіл, як форма (маса, розмірні характеристики тіл), пружність, коефіцієнт тертя опору перекошування і інші. Другим напрямом є створення пристроїв для відокремлення домішок з вороху на основі використання їх властивостей, які сприймають електронні пристрої.

За видом відокремлення домішок очисники вороху кормових буряків можна поділити на чотири основні групи (рис. 1.2):

- 1) очисники вороху від сипучої землі;
- 2) очисники вороху від рослинних залишків;
- 3) очисники вороху від грудок і каменів;
- 4) очисники вороху від залишків гички на головках коренеплодів.

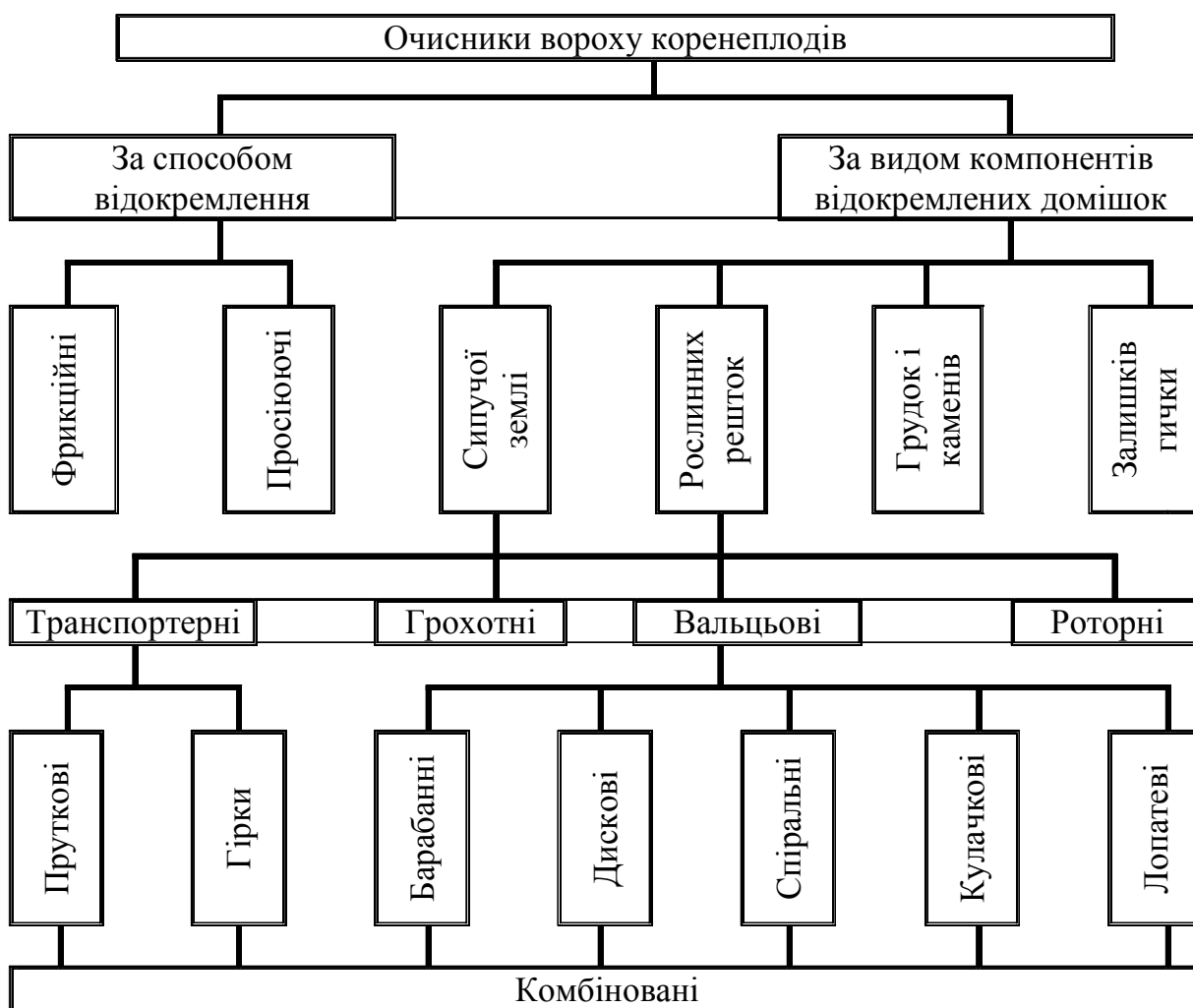


Рисунок 1.2 – Класифікація очисників вороху коренезбиральних машин

Очисники перших двох груп розроблюються тільки механічного типу. Це пов'язано з тим, що варіаційні криві показників властивостей (коефіцієнт тертя, розмір, форма і тому подібне) компонентів вороху практично не перехрещуються, що дозволяє забезпечити припустиму ступінь сепарації.

Із приведеної класифікації очисників дрібних домішок видно, що всі вони за способом відокремлення діляться на два типи: просіюючі і фрикційні, перші працюють на основі признаку розділення компонентів вороху “розмір”, другі - на основі різниці коефіцієнтів тертя складових частин компонентів, які необхідно розподілити. За конструктивним виконанням і технологічній схемі обробки вороху відомо чотири основні групи очисників: транспортерні, грохотні, вальцьові, роторні. Транспортерні очисники виготовляються просіваючого і фрикційного типів. Для утворення робочого органу просіваючого типу використовують елеваторні (пруткові) полотна, сітчасту поверхню або поверхню, утворену безкінцевими пасами.

Сепарація домішок залежить в основному від механічного складу ґрунту і його вологості, а також від конструкції, геометричних і кінематичних параметрів робочих очисних органів коренезбиральної машини, наявності бур'янів, урожайності кормових бур'яків і т.п.

Процес сепарації землі характеризується руйнуванням цілісності шару ґрунту, що подається на сепаруючі робочі органи і просіювання його частинок, розміри яких менше розмірів зазорів сепаруючого робочого органу. Руйнування ґрунтового шару грудок землі на дрібні частини, розміри яких співставленні з розмірами зазору сепаратора, добре протікає на ґрунтах з оптимальною вологістю, піщаних і супіщаних ґрунтах. На глинистих і суглинистих ґрунтах при збільшеній і зниженій вологості утворюються міцні земляні грудки. Це дуже впливає на сепарацію ґрунту в сторону її зменшення.

Ефективність сепарації землі характеризується трьома зонами: перша зона зниженої вологості (вологість ґрунту менше 15%), друга зона оптимальної вологості (від 15 до 22%) і третя зона підвищеної вологості (вище 22...26 %).

Зниження ефективності сепарації при підвищеній вологості ґрунту відбувається внаслідок липкості ґрунту, яка змінюється від вологості, а при зниженій вологості внаслідок підвищеної щільності земляних грудок. Крім того, сепарація ґрунту знижується зі збільшенням його щільності.

Було встановлено, що збільшення швидкості руху пруткового елеватора по різному впливає на сепарацію землі з різною вологістю. Сепарація вологого ґрунту (28...29%) безперервно збільшується до обумовленої границі швидкості руху елеватора, після якої збільшення сепарації не відбувається. А при вологості ґрунту 15...23% збільшення сепарації змінюється зниженням її після швидкості елеватора 2,3 м/с. Крім того, встановлено, що збільшення довжини пруткового елеватора більше 2 м не впливає суттєво на збільшення просівання землі. Зменшення швидкості елеватора (менше 1,5 м/с) допускати не можна, тому що при цьому можливе погіршення надходження (згруження) вороху від викопуючих робочих органів на елеватор. Із результатів можна відмітити, що при швидкості руху пруткового транспортера більше 1,6...1,7 м/с, ефективність сепарації знижується. При збільшенні кута нахилу сепараторів збільшується ефективність сепарації середнього суглинку вологістю 14,4%.

З метою збільшення ефективності сепарації землі при роботі сепараторів в несприятливих умовах застосовують різного роду інтенсифікатори - струшувачі з пасивним і активним приводом.

За результатами досліджень була встановлена залежність просіючої спроможності елеваторів від їх швидкості руху, довжини, кутів нахилу встановлення елеватора і його коливань – амплітуди і частоти. Просіювання землі на елеваторах відбувається за законом логарифмічної кривої. Найбільш задовільні кути нахилу елеваторів  $18...20^{\circ}$ , каскаду -  $14...16^{\circ}$ , оптимальна довжина елеватора 2200...2300 мм.

Зі збільшенням поступальної швидкості елеватора просіювання ґрунту в 1-ій зоні (довжина шляху вороху до 0,5 м) збільшується, а в наступних зменшується. Оптимальна швидкість елеватора 1,5...1,7 м/с.

В фрикційних очисниках, для розділення вороху на складові компоненти – вільної землі та гички, рослинних залишків і т.п., використовується різниця коефіцієнтів тертя коренеплодів і домішок. Фрикційні очисники в основному являють собою різні комбінації гірок, виконаних у вигляді стрічкових транспортерів.



Відомі гірки діляться на дві групи - повздовжні і поперечні. У перших відокремлені фракції рухаються вздовж поступаючого вороху, а у других одна із фракцій рухається поперек вороху. Повздовжні гірки бувають двох типів – прямо потокові (рух стрічки і вороху односторонній) і зворотно потокові (стрічка рухається назустріч руху вороху).

Конструктивна схема розташування повздовжньої гірки в технологічному потоці наведена на рис. 1.3. Таке розташування гірки є типовим, яке використовується на практиці в технологічних схемах більшості коренезбиральних машин.

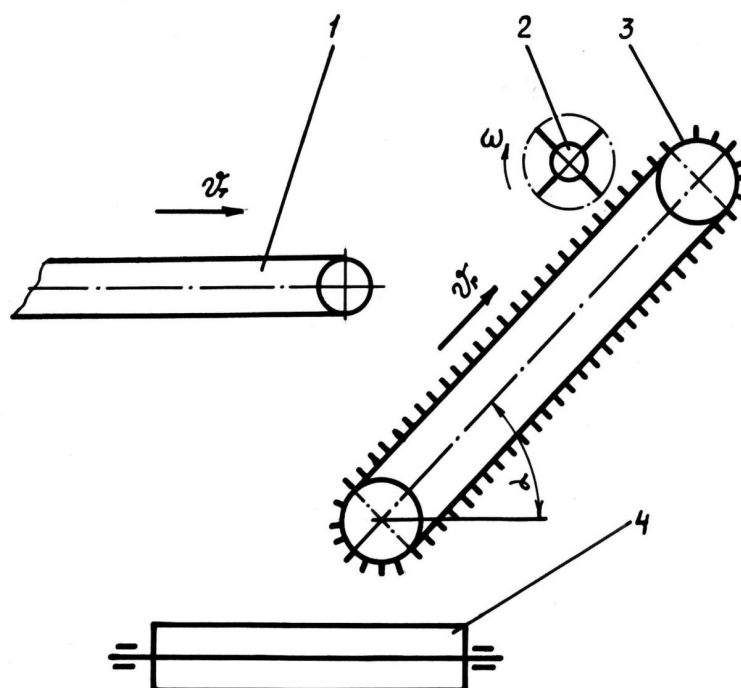


Рисунок 1.3. Конструктивна схема розташування гірки очисника коренезбиральної машини:

- 1 – повздовжній транспортер; 2 – відбійний бітер; 3 – полотно гірки;  
4 – приймальний транспортер.

Проте, гірки можуть виділяти з поступаючого вороху переважно плоскі і багатогранні домішки, при цьому їх роздільна здатність не перевищує 40%. Це пояснюється тим, що дрібний ґрунт, який постійно знаходиться в зоні сепарації, зменшує різницю коефіцієнтів тертя коренеплодів і домішок.

Таким чином, на транспортерних очисниках можливо практично повне відділення сипучого ґрунту. Недоліки цих пристроїв наступні: незадовільна сепарація вологого, важкого ґрунту, великих по розмірах рослинних домішок і грудок ґрунту. При вологості ґрунту 25...27,5 % сепарація ґрунту практично не відбувається.

Грохотні очисники відомі лише просіваючого типу. Збурюючу дію на ворох коренеплодів здійснює частота і амплітуда коливань активної поверхні очисника, що зумовлює процес переміщення вороху по активній поверхні очисника із заданою швидкістю. Каскадні грохоти мають перевагу в порівнянні з одинарними грохотами тому, що мають самостійний привод і регулювання, а відповідно і можливість збільшення швидкості із просуванням вороху по каскадах для його розосередження та інтенсивного просіювання ґрунту.

Одним із основних недоліків цих очисників є те, що при тривалій роботі їх просіювальна поверхня забивається землею і рослинними домішками, а при роботі в вологих умовах цей процес настає в 2...3 рази швидше ніж в оптимальних.

Вальцеві очисники працюють за принципом просіювання дрібних частин ґрунту і рослинних домішок. Відомі вальцеві очисники можна поділити на п'ять основних груп: барабанні, дискові, спіральні, кулачкові і лопатеві. Розроблюються і комбіновані очисники, наприклад, спірально-дискові, барабанно-спіральні, спірально-елеваторні та інші.

Із робочих органів, які, працюють за принципом розділення «розмір» заслуговує уваги шнековий (спіральний) очисник вороху коренеплодів (рис. 1.4), в якому звуження і очищення вороху від домішок відбувається при допомозі двох вальців 1 і 2 (шнеків) з спіральними зустрічно направленими витками 3, гладкого вальця 4 і утворюючих вхідне вікно, для проходження коренів, щитків 5. При його роботі ворох коренеплодів з викопуючих робочих органів поступає на вали 1, 2 і 4, які обертаються в одному напрямку.

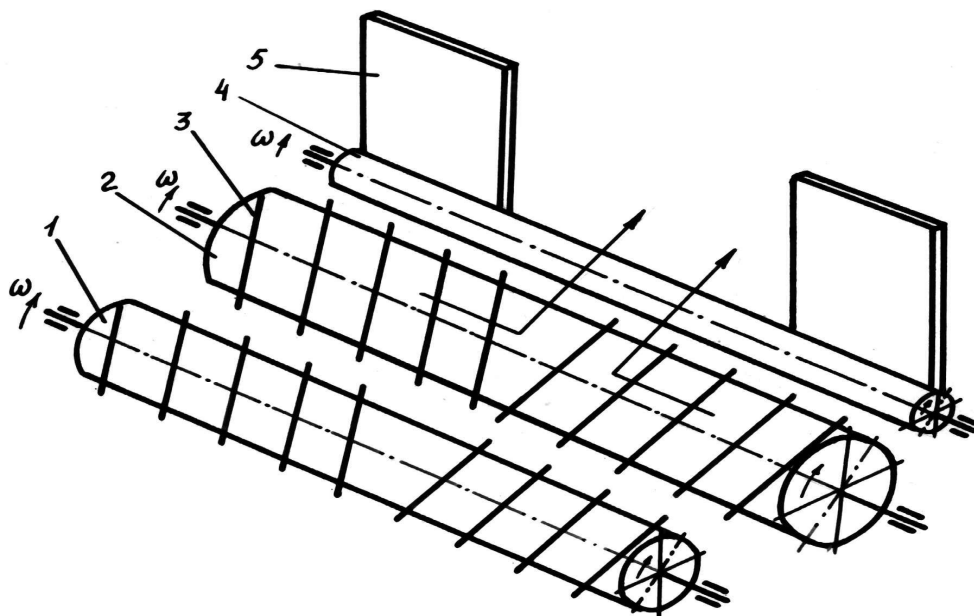


Рисунок 1.4 – Конструктивна схема шнекового очисника:

1, 2 – спіральні шнеки; 3 – виток шнека; 4 – гладкий валець; 5 – щиток.

Грунтові і рослинні домішки інтенсивно просіюються в зазор між валами, а коренеплоди гвинтовими виступами витків 3 зміщуються уздовж вісі обертання валів в напрямку від кінців валів до їх середньої частини. Два потоки коренеплодів зустрічаються проти вікна в щитку 5 і повернувшись на  $90^\circ$ , направляються через вікно в щитках на наступний робочий орган.

За конструктивним виконанням можна виділити декілька різновидів спіральних очисників:

- за направленням обертання валів: одностороннє обертання валів; попарно зустрічно-обертання валів; комбіноване обертання;

- за напрямком руху вороху: прямолінійний, уздовж осі обертання; Г-подібний; зустрічний з Г-подібним виходом в середній частині валів.

Основна маса сипкого ґрунту при обробці вороху на спіральних очисниках виділяється в передній частині, далі за рахунок взаємодії з вальцями коренеплоди звільнюються від налиплої землі, яка також просіюється. З метою збільшення дії вальців на коренеплоди, для більш ефективного очищення їх від налиплого ґрунту, в Німеччині розроблено спіральний очисник з кроком спіралі який збільшується за ходом очищувального вороху. В очисниках з

зустрічним напрямком руху очищувального вороху, що мають Г-подібний вихід в середній частині вальців, де збирається велика кількість коренеплодів.

Для збільшення сепаруючої можливості очисника такої конструкції рядом авторів запропоновано спіральну навівку виконувати з розривами, а вальці встановлювати ексцентрично і геометричну вісь кожного вальця розташовувати під кутом до вісі його обертання з перехрещенням останньої в вивантажувальній частині. В ФРН, США запропоновані спіральні очисники з Г-подібним направленням переміщення оброблюваного вороху, які забезпечують звуження потоку при передачі його на наступні робочі органи. Таке виконання очисника досягнуто за рахунок виготовлення одного з зустрічно-обертальних вальців з двох частин, одна з яких має напрямок обертання, протилежний напрямку обертання другої і збігається з напрямком обертання другого вальця (рис. 1.5).

Як і всі вальцьові очисники, спіральні забезпечують відносно високу ступінь сепарації сипкого ґрунту, очищення коренеплодів від налиплої землі і наступне просіювання, а очисники з зустрічно обертальними вальцями використовують також для відділення рослинних домішок, і навіть для відокремлення залишків гички на головках коренеплодів.

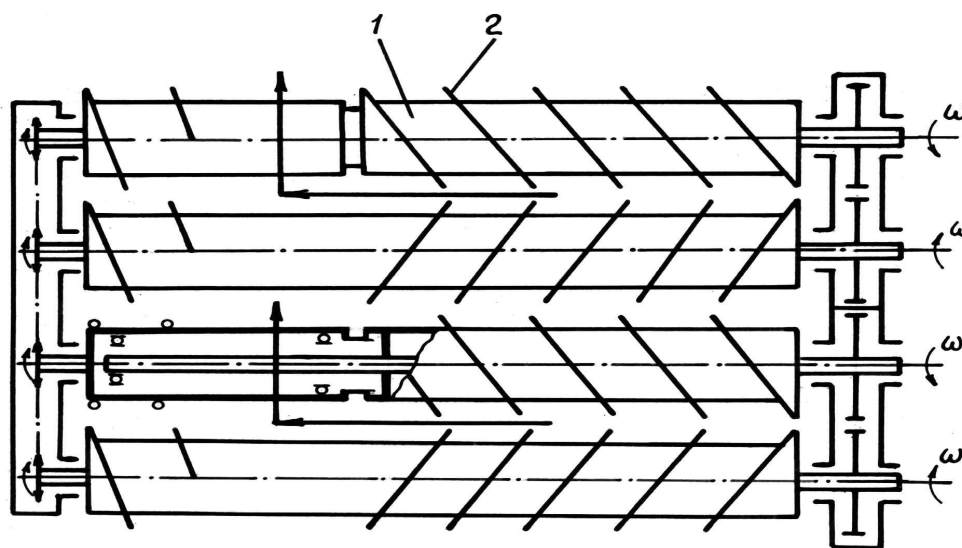


Рисунок 1.5 – Конструктивна схема шнекового очисника з Г-подібним напрямком руху вороху коренеплодів:

1 – барабан спірального шнека; 2 – виток.

Важливою перевагою спіральних очисників є відносна простота конструкції, можливість суміщення в одному робочому органі функцій очищення і транспортування коренеплодів, задовільної якості очищення вороху від рослинних домішок і легких сипких ґрунтів.

Спіральні очисники мають ряд суттєвих недоліків, які стримують їх широке використання в машинах для збирання кормових буряків. При вологості ґрунту більше 22% вальці очисника залипають перемішаними рослинними домішками і ґрунтом, а при підвищенні вологості ґрунту до 28 % очисники втрачають працездатність. При роботі в умовах сухого твердого ґрунту в ворох поступає велика кількість грудок ґрунту, при цьому в 2...3 рази збільшуються пошкодження коренеплодів. Крім того, при роботі на кам'янистих ґрунтах відбувається заклинювання каменів між вальцями очисника, внаслідок цього порушується хід технологічного процесу роботи коренезбиральної машини.

В Естонській сільськогосподарській академії проводять дослідження барабанних очисників. Для інтенсифікації процесу сепарації запропоновано діаметр барабанів за ходом руху маси виконувати збільшеним, а прутки барабанів встановлювати під кутом до вісі барабана, причому кут нахилу прутків, наприклад, на парних барабанах, повинен бути в одну сторону, а на непарних – в іншу. Конструктивна схема розташування барабанного очисника в технологічному процесі збиральної машини наведена на рис 1.6.

Під час роботи барабанних очисників дрібні домішки, проходять верхню частину пруткової просіваючої поверхні і накопичуються в середині барабанів. Для відведення домішок з порожнини барабана в ньому розміщують шнеки. В одних випадках шнеки встановлюють пасивні, в інших активні, які обертаються з частотою, відмінною від частоти обертання барабана. Для кращого просіювання дрібних домішок з порожнини барабана прутки його виконують у вигляді вальців що обертаються.

Розрізняють кулачкові очисники грудкоподрібнювачі і очисники, які виконують сепаруючі функції без затискування елементів вороху.

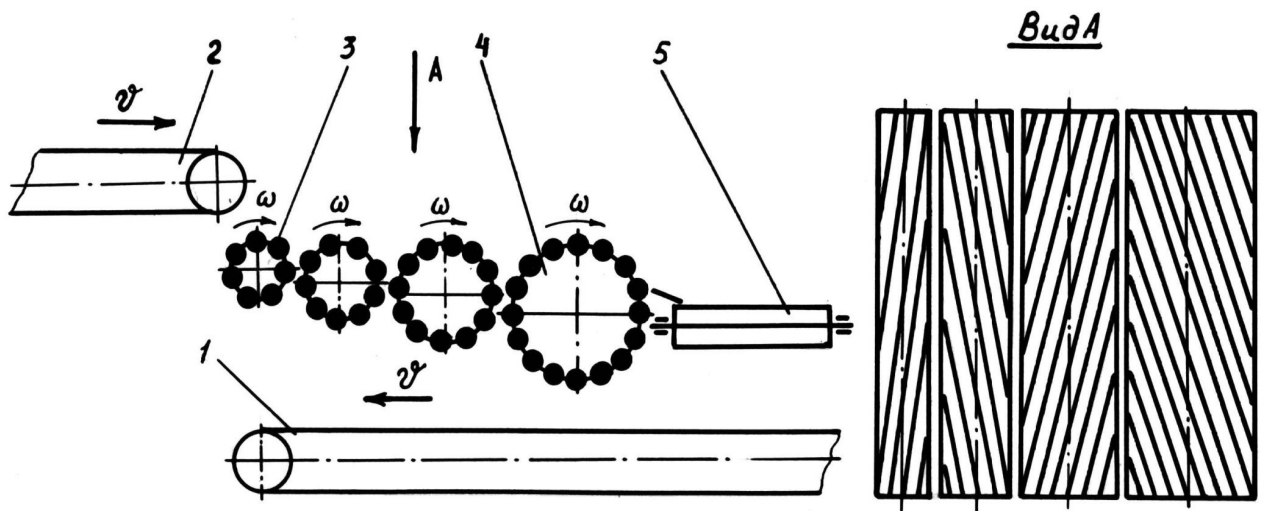


Рисунок 1.6 – Конструктивна схема розташування барабанного очисника:  
 1 – транспортер домішок; 2 – подавальний транспортер; 3, 4 – сепаруючі барабани; 5 – приймальний транспортер.

Кулачкові очисники відрізняються від вальцьових тим, що їх диски виконані у вигляді кулачків із криволінійною поверхнею і являють собою кулачкове поле, яке переміщує ворох за рахунок обертання в одному напрямку кулачків, закріплених на паралельно встановлених валах.

Бурякозбиральні машини нерідко працюють в умовах твердого сухого ґрунту. При цьому в ворох поступає велика кількість ґрунтових грудок. Для очищення вороху від таких домішок коренезбиральні машини оснащують грудкоподрібнювачами, принцип дії яких ґрунтується на різниці кутів затискування ґрунтових грудок і коренеплодів.

В коренезбиральній машині КС-6Б-02 застосовано грудкоподрібнювач (рис. 1.7), який складається з валів 1, на яких закріплено батарею трипроменевих кулачків 2 спеціального профілю. Вали обертаються в однаковому напрямку та з однаковою коловою швидкістю. Тому кути  $\alpha$  між прямолінійними робочими поверхнями кулачків суміжних валів в процесі роботи постійні. Грудки ґрунту затискуються в отворі між лопатями кулачків і руйнуються, а коренеплоди висковзують з отвору і транспортуються кулачками в напрямку обертання валів.

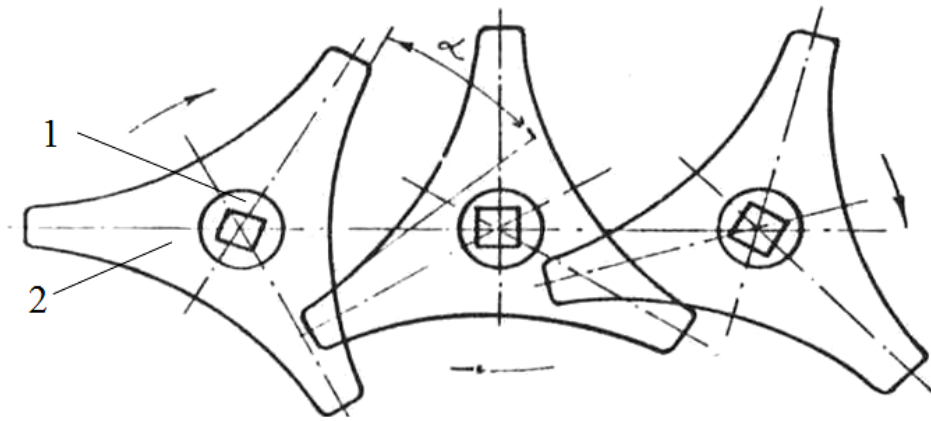


Рисунок 1.7. Конструктивна схема кулачкового очисника:

1 – вал; 2 – кулачок.

Основними недоліками кулачкових очисників є пошкодження коренеплодів і намотування бур'янів на елементи конструкції, які обертаються з кутовою швидкістю  $\omega_k$  при роботі на ділянках з підвищеною забур'яненістю і виникаючий при цьому невеликий очисний ефект. За даними досліджень при збільшенні кількості бур'янів до 98 шт/м<sup>2</sup> продуктивність збирального агрегату з кулачковим очисником знижується на 30% - з 0,189 до 0,133 га за годину змінного часу.

У вітчизняній коренезбиральній машині РКМ-6-03 використовується лопатевий очисник, подібний кулачковому, в якому виконуються функції сепарації ґрунту і відокремлення дрібних рослинних домішок без затискування елементів вороху (рис. 1.8).

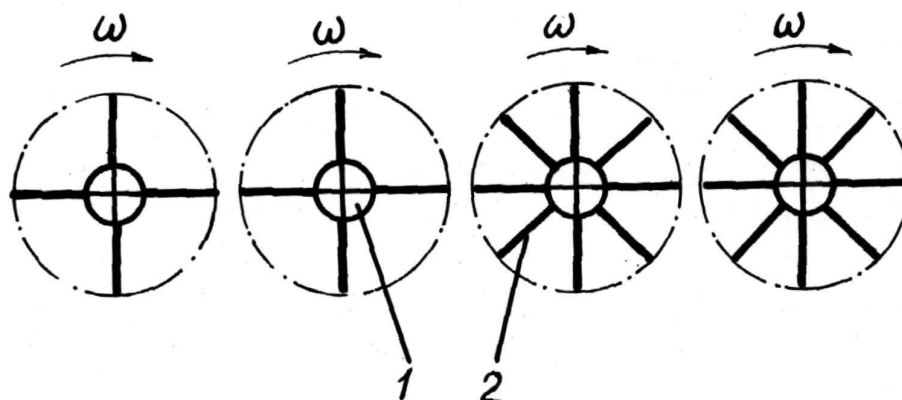


Рисунок 1.8 – Конструктивна схема лопатевого очисника:

1 – вал лопатевого очисника; 2 – гумові лопаті.

Ворох поступає на вали 1, що обертаються в одному напрямку. Сипкий дрібний ґрунт і невеликі за розмірами рослинні домішки просіюються в щілини між гумовими лопатями 2, а коренеплоди ними ж транспортуються в напрямку обертання валів. Недоліками таких конструкцій очисників є низька якість відокремлення з вороху великих за розмірами рослинних залишків і низька ефективність роботи на вологих і сухих ґрунтах.

Приведені вище сепаруючі робочі органи незадовільно працюють на ґрунтах з підвищеною вологістю, особливо на середніх і важких суглинках. Тому проводяться пошуки і удосконалення сепаруючих робочих органів з метою відокремлення ґрунтів з підвищеною вологістю, що привели до створення відцентрових сепараторів, які використовують відцентрові сили для продавлювання вологого ґрунту через щілини.

Поряд з кулачковими і спіральними очисниками для виконання очисних і транспортуючих функцій використовуються робочі органи роторного типу, які широко використовуються в конструкціях коренезбиральних машин Франції. Як і описані вище спіральні очисники, вони виконують звуження технологічного потоку одночасно з сепарацією ґрунтових і рослинних домішок. Робочою поверхнею очисників такого типу є встановлений горизонтально, або під деяким. кутом, диск з розташованими по радіусу диска прутками. Для формування потоку вороху і направлення його на наступні робочі органи по зовнішній периферії кола ротора встановлюють пруткові решітки, які закінчуються направляючими гребінками.

Схеми компоновки машин з використанням очисників роторного типу бувають різні. В копачі-валкоутворювачі А-300 фірми "Moreau" застосовано два сепаруючих диски на які поступають компоненти вороху і де відбувається очищення коренеплодів від ґрунтових і рослинних домішок. Крім того, може також встановлюватися і третій додатковий диск меншого діаметра, який доповнює очищення коренеплодів.

Для підвищення сепаруючої можливості використовується робочий орган, який включає компоновку із чотирьох дисків, де коренеплоди спочатку



поступають на одну пару сепаруючих дисків, а потім, переміщуються по S подібній траєкторії - на другу пару дисків, яка обертається в протилежному напрямку. Для зміни напрямку технологічного потоку над диском в робочому просторі очисника можуть використовуватися шнек або інший робочий орган з активною граничною поверхнею.

Дана схема компоновання роторного очисника реалізована в 6-рядному копачі коренеплодів за патентом Франції в якому задача звуження потоку з утворенням концентричного валка вирішується поєднанням дискового очисника і гвинта (рис. 1.9).

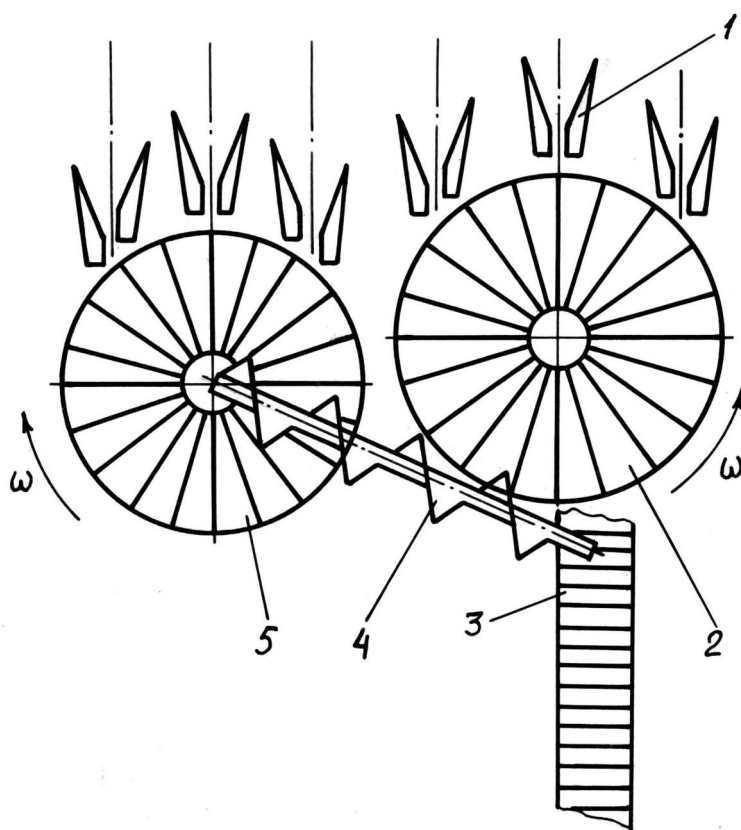


Рисунок 1.9 – Схема копача коренеплодів з роторним очисником:  
 1 - лемішні копачі; 2, 5 – решітні роторні диски; 3 – утворений валок коренеплодів; 4 – гвинт.

Він включає лемішні копачі 1 і два решітні диски 2 і 5, які обертаються зустрічно один одному. Диски мають конусність, вершина якого направлена вгору. Лівий диск 5 виконаний меншого діаметру і трохи зміщений назад відносно правого диска 2. Над дисками розташовано гвинт 4, вісь обертання

якого проходить через центр лівого диска. Гвинт встановлено під кутом до напрямку руху копача, а вихідний кінець його розміщується над краєм правого диска. При зустрічі вороху з гвинтом змінюється напрям його руху, а спільна дія поверхонь дисків і гвинта на корені інтенсифікує процес їх очищення.

Очисники роторного типу характеризуються простотою і незначною матеріаломісткістю, однак мають ряд недоліків. Із-за наявності зазору в зоні переходу вороху з одного диска на другий спостерігаються втрати коренеплодів внаслідок вмикання їх в розпушений ґрунт, а також накопичення маси при сходженні потоків, які поступають з двох дисків. Крім того, роторні очисники травмують коренеплоди при переході їх з одного диска на другий в основному внаслідок злому їх хвостової частини і ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків (турбін), що значно обмежує їх застосування.

### **1.3. Фізико-механічні властивості кормових буряків**

Для розробки технологічних процесів і окремих операцій, а також для визначення параметрів і режимів роботи сільськогосподарських машин використовують фізико-механічні властивості рослин. Вихідними даними для проектування технологічних процесів і робочих органів машин для збирання кормових буряків є розмірно-масова характеристика цієї культури.

Вивченням фізико-механічних властивостей рослин кормових буряків займалися багато видатних вчених, результати досліджень яких подані в численній літературі.

Фізико-механічні властивості рослин змінюються в залежності від сорту і ґрунтово-кліматичних умов. Тому аналіз результатів досліджень фізико-механічних властивостей кормових буряків проводили з врахуванням сортових якостей та ґрунтово-кліматичних умов їх вирощування.

При виборі і проектуванні основних параметрів робочих органів очисника вороху кормових буряків вихідними даними є розмірно-масова характеристика коренеплодів.

Ефективність відокремлення ґрунту і рослинних домішок від коренеплодів багато в чому залежить і визначається довжиною і діаметром коренеплодів, масою коренеплодів і гички, діаметром пучка гички і її довжиною. Перелічені ознаки залежать від сорту кормових буряків, агротехніки вирощування, природно - кліматичних умов і т. д.

#### **1.4. Агротехнічна характеристика коренезбиральної машини МКК–6**

Коренезбиральна машина МКК–6 призначена для роздільного збирання коренеплодів кормових буряків (викопування, очищення від домішок і навантаження в рядом їдучий транспортний засіб ), посіяних з міжряддям 45 см в основній і поливних зонах буряківництва.

Машина коренезбиральна МКК–6 (рис. 1.10) складається із основної рами на якій змонтовано коренезбиральну частину і встановлено енергосиловий двигун [13].

Коренезбиральна частина складається із несучої рами, яка опирається на мости ведучих і керованих коліс, шнекового, поперечного, повздовжнього і навантажувального транспортерів, механізму рульового управління, трансмісії, електричної і гідравлічної систем, автомата водіння машини в рядках буряків.

Викопуючий пристрій складається з дискових сферичних копачів з корененапрямниками, двох кулачкових і бітерного валів, приймального транспортера.

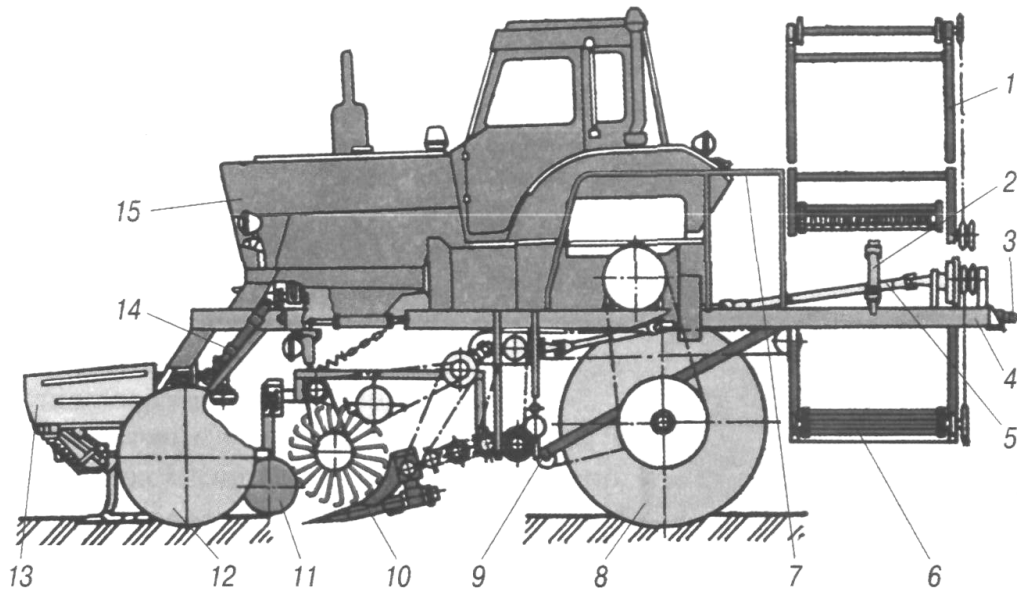


Рисунок 1.10 – Коренезбиральна машина МКК-6:

- 1 – навантажувальний транспортер; 2 – гідроциліндр; 3 – електрообладнання;  
 4 – рама; 5 – трансмісія; 6 – поперечний транспортер; 7 – огороження;  
 8 – ведуче колесо; 9 – поздовжній транспортер; 10 – викопувальний пристрій;  
 11 – копіювальне колесо; 12 – напрямні колеса переднього моста; 13 – автомат водіння; 14 – механізм рульового керування; 15 – трактор МТЗ-80/80Л.

Викопуючий пристрій опирається на дві копіюючі лижі. Перший кулачковий вал призначений для підбору викопаних коренеплодів, часткового очищення їх від землі і передачі на другий кулачковий вал, який проводить додаткове очищення від вільної землі і рослинних залишків і подає ворох на приймальний транспортер.

Приймальний транспортер призначений для приймання коренеплодів з кулачкового вала і подачі їх на шнековий транспортер-очисник машини. Він розташований на рухомій рамі викопуючого пристрою і складається із ведучого і веденого валів, пруткового полотна і натяжних роликів.

Шнековий транспортер-очисник виконує часткове очищення вороху від землі і рослинних домішок і зміщує ворох з приймальних транспортерів на центральний повздовжній транспортер. Він складається із двох секцій – правої і лівої, кожна із яких уявляє собою два довгих і два коротких вальця. На деякій довжині нижні вальці мають спіральну навивку із полоси, а короткий валець –

із круга для зміщення вороху на повздовжній транспортер. Верхній валець гладенький. Вальці мають однакове направлення обертання.

Повздовжній транспортер призначений для приймання коренеплодів від шнекового очисника і подачі вороху на поперечний транспортер. Він закріплений на основній рамі і складається із ведучого вала з запобіжною муфтою, пруткового полотна з скребками, відомих і підтримуючих роликів. Полотно транспортера натягується автоматично натяжними пристроями.

Поперечний транспортер є дном бункера-накопичувача і служить для подачі коренеплодів до навантажувального транспортера. Він складається із пруткового полотна, ведучого і веденого валів, підтримуючих роликів.

Навантажувальний транспортер призначений для навантаження коренеплодів в рядом їдучий транспорт. На рамі транспортера встановлені гребінка і козирок пристрою для гасіння швидкості падіння коренеплодів, який запобігає пошкодженню буряків.

Трансмсія призначена для передачі крутного моменту від валу відбору потужності трактора до робочих органів машини і складається із редукторів: розподільчого, центрального і планетарного; проміжних карданних і з'єднувальних валів, ланцюгових контурів, механізму включення привода поперечного і навантажувального транспортерів.

Гідравлічна система машини складається із 2-х незалежних частин: основної гідросистеми і гідросистеми рульового і автоматичного управління. Основна гідросистема призначена для управління положенням робочих органів і включає роздільно-агрегатну систему трактора МТЗ 80/80Л, циліндри управління положенням робочих органів: викопуючого пристрою, навантажувального транспортера, планетарного редуктора.

Технологічний процес роботи машини МКК–6 наступний (рис. 1.11).

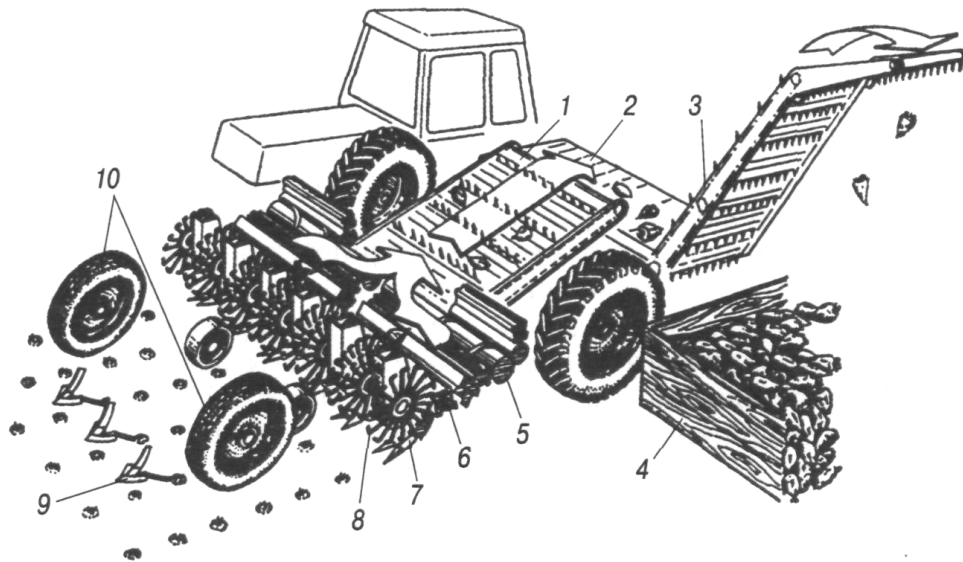


Рисунок 1.11 – Технологічна схема коренезбиральної машини МКК-6:

1 – поздовжній транспортер; 2 – поперечний транспортер; 3 – навантажувальний транспортер; 4 – кузов транспортера; 5 – шнековий доочисник; 6 – бітерний транспортер-доочисник; 7 – активна вилка; 8 – коренепідбирач; 9 – автомат керування; 10 – напрямні колеса переднього моста.

За допомоги автомата водіння передні колеса машини точно направляють робочі органи по рядках коренеплодів. Дискові сферичні копачі підкопують коренеплоди і зміщують їх на середину викопуючого пристрою. Корені, які підняті спільною дією кулачкового і бітерного валів, попередньо очищуються бітерним і другим кулачковим валами від залишків гички і вільної землі та поступають на приймальний транспортер викопуючого пристрою, з якого попадають на шнековий транспортер-очисник. На ньому корені доочищаються від рослинних залишків і вільної землі і зміщуються ним до центру машини на повздовжній транспортер, яким подаються на поперечний прутковий транспортер.

Далі через навантажувальний транспортер коренеплоди попадають в кузов рядом їдучого транспортного засобу. Для зміни транспортних засобів без зупинки коренезбиральної машини передбачена можливість короткочасного відключення поперечного і навантажувального транспортерів. Корені в цей час накопичуються в бункері, дном якого є поперечний транспортер.

Технічні показники коренезбиральної машини МКК – 6 подано в додатку А, а основні агротехнічні вимоги до неї – в додатку Б.

### **1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра**

Із пристроїв первинної сепарації вороху найбільшого впровадження і використання на коренезбиральних машинах набули пруткові елеватори, які ефективно відділяють ґрунтові домішки лише в оптимальних умовах. Пристроїв для відділення вологих ґрунтів і ґрунтів з зниженою вологістю, особливо на важких за механічним складом ґрунтах, які мають високу ефективність, немає. Тому коренезбиральні машини не на всіх ґрунтових фонах здатні розвинути розрахункову продуктивність, головним чином із-за порушення технологічного процесу існуючими очисниками вороху при роботі на середніх і важких ґрунтах.

Технологічний процес очищення вороху кормових буряків з застосуванням традиційних спіральних (МКК-6 і РКМ-6-03) і роторних (КС-6Б-05, GR-4 фірми Moreau) очисників коренезбиральних машин не забезпечує ефективної сепарації домішок і не відповідає вихідним вимогам.

При високій вологості ґрунту шнеки залипають землею і втрачають працездатність. Роторні очисники ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків, що значно обмежує їх застосування. Крім того вони пошкоджують значну частину коренеплодів при переході їх з одного диска на інший та мають значні втрати. Вдосконалення технологічного процесу очищення буряків від домішок без розробки нових конструктивних схем, визначення основних функціональних та експлуатаційних параметрів практично вичерпало себе в плані підвищення якості очищення коренеплодів.

Ефективність роботи очисника вороху коренеплодів буряків характеризується двома основними технологічними показниками - сепарацією ґрунту і пошкодженням коренеплодів. Сепарація ґрунту залежить в основному від стану ґрунту (механічного складу, вологості, щільності), швидкості дії робочого органу на шар ґрунту, причому ця швидкість обмежується швидкістю співударяння коренеплодів кормових буряків з поверхнею робочого органу.

Як наслідок проведеного аналізу сформульовано наступні завдання дипломної магістерської роботи:

1. Визначити основні конструктивні і кінематичні параметри роботи гвинтово-вальцевого очисника на основі аналізу його продуктивності.
2. Дослідити взаємодію коренеплода з робочою поверхнею гвинтового конвеєра.



## 2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНИКА

### 2.1. Обґрунтування конструкції сепаруючого пристрою

Останнім часом істотно змінилися механіко-технологічні принципи і технічні рішення, які використовуються при конструюванні коренезбиральних машин. В результаті підвищилась якість виконання технологічного процесу, збільшилась продуктивність праці на збиранні коренеплодів кормових буряків. Разом із тим, досягнутий рівень агротехнічних і техніко-експлуатаційних показників коренезбиральних машин не зовсім відповідає вимогам якості виконання технологічного процесу, повного усунення ручних робіт на операції доочищення вороху від домішок при закладанні зібраного урожаю в сховища і зменшення їх втрат.

Особливо великі труднощі виникають при збиранні врожаю, який вирощений на важких і середніх ґрунтах та в умовах надмірної або низької вологості, коли значно знижується технологічна і технічна надійність збиральних машин, зменшується їх продуктивність та якість очищення вороху коренеплодів від землі і рослинних домішок. Значне варіювання умов роботи коренезбиральних машин та недостатнє пристосування існуючих конструкцій викопуючих і особливо очисних робочих органів до цих змін не дозволяє отримувати стійких агротехнічних показників. Ефективність і якість роботи збиральних машин в більшості залежить від роботи очисників вороху, які повинні відокремити із складу поступаю чого вороху не менше 92% домішок згідно вихідних вимог до коренезбиральних машин.

Таким чином, проведений аналіз дослідження і роботи відомих очисників показав, що всі вони незадовільно працюють в умовах вологого і сухого ґрунту, коли в ворох коренеплодів поступає велика кількість тістоподібної, пластичної маси (при підвищеній вологості) і грудок (брил) ґрунту (при зниженій вологості).

Головним загальним недоліком роботи очисних робочих органів в важких умовах збирання коренеплодів є те, що очищення коренеплодів від домішок відбувається в одному технологічному потоці, коли коренеплоди і домішки пересуваються по поверхні сепаруючих робочих органів в одному повздовжньому напрямку, що значно утруднює відокремлення домішок від коренеплодів.

Серед множини очисників комбінованого типу, транспортерно-вальцеві очисники знайшли переважне використання в машинах для збирання великорозмірних коренеплодів. Схема транспортерно-вальцевого очисника подана на рис. 2.1.

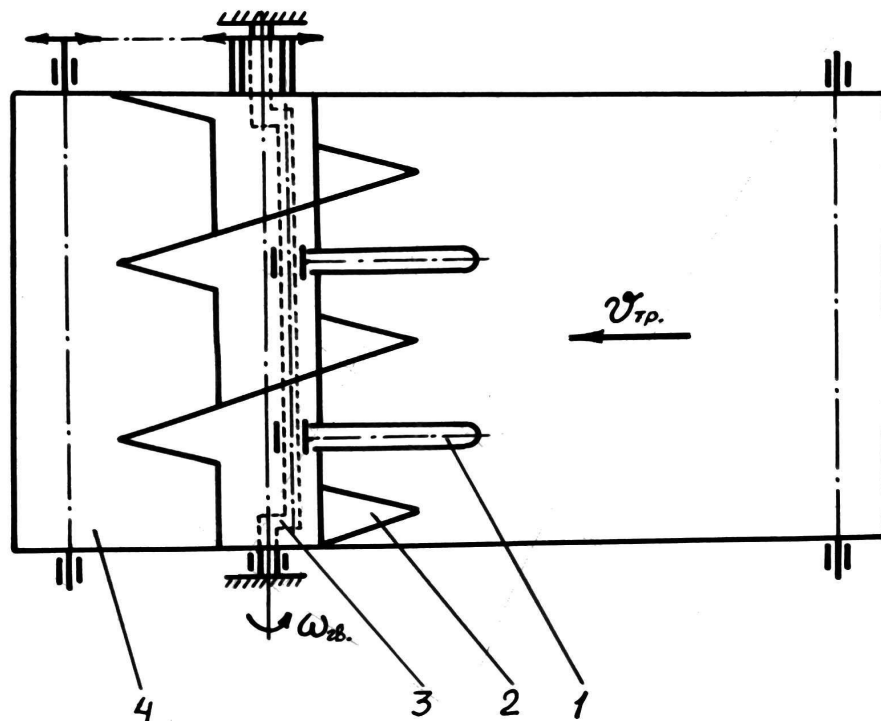


Рисунок 2.1– Конструктивна схема транспортерно-вальцевого очисника:

- 1 – палець; 2 – спіральний гвинт; 3 – ексцентрик пальців;  
4 – подаючий транспортер.

Порівняно простий за конструкцією і надійний в роботі гвинт дозволяє змінювати напрямлення потоку під прямим кутом, при цьому проводити інтенсивне очищення коренеплодів від налиплого ґрунту і відокремлювати рослинні домішки. Крім того, при взаємодії витків гвинта і компонентів вороху відбувається удар витків гвинта по коренеплодах і грудках ґрунту. В силу

конструктивного виконання гвинта, а саме кута нахилу навивки витків до труби гвинта, удар витка по коренеплодах є косим центральним ударом і порівняно з прямим центральним ударом сила косого удару на коренеплоди значно менша, що є суттєво зменшує пошкодження коренеплодів при використанні гвинтових конвеєрів для очищення вороху від домішок.

Патентний пошук привів до вибору очисного адаптера, який являє собою гвинтово-вальцьовий комбінований очисник (рис. 2.4), технологічний процес роботи якого передбачає ефективну роботу не тільки в оптимальних умовах збирання кормових буряків, але і в екстремальних.

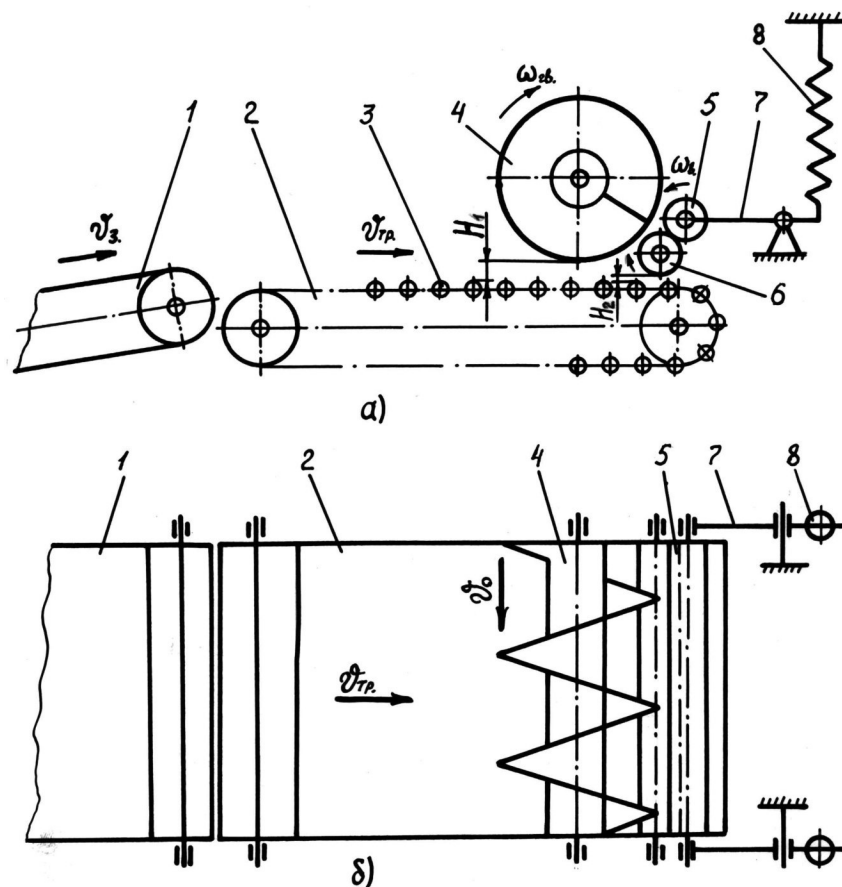


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема гвинтово-вальцьового очисника:

- 1 – завантажувальний транспортер; 2 – подавальний прутковий транспортер;
- 3 – пруток; 4 – гвинт; 5 – верхній відминальний валець;
- 6 – нижній відминальний валець; 7 – важіль; 8 – пружина.

Гвинтово-вальцьовий очисник вороху кормових буряків має подавальний прутковий транспортер 1, над яким на відстані  $H_1$  встановлено

гвинт 2. Гвинт обертається з кутовою швидкістю  $\omega_{\text{ГВ}}$  назустріч руху транспортера. За гвинтом розташована пара гладких циліндричних вальців 3. Вони встановлені один над одним і на відстані  $H_2$  над транспортером, і обертаються назустріч один одному з кутовою швидкістю  $\omega_{\text{В}}$ .

Технологічний процес роботи очисника здійснюється наступним чином. При подачі вороху коренеплодів до гвинта відбувається заповнення простору між витками гвинта та простору під гвинтом. Витки гвинта взаємодіють з коренеплодами і зсувають їх з транспортера за рахунок співударяння коренеплодів та грудок землі з гвинтовою поверхнею гвинта. При цьому грудки землі руйнуються і або просіюються між прутками транспортера, або зсуваються з транспортера. Коренеплоди із залишками гички перемішуються витками гвинта вздовж гладких циліндричних вальців.

Гладкі циліндричні вальці обертаються зустрічно, що забезпечує зтягування залишків гички і рослинних домішок між поверхнями вальців і винесення їх транспортером за його межі.

Таке розташування гвинта і вальців дозволяє змінити напрямок потоку коренеплодів і домішок (розділити їх на два взаємо перпендикулярні потоки), збільшити шлях проходження і час знаходження матеріалу на прутковому транспортері, добиватися подрібнення і руйнування грудок землі внаслідок ударної дії, відокремлювати залишки гички на головках коренеплодів. За рахунок цього інтенсифікується очищення вороху коренеплодів. В силу конструктивного виконання гвинта, удар витка гвинта по коренеплодах є косим центральним ударом, і, порівняно з прямим центральним ударом, сила косого удару на коренеплоди значно менша, що є передумовою зменшення пошкодження коренеплодів.

Таким чином, покращення якості роботи коренезбиральних машин і зниження затрат ручної праці при збиранні кормових буряків досягається підвищенням інтенсивності дії на ворох і реалізацією принципу розмежування напрямків руху коренеплодів і домішок на перпендикулярні потоки шляхом оснащення їх гвинтово-вальцьовим очисником.

Використання в гвинтово-вальцьовому очиснику ефектів косого співударяння робочої поверхні гвинта з коренеплодами і пригальмування сепаруючого вороху над прутковим елеватором, а також безперервне пересування його над щілинами транспортера, забезпечує інтенсивне відокремлення землі і рослинних домішок.

Продуктивність очисника обумовлена його параметрами і, в першу чергу, параметрами подавального транспортера і гвинта, які також впливають на ступінь очищення вороху від домішок і відокремлення залишків гички на коренеплодах, яка знаходиться в прямій залежності від кількості коренеплодів, що дійшли до відминаючих вальців.

До основних параметрів транспортера відносяться: діаметр і крок прутків, лінійна швидкість робочої стрічки, ширина і довжина транспортера. До основних параметрів гвинта відносяться: діаметр гвинта, висота гвинтової навивки, крок гвинтової навивки, кутова швидкість обертання, матеріал гвинтової поверхні, коефіцієнт заповнення простору між витками. Кількість коренеплодів, які дійшли до вальців. Окрім параметрів транспортера і гвинта, визначається ще і величиною зазору між краєм гвинтової навивки гвинта і робочою поверхнею прутків транспортера. Ефективність відокремлення залишків гички на коренеплодах залежить також від діаметра і кутової швидкості обертання вальців.

Гвинтово-вальцьовий очисник вороху має ряд специфічних особливостей. Так, одночасно з розділенням компонентів вороху на потоки перпендикулярних напрямків і їх транспортуванням, відбувається двостороння одночасна дія витків гвинта і поверхні вальців на коренеплоди, а також проходить руйнування грудок землі і відсіювання дрібних частинок ґрунту та рослинних домішок. Тому методи розрахунку параметрів гвинтово-вальцевого очисника повинні мати інший підхід.

## 2.2. Розрахунок основних конструктивних параметрів очисника

Для розрахунку приймаємо наступні вихідні дані: поступальна робоча швидкість руху машини – 1,5 м/с; продуктивність очисника – 0,15 м<sup>3</sup>/с; коефіцієнт сепарації вороху машини – 0,5; коефіцієнт сепарації подавального транспортера – 0,5; допустима швидкість співударяння коренеплоду – 3,1 м/с; коефіцієнт, що враховує зниження швидкості переміщення матеріалу вздовж гвинта по відношенню до теоретичної швидкості – 0,7.

Комбінований гвинтово-вальцьовий очисник вороху кормових буряків (рис. 2.5) має подавальний прутковий транспортер 1, який рухається з поступальною швидкістю  $V_{TP}$  і над яким на деякій відстані  $H_1$  від транспортера встановлено гвинтовий конвеєр 3.

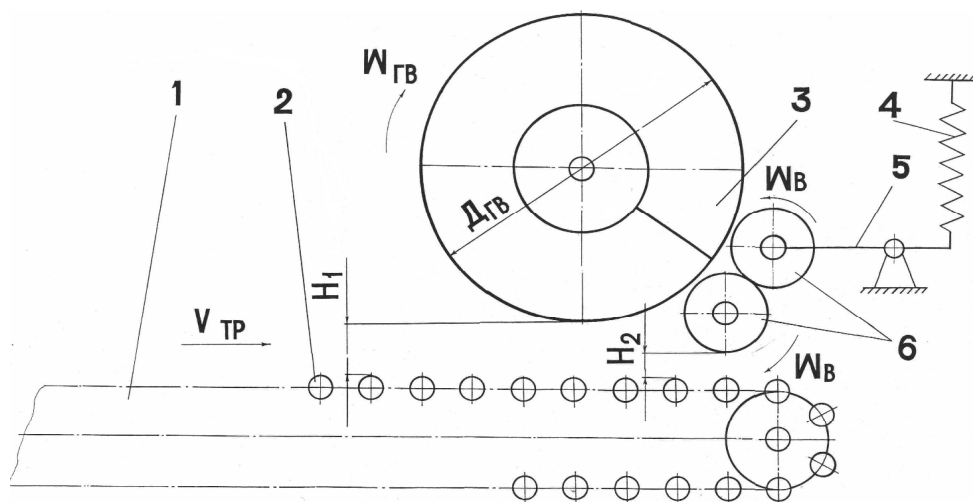


Рисунок 2.2 – Конструктивна схема очисника:

- 1 – подаючий транспортер; 2 – пруток; 3 – гвинт; 4 – пружина;  
5 – важіль; 6 – відминальні вальці.

Гвинтовий конвеєр, зовнішній діаметр якого дорівнює  $D_{зв}$ , а крок  $S$ , обертається назустріч руху транспортера з кутовою швидкістю  $\omega_{зв}$ . За гвинтом, в сторону вихідного кінця транспортера, розташована пара гладких відминальних циліндричних вальців 6, встановлених один над одним і над транспортером на деякій відстані  $H_2$  від нього, і які обертаються назустріч

один одному з кутовою швидкістю  $\omega_g$ . Верхній валець за допомогою важільного механізму, який складається з пружини 4, важеля 5 і проміжної поворотної опори, підпружинений до нижнього вальця.

Методика розрахунку параметрів очисника наступна.

Швидкість руху подавального транспортера  $V_{mp}$  встановлюємо із умови максимальної сепарації домішок в умовах оптимальної вологості і відсутності згрупування викопаного вороху при переході його до шнека. Встановлено, що ця швидкість знаходиться в межах  $V_{mp} = 1,5-1,8$  м/с.

Приймаємо середнє значення швидкості  $V_{mp} = 1,65$  м/с.

Визначаємо висоту  $h_g$  витка гвинта із умови, що вона повинна бути рівна або більша середнього діаметра коренеплодів кормових буряків  $d_k$ , тобто щоб коренеплоди змогли б без перешкод потрапляти в міжгвинтовий простір шнека з умови їх гарантованого транспортування витками конвеєра

$$h_g \geq d_k. \quad (2.1)$$

Згідно аналізу агробіологічних характеристик коренеплодів кормових буряків їх середній діаметр знаходиться в межах 10,0-15,0 см.

Тоді приймаємо висоту лопаті витка  $h_g = 12,5$  см.

Діаметр гвинта визначаємо за формулою:

$$D_{zg} = 2h_g + d_{\sigma}. \quad (2.2)$$

де  $D_{zg}$  – діаметр гвинта, м;

$d_{\sigma}$  – діаметр труби барабана, м.

Діаметр труби барабана гвинтового конвеєра  $d_{\sigma}$  приймаємо рівним 0,15 м, виходячи із конструктивних міркувань і стандартизованого ряду типорозмірних труб.

Тоді діаметр гвинта дорівнює  $D_{zg} = (2 \times 0,125) + 0,15 = 0,4$  (м).

Визначаємо кут підйому  $\alpha_n$  гвинтової лінії шнека по зовнішньому діаметрі за формулою:

$$\alpha_n = 45^\circ - 0,5\varphi_k, \quad (2.3)$$

де  $\varphi_k$  - кут тертя ковзання матеріалу по поверхні витка гвинта.

Кут  $\alpha_n$  вибирається для конкретної гвинтової поверхні з умови забезпечення максимальної швидкості переміщення коренеплодів по поверхні лопаті шнека.

За даними кут тертя ковзання по металічній поверхні системи “буряк – залізо” дорівнює  $\varphi_k = 35,2^\circ$ .

Тоді  $\alpha_n = 27,4$  град.

Крок гвинта  $S$  визначається за формулою:

$$S = \pi D_{\text{в}} \operatorname{tg} \alpha_n, \quad (2.4)$$

$$S = 3,14 \cdot 0,4 \cdot \operatorname{tg} 27,4 = 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 0,5 \text{ м.}$$

Кут підйому гвинтової лінії :

$$\alpha_{n.в} = \operatorname{arctg} S / \pi d_{\text{в}}. \quad (2.5)$$

$$\alpha_{n.в} = \operatorname{arctg} 0,5 / 3,14 \cdot 0,15 = \operatorname{arctg} 1,06 = 54,6 \text{ (град).}$$

Кількість заходів витків шнека визначаємо за формулою

$$z = S / l_{\text{с.в}}, \quad (2.6)$$

де  $l_{\text{с.в}}$  - відстань між суміжними витками, м.

Відстань між суміжними витками  $l_{\text{с.в}}$  приймаємо з умови виключення нагромадження вороху перед гвинтом і яка повинна бути при цьому більшою за максимальний діаметр коренеплоду. Приймаємо, згідно агробіологічної



характеристики кормових буряків,  $L_{c.B} = 0,5$  м.

Тоді згідно (2.6) маємо  $z = 0,5 / 0,5 = 1$ .

Визначаємо коефіцієнт  $k_{\epsilon}$ , що враховує об'єм витків шнека

$$k_{\epsilon} = 1 - \frac{2\pi b_{\lambda} z h_{\epsilon}^2}{S(\pi h_{\epsilon}^2 + 4D_{\epsilon}^2 + 8D_{\epsilon} H_1)} \cos \operatorname{arctg} \frac{2S}{D_{\epsilon} + d_{\sigma}}, \quad (2.7)$$

де  $b_{\lambda}$  - товщина лопаті навивки шнека, м;

$H_1$  - радіальний зазор між робочою поверхнею подавального транспортера і нижнім торцем витка шнека, м.

Товщину металічної лопаті  $b_{\lambda}$ , із яких формується навивка гвинта, приймаємо рівною 5 мм

Радіальний зазор  $H_1$  між робочою поверхнею подавального транспортера і торцями витків гвинта приймаємо рівним половині середнього діаметра  $d_{k.cep}$  коренеплоду з умови транспортування матеріалу витками гвинта без ковзання по поверхні транспортера та забезпечення мінімальних витрат енергії на пересування матеріалу і продуктивності гвинтового конвеєра.

Тоді приймаємо  $H_1 = 0,075$  м.

При числовому рішенні рівняння (2.7) отримаємо  $k_{\epsilon} = 0,999$ .

Значення коефіцієнта заповнення очисника  $k_{3.o.макс}$

$$k_{3.o.макс} = \left(1 + \frac{\pi D_{\epsilon}^2}{4(D_{\epsilon}^2 + 2D_{\epsilon} H_1) - \pi d_{\sigma}^2}\right)^{-1}. \quad (2.8)$$

$$k_{3.o.макс} = 0,56.$$

Максимальна кутова швидкість обертання гвинта визначається з умови недопущення пошкодження коренеплодів

$$\omega_{\epsilon, \max} = \frac{2\pi \left[ V_{\text{дон}} - V_{mp} \sin\left(45^\circ - \frac{\phi_k}{2}\right) \right]}{\sqrt{S^2 + \pi^2 D_{\epsilon}^2} \sin \left[ \left(45^\circ - \frac{\phi_k}{2}\right) + \arcsin \frac{S}{\sqrt{S^2 + \pi^2 D_{\epsilon}^2}} \right]}, \quad (2.9)$$

де  $V_{\text{дон}}$  - допустима швидкість співударяння коренеплоду з вальцем, м/с;

$V_{mp}$  - швидкість руху подавального транспортера.

$$\omega_{зв.макс} = \frac{2 \cdot 3,14 [3,1 - 1,5 \sin(45 - 0,5 \cdot 35,2)]}{\sqrt{0,5^2 + (3,14 \cdot 0,4)^2} \sin \left[ (45 - 0,5 \cdot 35,2) + \arcsin \frac{0,5}{\sqrt{0,5^2 + (3,14 \cdot 0,4)^2}} \right]} = 15,7.$$

Мінімальна кутова швидкість обертання  $\omega_{зв.мін}$  при якій забезпечується робоча швидкість руху машини, або задана продуктивність очисника

$$\omega_{зв.мін} = \frac{16\pi Q_o k_{сеп.тр}}{\left[ \pi(D_{гв}^2 - d_0^2) + 4(D_{гв} + H_1)^2 - 4H_1^2 \right] S k_B k_{з.о.макс} k_{V_0}}, \quad (2.10)$$

де  $Q_o$  - продуктивність очисника, м<sup>3</sup>/с;

$k_{V_0}$  - коефіцієнт який враховує зниження осьової швидкості переміщення вороху витками шнека в порівняння з теоретичною швидкістю;

$k_{сеп.тр}$  - коефіцієнт сепарації вороху подавальним транспортером.

$$\omega_{зв.мін} = \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,5}{\left[ 3,14(0,4^2 - 0,15^2) + 4(0,4 + 0,075)^2 - 4 \cdot 0,075^2 \right] 0,5 \cdot 0,999 \cdot 0,56 \cdot 0,7} = 9,8.$$

Радіальний зазор між нижнім відминальним вальцем і поверхнею подавального транспортера вибираємо з умови недопущення втрат (проходження коренеплодів в даний зазор) кондиційних коренеплодів. Кондиційними коренеплодами вважаються такі, діаметр яких більший за 50 мм.

Тоді  $H_2 = 0,05$  м.

### 2.3. Розрахунок витка шнека гвинтового конвеєра

При звичайному методі розрахунку витка шнека розрахунок виходить приближений і при згинанні заготовки в виток гвинтова лінія утворюється за рахунок витягування і стиснення металу по висоті витка.

Величина витягування залежить від співвідношення кроку гвинта до його зовнішнього діаметра  $k_s = S / D$  і товщини витка, від діаметра труби вала.

При значенні  $k_s = 0,6-0,8$  можна застосовувати звичайний метод розрахунку витка шнека. Для більших величин, як правило застосовують метод розрахунку, який запропоновано Верніковим Д.І. [7].

Вихідні дані для розрахунку: зовнішній діаметр шнека  $D = 400$  мм; діаметр труби шнека  $d = 150$  мм; крок шнека  $S = 500$  мм. Конструктивна схема шнека наведена на рис. 2.6.

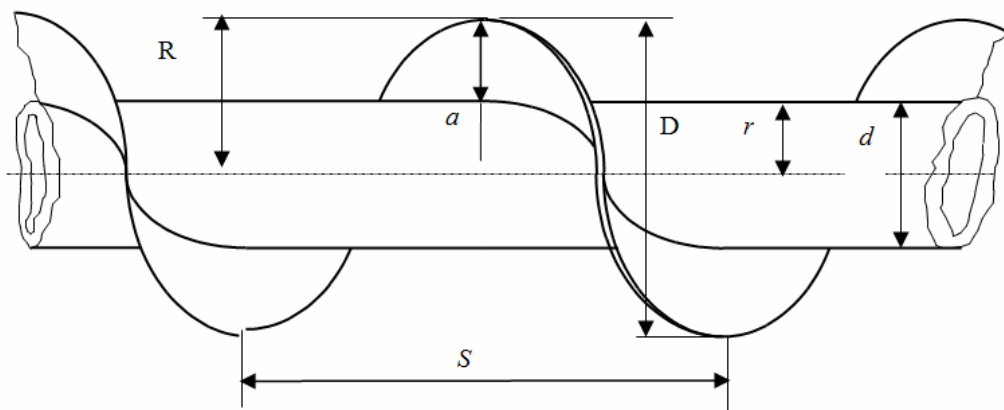


Рисунок 2.3 – Конструктивна схема гвинтового конвеєра

Визначаємо співвідношення  $k_s$

$$k_s = S / D = 500 / 400 = 1,25. \quad (2.11)$$

Отже, для розрахунку витка шнека вибираємо метод Вернікова.

Розрахунок схема для визначення параметрів заготовки витка шнека наведена на рис. 2.7.

На рис. 2.8 подано схему для розрахунку параметрів лопаті витка.

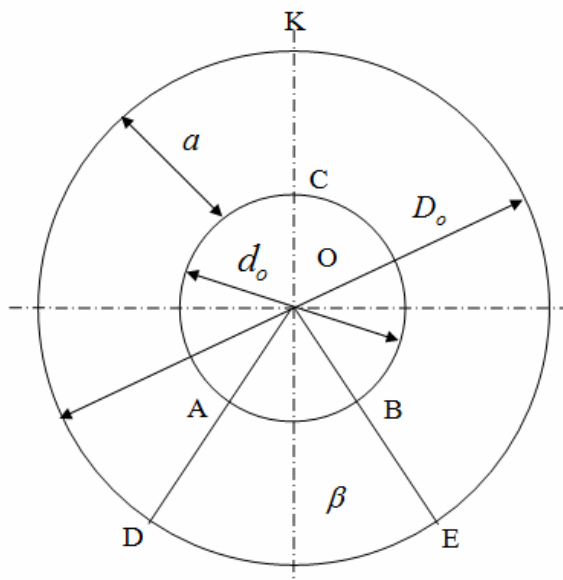


Рисунок 2.4 – Схема до розрахунку параметрів витка шнека

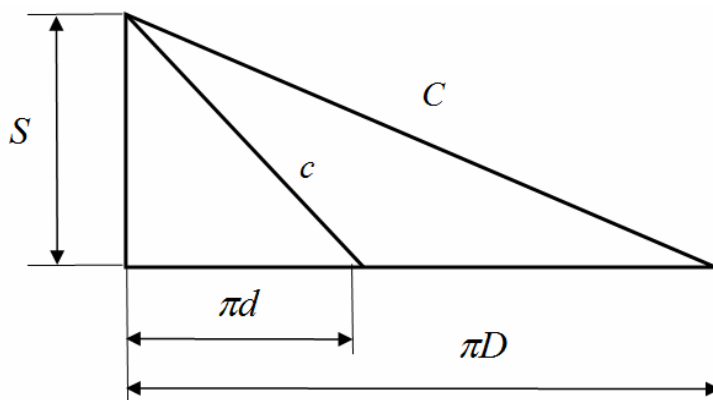


Рисунок 2.5. – Схема для розрахунку параметрів лопаті витка

Визначаємо співвідношення  $k_d$  за формулою

$$k_d = d / D = 150 / 400 = 0,375. \quad (2.12)$$

Визначаємо довжину дуги  $C$  зовнішньої заготовки витка шнека (крива DKE на рис. 2.8) за формулою:

$$C = \sqrt{(\pi D)^2 + S^2} = \sqrt{(3,14 \cdot 400)^2 + 500^2} = 1256,9 \text{ (мм)}. \quad (2.13)$$

Визначаємо довжину внутрішньої заготовки  $c$  витка шнека ABC:

$$c = \sqrt{(\pi d)^2 + S^2} = \sqrt{(3,14 \cdot 150)^2 + 500^2} = 473,6 \text{ (мм)}. \quad (2.14)$$

Висоту витка шнека визначаємо за формулою

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{400 - 150}{2} = 125 \text{ (мм)}. \quad (2.15)$$

Визначаємо внутрішній діаметр заготовки за формулою

$$d_o = \frac{D \left| (1 - k_d) \right|}{\frac{\sqrt{\pi^2 + k_s^2}}{\sqrt{\pi^2 k_d^2 + k_s^2}} - 1}. \quad (2.16)$$

Після числового рішення рівняння (3.16) отримаємо  $d_o = 257,73$  (мм).

Визначаємо зовнішній діаметр заготовки для витка за формулою

$$d_o = \frac{D \left| (1 - k_d) \right|}{1 - \frac{\sqrt{\pi^2 k_d^2 + k_s^2}}{\sqrt{\pi^2 + k_s^2}}}. \quad (2.17)$$

Після числового рішення рівняння (2.17) отримаємо  $D_o = 498,4$  (мм).

Визначаємо кут вирізу кола витка шнека

$$\beta = 360^\circ \left[ 1 - \frac{\sqrt{\pi^2 + k_s^2} - \sqrt{\pi^2 k_d^2 + k_s^2}}{\pi \left| (1 - k_d) \right|} \right]. \quad (2.18)$$

Після числового рішення рівняння (2.18) отримаємо  $\beta = 54^\circ$ .

## 2.4. Визначення параметрів гладких вальців

Особливістю технологічного процесу роботи гвинтово-вальцевого очисника є те, що одночасно з сепарацією землі і відокремленням рослинних домішок з складу вороху відбувається відокремлення залишків гички з головок коренеплодів методом відминання на вальцях.

Ворох кормових буряків (див. рис. 2.5) одночасно пересувається вздовж осі обертання гвинта 3 і в напрямку руху подавального транспортера 1 до відминальних вальців 6, проходячи через зазор  $H_1$ . Залишки гички з головок коренеплодів зтягуються між поверхнями вальців, що обертаються назустріч один одному. Зазнаючи подвійної дії зусиль втягування вальцями і осьового переміщення коренеплодів витками гвинта залишки гички відокремлюються (“відминаються”) і виносяться подавальним транспортером за межі машини через зазор  $H_2$ .

Вважаємо, що гичка відминається на рівні центрів вальців  $O_1$  і  $O_2$  по лініях дотичних поверхонь вальців, які проходять через точку С (рис. 2.9).

При проведенні розрахунків приймали наступні припущення:

- головка коренеплоду має сферичну поверхню з діаметр  $d_k$  ;
- центр сфери розташовується в точці О.

Висота залишків гички  $l_2$  коренеплодів кормових буряків, згідно агротехнічних вимог до коренезбиральних машин, не повинна перевищувати 4 см від вершини головки коренеплоду, тобто згідно рис. 2.9 маємо

$$l_2 \leq CE \leq 4 \text{ (см)}. \quad (2.19)$$

Відстань  $L$  від центру О до точки Е буде дорівнювати

$$OE = L = 0,5d_k + l_2, \quad (2.20)$$

де  $d_k$  - середній діаметр головки коренеплоду, см.



$$D_g = \frac{4,0(10,0 + 4,0)}{0,5 \cdot 10,0} = 12,8 \text{ (см)}.$$

Приймаємо діаметр гладких відминальних вальців  $D_g = 0,1$  м із умови не намотування рослинних домішок на поверхню вальців і конструктивних міркувань, тобто на вал діаметром рівним або більшим за  $0,1$  м ( $D \geq 0,1$  м), згідно проведених експериментальних досліджень, не спостерігається намотування рослинних домішок.

Довжину гладких відминальних вальців  $L_g$  попередньо приймаємо рівною ширині робочої вітки подавального транспортера – згідно стандартизованого ряду ширина пруткового транспортера по центрах зірочок для коренезбиральних машин становить  $0,9$  м.

Тоді  $L_g = 0,9$  м.

Для того, щоб коренеплоди не затягувалися між поверхнями гладких відминальних вальців необхідно щоб виконувалася умова

$$2\alpha_g \geq 2\varphi, \quad (2.24)$$

де  $\varphi$  - кут тертя коренеплоду по матеріалу вальців, град;

$\alpha_g$  - кут між дотичною поверхні вальців і точки контакту головки з відминальним вальцем, град.

Для системи “буряк-сталь” кут тертя коренеплоду по матеріалу вальців дорівнює  $\varphi = 33-36$  град. Приймаємо середнє значення, тобто  $\varphi = 34$  град.

Із трикутника  $OEO_2$  будемо мати

$$\cos \alpha_g = \frac{O_2E}{O_2O} = \frac{0,5D_g}{0,5D_g + 0,5d_k}. \quad (2.25)$$

Розрахунок кута необхідно вести по мінімальному діаметру кондиційного коренеплоду. Згідно вихідних вимог кондиційним вважається коренеплід, діаметр якого більшим за  $50$  мм.

Тоді, згідно виразу (2.25) маємо



$$\cos \alpha_g = \frac{0,5 \cdot 0,1}{0,5 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 0,05} = 0,67, \text{ або}$$

$$\alpha_g = \arccos 0,67 = 37^\circ > 36^\circ.$$

Таким чином, при визначених параметрах умова (2.24) виконується.

Від величини кутової швидкості обертання відминаючих вальців залежить ступінь і якість відокремлення залишків гички з головок коренеплодів та величина пошкодження коренеплодів. Величину кутової швидкості обертання вальців приймаємо рівною  $\omega_{г.г} = 45$  рад/с.

## 2.5. Розрахунок пружини притискного механізму вальців

Пружина притискного механізму вальців працює на розтяг.

Розраховуємо тиск на поверхню нижнього притискного вальця, який повинна компенсувати пружина:

$$P = U_o \times \rho \times \frac{\pi \times d_o^2}{4} = 150,22 \times 1400 \times \frac{3,14 \times 0,001^2}{4} = 165 \text{ Н}.$$

Для компенсації ваги верхнього вальця і притискного механізму додамо 10Н.

Отже сила пружини при робочій деформації  $P_2$  повинна відповідати величині тиску  $P$ . Звідси слідує, що величина сили пружини при робочій деформації

$$P_2 = 10,165 \text{ Н} \approx 10,6 \text{ Н}.$$

Знаходимо сили, які відповідають граничній деформації за формулою:

$$P_3 = \frac{P_2}{1-0,05} \div \frac{P_2}{1-0,1} = 10,6 \div 11,3 \text{ (Н)}.$$

Матеріал для пружини: дріт 1 класу по ГОСТ9389-75 діаметром від 0,4 до 5мм. В інтервалі сил 10,6 ÷ 11,3 вибираємо пружину № 355 і має виток з наступними параметрами:

$P_3 = 10,6\text{Н}$  – сила пружини при максимальній деформації:

$D = 12\text{мм}$  – зовнішній діаметр пружини;

$d = 1,8\text{мм}$  – діаметр дроту;

$z_1 = 9,893$  – жорсткість одного витка;

$f_3 = 1,071\text{мм}$  – максимальна деформація одного витка.

При заданому значенні робочої деформації  $F_2 = 15$  мм знаходимо жорсткість пружини за формулою:

$$z = \frac{P_2}{F_2} = \frac{10,2}{15} = 0,6 \text{ (Н/мм)}.$$

Знаходимо кількість витків:

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{9,893}{0,6} = 13 \text{ (витків)}.$$

З формули для знаходження жорсткості пружини:

$$z = \frac{P_2 - P_1}{h} = \frac{P_2}{F_2}.$$

Знаходимо величину сили пружини при попередній деформації  $P_1$ :

$$P_1 = P_2 - zh = 10,2 - 9,0 = 1,2 \text{ (Н)}.$$

Маючи значення при попередній деформації знаходимо величину попередньої деформації  $F_1$  за формулою:

$$F_1 = \frac{P_1}{z} = \frac{1,2}{0,6} = 2,0 \text{ (мм)}.$$

Висота пружини у вільному стані  $H_0$  (для пружини розтягу) рівна:

$$H_0 = (n_1 + 1) \times d = (13 + 1) \times 1,8 = 25,2 \text{ (мм)}.$$

Висоту пружини при робочій деформації  $H_2$ :

$$H_2 = H_0 + F_2 = 25,2 + 15,0 = 40,2 \text{ (мм)}.$$

Знаходимо висоту пружини при максимальній деформації:

$$H_3 = H_o + F_o = 25,2 + 40,2 = 65,4 \text{ (мм)}.$$

Знайдемо тепер величину крутного моменту, який діє на виток пружини:

$$M_{kp} = P_2 \times R = 10,2 \times 0,006 = 0,0612 \text{ (Нм)}.$$

Напруження кручення, що виникає в пружині буде дорівнювати:

$$\tau = \frac{16PR}{\pi d^3} = \frac{16 \times 10,2 \times 0,006}{3,14 \times 0,0018^3} = 53471730 \text{ Па} = 53 \text{ (МПа)}.$$

Деформацію пружини  $\lambda$  знаходимо за формулою:

$$\lambda = \frac{8 \times P \times D^3 \times n}{G \times d^4},$$

де  $P$  – сила, що розтягує пружину;

$D$  – діаметр пружини;

$n$  – кількість витків;

$d$  – діаметр пружини дроту;

$G$  – модуль зсуву пружинної сталі,  $G = 8 \times 10$  МПа.

Підставляючи значення в формулу для деформації одержимо:

$$\lambda = \frac{8 \times 10,2 \times 0,012^3 \times 13}{8,39 \times 10^3} = 0,00000045 \text{ м}.$$

Середній діаметр пружини  $D_o$  дорівнює:

$$D_o = D - d = 12 - 1,8 = 10,2 \text{ мм}.$$

Повне число витків пружини знаходимо за формулою:

$$\Pi_1 = \Pi + \Pi_2 = 13 + 1,5 = 14,5.$$

Для пружини розтягнення крок  $t$  дорівнює діаметру дроту  $d$ .

Довжина розвернутої пружини  $\zeta$

$$\zeta = \pi \times (D - d) \times (n + 1,05) = (12 - 1,8) \times (13 + 1,5) \times 3,14 = 465 \text{ мм}.$$

Вагу пружини знаходимо за формулою:

$$Q = 19,25 \times 10^{-6} \times D_o \times d^2 \times n_1 = 19,25 \times 10^{-6} \times 1,8^2 \times 10,2 \times 14,5 = 0,149 \text{ кг}.$$

Об'єм, який займає пружина,  $\text{мм}^3$

$$W = 0,785 \times D^2 \times H_o = 0,785 \times 144 \times 25,2 = 3547,9 \text{ мм}^3.$$

## 2.6. Розрахунок продуктивності очисника

Оскільки гвинтово-вальцьовий очисник встановлюється на коренезбиральну машину, то його робота можлива за умови:

$$Q_o \geq Q_s, \quad (2.26)$$

де  $Q_o$  - продуктивність очисника,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$Q_s$  - кількість матеріалу (вороху) від підкопуючих робочих органів коренезбиральної машини,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Для визначення продуктивності очисника  $Q_o$  і кількості вороху, що поступає із підкопувальних робочих органів коренезбиральної машини розглянемо принципову схему коренезбиральної машини (рис. 2.10).

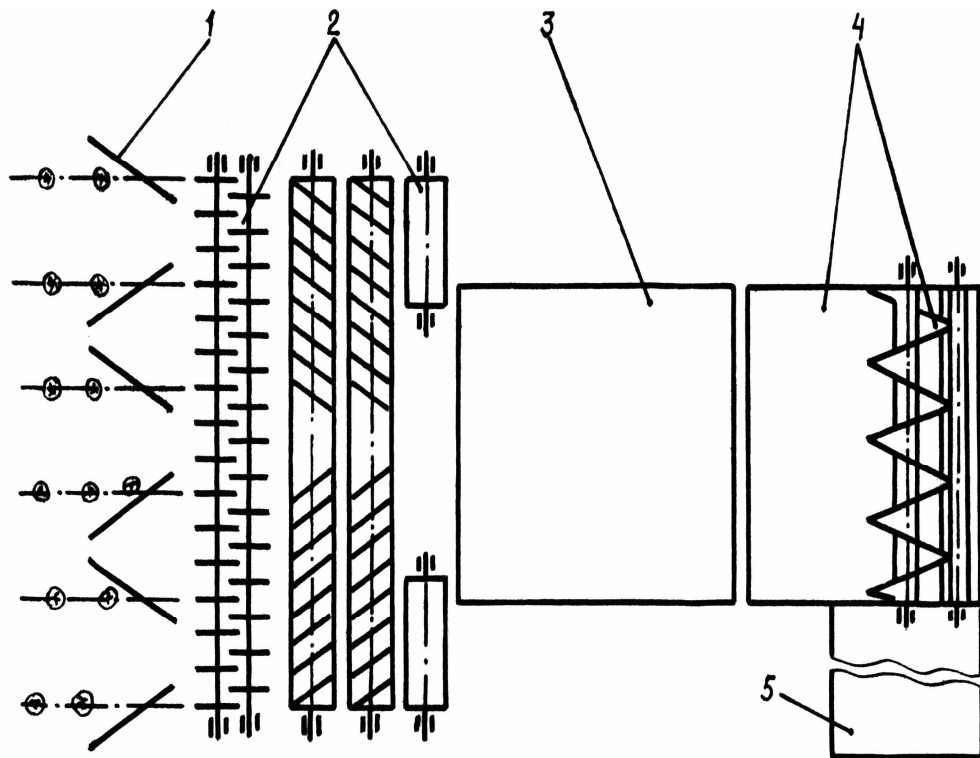


Рисунок 2.6 – Принципова схема коренезбиральної машини:

- 1 – викопуючі диски; 2 – приймальний пристрій; 3 – повздовжній транспортер;  
4 – гвинтово-вальцьовий очисник; 5 – навантажувальний транспортер.

З кожного підкопаного викопувальним сферичним диском 1 на приймальний пристрій 2 машини поступає  $q_p$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) вороху, що має в своєму

складі коренеплоди, землю, рослинні та інші інеродні домішки. Якщо машина одночасно підкопує  $b_p$  рядків, то кількість вороху, що поступить до очисника 4 складе:

$$Q_3 = b_p q_p k_{сеп.м}, \quad (2.27)$$

де  $k_{сеп.м}$  - коефіцієнт сепарації вороху, який визначається відношенням кількості поступившого (не просіяного) вороху до гвинтово-вальцевого очисника до загальної кількості вороху, що викопується робочими органами машини, тобто

$$k_{сеп.м} = Q_3 / Q_m, \quad (2.28)$$

де  $Q_m$  - загальна кількість вороху, що викопується робочими органами, м<sup>3</sup>/с.

Загальна кількість вороху, що викопується сферичними дисками визначається за формулою [26] (при  $b_p = 6$ ):

$$Q_m = 1,5(C_{h_2} + C_n)h_2 V_m, \quad (2.29)$$

де  $C_{h_2}$  - розтвір дисків в зоні їх максимального заглиблення, м;

$C_n$  - розтвір кромки дисків на рівні поверхні ґрунту, м;

$h_2$  - глибина ходу диска, м;

$V_m$  - робоча швидкість машини, м/с.

Тоді згідно (2.27) маємо:

$$Q_3 = 1,5(C_{h_2} + C_n)h_2 k_{сеп.м} V_m. \quad (2.30)$$

Розглянемо також технологічну схему гвинтово-вальцевого очисника в загальному вигляді, яка приведена на рис 2.11.

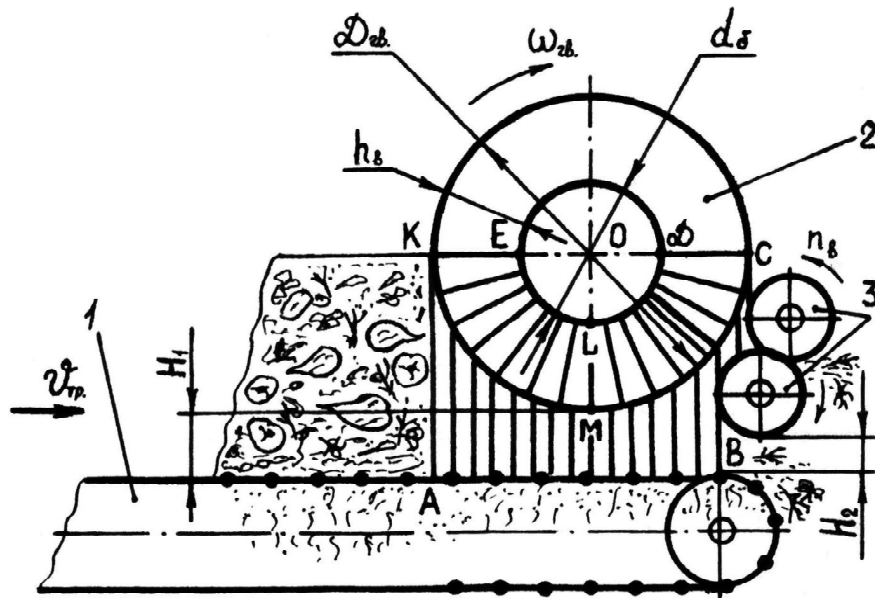


Рисунок 2.7 – Технологічна схема гвинто-вальцевого очисника:

1 – подавальний транспортер; 2 – гвинтовий конвеєр; 3 – відминаючі вальці.

Гвинто-вальцевий очисник складається із подавального сепаруючого транспортера 1, який рухається з поступальною швидкістю  $V_{mp}$  і над яким із зазором  $H$  встановлено гвинт 2 з кутовою швидкістю обертання  $\omega_{\text{об}}$ . Також за гвинтом над подавальним транспортером з зазором  $h$  встановлені відминаючі вальці 3, що обертаються назустріч один одному з частотою обертання  $n_g$ .

Ворох, в кількості  $Q_3$ , поступає на подавальний транспортер, де частина вороху  $Q_{3_1}$  просіюється через зазор між прутками на шляху до гвинта, а не просіяна частина вороху  $Q_{3_2}$  поступає до гвинта, який обертаючись назустріч руху вороху взаємодіє на нього своїми витками. При цьому розрихлюються грудки землі, а ворох одночасно пересувається вздовж осі обертання гвинта і в напрямку руху подавального транспортера до відминаючих вальців. Одночасно з пересуванням вороху гвинтом відбувається сепарація домішок через зазор між прутками транспортера в зоні дії гвинта. Домішки, що залишилися, далі виносяться транспортером через зазор  $h$  між нижнім відминаючим вальцем і робочою поверхнею транспортера за межі машини.

Для забезпечення нормальної роботи очисника необхідно щоб виконувалася умова:

$$Q_{зв} \geq Q_{з_2}, \quad (2.31)$$

де  $Q_{зв}$  - продуктивність гвинта, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{з_2}$  - кількість вороху, що надходить до гвинта, м<sup>3</sup>/с.

Кількість вороху, що поступає до гвинта  $Q_{з_2}$  виразимо через коефіцієнт сепарації подавального транспортера, який позначимо  $k_{сеп.тр}$ , тоді

$$Q_{з_2} = Q_3 k_{сеп.тр}. \quad (2.32)$$

З врахуванням виразів (3.1, 3.6 і 3.7) можна записати

$$Q_o \geq Q_{зв} / k_{сеп.тр}. \quad (2.33)$$

Згідно [70] продуктивність гвинтового конвеєра в загальному вигляді визначається за формулою:

$$Q_{зв} = F_m V_o k_{V_0} k_3 = F_3 V_o, \quad (2.34)$$

де  $F_m$  - площа торцової проекції гвинта, м<sup>2</sup>;

$V_o$  - теоретична осьова швидкість переміщення вороху витками гвинта, м/с;

$k_{V_0}$  - коефіцієнт, що враховує зниження осьової швидкості в порівнянні з теоретичною і значення якого знаходиться в межах 0,9 – 0,6;

$k_3$  - коефіцієнт заповнення міжвиткового простору ;

$F_3$  - площа торцової проекції гвинта, що заповнена ворохом, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт заповнення міжвиткового простору показує, яка частина міжвиткового простору гвинта заповнюється ворохом і визначається:

$$k_3 = V_3 / V_{зв}, \text{ або } k_3 = F_m / F_3, \quad (2.35)$$

де  $V_3$  - об'єм вороху в міжвитковому просторі, м<sup>3</sup>;

$V_{зв}$  - загальний об'єм міжвиткового простору, м<sup>3</sup>.

Але, згідно рис. 2.11, при наявності радіального зазору  $H$  між витками гвинта і робочою поверхнею гвинта, об'єм вороху, що заповнює очисника  $V_3$

(м<sup>3</sup>) складається із об'єму вороху в міжвитковому просторі  $V_{CDLEMK}$  і об'єму вороху в під гвинтовому просторі  $V_{ABCMK}$ , а загальний об'єм очисника  $V_o$  (м<sup>3</sup>) з врахуванням радіального зазору  $h$  складається із суми об'ємів загального об'єму міжвиткового простору гвинта  $V_{гв}$  і об'єму  $V_{ABCMK}$ .

Позначимо об'єм вороху в міжвитковому просторі  $V_{CDLEMK}$  через  $V_M$  (м<sup>3</sup>), а об'єм вороху в підгвинтовому просторі  $V_{ABCMK}$  через  $V_N$  (м<sup>3</sup>).

Тоді об'єм вороху, що заповнює очисника буде

$$V_3 = V_M + V_N. \quad (2.36)$$

Загальний об'єм очисника, відповідно буде

$$V_{оч} = V_{гв} + V_N. \quad (2.37)$$

Аналогічно, площа торцової проекції очисника, що заповнюється ворохом визначається:

$$F_3 = F_m + F_n, \quad (2.38)$$

де  $F_3$  – площа торцової проекції очисника, що заповнюється ворохом, м<sup>2</sup>;  $F_m$  – площа торцової проекції гвинта, що заповнюється ворохом, м<sup>2</sup>;  $F_n$  – площа під гвинтової торцової проекції, що заповнюється ворохом.

Загальна площа торцової проекції очисника, що заповнюється ворохом визначається:

$$F_{оч} = F_{гв} + F_n, \quad (2.39)$$

де  $F_o$  – загальна площа торцової проекції очисника, що заповнюється ворохом, м<sup>2</sup>;  $F_{гв}$  – площа торцової проекції гвинта, що заповнюється ворохом, м<sup>2</sup>.

Згідно виразу (2.35) сформулюємо коефіцієнт заповнення  $k_3$  як коефіцієнт заповнення простору очисника і позначимо його через  $k_{3,o}$ .

Підставивши значення виразів (2.35 – 2.39) в (2.10) визначимо коефіцієнт заповнення простору очисника:

$$k_{3,o} = \frac{V_M + V_N}{V_{гв} + V_N} = \frac{V_3}{V_{оч}}, \text{ або } k_{3,o} = \frac{F_m + F_n}{F_{гв} + F_n} = \frac{F_3}{F_{оч}}. \quad (2.40)$$

Таким чином, з врахуванням виразів (2.34, 2.37, 2.38 і 2.39) продуктивність гвинтового конвеєра очисника визначається за формулою:



$$Q_{зб} = F_{оч} V_o k_{V_o} k_{з.о} = (F_M + F_N) V_o. \quad (2.41)$$

При визначенні коефіцієнта заповнення очисника  $k_{з.о.макс.}$ , тобто максимальної продуктивності гвинтового конвеєра очисника, потрібно врахувати об'єм, що займають витки гвинта.

Цей об'єм важливий для гвинтово-вальцевого очисника, так як він регламентується кількістю заходів гвинта і збільшується із збільшенням їх кількості. Для встановлення впливу кількості заходів гвинта на продуктивність гвинтового конвеєру очисника введемо коефіцієнт об'єму, що займають витки гвинта і який визначається відношенням корисного об'єму міжвиткового простору  $V_K$  ( $m^3$ ) до загального об'єму очисника  $V_{оч}$  ( $m^3$ ). Позначимо коефіцієнт, що враховує об'єм, який займають витки гвинта через  $k_B$ .

Тоді коефіцієнт  $k_B$  визначимо за формулою:

$$k_B = V_K / V_{оч}. \quad (2.42)$$

Об'єм підгвинтового простору  $V_N$  визначається як

$$V_N = V_{ABCK} - 0,5 V_{ГВ}. \quad (2.43)$$

Тоді, згідно (2.37 і .43)

$$V_{оч} = V_{ABCK} + 0,5 V_{ГВ}. \quad (2.44)$$

Загальний об'єм міжвиткового простору гвинта  $V_{ГВ}$  дорівнює:

$$V_{ГВ} = F_{ГВ} L_{ГВ}, \quad (2.45)$$

де  $L_{ГВ}$  – довжина гвинта, м.

Торцова площа проекції гвинта  $F_{ГВ}$  визначається за формулою:

$$F_{ГВ} = 0,25\pi(D_{ГВ}^2 - d_б^2),$$

де  $D_{ГВ}$  – діаметр гвинта, м;  $d_б$  – діаметр труби барабана, м. Тоді маємо:

$$V_{зб} = \frac{\pi L_{зб}}{4} (D_{зб}^2 - d_б^2). \quad (2.46)$$

Об'єм фігури АВСК приблизно відповідає об'єму паралелепіпеда, в якого ширина  $AK = 0,5D_{ГВ} + H$ , де  $H$  – радіальний зазор між витками гвинта і робочою поверхнею транспортера, м; довжина  $AB \approx D_{ГВ}$ , а висота дорівнює  $L_{ГВ}$ . Тоді

$$V_{ABCK} = D_{зб} L_{зб} (0,5D_{зб} + H) = L_{зб} (D_{зб}^2 + 2D_{зб} H). \quad (2.47)$$

Тоді загальний об'єм очисника згідно виразів (3.21 і 3.22) буде:

$$V_{оч} = 0,125\pi L_{зв} (D_{зв}^2 - d_{б}^2) + 0,5L_{зв} (D_{зв}^2 + 2D_{зв} H).$$

Після спрощення отримаємо:

$$V_{оч} = 0,125L_{зв} [\pi(D_{зв}^2 - d_{б}^2) + 4D_{зв}^2 + 8D_{зв} H]. \quad (2.48)$$

Корисний об'єм очисника визначається:

$$V_{к.оч} = V_{оч} - V_{г} z_{зв}, \quad (2.49)$$

де  $V_{г}$  - об'єм, що займають витки гвинта, м<sup>3</sup>;  $z_{зв}$  - число заходів гвинта, шт.

Об'єм, що займають витки гвинта визначається згідно формули:

$$V_{г} = F_{л} L_{л} = b_{л} h_{л} L_{л}, \quad (2.50)$$

де  $F_{л}$  - площа поперечного перетину лопаті гвинта, м<sup>2</sup>;

$L_{л}$  - довжина гвинтової лінії по середньому діаметру, м;

$b_{л}$  - товщина лопаті, м;

$h_{л}$  - висота лопаті гвинта, м.

Висота лопаті витка гвинта дорівнює:

$$h_{л} = 0,5(D_{зв} - d_{б}). \quad (2.51)$$

Довжина гвинтової лінії по середньому діаметру визначається за формулою:

$$L_{л} = \frac{\pi L_{зв} (D_{зв} + d_{б})}{2T} \cos \operatorname{arctg} \frac{2T}{D_{зв} + d_{б}}, \quad (2.52)$$

де  $T$  – крок гвинта, м.

Тоді об'єм, що займають витки гвинта, після підстановки виразів (2.51, 2.52) в (2.50) буде визначатися:

$$V_{г} = \frac{\pi L_{зв} b_{л} (D_{зв}^2 - d_{б}^2)}{4T} \cos \operatorname{arctg} \frac{2T}{D_{зв} + d_{б}}. \quad (2.53)$$

Визначаємо корисний об'єм очисника згідно виразу (2.49), підставивши в нього значення виразів (2.48) і (2.53)

$$V_{к.оч} = \frac{L_{зб}}{8} [\pi(D_{зб}^2 - d_{б}^2) + 4D_{зб}^2 + 8D_{зб}H] - \frac{\pi L_{зб} b_{л} z_{зб} (D_{зб}^2 - d_{б}^2)}{4T} \cos \operatorname{arctg} \frac{2T}{D_{зб} + d_{б}}. \quad (2.54)$$

Записавши (2.48) і (2.54) в (2.42) і спростивши вираз отримаємо:

$$k_{г} = 1 - \frac{2\pi b_{л} z_{зб} h_{л}^2}{T(\pi h_{л}^2 + 4D_{зб}^2 + 8D_{зб}H)} \cos \operatorname{arctg} \frac{2T}{D_{зб} + d_{б}}. \quad (2.55)$$

Крок гвинтової лінії визначається за формулою :

$$T = \pi D_{зб} \operatorname{tg} \alpha_n, \quad (2.56)$$

де  $\alpha_n$  - кут підйому гвинтової лінії, град.

Кут  $\alpha_n$  вибирається із умови забезпечення максимальної осьової швидкості і продуктивності гвинтового конвеєру, при цьому  $\alpha_n = 45^\circ - 0,5\phi_k$ , де  $\phi_k$  - кут тертя ковзання буряка по гвинтовій поверхні, град.

За даними кут тертя ковзання по металічній поверхні системи “буряк – залізо” дорівнює  $35, 2^\circ$ , а по гумовій поверхні –  $42, 6^\circ$ . Таким чином, при використанні прогумованих витків, кут підйому гвинтової лінії буде  $\alpha_{np} = 23, 7^\circ$ , а при використанні металічних витків -  $\alpha_m = 27, 4^\circ$ .

Товщину металічної лопаті  $b_n$ , із яких формується навивка гвинта, приймаємо рівною 5 мм, а товщину гумової лопаті ( накладки ) – 10 мм, виходячи із конструктивних міркувань.

Висота витка  $h_g$  і крок гвинта  $T$  повинні бути такими, щоб коренеплоди без перешкод проходили між поверхнею подавального транспортера і барабана гвинта. З врахуванням того, що коренеплоди кормових буряків при знаходженні на транспортері займають положення, коли центр їх мас знаходиться в нижчому положенні, то можна прийняти висоту витка гвинта рівною або більшою середнього діаметра  $d_{к.сер}$  коренеплоду кормових буряків. З п. 2.2  $d_{к.сер} = 0, 15$  м. Тоді можна прийняти  $h_g = 0, 2$  м.

Діаметр труби барабана гвинтового конвеєра  $d_{б}$  приймаємо рівним 0,2 м.

Тоді  $D_{зв} \geq 2h_g + d_g \geq 0,4 + 0,2 \geq 0,6$  (м). Приймаємо  $D_{зв} = 0,6$  м.

При раніше прийнятих значеннях кута підйому гвинтової лінії  $\alpha_{np}$ ,  $\alpha_m$ , діаметра гвинта  $D_{зв}$  і використовуючи вираз (3.26) визначаємо крок гвинта: при використанні гумових лопатей –  $T = 3,14 * 0,6 * 0,5095 = 0,9$  м; при використанні металевих лопатей –  $T = 3,14 * 0,6 * 0,4245 = 0,7$  м.

Радіальний зазор  $h$  між нижнім відминаючим вальцем і робочою поверхнею подавального транспортера повинен не перевищувати діаметра кондиційного коренеплоду з умови усунення втрат коренеплодів. Так як кондиційними коренеплодами є коренеплоди діаметром 50 мм і більше, то приймаємо  $h = 0,045$  м.

Радіальний зазор  $H$  між робочою поверхнею подавального транспортера і торцями витків гвинта приймаємо рівним половині середнього діаметра  $d_{k.cер}$  коренеплоду з умови транспортування матеріалу витками гвинта без ковзання по поверхні транспортера та забезпечення мінімальних витрат енергії на пересування матеріалу і продуктивності гвинтового конвеєра.

Тоді приймаємо  $H = 0,075$  м.

З врахуванням коефіцієнта  $k_g$  згідно формули (2.50) дійсне значення коефіцієнта заповнення очисника буде:

$$k_{з.о}^* = k_g k_{з.о}. \quad (2.57)$$

Значення коефіцієнта заповнення очисника не постійне і залежить від рівномірності надходження вороху з підкопувальних робочих органів і від нерівномірності сепарації ґрунту на ділянці транспортера перед гвинтом. Товщина шару вороху, яка підходить до гвинта, коливається в залежності від того, яка частина вороху про сепарується на шляху при підході до гвинта.

Максимальна продуктивність очисника буде при максимально допустимому значенні коефіцієнта заповнення і регламентується максимально допустимою поступальною швидкістю руху коренезбиральної машини згідно агротехнічних вимог до неї.

Розглянемо випадок, при якому сепарація вороху на шляху при підході до гвинта не відбувається. При цьому повинно забезпечуватися повне переміщення вороху гвинтовою поверхнею і переміщення домішок робочою поверхнею подавального транспортера через зазор  $h$ .

Швидкість руху подавального транспортера  $V_{тр}$  вибирається в межах 1, 5 – 1, 8 м/с згідно [22, 32]. Максимально допустима поступальна швидкість руху коренезбиральної машини  $V_m$  згідно агротехнічних вимог [22] повинна бути не менше 2 м/с.

Максимально допустиме значення коефіцієнта заповнення об'єму очисника залежить від параметрів гвинта ( діаметра, висоти і товщини витка, числа заходів ) і максимально допустимої товщини шару вороху, який підходить до гвинта, при умові відсутності перекидання вороху через гвинт в напрямку його обертання (див. рис. 3.2).

Із рис. 2.11 видно, що площа торцевої частини очисника, що заповнюється ворохом, складається із площі  $F_{CDLEKM}$  і площі  $F_{ABCMK}$ , тобто

$$F_3 = F_{CDLEKM} + F_{ABCMK}, \text{ або } F_3 = F_{ABCK} - 0,5 F_6, \quad (2.58)$$

де  $F_6$  – площа торцевої поверхні труби барабана гвинта,  $m^2$ .

Площа фігури  $ABCK$  приблизно відповідає площі прямокутника. Тоді

$$F_{ABCK} = D_{26}(0,5D_{26} + H) = D_{26}^2 + 2D_{26}H. \quad (2.59)$$

Площа торцевої поверхні проекції труби барабана визначається

$$F_6 = 0,25\pi d_6^2. \quad (2.60)$$

Згідно (2.59) і (2.60), площа торцевої частини очисника, що заповнюється ворохом визначається за формулою:

$$F_3 = 0,5(D_{26}^2 + 2D_{26}H) - 0,125\pi d_6^2. \quad (2.61)$$

Загальна площа торцевої проекції очисника складає

$$F_{оч} = 0,5F_{ГВ} + F_{ABCK}, \quad (2.62)$$

де  $F_{ГВ}$  – площа торцевої проекції гвинта,  $m^2$ .

Площа торцевої проекції гвинта рівна:

$$F_{26} = 0,125\pi(D_{26}^2 - d_6^2). \quad (2.63)$$

Згідно (2.59) і (2.63) загальна площа торцевої проекції очисника визначається за формулою:

$$F_{оч} = 0,125\pi(D_{зв}^2 - d_о^2) + 0,5(D_{зв}^2 + 2D_{зв}H). \quad (2.64)$$

Зробивши підстановку (3.36, 3.39) в (3.15) і провівши перетворення визначаємо максимальне значення коефіцієнта заповнення простору очисника

$$k_{з.о.макс} = \left(1 + \frac{\pi D_{зв}^2}{4(D_{зв}^2 + 2D_{зв}H) - \pi d_о^2}\right)^{-1}. \quad (2.65)$$

Таким чином, продуктивність гвинтово-вальцевого очисника згідно виразів (3.8) і (3.16) визначається за формулою:

$$Q_o = \frac{1}{8} \frac{[\pi(D_{зв}^2 - d_о^2) + 4D_{зв}^2 + 8D_{зв}H]}{k_{сеп.тр}} V_0 k_{V_0} k_{з.о.} \quad (2.66)$$

Теоретична осьова швидкість переміщення вороху гвинтом визначається за формулою:

$$V_0 = T\omega_{зв} / 2\pi, \quad (2.67)$$

де  $\omega_{зв}$  - кутова швидкість, рад/с.

Формула продуктивності очисника (2.66) після підстановки значення  $V_0$  із (3.42) і справжнього максимального допустимого значення коефіцієнта заповнення очисника, визначеного за формулою (2.67) з врахуванням коефіцієнта  $k_г$  і після спрощення приймає вигляд:

$$Q_o = \frac{\pi(D_{зв}^2 - d_о^2) + 4(D_{зв} + H)^2 - 4H^2}{16\pi k_{сеп.тр}} T\omega_{зв} k_г k_{з.о.макс} k_{V_0}. \quad (2.68)$$

За формулою (2.68) визначається максимально допустима продуктивність гвинтово-вальцевого очисника, яка відповідна допустимому максимальному значенню коефіцієнта заповнення простору очисника. Дійсне значення  $Q_o$  буде рівне або менше максимально допустимої продуктивності очисника, яка на протязі часу буде змінюватися в зв'язку з нерівномірністю постування вороху з підкопуючи робочих органів коренезбиральної машини і сепарації його за час підходу до гвинтового конвеєру.

Згідно [23] приймаємо  $k_{V_0} = 0,7$ , тому що вибираємо тихохідний швидкісний режим гвинтового конвеєру.

При мінімальному значенні відношення  $k_{з.о.макс} / k_{сеп.тр}$ , тобто при нормальних умовах роботи коренезбиральної машини, гвинтово-вальцьовий очисник повинен забезпечувати продуктивність підкопувальної частини. Приймаємо значення  $k_{сеп.тр} = 0,5$  і для раніше прийнятих параметрів  $D_{ГВ} = 0,6$  м;  $H = 0,075$  м і  $d_{\bar{6}} = 0,2$  м визначаємо  $k_{з.о.макс}$  згідно формули (3.43).  $k_{з.о.макс} = 0,6$ .

Для визначення коефіцієнта  $k_B$  необхідно визначити число заходів гвинта  $Z_{ГВ}$ . Тому що ворох поступає до гвинта по всій його довжині, то досягти кращої сепарації домішок можна за рахунок збільшення кількості дій гвинтової поверхні на них. Зробити це можна за рахунок збільшення числа заходів гвинта. Але з збільшенням числа заходів зменшується корисний об'єм міжвиткового простору  $V_k$ , який заповнюється ворохом (див. формулу 3.24) і як наслідок зменшується коефіцієнт  $k_B$ . Крім того, при збільшенні числа заходів зменшується відстань між суміжними витками, що може привести до утруднення проходження вороху в міжвитковий простір, особливо відносно “великих” за розмірами рослинних домішок.

Число заходів гвинта визначається:

$$Z_{ГВ} = T / L_{с.в}, \quad (2.69)$$

де  $L_{с.в}$  - відстань між суміжними витками, м.

Відстань між суміжними витками приймаємо з умови виключення “нагромадження” вороху перед гвинтом і яка повинна бути при цьому більшою за максимальний діаметр коренеплоду. Приймаємо  $L_{с.в} = 0,35$  м. Тоді згідно формули (2.69)  $Z_{ГВ} = 0,7 / 0,35 = 2$ .

Для порівняння умови згідно формули (2.26) визначимо кількість матеріалу (вороху)  $Q_3$ , що надходить із викопувальних робочих органів

машини (рис. 2.11) до гвинтово-вальцевого очисника згідно формули (2.30).

Приймаємо глибину ходу викопувальних сферичних дисків  $h_T = 0,07$  м, максимально можливу робочу швидкість руху машини  $V_M = 2,0$  м/с (див. додаток А). При ширині міжрядь  $0,45$  м і діаметрі дисків  $0,45$  м приймаємо розтвір дисків в зоні їх максимального заглиблення  $C_{h_2} = 0,55$  м, а розтвір кромки дисків на рівні поверхні ґрунту  $C_n = 0,88$  м при куті “атаки” дисків рівному  $30^\circ$ . Коефіцієнт сепарації машини  $k_{\text{сеп.м}}$  приймаємо рівним  $0,5$ .

Тоді  $Q_3 = 1,5 (0,55 + 0,88) 0,07 * 0,5 * 2,0 = 0,15$  (м<sup>3</sup>/с).

Для забезпечення такої продуктивності, згідно формул (2.26) і (2.68) визначаємо необхідно мінімальну кутову швидкість обертання гвинта:

$$\omega_{\text{гв}} = \frac{16\pi Q_3 k_{\text{сеп.гр}}}{[\pi(D_{\text{гв}}^2 - d_6^2) + 4(D_{\text{гв}} + H)^2 - 4H^2] T k_B k_{3.0.\text{макс}} k_{V_0}}. \quad (2.70)$$

Після чисельного вирішення даного рівняння отримаємо  $\omega_{2g} = 9,3$  рад/с.

## 2.7. Кінематичний розрахунок очисника

Особливістю технологічного процесу роботи гвинтово-вальцевого очисника є те, що одночасно з сепарацією землі і відокремленням рослинних домішок з складу вороху відбувається відокремлення залишків гички з головок коренеплодів методом відминання на вальцях.

Ворох кормових буряків (рис. 2.11) одночасно пересувається вздовж осі обертання гвинта 2 і в напрямку руху подавального транспортера 1 до гладких відминальних вальців 3, проходячи через зазор Н. Залишки гички з головок коренеплодів зтягуються між поверхнями вальців, що обертаються назустріч один одному. Зазначаючи подвійної дії зусиль втягування вальцями і осьового





Згідно технічної характеристики коренезбиральної машини МКК – 6 лінійна швидкість похилого транспортера дорівнює 1, 22 м/с, кутова швидкість обертання ведучого вала I  $\omega_{н.мп} = 16, 2$  рад/с, радіус ділильного кола ведучої зірочки пруткового транспортера –  $R_{п.тр} = 0, 075$  м.

Тоді передаточне число ланцюгової передачі з кроком 25, 4 мм приводу вала II гвинтового конвеєра 1 дорівнює:  $i_{гв} = \omega_{н.мп} / \omega_{зв} = 16,2 / 9,0 = 1,8$ . Приймаємо кількість зубів ведучої зірочки похилого транспортера  $Z_{п.тр} = 15$ , звідки кількість зубів відомої зірочки гвинтового конвеєра 1 буде:

$$Z_{гв} = 15 * 1, 8 = 27.$$

Для приводу вала III горизонтального подавального транспортера 3 також вибираємо ланцюгову передачу з кроком 25, 4 мм, використовуючи для цього проміжний блок зірочок 5. Приймаємо кількість зубів веденої зірочки проміжного блоку  $Z_2 = 15$ . Тоді передаточне число проміжного блоку дорівнює:

$$i_{п.бл} = Z_{гв} / Z_2 = 27 / 15 = 1, 8.$$

Знаходимо кутову швидкість обертання осі проміжного блоку за формулою:  $\omega_{п.бл} = \omega_{зв} i_{п.бл} = 9, 0 * 1, 8 = 16, 2$  (рад/с).

Знаходимо кутову швидкість обертання  $\omega_{г.тр}$  приводного валу III горизонтального подавального транспортера 2, враховуючи при цьому що його лінійна швидкість руху  $V_{г.тр} = 1, 6$  м/с, а радіус ділильного кола ведучої зірочки горизонтального транспортера  $R_{г.тр} = 0, 075$  м. Тоді

$$\omega_{г.тр} = V_{г.тр} / R_{г.тр} = 1, 6 / 0, 075 = 21, 3$$
 (рад/с).

Визначаємо передаточне число ланцюгової передача з кроком 25, 4 мм приводу горизонтального транспортера 2 :  $i_{г.тр} = \omega_{п.бл} / \omega_{г.тр} = 16, 2 / 21, 3 = 0, 76$ . Приймаємо кількість зубів ведучої зірочки  $Z_{пр.бл}$  проміжного блоку 5  $Z_{пр.бл} = 21$ .

Тоді кількість зубів ведучої зірочки  $Z_{г.тр}$  горизонтального транспортера 2 буде дорівнювати:  $Z_{г.тр} = Z_{п.бл} * i_{г.тр} = 21 * 0, 76 = 15, 96$ . Приймаємо  $Z_{г.тр} = 16$ .

Для приводу вала IV відминального вальця 3 приймаємо ланцюгову передачу з кроком 25,4 мм. Кутова швидкість обертання приводного вала IV відминального вальця 3 і ведучого вала V вальця 4 дорівнює  $\omega_{пр.в} = \omega_{в.в} = 45,0$  рад/с.

Визначаємо передаточне число приводу вала IV приводного відминального вальця 3 за формулою:  $i_{пр.в} = \omega_{г.тр} / \omega_{пр.в} = 21,3 / 45,0 = 0,47$ . Приймаємо кількість зубів ведучої зірочки  $Z_3$  приводного вала III горизонтального транспортера 2  $Z_3 = 24$ . Тоді кількість зубів відомої зірочки вала IV відминального вальця 3 буде:  $Z_{пр.в} = Z_3 * i_{пр.в} = 24 * 0,47 = 11,28$ . Приймаємо  $Z_{пр.в} = 12$ .

Для приводу веденого валу V відминаючого вальця 4 вибираємо відкриту циліндричну прямозубчасту передачу з кількістю зубів обох шестерень  $Z_{ш} = 17$  з модулем рівним 6.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

#### 3.1. Теоретичне дослідження взаємодії коренеплоду з робочою поверхнею гвинтового конвеєра

Аналіз роботи очисних систем коренезбиральних машин вказує на те, що вони не забезпечують необхідної якості роботи на важких і середніх ґрунтах в умовах надмірної або низької вологості і в них не повністю розкриті переваги і можливість використання принципу та ефекту косого співударяння коренеплодів з робочими поверхнями, який забезпечує їх мінімальні пошкодження.

З метою підвищення ефективності роботи коренезбиральних машин було вибрано технологічну схему комбінованого очисника вороху коренеплодів, які вирощені на важких і середніх ґрунтах (див. рис. 2.4).

Основними критеріями оцінки якості роботи очисників вороху коренеплодів є показники пошкодження коренеплодів поверхнями робочих органів і ступеня відокремлення від них домішок.

В процесі роботи очисника трапляються випадки ударної взаємодії коренеплоду з гвинтовою поверхнею гвинта, при цьому імпульс сили удару і кут відбивання коренеплодів залежить від швидкості руху транспортера  $V_{mp}$ , осьової  $V_o$  і колової  $V_k$  швидкостей гвинта та маси коренеплоду  $m_k$ . Нехай коренеплід конічної форми, маса якого  $m_k$ , із швидкістю  $V_{mp}$  подавального транспортера 1 (рис. 3.1) співударяється з елементом гвинтової поверхні гвинта 2, маса якого  $M_{zg}$  значно перевищує масу коренеплоду ( $M_{zg} \gg m_k$ ).

Елемент гвинта взаємодіє на тіло коренеплоду з абсолютною швидкістю  $V_{zg}$ , при цьому явище удару розглядається як деякий стрибкоподібний процес, тривалість якого безкінцево мала. В кінці удару коренеплід змінює векторний напрямок і рухається від поверхні гвинта з результируючою швидкістю  $V_p$ .

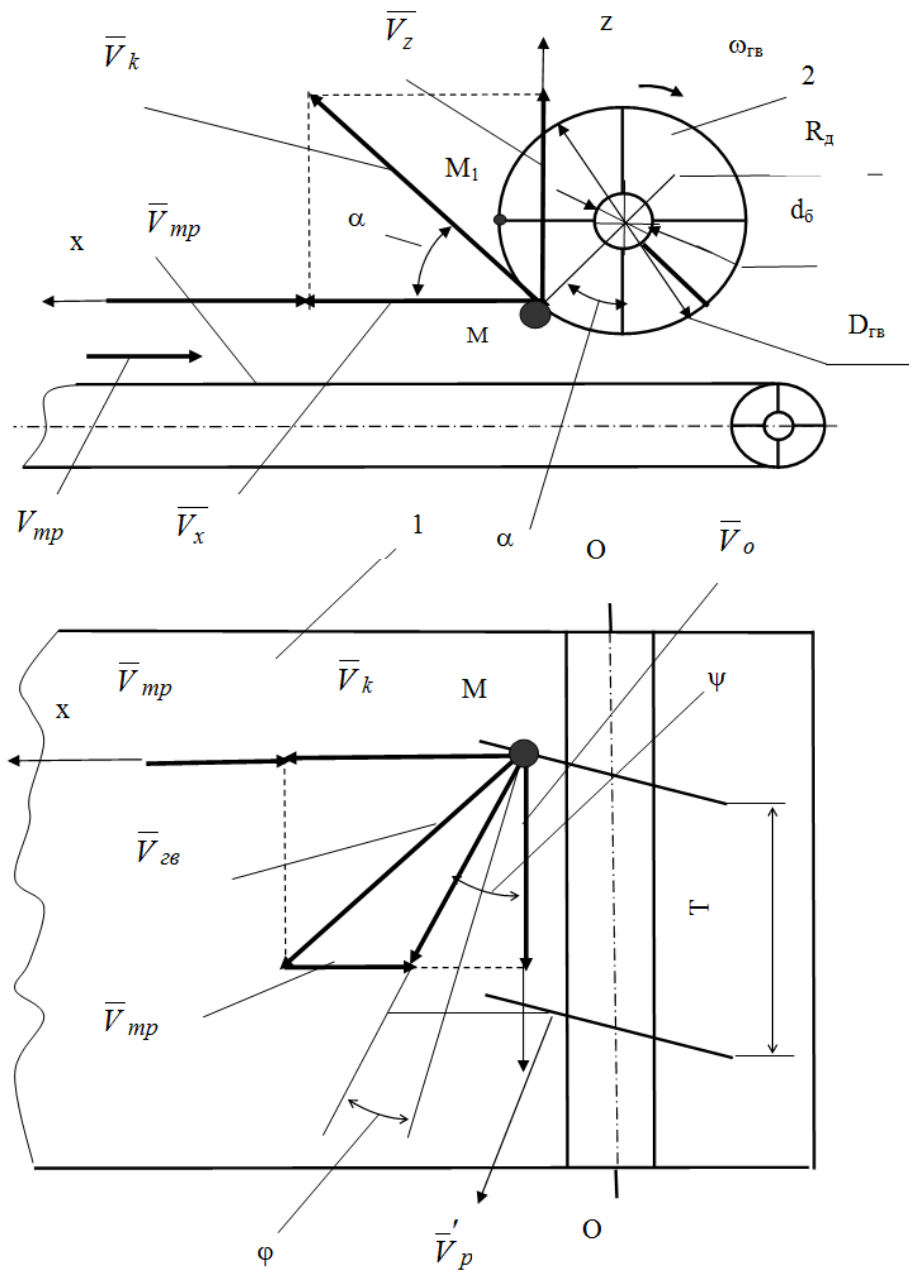


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема ударної взаємодії коренеплоду з поверхнею ГВИНТА

Імпульс сили удару  $F$ , що діє в проміжку часу  $t_2 - t_1$  визначається за формулою [32]:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} F dt, \quad (3.1)$$

де  $S$  - імпульс сили удару, кг·м/с;  $F$  - сила удару, кг·м;  $t_1$  і  $t_2$  - відповідно час початку і закінчення удару, с.

Тоді можна записати, що [33]:

$$F\Delta t = m_k V_p, \quad (3.2)$$

де  $\Delta t$  - проміжок часу дії удару, с;  $V_p$  - результуюча швидкість співударяння коренеплоду, м/с.

Виходячи із рівнянь (3.1), (3.2) імпульс сили удару визначається:

$$S = m_k V_p. \quad (3.3)$$

Для визначення абсолютної величини результуючої швидкості співударяння  $V_p$  коренеплоду із гвинтовою поверхнею шнека використаємо графічну побудову плану швидкостей косою співударяння, яку наведено на рис. 3.2.

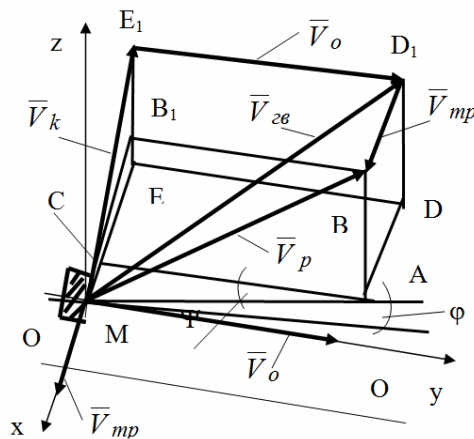


Рисунок 3.2 – План швидкостей косою співударяння коренеплоду з гвинтом

З трикутника АВМ визначаємо результуючу швидкість співударяння, тобто:

$$\overline{V_p} = \overline{BM} = \sqrt{\overline{AM}^2 + \overline{AB}^2}. \quad (3.4)$$

Вписавши значення векторів  $\overline{AM}$  і  $\overline{AB}$  в рівняння (3.4), визначаємо векторне значення результуючої швидкості косою співударяння коренеплоду з поверхнею шнека:

$$\overline{V_p} = \sqrt{(\overline{V_k} \cos \alpha - \overline{V_{mp}})^2 + \overline{V_o}^2 + \overline{V_k}^2 \sin^2 \alpha}, \quad (3.5)$$

де  $V_o$ ,  $V_k$  - відповідно осьова і колова швидкість руху гвинта, м/с;

$\alpha$  - кут повороту точки М, град.

Оскільки

$$V_k = \frac{\omega_{zg} D_{zg}}{2}, \text{ а } V_o = \frac{\omega_{zg} T}{2\pi},$$

де  $T$  – крок гвинта, (м)

Вписавши значення  $V_k$  і  $V_o$  у рівняння (3.5), після відповідних математичних перетворень, формула для визначення скалярної (абсолютної) величини швидкості співударяння коренеплоду з поверхнею шнека буде мати кінцевий вигляд:

$$V_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\omega_{zg}^2 (\pi^2 D_{zg}^2 + T^2) - 4\pi^2 (\omega_{zg} D_{zg} V_{mp} \cos \alpha + V_{mp}^2)}. \quad (3.6)$$

Тоді імпульс сили удару коренеплоду згідно рівняння (3) дорівнює:

$$S = \frac{m_k}{2\pi} \sqrt{\omega_{zg}^2 (\pi^2 D_{zg}^2 + T^2) - 4\pi^2 (\omega_{zg} D_{zg} V_{mp} \cos \alpha + V_{mp}^2)}. \quad (3.7)$$

Одержана аналітична залежність (3.7) встановлює зв'язок між основними конструктивними і кінематичними параметрами очисника відносно величини імпульсу сили удару при взаємодії коренеплодів з витком гвинта.

Аналіз залежностей (3.6) і (3.7) показує, що максимальна скалярна величина результуючої швидкості співударяння  $V_p$  коренеплоду, а разом із тим і максимальний імпульс сили удару  $S_{\max}$  коренеплоду, або найбільші пошкодження коренеплодів будуть тоді, коли вони співударяються з гвинтом в точці  $M_1$  (рис. 3.2), тобто при куті  $\alpha = 90^0$ , тому що вираз  $\omega_{zg} D_{zg} V_{mp} \cos \alpha = 0$ .

Тоді:

$$S_{\max} = \frac{m_k}{2\pi} \sqrt{\omega_{zg}^2 (\pi^2 D_{zg}^2 + T^2) + 4\pi^2 V_{mp}^2}. \quad (3.8)$$

Після удару з гвинтом коренеплід відбивається від поверхні його витка з швидкістю  $V_p$  і рухається в її напрямку. Проекція вектора  $\bar{V}_p$  на горизонтальну площину ХМУ відхиляється від вектора осьової швидкості  $V_o$  гвинта на кут  $\Psi$ .

Для визначення кута відбивання коренеплодів  $\Psi$  розглянемо трикутник АСМ, тобто  $\sin \psi = \overline{CM} / \overline{AM}$ . Після визначення відповідних математичних формул векторів  $\overline{CM}$  і  $\overline{AM}$ , підстановок значень векторів і відповідних математичних перетворень визначаємо кут  $\Psi$  між проекцією вектора  $\bar{V}_p$  на площину ХМУ і направленням швидкості  $V_o$ :

$$\psi = \arcsin \frac{\bar{V}_k \cos \alpha - \bar{V}_{mp}}{\sqrt{(\bar{V}_k \cos \alpha - \bar{V}_{mp})^2 + \bar{V}_o^2}}. \quad (3.9)$$

Підставивши в рівняння (3.9) значення осьової та колової швидкостей гвинта  $V_o$ ,  $V_k$  і після відповідних математичних перетворень визначаємо кут відбивання коренеплодів після їх співударяння з витком гвинта  $\Psi$ , тобто:

$$\psi = \arcsin \left( \sqrt{1 + \frac{\omega_{z\theta}^2 T^2}{\pi^2 (\omega_{z\theta} D_{z\theta} \cos \alpha - 2V_{mp}^2)^2}} \right)^{-1}. \quad (3.10)$$

Аналіз рівняння (3.8) і (3.10) показує, що основними факторами, які впливають на якість роботи комбінованого гвинтово-вальцевого очисника є кінематичний  $\omega_{z\theta}$  і конструктивний  $D_{z\theta}$  параметри, тобто кутова швидкість обертання і діаметр гвинта.

Із аналізу косою співударяння коренеплоду 1 з елементом гвинтової поверхні 2 (рис. 3.3) одержимо:

$$\bar{V}_p = \bar{V}_{z\theta} + \bar{V}_{mp},$$

де  $\bar{V}_{z\theta}$  - вектор результуючої швидкості співударяння гвинта, м/с.



Результуючу швидкість співударяння можна розкласти на нормальну складову  $\bar{V}_{py'}$ , яка відповідає нормальному імпульсу удару і дотичну  $\bar{V}_{px'}$ , яка відповідає дотичному імпульсу сили удару.

Під дією нормального імпульсу сили удару виникає деформація стиснення, результатом чого може бути поява тріщин і розколювання коренів.

Ця дія найбільш негативна з точки зору пошкодження коренів буряка в порівнянні з фрикційною дією від дотичного імпульсу сили удару.

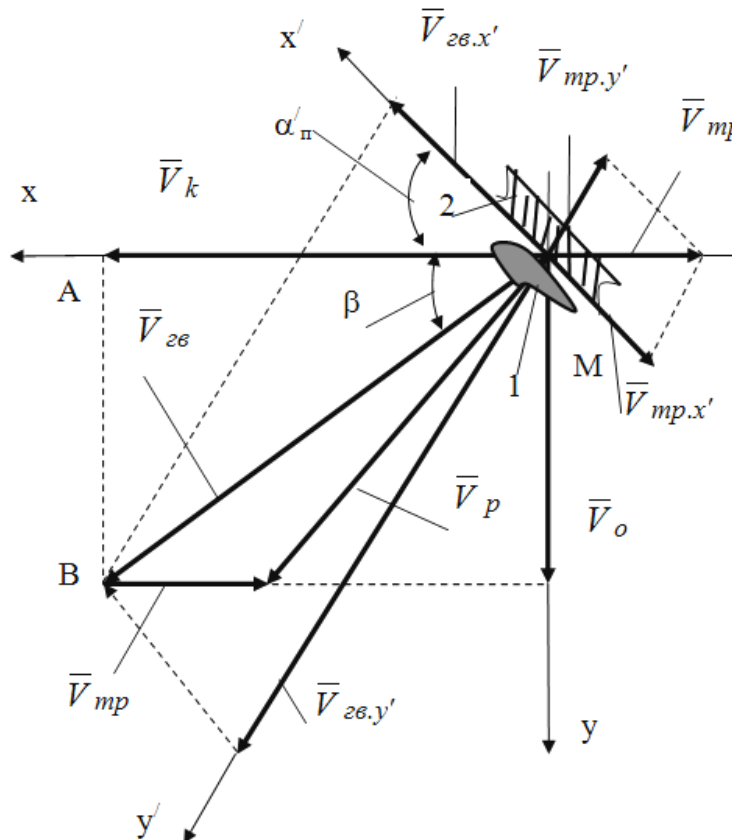


Рисунок 3.3 – Схема косо́го співударяння коренеплоду з гвинтовою поверхнею:

1- коренеплід; 2- елемент гвинтової поверхні.

Звідси випливає необхідність зменшувати нормальну складову швидкості співударяння за рахунок зменшення, наприклад, кута нахилу поверхні співударяння  $\alpha'_n$  так, щоб вона не перевищувала допустиму швидкість  $V_{дон}$  прямого центрального удару.

В цьому випадку і розглядаючи рис. 3.3 можна записати:

$$V_{py'} = V_{z\theta} \sin(\alpha'_n + \arcsin \frac{T}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{z\theta}^2}}) + V_{mp} \sin \alpha'_n \leq V_{\text{дон}}, \quad (3.11)$$

де  $\alpha'_n$  - кут підйому гвинтової лінії, град.

Із рівняння (3.11) було визначено абсолютну результуючу швидкість гвинта:

$$V_{z\theta} \leq \frac{V_{\text{дон}} - V_{mp} \sin \alpha'_n}{\sin(\alpha'_n + \arcsin \frac{T}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{z\theta}^2}})}. \quad (3.12)$$

Зменшення кута підйому гвинтової лінії (нахилу гвинтової лінії)  $\alpha'_n$  і кроку гвинта  $T$  при однакових умовах дозволяє збільшити  $V_{z\theta}$  і кутову швидкість обертання шнека. Кут  $\alpha'_n$  вибирається із умови забезпечення максимально можливої осьової швидкості переміщення коренеплодів і визначається [33]:  $\alpha'_n = 45^\circ - 0,5\varphi_k$ , де  $\varphi_k$  - кут тертя ковзання буряка по гвинтовій поверхні, град.

Виходячи з рівняння (3.12) і значення  $\alpha'_n$  одержали верхню межу допустимої швидкості обертання шнека, при якій пошкодження коренеплодів не виходять за межі вихідних вимог до коренезбиральних машин:

$$\omega_{z\theta, \text{max}} = \frac{2\pi \left[ V_{\text{дон}} - V_{mp} \sin(45^\circ - \frac{\varphi_k}{2}) \right]}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{z\theta}^2} \sin \left[ (45^\circ - \frac{\varphi_k}{2}) + \arcsin \frac{T}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{z\theta}^2}} \right]}. \quad (3.13)$$

Отримані аналітичні залежності дають можливість встановити оптимальні конструктивні і кінематичні параметри при конструюванні гвинтових конвеєрів, які призначенні для очищення і транспортування вороху викопаних коренеплодів.

### 3.3. Імітаційне моделювання взаємодії коренеплоду з робочою поверхнею гвинтового конвеєра

Для аналізу взаємодії коренеплоду кормового буряка з робочою поверхнею шнека гвинтово-вальцевого очисника створимо імітаційну модель шнека та коренеплоду.

Для побудови імітаційної моделі за допомогою системи твердотільного моделювання SolidWorks спочатку створюємо твердотільну модель коренеплода кормового буряка (рис. 3.4) та задаємо його механічні характеристики (твердість, пружність та ін.)



Рисунок 3.4 – Твердотільна модель коренеплоду кормового буряка

Створюємо твердотільну модель шнека, яка є збіркою труби шнека та гвинтової стрічки на її поверхні. Крім цього, створюємо навколо шнека захисний кожух для спрощення моделювання руху коренеплода (рис. 3.5).

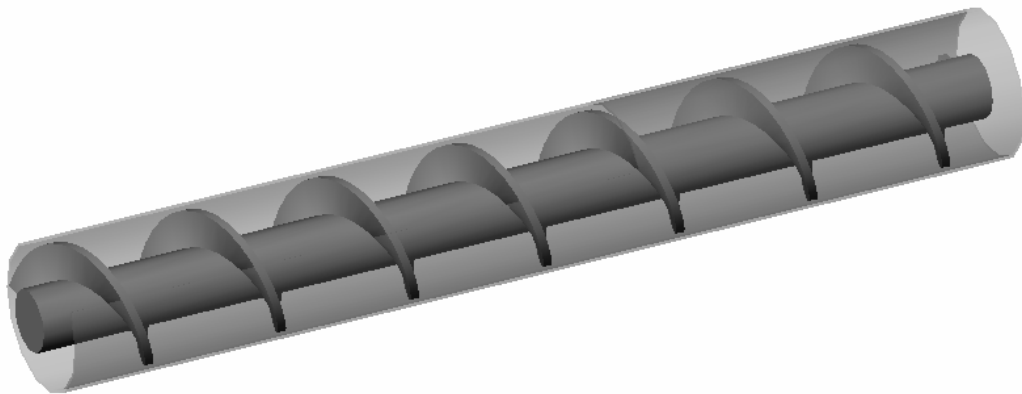


Рисунок 3.5 – Твердотільна модель шнека очисника

Для аналізу руху коренеплоду і його взаємодії з гвинтовою поверхнею шнека створюємо імітаційну модель за допомогою модуля дослідження руху Motion Study системи тривимірного моделювання SolidWorks.

При створенні імітаційної моделі задаємо такі параметри як частоту обертання шнека, гравітаційну компоненту, умови контактної взаємодії тіл

Як бачимо за результатами моделювання, коренеплід взаємодіє з шнеком як пружне тіло, декілька раз відбиваючись від гвинтової поверхні (рис. 3.6).

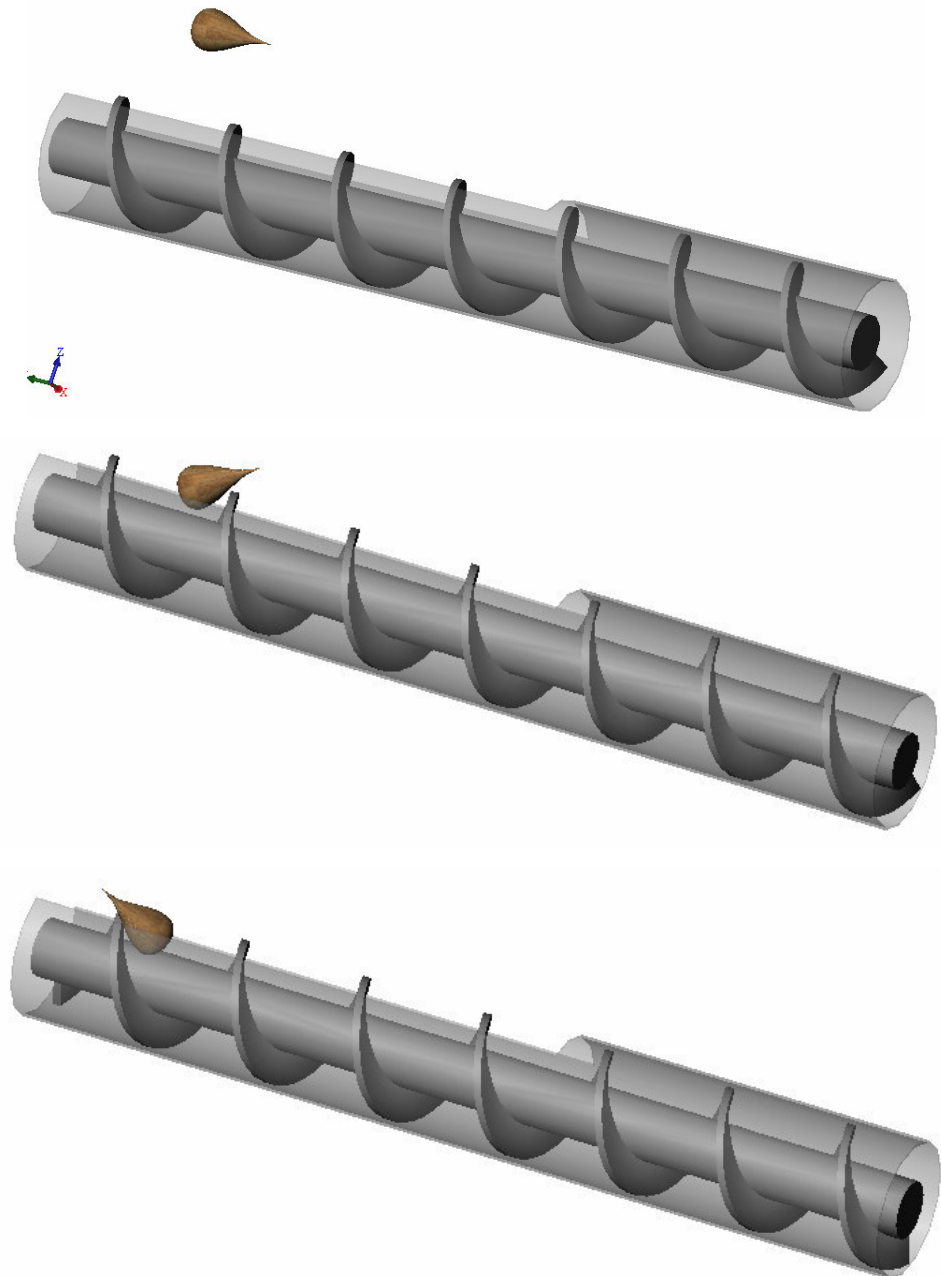


Рисунок 3.6 – Етапи переміщення та взаємодії коренеплода з шнеком

Для кількісної оцінки величини взаємодії відобразимо епюру сили взаємодії коренеплоду із шнеком (рис. 3.7).

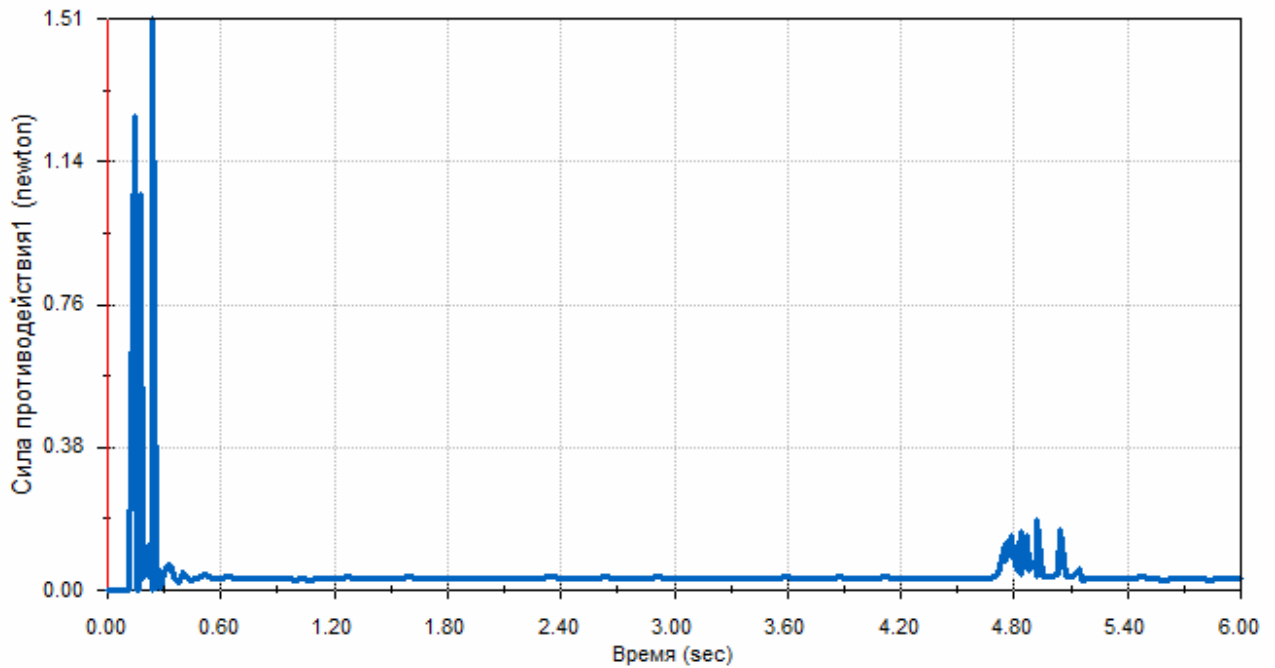


Рисунок 3.7 – Епюра сили взаємодії коренеплоду із шнеком

На епюрі бачимо характерну ділянку з декількома піками, що відповідають ударній взаємодії коренеплоду з витками гвинтової поверхні шнека (максимальне значення сили контакту  $\approx 1,5$  Н) та прямолінійну ділянку, що відповідає відносно спокійному переміщенню коренеплода по поверхні гвинтової навивки шнека.

## СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

#### 4.1. Класифікація САПР

Метою кожної проектно-конструкторській розробки є створення і випуск виробів на рівні кращих світових зразків. Досягнути цієї мети можна лише шляхом застосування комплексу найбільш ефективних технічних рішень. Для цього потрібно синтезувати і проаналізувати дуже багато варіантів рішень, що складно або неможливо без застосування обчислювальної техніки.

В наші дні спостерігається швидкий розвиток САПР в таких галузях, як авіабудування, автомобіле- і тракторобудування, важке машинобудування, архітектура, будівництво, нафтогазова промисловість та ін.

САПР в машинобудуванні використовується для проведення конструкторських і технологічних робіт, у тому числі робіт з технологічної підготовки виробництва. За допомогою САПР виконується розробка креслень, виконується тривимірне моделювання виробу і процесу збирання, проектується допоміжне оснащення, наприклад штампи і прес-форми, складається технологічна документація і програми управління для верстатів з числовим програмним управлінням, ведеться архів. Сучасні САПР застосовуються для повного автоматизованого проектування, технологічної підготовки, аналізу і виготовлення виробів в машинобудуванні, для електронного управління технічною документацією.

Застосування САПР в автотракторній галузі дозволяє суттєво понизити витрати часу і засобів на створення нових і модернізацію існуючих моделей автомобілів і тракторів. У зв'язку з цим виникає необхідність підготовки спеціалістів – користувачів САПР для підприємств галузі.

САПР класифікують за наступними ознаками:

- степінь формалізації вирішуваних завдань;
- функціональне призначення;

- спеціалізація;
- технічна організація.

За ступенем формалізації вирішуваних завдань САПР можуть бути побудовані на вирішенні:

- повністю формалізованого завдання;
- частково формалізованого завдання;
- неформалізованого завдання.

Системи, побудовані на вирішенні повністю формалізованих завдань, для проектування машинобудівних конструкцій зазвичай не придатні, оскільки математичні моделі об'єктів проектування і процесів їх функціонування настільки складні, що повний і точний їх математичний опис на сьогоднішній день неможливий. Такі системи можуть застосовуватися тільки для вирішення простих завдань проектування.

Системи, побудовані на вирішенні не формалізованих завдань, в даний час знаходяться у стадії досліджень і розробки («штучний інтелект») і в цілях проектування також не застосовуються.

Необхідно відзначити, що в обох випадках процес проектування відбувається без втручання людини. Таким чином, мова тут йде про системи не автоматизованого, а автоматичного проектування.

Для вирішення завдань в області автомобіле- і тракторобудування в даний час придатні тільки системи, побудовані на вирішенні частково формалізованих завдань.

Безумовно, частка завдань, пов'язаних з проектуванням деяких простих елементів конструкції автомобіля і трактора, може бути вирішена з використанням автоматичного проектування, але для проектування складних агрегатів і систем цих машин сьогодні повна автоматизація неможлива. Крім того, якщо мова йде про такі поняття, як форма кабіни і кузова, деталі інтер'єру, то на їх конструкцію окрім функціональних вимог (аеродинамічні властивості, ергономіка, безпека) впливають і суб'єктивні чинники, наприклад мода, що також неможливо описати мовою математичних залежностей.

По функціональному призначенню САПР можуть бути підрозділені залежно від вирішуваних завдань, що визначаються складом функціональної частини системи. Так, можна виділити наступні системи: розрахунково-оптимізаційні; графічні; графоаналітичні; інформаційні та ін.

По спеціалізації САПР можна підрозділити на спеціалізовані і інваріантні. Оскільки завдання автоматизованого проектування дуже складні, то, як правило, САПР представляють собою спеціалізовані системи, що створюються для вирішення досить вузьких завдань в одній області техніки.

По технічній організації САПР бувають однорівневі, побудовані на базі однієї досить продуктивної ЕОМ з набором необхідних периферійних пристроїв, і багаторівневі, що включають окрім базової ЕОМ ряд підлеглих автоматизованих робочих місць (АРМ), побудованих на основі ЕОМ нижчого рівня.

## **4.2. Розробка моделі об'єкту проектування**

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану важеля притискаючого механізму гвинтово-вальцевого очисника.

За допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks створюємо твердотільну модель важеля (рис. 4.1)

За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо аналіз напружено-деформівного стану важеля притискаючого механізму.



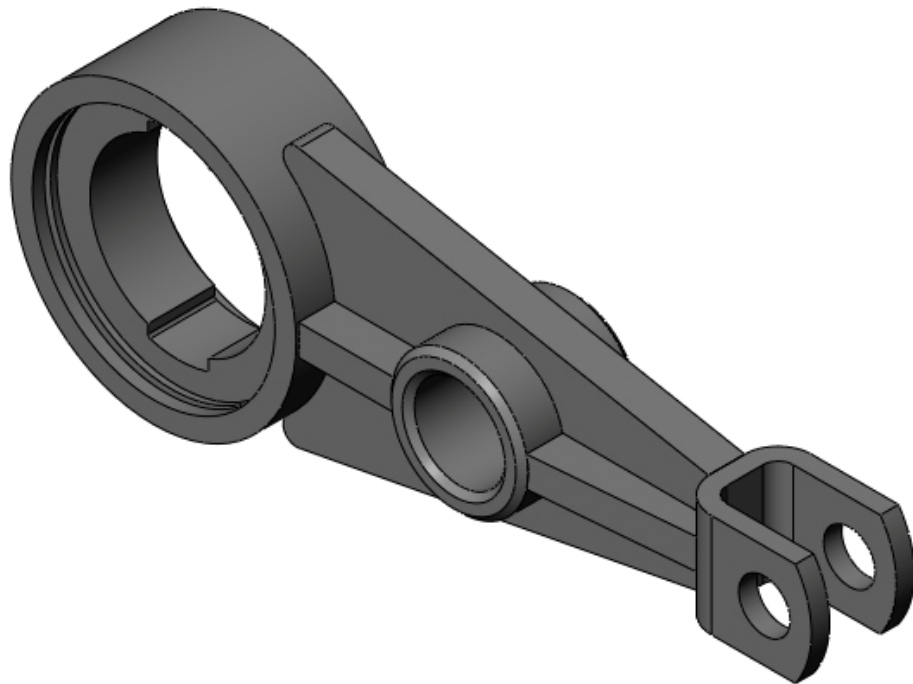


Рисунок 4.1 – Твердотільна модель важеля притискаючого механізму

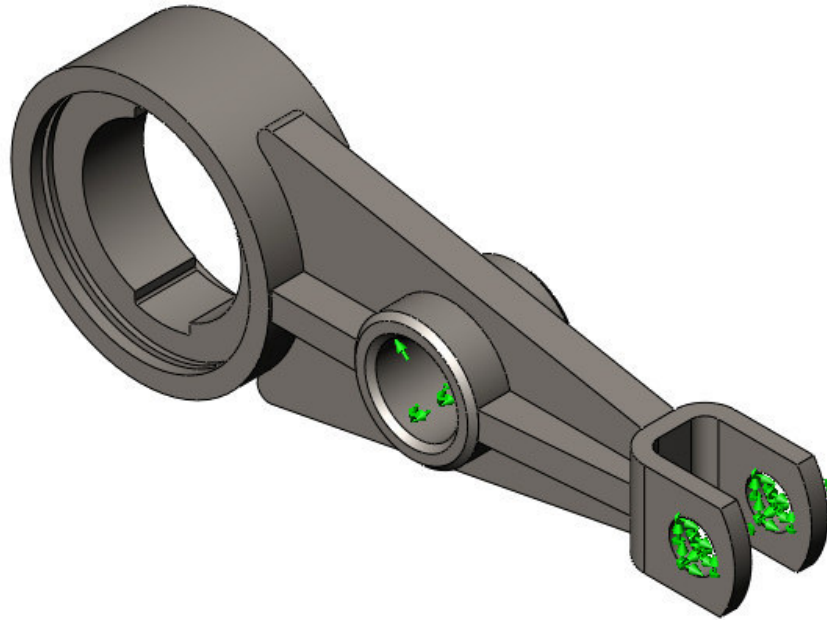
Для цього створюємо триангуляційну сітку кінцевих елементів на твердотільній моделі важеля (рис. 4.2).



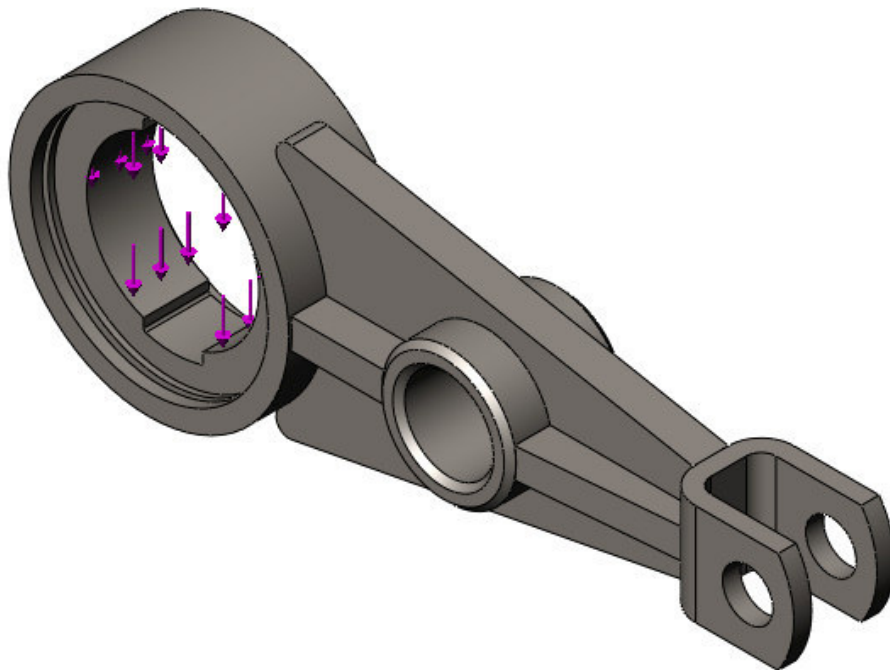
Рисунок 4.2 – Триангуляційна сітка кінцевих елементів

Задаємо умови закріплення важеля – защемлення вилки важеля (вважаємо, що тяга, яка кріпиться до важеля не переміщається) та шарнір та середній втулці важеля (рис. 4.3, а).

Задаємо зусилля, що діють на важіль у місці становлення підшипника вала відминаючого валця – вертикальну силу 2500 Н (рис. 4.3, б).



а)



б)

Рисунок 4.3 – Умови закріплення (а) та навантаження (б) важеля

### 3.3. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання

Результати розрахунку НДС важеля за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks подано на рис. 4.4 – рис. 4.6.

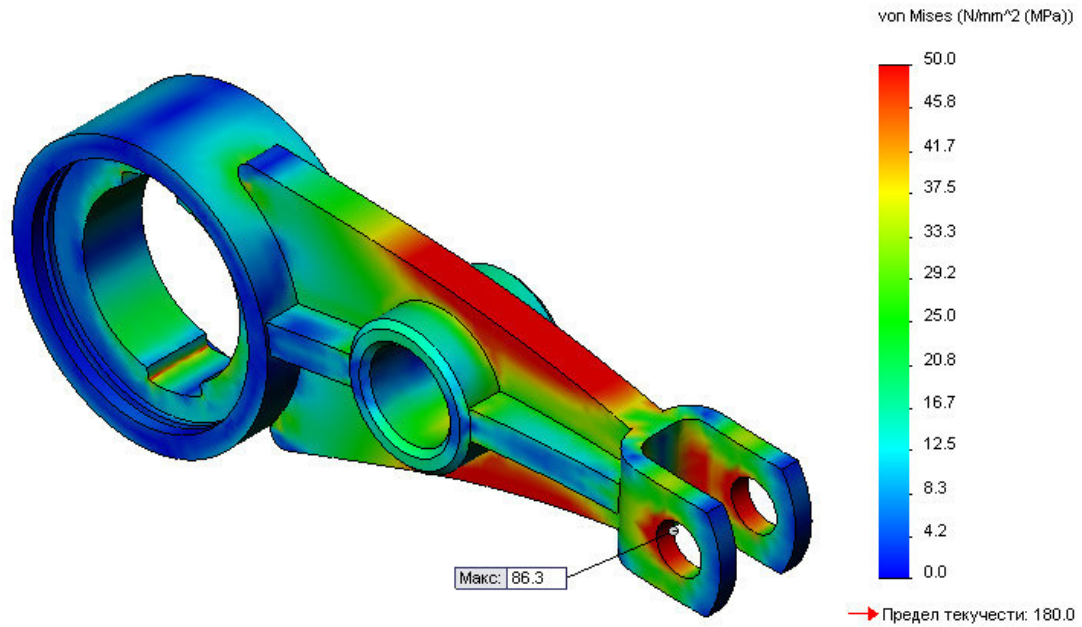


Рисунок 4.4 – Результати розрахунку напружень (за теорією Фон Мізеса)

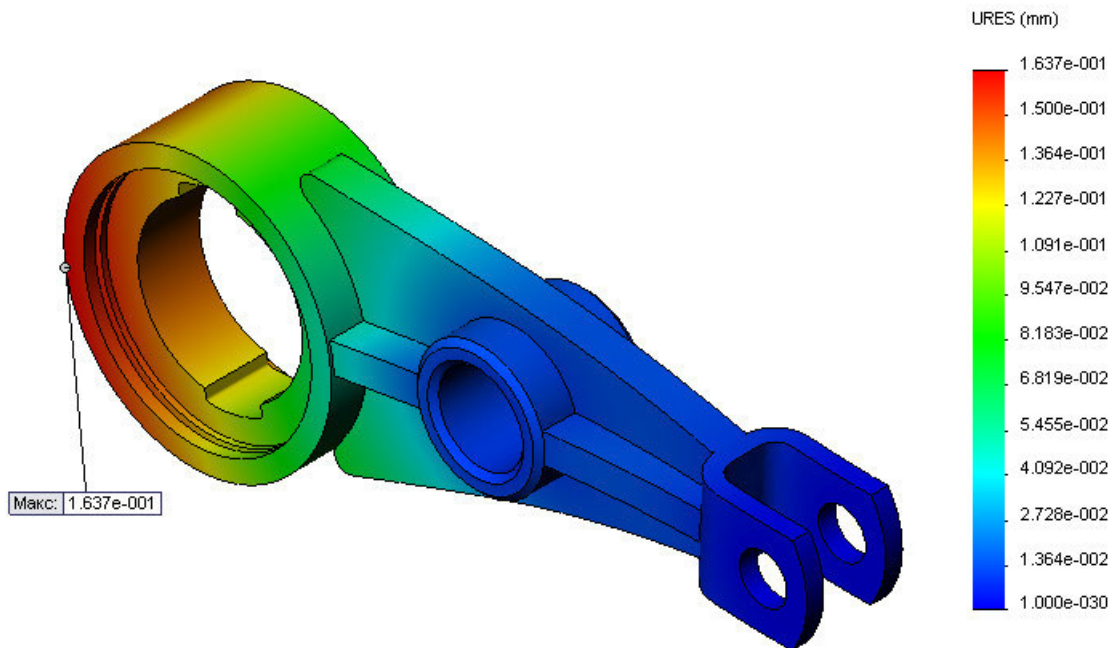


Рисунок 4.5 – Результати розрахунку деформацій пружного пальця

Як бачимо за результатами розрахунку, максимальні напруження у важелі притискаючого механізму становлять  $\approx 86$  МПа.

На рис. 4.5 показано деформації важеля. Максимальне переміщення вільного кінця важеля складає  $\approx 0,16$  мм.

На рис. 4.6 показано розподіл запасу міцності важеля.

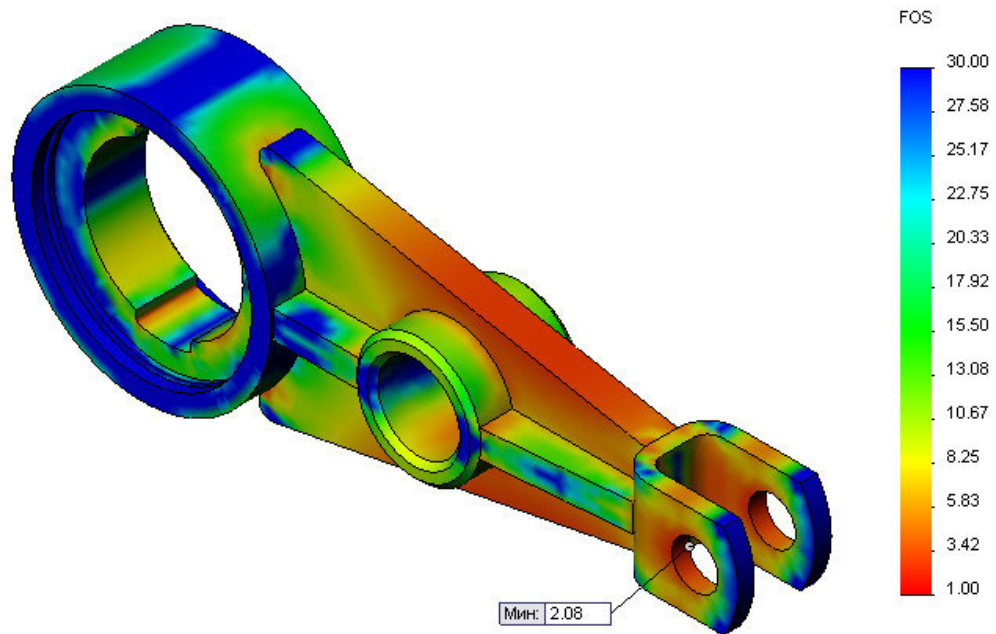


Рисунок 4.6 – Розподіл коефіцієнтів запасу міцності приводу

Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності становить  $\approx 2$ .

## 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

### 5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі

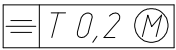
#### Опис призначення та конструкції деталі. Аналіз технічних умов

У відповідності із класифікатором ЄСКД деталь цапфа відноситься до класу валів. Даний клас деталей містить наступну номенклатуру: тіла обертання типу кілець, дисків, шківів, блоків, стержнів, втулок, стаканів, колонок, валів, осей, штоків, шпинделів та входить в третій діапазон по відношенню довжини деталі  $L$  до найбільшого зовнішнього діаметру  $D$   $L/D > 2$ , що класифікує деталі – тіла обертання як вали.

Цапфа є складовою частиною комбінованого картоплесаджального агрегату. Деталь служить першою опорою вала. Поверхнею  $\varnothing 102f9$  цапфа базується в трубі вала та приварюється до неї за допомогою спеціальних пристосувань. Шийка  $\varnothing 45k6$  є базою для підшипника, в якому власне вал обертається. Шийка  $\varnothing 35k8$  є посадочною поверхнею для привідного шківа, який приводиться в обертання через шпонковий паз  $10P10$ . різьба  $M20-8g$  служить для фіксації шківа на валу корончатою гайкою, що шплінтується через отвір  $\varnothing 4^{+0,3}$ . Всі інші поверхні є другорядними та суттєво на роботу вузла не впливають.

Найбільш точною поверхнею деталі є зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 45k6$ . Така точність забезпечується чистовим шліфуванням при установці деталі в центрах. Співвісність  $\boxed{T 0,2 \text{ (M)}}$  при обробці шпонкового паза забезпечується при установці деталі на призму.

Таблиця 5.1 – Аналіз технічних вимог

Позначення поверхонь	Зміст технічних вимог	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
А, Р	$209 \pm \frac{IT14}{2}$ Ra2.5	Точіння напівчистове при поперечній подачі	ШЦ II – 250-0,05 ГОСТ166-88
Б, И, М	1,6x45° Ra25	Точіння напівчистове при поперечній подачі	Шаблон фасковий < 45°
В	M20-8g Ra25	Різьбонакатування	Калібр-кільце (M20)8211-0080-8g ГОСТ17763-72 Калібр-кільце (M20)8221-1080-8g ГОСТ17764-72
Г	L=6h14 $\varnothing$ 16,5h14 Ra25	Точіння напівчистове при поперечній подачі	ШЦ II – 125-0,1 ГОСТ166-88
Д	145h14 Ra25	Точіння напівчистове при поперечній подачі	ШЦ II – 125-0,1 ГОСТ166-88
К	$\varnothing$ 35h8 Ra3,2	Шліфування напівчистове	Скоба одностороння двох гранична 45k6 8113-0266 ГОСТ16776-71
Л	76h14 Ra25	Точіння напівчистове при поперечній подачі	ШЦ II – 125-0,1 ГОСТ166-88
Н	13,5h11	Шліфування чистове	Калібр-скоба одностороння двох гранична 45k6 8113-0257 ГОСТ16776-71
О	13,5H11	Точіння напівчистове при поперечній подачі	Шаблон спеціальний
П	$\varnothing$ 102f9 Ra3,2	Шліфування напівчистове	Калібр-скоба одностороння 8113-0351 ГОСТ16777-71
С	3x10° Ra25	Точіння напівчистове при поперечній подачі	Шаблон фіксований <10°
Т	10P10 Ra12,5 	Фрезерування одноразове шпоночною фрезою	Калібр шпонковий пазовий 8154-4075 (10P10)
У	$\varnothing$ 4h14 Ra25	Свердління по кондуктору	Калібр пробка двохсторонній двохраничний ГОСТ14810-69

Найточніша поверхня деталі цапфа ККА-04.632 є поверхня Н (рис.5.1), розмір якої  $\varnothing 45k6$ ,  $Ra=1,25$ , що досягається чистовим шліфуванням.

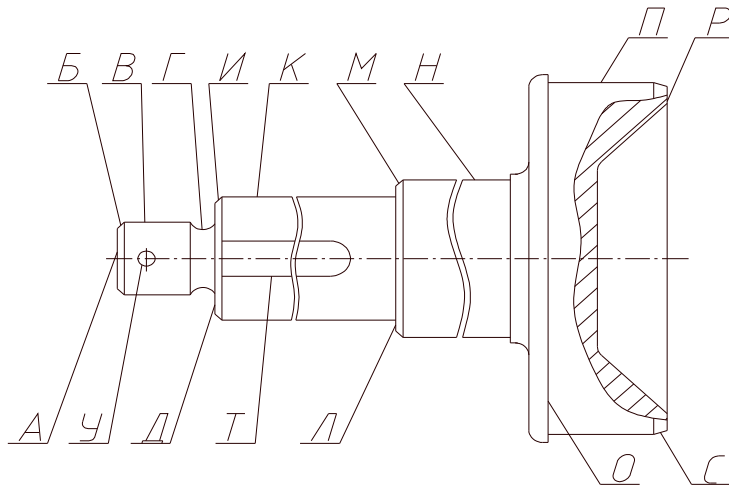


Рисунок 5.1 – Позначення поверхонь деталі

Характеристика матеріалу деталі.

Деталь цапфа ККА- 04.032 виготовляється із сталі 35-а-2 ГОСТ 1050-74

Таблиця 5.2 – Хімічний склад сталі 35-а-2

Марка сталі	Приблизний хімічний склад			
	Вуглець	Кремній	Марганець	Хрому не більше
Сталь 35-а-2 ГОСТ1050-74	035%	0,17-0,37%	0,50-0,80%	25%

Таблиця 5.3 – Механічні властивості сталі 35-а-2 ГОСТ 1050-74

Термообробка	Січення	КП	$\sigma_0$	$\sigma_0$	$\sigma_0$	$\xi$	$KCl$ $D(t)/cm^2$	НВ не більше
			МПа	МПа	%	%		
Нормалізація	100 – 300	215	215	430	20	48	49	123 - 167

### Технологічний контроль креслення деталі

Технологічний контроль креслення деталі починається з детального його вивчення. Дане робоче креслення деталі містить всі необхідні відомості, які дають повну уяву про деталь, має необхідний додатковий розріз по  $\varnothing 35h8$ , що

чітко та однозначно пояснює конфігурацію деталі. На кресленні вказані всі необхідні розміри з необхідними допусками, шорсткість поверхонь, допустимі відхилення взаємного розташування поверхонь. Співвісність при обробці шпонкового паза забезпечується при установці деталі на призму. Основними поверхнями цапфи є  $\varnothing 102f9$ , якою цапфа базується в трубі. Цей розмір досягається напівчистовим шліфуванням. Шийка  $\varnothing 45k6$  є базою для підшипника, метод виконання – чистове шліфування. Шийка  $\varnothing 35h8$  є посадочною поверхнею для привідного шківів та досягається напівчистовим шліфуванням. Шпонковий паз 10P10 виконується фрезеруванням одноразовим шпонковою фрезою. Свердління отвору  $\varnothing 4h14$  виконується по кондуктору. Розмір  $209 \pm IT14/2$  досягається напівчистовим точінням. Різьба M20-8g виконується різьбо накатуванням.

Дана деталь є технологічною, заміну конструкції деталі проводити недоцільно.

### **Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі**

Для проведення аналізу заводського технологічного процесу заносимо дані існуючого технологічного процесу в таблицю.

Враховуючи середньо серійний тип виробництва можна зробити висновок з існуючого технологічного процесу:

- заготовка штамповка на КГШП вибрана раціонально для даного масштабу виробництва;
- технологічні бази вибрані правильно на чорнових та чистових операціях та дозволять витримати всі механічні вимоги, задані кресленням;
- правильно побудовані операції, їх послідовність, що дозволяє досягнути задану точність на якість деталі;



Таблиця 5.4 – Дані заводського технологічного процесу

Номер та назва операції	Обладнання	Пристосування
1	2	3
005 Горизонтально-фрезерна	6P82	Пристосування спеціальне
010 Горизонтально-фрезерна	6P82	Пристосування спеціальне
015 Радіально-свердлильна	2H55	Пристосування спеціальне
020 Токарно-гвинторізна	1M63, 16K20	Патрон 7100-0011 ГОСТ675-80
025 Токарно-гвинторізна	16K20	Центр А-І-5Н ГОСТ8742-75 Центр 7032-0043 Морзе 6 ГОСТ13214-79
030 Шпоночно-фрезерна	692P	Пристосування спеціальне
035 Токарно-гвинторізна	16K20	Центр А-І-5Н ГОСТ8742-75 Центр 7032-0043 Морзе 6 ГОСТ13214-79
040 Вертикально-свердлильна	2H135	Кондуктор спеціальний
045 Різьбонакатна	8A925	Ніж опорний 2025-4037
050 Токарно-гвинторізна	16K20	Центр 7032-0043 Морзе 6 ГОСТ13214-79 Центр А-І-5Н ГОСТ8742-75 Хомутик 7107-0039 ГОСТ2578-70
055 Круглошліфувальна	3M175	Центр 7032-4086 ГОСТ13214-79 Напівцентр 7032-4085 ГОСТ2576-79
060 Круглошліфувальна	3M175	Центр 7032-4086 ГОСТ13214-79 Напівцентр 7032-4085 ГОСТ2576-79
065 Круглошліфувальна	3M175	Центр 7032-4086 ГОСТ13214-79 Напівцентр 7032-4085 ГОСТ2576-79
070 Токарно-гвинторізна	16K20	Патрон 7100-0011 ГОСТ2675-80 Центр 7032-0043 Морзе 6 ГОСТ13214-78

- пристосування є універсальні, що ефективно при даному типі виробництва;
- застосування різального та вимірювального інструменту є раціональним;
- концентрація операцій даного технологічного процесу відповідає базовому типу виробництва.

Недоліком базового процесу є використання на операції 040 (вертикально-свердлильна) верстату 2H135. Його можна замінити на дешевший та менший за габаритами 2H125.

## 5.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

### Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва в с/г машинобудуванні визначає різні методи та прийоми виготовлення деталей та вузлів сільськогосподарських машин. Для вибору типу виробництва використовується коефіцієнт закріплення операцій, який для кожного типу виробництва має певні значення.

$$K_3 = \frac{O}{R} \quad (5.1)$$

де  $O$ - число різних операцій;

$R$ - число місць із різними операціями.

Коефіцієнт закріплення операцій приймається для планового періоду рівного одному місяцю. Число операцій, закріплюється за одним робочим місцем перераховують по формулі:

$$O_n = \frac{60 \cdot F_m \cdot K_v \cdot \eta_n}{T_{шт} \cdot N_m} \quad (5.2)$$

де  $F_m$  - місячний фонд часу роботи обладнання при однозмінному режимі роботи:  $F_m = 169,2$  год. [ , с.23];

$K_v$ - середній коефіцієнт виконання норми,  $K_v = 1,3$ ;

$$K = \frac{60 F_m \cdot K_v \cdot \eta_n}{N_m} \quad (5.3)$$

$\eta_n$  - коефіцієнт завантаження верстата,  $\eta_n = 0,75$  ;

$N_m$ - місячна програма випуску:

$$N_m = \frac{N_p}{12} \quad (5.4)$$

Розраховуємо тип виробництва в залежності від річного випуску  $N_p = 10000$  шт.

$$N_m = \frac{10000}{12} = 833 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{60 \cdot 169,2 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{833} = 11,9$$

$$T_{ум.к} = \varphi_k \cdot T_o \quad (5.5)$$

Визначаємо число операцій

1. Горизонтально-фрезерна

$$O_1^1 = \frac{K}{T_{ум.к}} = \frac{11,9}{1,6} = 7,4 \quad (5.6)$$

$$O_1^2 = \frac{11,9}{1,12} = 10,6$$

$$\Sigma O_1 = O_1^1 + O_1^2 = 7,4 + 10,6 = 18$$

2. Радіально-свердлильна

$$O_2 = \frac{11,9}{0,8} = 14,9$$

3. Токарно-гвинторізна

$$O_3^1 = \frac{11,9}{29,5} = 0,4$$

$$O_3^2 = \frac{11,9}{1,26} = 9,4$$

$$O_3^3 = \frac{11,9}{6,2} = 1,9$$

$$O_3^4 = \frac{11,9}{2,1} = 5,7$$

$$O_3^5 = \frac{11,9}{4,9} = 2,4$$

$$\Sigma O_3 = O_3^1 + O_3^2 + O_3^3 + O_3^4 + O_3^5$$

$$\Sigma O_3 = 0,4 + 9,4 + 1,9 + 5,7 + 2,4 = 19,8$$

4. Шпоночно-фрезерна

$$O_4 = \frac{11,9}{4,9} = 2,4$$

5. Вертикально-свердлильна

$$O_5 = \frac{11,9}{1,1} = 10,8$$

6. Різьбонарізна

$$O_6 = \frac{11,9}{1,16} = 10,3$$

## 7. Круглошліфувальна

$$O_7^1 = \frac{11,9}{4,45} = 2,7$$

$$O_7^2 = \frac{11,9}{4,49} = 2,65$$

$$O_7^3 = \frac{11,9}{4,18} = 2,8$$

$$\Sigma O_7 = O_7^1 + O_7^2 + O_7^3 = 2,7 + 2,65 + 2,8 = 8,15$$

$$K_{30} = \frac{18 + 14,9 + 19,8 + 2,4 + 10,8 + 10,3 + 8,15}{7} = 12,05$$

При  $K_{30}=10\dots 20$  тип виробництва – середньо серійний.

Визначаємо такт випуску:

$$t_e = \frac{F_b \cdot 60}{N_p} \quad (5.7)$$

$F_b$  – дійсний річний фонд;

$F_b=2030$  год [ , с.23]

$$t_e = \frac{2030 \cdot 60}{10000} = 12,2 \text{ шт/хв.}$$

Визначаємо кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N_a}{F} \quad (5.8)$$

$a$  – число днів, на яке необхідно менш запас деталей

$a=5$  [ , с.22]

$F=253$  – число робочих днів в році

$$n = \frac{10000 \cdot 5}{253} = 108 \text{ шт.}$$

Отже з вище отриманого видно, що для даного випадку  $K_{30}=12,05$ , а це при  $10 < K_{30} < 20$  тип виробництва буде середньо серійний.

## Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Питання про доцільність того чи іншого методу одержання заготовки на даній стадії проектування може бути вирішено наступним способом:

- техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки;
- розрахунок коефіцієнта використання матеріалу.

Заготовкою для деталі цапфа може бути виліток в кокіль або штамповка на КГШП. Литво необхідно виконувати при заміні матеріалу з сталі 35 на 35Л ГОСТ 977-75.

Таблиця 5.5 – Загальні припуски та розміри заготовки

Оброблювана поверхня, розмір	Параметр шорсткості, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розміри заготовки з відхиленням
1	2	3	4	5
Заготовка штамповка на КГШП, вихідний індекс – 10				
209 IT14/2	Ra25	2,2	1,4x2=2,8	211,8 <sup>+1.4</sup> <sub>-0.8</sub>
∅18,29	Ra25	1,4	1,1x2=2,2	∅20,49 <sup>+0.9</sup> <sub>-0.8</sub>
∅35h8	Ra3,2	1,4	1,4x2=2,8	∅37,8 <sup>+0.9</sup> <sub>-0.5</sub>
∅45k6	Ra1,25	1,6	1,6x2=3,2	∅48 <sup>+1.1</sup> <sub>-0.5</sub>
145h14	Ra25	2,0	1,3x2=2,6	147,6 <sup>+1.3</sup> <sub>-0.7</sub>
76h14	Ra25	1,6	1,2x2=2,4	78,4 <sup>+1.1</sup> <sub>-0.5</sub>
∅102f9	Ra3,2	2,0	2,5x2=5	∅107 <sup>+1.3</sup> <sub>-0.7</sub>
209 IT14/2	Ra25	1,8	2,8x2=5,6	214,6±0,9
∅18,29	Ra25	1,0	2,8x2=5,6	∅23,89±0,5
∅35h8	Ra3,2	1,1	1,13,0X2=6,0	∅41±0,55
∅45k6	Ra1,25	1,2	3,0x2=6	∅51±0,6
145h14	Ra25	1,6	2,4	147±0,8
∅102f9	Ra3,2	1,6	2,5x2=5,0	∅107±0,8
76h14	Ra25	1,4	2,4	78,4±0,7

Приймаємо відкриту штамповку, що виготовляється на КГШП, третього класу точності.

Визначаємо конструктивні та точнісні характеристики штамповки:

- група сталі – М1 (для сталі 35);
- розрахункова маса заготовки.

$$M_{ум.р} = M_{\epsilon} \cdot K_p$$

$K_p=1,3$  – коефіцієнт для визначення орієнтовної розрахункової маси.

Штамповка відноситься до 2-го ступеня складності, вихідний індекс – 10.

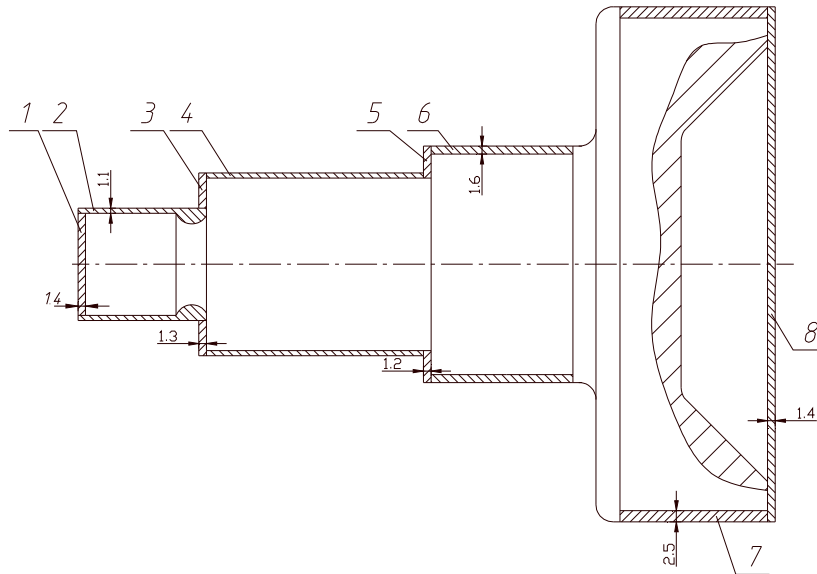


Рисунок 5.2 – Заготовка штамповка

Визначаємо масу штамповки

$$M_{ум} = m_{\partial} + m_{np}, \quad (5.10)$$

Де  $m_{np}$  – маса припусків;

$m_{\partial}$  – маса деталі.

$$m_{np} = V_{заг} \cdot \rho \quad (5.11)$$

$$V_1 = \pi r^2 h = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 1,4 = 439,6 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 25,4 (10,25^2 - 9,1^2) = 1774,7 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 1,3 (18,9^2 - 11,1^2) = 955,19 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 67,8 (18,9^2 - 17,5^2) = 10848,98 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 1,2 (24,1^2 - 17,5^2) = 1034,5 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 76 (24,1^2 - 22,5^2) = 17792,99 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 27 (53,5^2 - 51^2) = 21148,8 \text{ мм}^3$$

$$V_8 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 54,8^2 \cdot 1,4 = 13201,36 \text{ мм}^3$$

$$V_{заг} = 68,2 \text{ см}^3$$

Загальна маса припусків рівна:

$$m_{np} = r_{заз} \cdot \rho = 68,2 \cdot 7,8 = 531,9^{-0,53zp}$$

Маса штамповки:

$$M_{шт} = 3,7 + 0,53 = 4,23 \text{ кг.}$$

Визначаємо собівартість штамповки:

$$C = \frac{C_v \cdot Q \cdot K_n}{1000} - \frac{(Q - q) \cdot S_{відх}}{1000}; \quad (5.12)$$

$$C_v = C_{vтабл} \cdot K_{інф} \quad (5.13)$$

$C_{vтабл} = 916$  грн – базова вартість 1-єї тони заготовок

$K_{інф} = 3$  – коефіцієнт інфляції

$$C_v = 916 \cdot 3 = 2748 \text{ грн}$$

$$K_n = K_{mk} \cdot K_{ск} \cdot K_{mk} \cdot K_{нк} \cdot K_{вк} \quad (5.14)$$

$K_{mk} = 1,31$  – коефіцієнт, що враховує точність штамповки

$K_{ск} = 1,14$  – коефіцієнт що враховує конструкторсько-технологічну

складність

$K_{mk} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує матеріал

$K_{нк} = 1,15$  – коефіцієнт, що враховує річне замовлення

$K_{вк} = 1,04$  – коефіцієнт, що враховує масу

$$K_n = 1,31 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,04 = 1,8$$

$$S_{відх} = 70 \text{ грн}$$

$S_{відх}$  – ціна однієї тони відходів.

$$S_{відх T} = S_{відх} \cdot 3 = 70 \cdot 3 = 210 \text{ грн} \quad (5.15)$$

$$C_{ми} = \frac{2748 \cdot 4,23 \cdot 1,8}{1000} - \frac{(4,23 - 3,7) \cdot 210}{1000} = 20,81 \text{ грн.}$$

Собівартість механічної обробки:

$$C_{M0} = \frac{C_{стр}}{1000} (Q - q), \quad (5.16)$$

$C_{стр} = 188$  грн – затрати на механічну обробку віднесені до 1 т стружки.

$$C_{стрT} = C_{стр} \cdot K_{інф} = 188 \cdot 3 = 564 \text{ грн.}$$

$$C_{M0} = \frac{564}{1000} (4,23 - 3,7) = 0,299 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість:

$$C_{тех} = C_{ум} + C_{M0} = 20,81 + 0,299 = 21,11 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

Заготовка виливок 8-го класу точності.

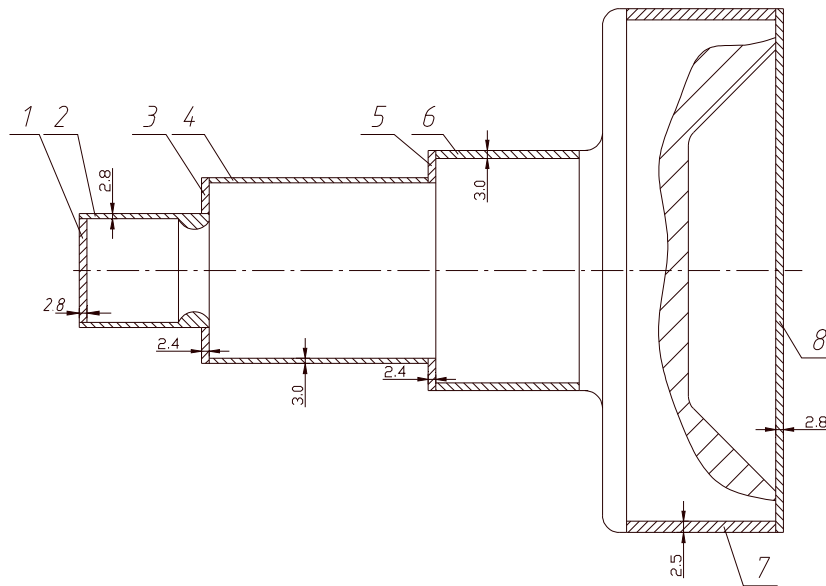


Рисунок 5.3 – Заготовка виливок

Маса виливка:

$$M_{вил} = m_{дет} + m_{пр} \quad (5.18)$$

$m_{дет}$  – маса деталі;

$m_{пр}$  – маса припусків.

$$m_{пр} = V_{заг} \cdot \rho,$$

$$V_1 = \pi r^2 h = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 2,8 = 879,2 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 26,8 (11,9^2 - 9,1^2) = 4948,1 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 2,4 (20,5^2 - 12,8^2) = 1932,3 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 67,8 (20,5^2 - 17,5^2) = 24269,7 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 2,4 (26,5^2 - 17,5^2) = 2592,4 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 76 (25,5^2 - 22,5^2) = 34364,2 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 27 (53,5^2 - 51^2) = 21148,8 \text{ мм}^3$$

$$V_8 = \pi h (r^2 - r_1^2) = 3,14 \cdot 55,9^2 \cdot 2,8 = 27473,3 \text{ мм}^3$$

$$V_{заг} = 118,6 \text{ см}^3$$

$$T_{пр} = 118,6 \cdot 7,8 = 0,93 \text{ кг}$$



Маса виливки:

$$M_{вил} = 3,7 + 0,93 = 4,63 \text{ кг}$$

Визначаємо собівартість виливки:

$$C = \frac{C_v \cdot Q \cdot K_n}{1000} - \frac{(Q - q) \cdot S_{відх}}{1000}, \quad (5.19)$$

$$C_{vT} = 760 \text{ грн}$$

$$C_v = C_{vT} \cdot K_i = 760 \cdot 3 = 2280 \text{ грн}$$

$$K_n = K_{mб} \cdot K_{сб} \cdot K_{мб} \cdot K_{нмб} \cdot K_{см}$$

$K_{mб} = 1,32$  – коефіцієнт, що враховує точність;

$K_{сб} = 0,65$  – коефіцієнт, що враховує конструктивно-технологічну складність;

$K_{мб} = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу;

$K_{нмб} = 0,94$  – коефіцієнт, що враховує річну програму замовлення;

$K_{см} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує зменшення товщини стінок.

$$K_n = 1,32 \cdot 0,65 \cdot 1,2 \cdot 0,94 \cdot 1,0 = 0,97$$

$$S_{відх} = 70 \cdot 3 = 210 \text{ грн}$$

$$C_{вил} = \frac{2280 \cdot 4,63 \cdot 0,97}{1000} - \frac{(4,63 - 3,7) \cdot 210}{1000} = 10,04 \text{ грн}$$

$$C_{M0} = \frac{C_{стп}}{1000} (Q - q) \quad (5.20)$$

$$C_{см} = 188 \cdot 3 = 564 \text{ грн}$$

$$C_{M0} = \frac{564}{1000} (4,63 - 3,7) = 0,525 \text{ грн}$$

Визначаємо технологічну собівартість:

$$C_{тех} = C_{M0} + C_{вил} = 10,04 + 0,525 = 10,57 \text{ грн}$$

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{q}{Q} \quad (5.21)$$

Штамповка:

$$K_{вм} = \frac{3,7}{4,23} = 0,87$$

Виливок:

$$K_{вм} = \frac{3,7}{4,63} = 0,8$$

Таблиця 5.6 – Порівняльна таблиця методів одержання заготовки

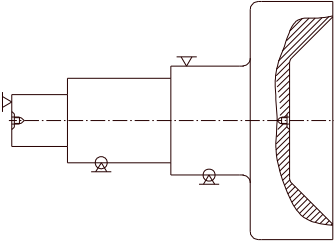
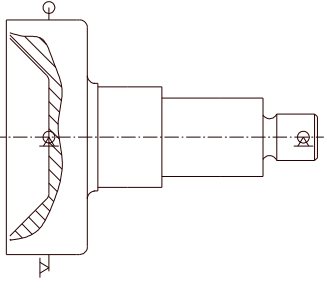
	Штамповка	Виливка
Собівартість, грн.	21,11	10,57
$K_{вм}$	0,87	0,8

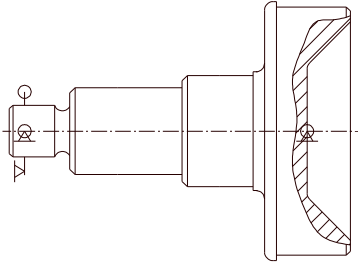
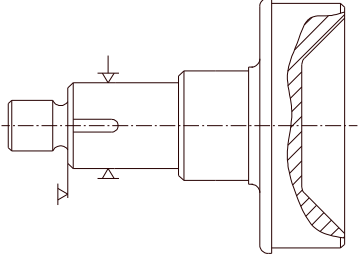
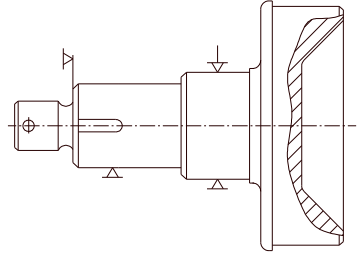
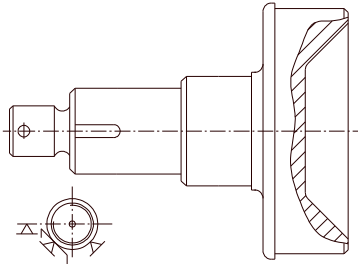
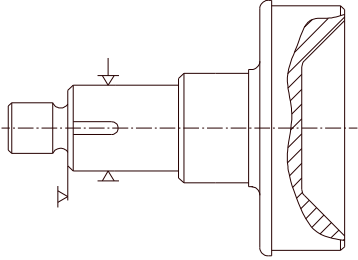
Отже заготовка штамповка отримується дешевше та є раціональнішою для даного типу виробництва.

### Вибір технологічних баз

Призначення технологічних та вимірювальних баз є одним з найскладніших та принципових розділів проектування технологічного процесу. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежить фактична точність виконання розмірів, правильність взаємного розміщення поверхонь, складність приладів.

Таблиця 5.7 – Вибір технологічних баз

№	Назва операції	Схема базування
1	2	3
005 010 015	Горизонтально-фрезерна  Радіально-свердлильна	
020 025 035 050	Токарно-гвинторізна	

070	Токарно-гвинторізна	
030	Шпоночко-фрезерна	
040	Вертикально-свердлильна	
045	Різьбо накатна	
055 060 065	Круглошліфувальна	

З вище наведеного видно, що бази вибрані з урахуванням всіх можливих недоліків та вибрані правильно, що в подальшому призведе до точності виконання розмірів.

## Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки

Методи та маршрути обробки вибираємо із врахуванням характеру та точності вихідної заготовки, габаритних розмірів, типу виробництва.

Таблиця 5.8 – Технологічний маршрут механічної обробки

№ Операції	Назва операції та зміст переходу	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати торець в розмір ①	Р	А, К, Н	6Р82
010	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати торець в розмір ②	А	Р, К, Н	6Р82
015	Радіально-свердлильна 1. Свердлити центрувальний отвір І 2. Перевстановити деталь 3. Свердлити центрувальний отвір ІІ	Центрувальні отвори	А, К, Н	2Н55
020	Токарно-гвинторізна 1. Обточити деталь в розмір 3, 6 2. Обточити деталь в розмір 2, 7 3. Обточити деталь в розмір 4, 5 4. Обточити деталь в розмір 1 5. Обточити деталь в розмір 8	Н, Р, К, Л, В, Д, Б, Ц	Центрувальні отвори П	16К20
025	Токарно-гвинторізна 1. Точити канавку в розмір 1, 2	Г	Центрувальні отвори, П	16К20
030	Шпонково-фрезерна 1. Фрезерувати шпонковий паз в розміри 1, 2, 3, 4	Т	Д, К	692Р
035	Токарно-гвинторізна 1. Точити деталь в розмір 1, 2 2. Точити фаску в розмір 3, 4	С	Центрувальні отвори, П	16К20
040	Вертикально-свердлильна Свердлити отвір в розмір 1, 2	У	Д, К, Н	2Н125
045	Різьбо накатна Накатати різьбу в розмір 1	В	В	8А925
050	Токарно-гвинторізна Калібрувати різьбу в розмір 1	В	Центрувальні отвори, П	16К20

055	Круглошліфувальна Шліфувати поверхню в розмір 1	К	Центрувальні отвори, В	3М175
060	Круглошліфувальна Шліфувати поверхню в розмір 3	Н	Центрувальні отвори, В	3М175
065	Токарно-гвинторізна Точити деталь в розмір 6, 2	П	Центрувальні отвори, В	16К20

Визначаємо величину годинних приведених витрат:

$$C_{n3} = \frac{C_3}{M} + C_{Г3} + E_H(K_C + K_3) \quad (5.22)$$

Де  $C_3$  – основна та додаткова заробітна плата;

$M$  – коефіцієнти багатOVERстатності;

$C_{Г3}$  – годинні затрати на експлуатацію робочого місця;

$E_H$  – нормативний коефіцієнт;

$K_C$  – питомі годинні капіталовкладення у верстат;

$K_3$  – питомі годинні капіталовкладення у будівлі.

$E_H=0,2$ .

$$C_3 = C_{mf} \cdot 1,53k$$

$C_{mf}$  – годинна тарифна ставка верстатника;

$k$  – коефіцієнт вирахування із заробітної плати наладчика.

$k=1$

$C_{23} = C_{Г3}^{\text{б}} \cdot k_m$  Для базового варіанту 2Н135;

$C_{Г3}^{\text{б}}$  - практично скоректовані годинні затрати на базовому робочому місці;

$k_m$  – машинно-коефіцієнт, що показує у скільки разів затрати даного верстату більші за затрати базового верстату  $k_m=1,2$ .

$$K_C = \frac{Ц \cdot 100}{3200} \quad (5.23)$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200} \quad (5.24)$$

$Ц$  – балансова вартість верстату.  $Ц=10750$  грн;

$F$  – виробнича площа верстату із врахуванням проходів:

$$F = f \cdot k_f \quad (5.25)$$

$f$  – виробнича площа верстата;

$k_f$  – коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу.

$$C_3 = 351,9 \text{ коп/год}$$

$$M = 1.$$

$$C_{ГЗ} = 217,8 \text{ коп/год}$$

$$E_H = 0,2$$

$$K_C = 335 \text{ коп/год}$$

$$K_3 = 9,4 \text{ коп/год}$$

$$C_3 = 46 \cdot 1,53 \cdot 1,5 = 351,9 \text{ коп/год}$$

$$C_{m\phi} = 46$$

$$k = 1$$

$$C_{ГЗ} = 36,3 \cdot 1,25 = 217,8 \text{ коп/год}$$

$$C_{ГЗ}^{\text{бв}} = 36,3 \text{ коп}$$

$$K_M = 1,2$$

$$K_C = \frac{10750 \cdot 100}{3200} = 335 \text{ коп./год}$$

$$Ц = 10750 \text{ грн}$$

$$F = f \cdot k_f = 1,0 \cdot 4,0 = 4,0 \text{ м}^2 \quad (5.26)$$

$$f = 1,24 \cdot 0,81 = 1,0 \text{ м}^2$$

$$k_f = 4,0$$

$$K_3 = \frac{4,0 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 9,4 \text{ коп./год}$$

$$C_{n3} = \frac{351,9}{1} + 217,8 + 0,2(335 + 9,4) = 638,58 \text{ коп./год}$$

Вартість механічної обробки:

$$C_{01} = \frac{C_{n3} \cdot T_{\text{ум}}}{60}; \quad (5.27)$$

$$C_{01} = \frac{638,58 \cdot 1,25}{60} = 13,3 \text{ коп.}$$

Тепер визначаємо для проектного варіанту:

для верстату 2Н125

$$Ц = 8250 \text{ грн}$$

$$F = f \cdot k_f$$

$k_f=4,0$  – коефіцієнт, що залежить від площі верстата.

$$f=1,13 \cdot 0,805=0,9 \text{ м}^2$$

$$F=0,9 \cdot 4,0=3,6 \text{ м}^2$$

$$M=1$$

$$C_3=351,9 \text{ коп/год}, C_{ГЗ}=217,8 \text{ коп/год}$$

$$K_C = \frac{8250 \cdot 100}{3200} = 257,8$$

$$K_3 = \frac{3,6 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 8,4$$

$$C_{n3} = \frac{351,9}{1} + 217,8 + 0,2(257,8 + 8,4) = 622,8 \text{ коп/год}$$

Вартість механічної обробки:

$$C_{02} = \frac{C_{n3} \cdot T_{um}}{60} = \frac{622,8 \cdot 1,25}{60} = 12,1 \text{ коп.}$$

Річний економічний ефект становить:

$$\Sigma = (C_{01} - C_{02}) \cdot N \quad (5.28)$$

$$\Sigma = (13,3 - 12) \cdot 1000 = 130,00 \text{ грн}$$

Розрахунок свідчить, що проектний варіант використовувати доцільніше.

### **Визначення припусків та між операційних розмірів, проектування заготовки**

Визначення між операційних та проміжних припусків на обробку виконуємо двома способами:

- розрахунково-аналітичним;
- табличним методами.

Мінімальний припуск на обробку визначаємо:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (5.29)$$

Для чорнового обточування:

$$R_{z_{i-1}} = 200 \text{ мкм}, T_{i-1} = 200 \text{ мкм}$$

$R_{z_{i-1}}, T_{i-1}$  – шорсткість та дефектний шар виливки

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\text{ном}}^2 + \rho_y^2} - \text{сумарні значення просторових відхилень}$$

$\Delta K = 0,7 \text{ мкм/мм}$  – питома кривизна виливки

$$\rho_{\text{ном}} = \Delta K \cdot l = 0,7 \cdot \frac{209}{3} = 73,15 \text{ мкм} \quad (5.30)$$

$\rho_y = 0,25 \text{ мм}$  – похибка центрування

$$\rho_{i-1} = \sqrt{0,073^2 + 0,25^2} = 0,26 \text{ мм}$$

Для напівчистового обточування:

$$R_{z-2} = 100 \text{ мкм}, T_{i-2} = 50 \text{ мкм}$$

$K_y = 0,06$  – коефіцієнт уточнення виливки

$$\rho_{i-2} = 0,06 \cdot 260 = 15,6 \text{ мкм}$$

Шліфування напівчистове:

$$R_{z_1} = 20 \text{ мкм}, T_1 = 30 \text{ мкм}$$

$$\rho_i = \rho_{i-2} \cdot K_y \quad (5.31)$$

$K_y = 0,05$  – коефіцієнт уточнення виливки

$$\rho_i = 15,6 \cdot 0,05 = 0,78 \text{ мкм}$$

Для шліфування чистового

$$R_{z_2} = 10 \text{ мкм}, T_2 = 20 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot K_y \quad (5.32)$$

$K_y = 0,03$  – коефіцієнт уточнення виливки

Малою величиною  $\rho_2$  нехтуємо.

Визначаємо мінімальні припуски:

$$1) 2Z_1 = 2(200 + 200 + 260) = 1320 \text{ мкм}$$

$$2) 2Z_2 = 2(100 + 50 + 15,6) = 331,2 \text{ мкм}$$

$$3) 2Z_3 = 2(20 + 30 + 0,78) = 101,56 \text{ мкм}$$

$$4) 2Z_4 = 2(10 + 20) = 60 \text{ мкм}$$



Визначимо розрахункові розміри

$$d_{p4} = d_{\min \delta em} = 45,002 \quad (5.33)$$

$$d_{p3} = d_{p4} + 2Z_4 = 45,002 + 0,06 = 45,062 \text{ мм} \quad (5.34)$$

$$d_{p2} = d_{p3} + 2Z_3 = 45,062 + 0,102 = 45,164 \text{ мм} \quad (5.35)$$

$$d_{p1} = d_{p2} + 2Z_2 = 45,164 + 0,331 = 45,494 \text{ мм} \quad (5.36)$$

$$d_{\text{заг}} = d_{p1} + 2Z_1 = 45,494 + 1,32 = 46,814 \quad (5.37)$$

Визначаємо допуски для переходів:

$$\delta_{\text{заг}}=1,2 \text{ мм}, \quad \delta_1=0,62 \text{ мм}, \quad \delta_2=0,16 \text{ мм}, \quad \delta_3=0,39 \text{ мм}, \quad \delta_4=0,016 \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні розміри  $D_{\max}$

$$d_{\min 4}=45,002 \text{ мм}, \quad d_{\min 3}=45,062 \text{ мм}, \quad d_{\min 2}=45,16 \text{ мм}$$

$$d_{\min 1}=45,49 \text{ мм}, \quad d_{\min \text{заг}}=46,81 \text{ мм}$$

визначаємо граничні розміри по переходах

$$d_{\max i} = d_{\min i} + \delta_i \quad (5.38)$$

$$d_{\max 4}=45,002+0,016=45,018 \text{ мм}$$

$$d_{\max 3}=45,062+0,039=45,101 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2}=45,16+0,16=45,32 \text{ мм}$$

$$d_{\max 1}=45,49+0,62=46,11 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{заг}}=46,81+1,2+48,01 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахункові значення припусків

$$2Z_{i \max} = d_{\max i-1} - d_{\min i} \quad (5.39)$$

$$2Z_{i \min} = d_{\min i-1} - d_{\min i} \quad (5.40)$$

$$2Z_{1 \max} = 48,01 - 46,114 = 1,896 \text{ мм}$$

$$2Z_{1 \min} = 46,81 - 45,494 = 1,316 \text{ мм}$$

$$2Z_{2 \max} = 46,11 - 45,32 = 0,79 \text{ мм}$$

$$2Z_{2 \min} = 45,49 - 45,16 = 0,33 \text{ мм}$$

$$2Z_{3 \max} = 45,32 - 45,101 = 0,219 \text{ мм}$$

$$2Z_{3 \min} = 45,16 - 45,062 = 0,098 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \max} = 45,101 - 45,018 = 0,083 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \min} = 45,062 - 45,002 = 0,06 \text{ мм}$$

Визначаємо загальні припуски:

$$2Z_{заг\ max} = \Sigma 2Z_{i\ max} \quad (5.41)$$

$$2Z_{заг\ min} = \Sigma 2Z_{i\ min} \quad (5.42)$$

$$2Z_{заг\ max} = \Sigma 2Z_{i\ max} = 1,896 + 0,792 + 0,219 + 0,063 = 2,99 \text{ мм}$$

$$2Z_{заг\ min} = \Sigma 2Z_{i\ min} = 1,316 + 0,334 + 0,098 + 0,06 = 1,808 \text{ мм}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск  $2Z_{заг\ ном}$  та номінальний розмір заготовки:

$$2Z_{заг\ ном} = 2Z_{заг\ min} - e_{i\ заг} - e_{i\ дет} \quad (5.43)$$

$$d_{заг\ ном} = d_{дет\ ном} + 2Z_{заг\ ном} \quad (5.44)$$

$$2Z_{заг\ ном} = 1,808 - (-0,6) - 0,002 = 2,406 \text{ мм}$$

$$d_{заг\ ном} = 45 + 2,406 = 47,406 \approx 47,41 \text{ мм}$$

Проводимо перевірку правильності:

$$2Z_{i\ max} - 2Z_{i\ min} = \delta D_{i-1} - \delta D_i \quad (5.45)$$

$$1. 1,896 - 1,316 = 0,58 \text{ мм}$$

$$1,2 - 0,62 = 0,58 \text{ мм}$$

$$2. 0,79 - 0,33 = 0,46 \text{ мм}$$

$$0,62 - 0,16 = 0,46 \text{ мм}$$

$$3. 0,219 - 0,098 = 0,121 \text{ мм}$$

$$0,16 - 0,039 = 0,121 \text{ мм}$$

$$4. 0,085 - 0,06 = 0,023 \text{ мм}$$

$$0,039 - 0,016 = 0,023 \text{ мм}$$

Дані розрахунків зводимо в таблицю.

Таблиця 5.9 - Припуски та граничні розміри на механічну обробку отвору  $\varnothing 45k6$

Технологічні переходи поверхні	Елементи припуску, мкм				$2Z_{i\ min}$ мкм	$d_{pi}$ , мм	Допуск $\delta_i$ , мм	Граничні розміри		Розр.гран.розміри	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon_y$				$d_{min\ i}$	$d_{max\ i}$	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	200	200	04,5	-		46,814	1,2	46,81	48,01		
Точіння чорнове	100	50	15,6	-	1320	45,494	0,62	45,49	46,11	1,316	1,896
Точіння напівчистове	20	30	0,78	-	331,2	45,165	0,16	45,16	45,32	0,33	0,79
Шліфування напівчистове	10	20	-	-	101,56	45,062	0,039	45,062	45,101	0,038	0,219
Шліфування чистове	1,25	-	-	-	60	45,002	0,016	45,002	45,018	0,06	0,083

$$\text{Загальний припуск: } 2Z_{min} = 1,808 \quad 2Z_{max} = 2,99$$

Таблиця 5.10 – Табличні значення припусків

Поверхні	Розміри	Припуск		Допуск
		Табличний	розрахунковий	
А	209	2,8	-	±0,9
В	M20	2,0	-	±0,2
Д	145	2,4	-	±0,8
К	Ø35	3,0	-	±0,55
Л	76	2,4	-	±0,7
Н	Ø45	2,5	2,99	±0,62
П	Ø102	2,5	-	±0,8
Р	209	2,8	-	±0,9

### **Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю**

При виборі типу і конструкції різального інструменту слід враховувати характер виробництва, метод обробки, тип верстату, розмір, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідну якість поверхні, точність обробки.

Вибір найбільш прогресивних ріжучих інструментів відповідає досягненню високих показників технологічного процесу. При цьому інструменти повинні забезпечити більш повне використання можливостей верстата.

При виборі ріжучого інструменту потрібно по можливості більш повно використовувати стандартний інструмент. В тих випадках коли використати стандартний інструмент не можливо або не вигідно, використовується спеціальний ріжучий інструмент.

Для перевірки розмірів оброблюваних поверхонь, їх шорсткості, окремих пунктів технічних вимог, потрібно використовувати засоби технологічного контролю, стандартизованих, нормалізованих або спеціальних.

Виберемо ріжучий і вимірювальний інструмент для кожної операції, і дані занесемо в таблицю 5.11.

Таблиця 5.11 – Вибір різального та вимірювального інструменту

№ п/п	Назва операції (зміст переходу)	Інструмент	
		Різальний	Вимірювальний
1	2	3	4
005	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати торець в розмір 1	Фреза торцева Т15К6 ГОСТ9473-80	Шаблон спеціальний 209h14
010	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати торець в розмір 2	Фреза торцева Т15К6 ГОСТ9473-80	Шаблон спеціальний 209h14
015	Радіально-свердлильна 1.Свердлити центрувальний отвір І 2.Перевстановити деталь 3.Свердлити центрувальний отвір ІІ	Свердло Ø27,5 2317-0018 ГОСТ14952-75	Шаблон спеціальний 8321-4082
020	Токарно-гвинторізна 1.Обточити деталь в розмір 3, 6 2.Обточити деталь в розмір 2, 7 3. Обточити деталь в розмір 4, 5 4.Точити фаску в розмір 1 5.Точити фаску в розмір 8	Різець Т15К6 ГОСТ18877-73 Різець Т15К6 ГОСТ18879-73	Скоба 18,31 8113-4364
025	Токарно-гвинторізна Точити канавку в розмір 1, 2	Різець Т15К6 ГОСТ18884-73	ШЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-80
030	Шпонково-фрезерна Фрезерувати шпонковий паз в розмір 1, 2, 3, 4	Фреза 2234-4019	Базовий калібр 8154 Калібр призма 8314- 4019-0,2 ШЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-80
35	Токарно-гвинторізна 1. Точити деталь в розмір 1, 2 2. Точити фаску в розмір 3, 4	Різець Т15К6 ГОСТ18887-73 Різець Т15К6	Скоба 8153-4192 ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-80
040	Вертикально-свердлильна Свердлити отвір в розмір 1, 2	Свердло Ø4 ГОСТ10902-77	ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-80
045	Різьбо накатна Накатати різьбу в розмір 1	Ролики накатні 1417-4021	Кільце 8211-0080 ГОСТ17763-72 Кільце 8221-1080 ГОСТ17764-72
050	Токарно-гвинторізна Калібрувати різьбу в розмір 1	Різець Т15К6 ГОСТ18885-73	Кільце 8211-0080 ГОСТ17763-72 Кільце 8221-1080 ГОСТ17764-72
055	Круглошліфувальна Шліфувати поверхню в розмір 1	Круг шліфувальний ПП750х80х305 2А40С 50м/с ГОСТ2424-83	Скоба 8113-0257 ГОСТ16776-71 ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-80
060	Круглошліфувальна Шліфувати поверхню в розмір 3	Круг шліфувальний ПП750х80х305 2А40С 50м/с ГОСТ2424-83	Скоба 8113-0266 ГОСТ16776-71 ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-80
065	Токарно-гвинторізна Точити деталь в розмір 6, 2	Різець Т15К6 ГОСТ18879-73	Скоба 8153-4192 ГОСТ16776-71 Скоба 8113-0351 ГОСТ16776-71

## Розрахунок режимів різання по операціях

Розрахунок режимів різання виконуємо на одну операцію розрахунково-аналітичним методом, на решту операцій – табличним. Розрахунково-аналітичний розрахунок проводимо для операції 020 обробки розміру  $\varnothing 35,8h11$ .

1. Визначаємо глибину різання, вона рівна припуску  $t=0,45$  мм.

2. Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = l_{piz} + y \quad (5.46)$$

$l_{piz}=69$  – довжина різання

$y=4$  мм – довжина підводу, врізання і перебігу

$$L_{p.x}=69+4=73 \text{ мм}$$

3. Назначаємо подачу

$$S=0,66 \text{ мм/об}$$

4. Період стійкості.

$$T_P = T_M \cdot \lambda \quad (5.47)$$

$$T_M=60 \text{ хв}$$

$\lambda$  - коефіцієнт часу різання.

$$\lambda = \frac{l_{piz}}{l_{p.x}} \quad (5.48)$$

$$\lambda = \frac{69}{73} = 0,95$$

Якщо  $\lambda > 0,7$ , тоді коефіцієнт  $\lambda$  не враховують.

5. Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T_M \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (5.49)$$

$$C_v=350, x=-0,15, y=0,35, m=020$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (5.50)$$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив фізико-хімічних властивостей

$$K_{mv} = Kr \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (5.51)$$

$\sigma_B=430$  МПа;

$K_r=1, n_v=1$ ;

$$K_{mv} = 1 \left( \frac{750}{430} \right)^1 = 1,74$$

$K_{mv}=0,8$  – коефіцієнт, що враховує вплив поверхні заготовки;

$K_{uv}=0,65$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

$$K_v = 1,74 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,9$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,45^{0,15} \cdot 0,66^{0,35}} \cdot 0,9 = 175 \text{ м/хв.}$$

При обробці сталених відливок швидкість різання множать на поправочний коефіцієнт 0,8  $v = 175 \cdot 0,8 = 140$  м/хв.

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \quad (5.52)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 358} = 1245 \text{ об/хв.}$$

З паспорту верстату отримаємо:

$$n=1250 \text{ об/хв.}$$

7. Основний час визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S \cdot n} \quad (5.53)$$

$$T_0 = \frac{73}{0,66 \cdot 1250} = 0,1 \text{ хв}$$

8. Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (5.54)$$

$C_p=300, x=1,0, y=0,75, n=-0,15$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (5.55)$$

$K_{MP}$  – коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (5.56)$$

$$n=0,75$$

$$K_{MP} = \left( \frac{430}{750} \right)^{0,75} = 0,66$$

Згідно [ , с. 275]:

$K_{\phi p}=0,94$  – коефіцієнт, залежний від кута в плані;

$K_{\gamma p}=1,1$  – коефіцієнт, залежний від переднього кута;

$K_{\lambda p}=1,0$  – коефіцієнт, залежний від кута нахилу головного леза;

$K_{rp}=1,0$  – коефіцієнт, залежний від радіусу при вершині кута:

$$K_p = 0,66 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,68$$

$$K_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,45^{1,0} \cdot 0,65^{0,75} \cdot 140^{-0,15} \cdot 0,68 = 322 \text{ Н}$$

9. Розраховуємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (5.57)$$

$$N = \frac{322 \cdot 140}{1020 \cdot 60} = 0,7 \text{ кВт}$$

10. Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстату для обробки деталі на даній позиції:

$$N_{piz} \leq N_{um} \quad (5.58)$$

$$N_{um} = N_{\partial b} \cdot \eta \quad (5.59)$$

$N_{\partial b} = 11 \text{ кВт}$  (згідно паспорту верстата)

$\eta = 0,8$  – коефіцієнт корисної дії

$$N_{um} = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт}$$

$$N_{piz} = 0,7 \text{ кВт} \leq N_{um} = 8,8 \text{ кВт}$$

Отже умова виконується.

Таблиця 5.12 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції та зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T <sub>м</sub> , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв.	S <sub>м</sub> , мм/хв	T <sub>о</sub> , хв.	T, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Горизонтально-фрезерна Фрезерувати торець в розмір 1	2	260	1	60	315	250	80	-	0,87	3,2
010 Горизонтально-фрезерна Фрезерувати торець в розмір 3	2	190	1	60	315	250	80	-	0,61	3,9
015 Радіально-свердлильна 1. Свердлити центровий отвір I	2	18	1	50	ручн	800	21,3	-	0,23	1,7
2. Свердлити центровий отвір II	2	18	1		ручн	800	21,3	-	0,23	1,7
020 Токарно-гвинторізна 1. Точити деталь в розмір 3, 6	2	180	1	150	0,17	313	44	-	3,4	1,3
2. Точити деталь в розмір 2, 7	0,45	73	1	60	0,66	250	175	-	0,1	0,7
3. Точити деталь в розмір 4, 5	2	70	3	150	0,17	313	44	-	4,0	0,8
4. Точити фаску в розмір 1	1,6	5	2	70	ручн	313	44	-	0,68	1,35
5. Точити фаску в розмір 8	-	8	2	60	ручн	313	35	-	0,29	0,4
025 Токарно-гвинторізна Точити канавку в розмір 4, 2	-	10	1	60	ручн	313	45	-	0,59	1,2
030 Шпонково-фрезерна Фрезерувати шпонковий паз в розміри 1, 2, 3, 4	0,2	47	27	30	450	560	17,6	-	2,65	1,9
035 Токарно-гвинторізна 1. Точити деталь в розмір 1, 2	-	36	1	60	0,195	250	40	-	2,3	1,4
2. Точити фаску в розмір 3, 4	1,6	5	-	70	ручн	250	40	-	0,6	1,2
040 Вертикально-свердлильна Свердлити отвір в розмір 1, 2	2,0	23	1	20	0,05	310	8,9	-	0,65	1,6
045 Різбонакатна Накатати різьбу в розмір 1	-	26	1	30	2,5	20		-	0,7	9,3
050 Токарно-гвинторізна Калібрувати різьбу в розмір 1	-	26	1	60	2,5	200	12,6	-	0,98	1,1
055 Круглошліфувальна Шліфувати поверхню в розмір 1	0,4	70	-	60	0,28	130	18,7	-	2,12	3,5
060 Круглошліфувальна Шліфувати поверхню в розмір 3	0,5	40	-	60	0,28	130	18,37	-	2,14	3,9
065 Токарно-гвинторізна Точити деталь в розмір 6, 2	-	36	2	60	0,195	250	40	-	2,3	1,2



Режим обробки деталі – найважливіший фактор реалізації технологічного процесу. Вибором режимів різання стали такі дані: відомості про заготовку, вид заготовки, матеріал та його характеристики; припуски та характер їх розташування, стан поверхневого шару, дані про деталь, яка обробляється (робоче креслення, технічні умови), форма, розміри та допуски на обробку, допустимі відхилення від геометричної форми, допустимі похибки взаємного розміщення окремих поверхонь.

При розрахунку режимів різання основною умовою, для того, щоб відбувалось різання є значення потужності різання, що має бути меншим від потужності шпинделя. В даному випадку, ці умови виконуються.

### **Вибір обладнання та визначення його кількості. Побудова графіків завантаження та використання обладнання**

Визначаємо розрахункову кількість верстатів за формулою:

$$m_p = \frac{T_{um}}{t_g}, \quad (5.60)$$

де  $T_{um}$  – штучний час по операціях

$t_g$  – такт випуску,  $t_g=12,2$ .

1) Для операцій 005 та 010:

$$m_p = \frac{2,8}{12,2} = 0,2 \text{ Приймаємо 1 верстат.}$$

2) Для операції 015:

$$m_p = \frac{1,12}{12,2} = 0,1 \text{ Приймаємо 1 верстат.}$$

3) Для операцій 020, 025, 035, 050 та 070:

$$m_p = \frac{29,03}{12,2} = 2,4 \text{ Приймаємо 3 верстат.}$$

4) Для операцій 030:

$$m_p = \frac{3,12}{12,2} = 0,3 \text{ Приймаємо 1 верстат.}$$

5) Для операції 040:

$$m_p = \frac{1,25}{12,2} = 0,1 \text{ Приймаємо 1 верстат.}$$

6) Для операції 045:

$$m_p = \frac{0,92}{12,2} = 0,1 \text{ Приймаємо 1 верстат.}$$

7) Для операції 055 та 060:

$$m_p = \frac{6,82}{12,2} = 0,6 \text{ Приймаємо 1 верстат.}$$

Коефіцієнти завантаження обладнання розраховуємо за формулою:

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_{i0}} \quad (5.61)$$

де  $m_{np}$  – прийнята кількість верстатів.

1) Для операцій 005 та 010:

$$\eta_3 = \frac{0,2}{1} = 0,2$$

2) Для операції 015:

$$\eta_3 = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

3) Для операцій 020, 025, 035, 050 та 070:

$$\eta_3 = \frac{2,4}{3} = 0,8$$

4) Для операції 030:

$$\eta_3 = \frac{0,3}{1} = 0,3$$

5) Для операції 040:

$$\eta_3 = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

6) Для операції 045:

$$\eta_3 = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

7) Для операцій 055 та 060:

$$\eta_3 = \frac{0,6}{1} = 0,6$$

Середній коефіцієнт завантаженості визначаємо:

$$\eta_{\text{сн\ddot{a}\delta}} = \frac{\sum m_p}{m_{\text{i\ddot{o}}}}$$

$$\eta_{\text{сн\ddot{a}\delta}} = \frac{0,2 + 0,1 + 2,4 + 0,3 + 0,1 + 0,1 + 0,6}{1 + 1 + 3 + 1 + 1 + 1 + 1} = 0,42$$

За отриманими розрахунками в залежності від коефіцієнта завантаження та кількості верстатів будемо графік завантаження обладнання.

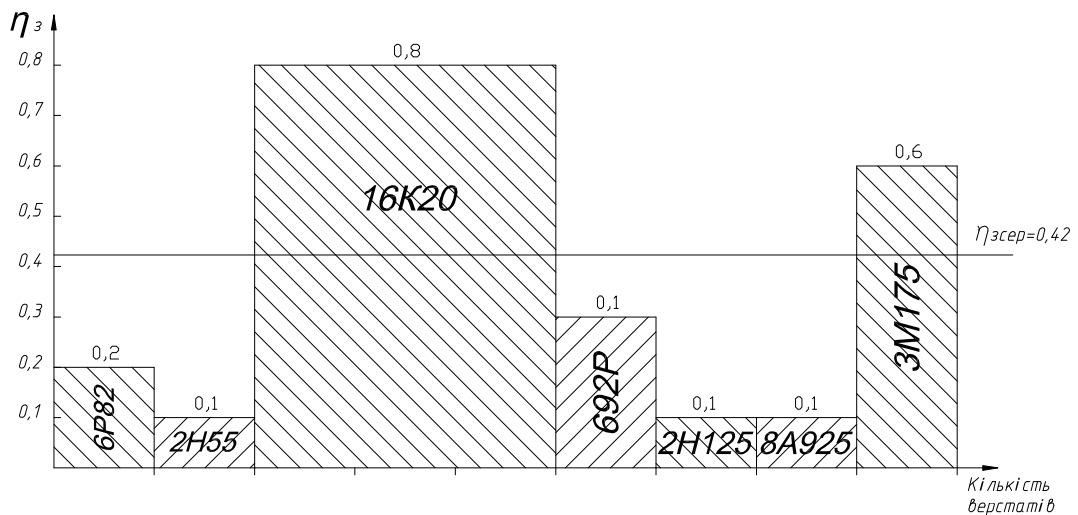


Рисунок 5.4 – Графік завантаження обладнання

Визначаємо коефіцієнти використання обладнання по основному часу за формулою:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{од. \ddot{e}}}} \quad (5.63)$$

1) Для операцій 005 та 010:

$$\eta_o = \frac{1,48}{2,72} = 0,54$$

2) Для операції 015:

$$\eta_o = \frac{1,46}{0,8} = 0,58$$

3) Для операцій 020, 025, 035, 050 та 070:

$$\eta_o = \frac{20,57}{43,9} = 0,47$$

4) Для операції 030:

$$\eta_o = \frac{2,65}{4,9} = 0,54$$

5) Для операції 040:

$$\eta_o = \frac{0,65}{1,1} = 0,59$$

6) Для операції 045:

$$\eta_o = \frac{0,7}{1,16} = 0,6$$

7) Для операцій 055 та 060:

$$\eta_o = \frac{4,26}{8,96} = 0,48$$

Визначаємо середній коефіцієнт використання обладнання за формулою:

$$\eta_{інд} = \frac{\sum \eta_i}{n} \quad (5.64)$$

$$\eta_{інд} = \frac{0,54 + 0,58 + 0,47 + 0,54 + 0,59 + 0,6 + 0,48}{7} = 0,54$$

Будуємо графік використання обладнання.

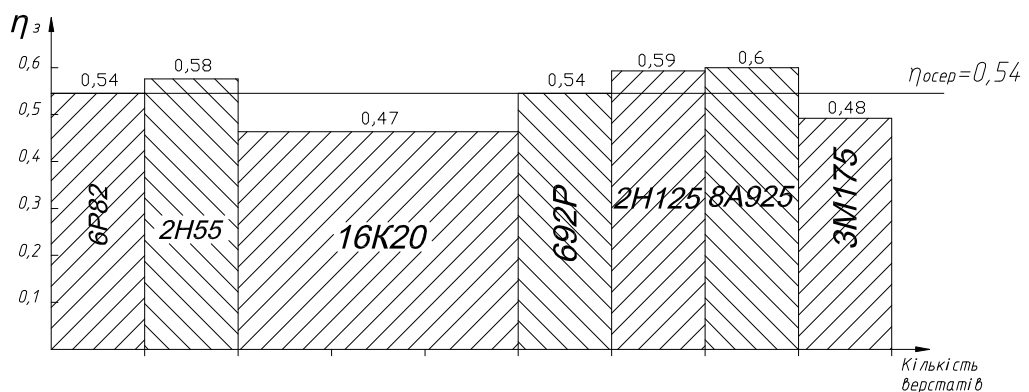


Рисунок 5.5 – Графік використання обладнання за основним часом

Величину використання обладнання за потужністю визначаємо за формулою:

$$\eta_N = \frac{N_p}{N_B} \quad (5.65)$$

$N_p$  – розрахункова потужність;

$N_B$  – потужність приводу верстату.

1) Для операцій 005, 010:

$$\eta_N = \frac{3,2+3,9}{7,5} = 0,94$$

2) Для операції 015:

$$\eta_N = \frac{3,4}{4} = 0,85$$

3) Для операцій 020, 025, 035, 050 та 070:

$$\eta_N = \frac{10,65}{11} = 0,96$$

4) Для операції 030:

$$\eta_N = \frac{1,9}{2,3} = 0,82$$

5) Для операції 040:

$$\eta_N = \frac{1,6}{2,2} = 0,73$$

6) Для операцій 045:

$$\eta_N = \frac{9,3}{15} = 0,62$$

7) Для операцій 055 та 060:

$$\eta_N = \frac{7,4}{12} = 0,6$$

Визначаємо середній коефіцієнт використання обладнання по потужності:

$$\eta_{N\bar{a}\bar{o}} = \frac{0,94+0,85+0,96+0,82+0,73+0,62+0,6}{7} = 0,78$$

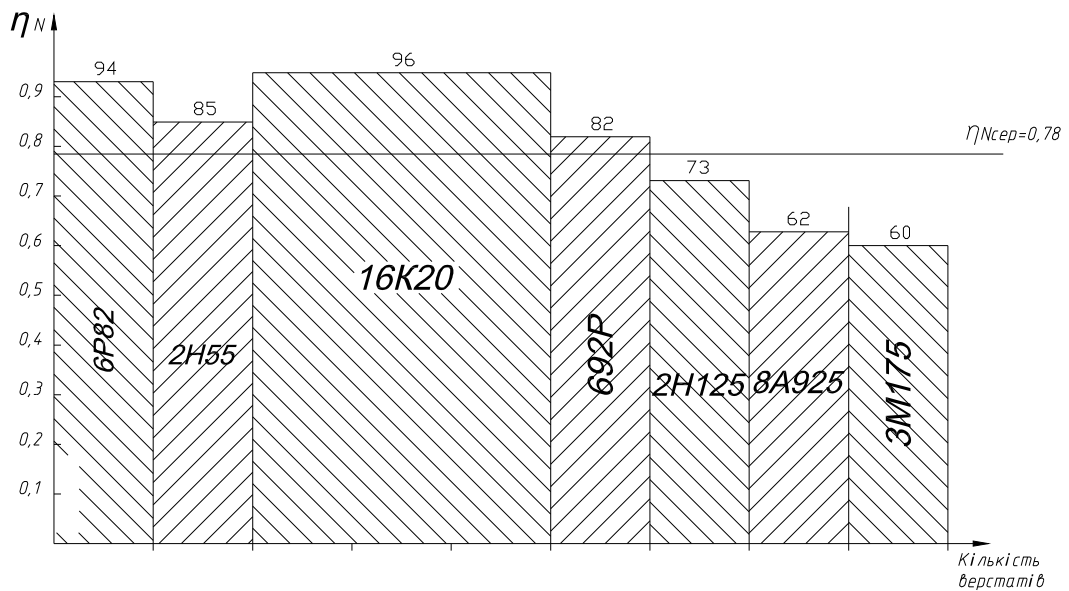


Рисунок 5.6 – Графік використання обладнання по потужності

### 5.3. Розробка спеціальних верстатних та контрольних пристроїв

#### Кондуктор для свердління отвору Ø4 мм

Кондуктор для свердління отвору Ø4 мм складається з корпусу 1, призми 4. До корпусу вона кріпиться штифтами 15 та гвинтами 12. Деталь встановлюється поверхнею Ø35 на призму і впирається торцем Г у планку Б. В планці 5 є отвір, у який деталь встановлена Ø20. До призми планка кріпиться болтом. В кондукторній плиті встановлена перехідна втулка 21, в яку в свою чергу встановлена втулка для направлення свердла 19, що притискається спеціальним гвинтом 17. Кондукторна плита кріпиться до корпусу за допомогою болтів 10 та штифтів 14. Свердління здійснюється так: свердло на холостому ході підводиться до деталі через втулку 19, свердлиється отвір, свердло відводять, після чого деталь знімають з пристосування.

## **Пристосування для фрезерування шпонкового пазу 10P10**

Пристосування для фрезерування шпонкового пазу 10P10 складається з корпусу 3, пневмоциліндру, за допомогою якого здійснюється затиск деталі, поршня 11 з двома кільцями 40, штока 9 на якому розміщена базуюча призма 8, двох затискних планок 7, фіксатора 14, втулки 10 та кришки 4.

Принцип роботи даного пристосування наступний: коли поршень пневмоциліндру 11 знаходиться в крайньому нижньому стані, тоді встановлюємо заготовку на опорну призму 8. Вона впирається до фіксатора 14. Коли повітря через розподільник 1 подається в безштокову порожнину, тоді поршень 11 піднімається. Він притискає заготовку до затискних планок 7 і фіксує їх. Після фрезерування шпонкового пазу стиснуте повітря подається в штокову порожнину і поршень 11 опускається вниз. Внаслідок цього здійснюється розтиск деталі, після чого її знімають з пристосування.

## 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 6.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень.

#### Оцінка технічного рівня виробу

Збільшення виробництва і зниження собівартості коренеплодів кормових буряків суттєво обмежується низьким рівнем механізації їх збирання, яке складає 30 – 50 % від загальних затрат праці. Зменшення затрат праці на збиранні коренеплодів досягається подальшим удосконаленням всіх елементів технологічного процесу і перш за все – очищення вороху коренеплодів, на ручне виконання якого припадає більше 30 % трудових затрат на збиранні.

Аналіз роботи очисних робочих органів коренезбиральних машин показав, що вони не забезпечують необхідної якості роботи на важких і середніх ґрунтах в умовах надмірної або низької вологості і в них не повністю розкриті переваги і можливість використання принципу та ефекту косого співударяння коренеплодів з робочими поверхнями, який забезпечує їх мінімальні пошкодження.

З метою підвищення ефективності роботи коренезбиральних машин розроблено технологічну схему комбінованого очисника вороху коренеплодів, які вирощені на важких і середніх ґрунтах (рис. 2.11).

Основними критеріями оцінки якості роботи очисників вороху коренеплодів є показники пошкодження коренеплодів поверхнями робочих органів і ступеня відокремлення від них домішок.

Але запропонований варіант інженерного рішення має і недолік - з'являються витрати на величину додаткових капітальних вкладень, пов'язаних із розробкою нової конструкції машини.

Якщо вважати, що заміна конструкції проводиться при підготовці машини до нового сезону (під час проведення планового капітального ремонту), то витрати на зміну конструкції очисника вороху коренеплодів не



впливатимуть на сезонну продуктивність машини, і експлуатаційні витрати залишатимуться на базовому рівні.

Порівняльний аналіз значень якості виробу проводиться для всіх конструктивних варіантів і має два етапи [19]:

1. Експертний етап передбачає порівняння значень показників якості нового виробу за варіантами з показниками базового виробу та може призвести до наступних результатів:

а) всі показники даного варіанту перевищують базові більше, ніж на 5 %. Даний варіант вважається проектом і піддається подальшій розробці, в тому числі і економічному обґрунтуванню;

б) всі показники даного варіанту гірші базових більше, ніж на 3 %. Даний варіант виключається із подальшої розробки;

в) деякі показники варіантів кращі, деякі гірші від базових. Тут необхідний наступний розрахунковий етап.

2. Розрахунковий етап передбачає:

а) визначення значень відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно до формул:

$$q_i = \frac{k_{2_i}}{k_{1_i}} - \text{для бажаних показників}; \quad (6.1)$$

$$q_i = \frac{k_{1_i}}{k_{2_i}} - \text{для небажаних показників}, \quad (6.2)$$

де  $k_{2_i}$  - показник якості нового виробу;  $k_{1_i}$  - показник якості базового виробу;

$i = \overline{1, n}$  - номенклатура показників якості;

б) розрахунок узагальненого показника:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (6.3)$$

де  $Q$  – узагальнений показник якості продукції;

$n$  – кількість показників, що складають номенклатуру.

Задовільним проектом вважається варіант нового виробу, у якого  $Q > 1.05$ . Це значення заноситься в карту технічного рівня і якості виробу.

Так як темою дипломної роботи є удосконалення складової частини машини (комплектуючий виріб), то узагальнений показник розраховується на машину в цілому.

Визначаємо значення відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно формул:

для бажаних показників:

$$q_1 = \frac{10}{8} = 1.25; q_2 = \frac{2,7}{2,7} = 1; q_3 = \frac{1.5}{1.1} = 1.36; q_4 = \frac{200}{200} = 1; q_5 = \frac{1400}{1200} = 1.17;$$

$$q_6 = \frac{7}{6} = 1.17; q_7 = \frac{75}{65} = 1,15; q_{12} = \frac{56}{75} = 0.75;$$

для небажаних показників:

$$q_8 = \frac{2}{1.5} = 1,3; q_9 = \frac{13.1}{13.7} = 0.96; q_{10} = \frac{2400}{2200} = 1,1; q_{11} = \frac{20}{15} = 1.3.$$

Розраховуємо узагальнений показник:

$$Q = \frac{1.25 + 1 + 1.36 + 1 + 1.17 + 1.17 + 1.15 + 1.3 + 0.96 + 1.1 + 1.3 + 0.75}{12} \approx 1,126.$$

Результати розрахунків заносимо у карту технічного рівня і якості продукції (таблиця 6.1) [19].

## Карта технічного рівня і якості продукції (форма 2 ГОСТ2.116-84)

Група, назва, одиниця показників якості виробу	Бажаність “+”, “-”	Значення за конструктивними варіантами		
		Базового виробу, $k_1$	Нового виробу	
			$k_2$	$q$
1. Призначення				
Робоча швидкість, км/год.	+	8	10	1,25
Ширина захвату, м	+	2,7	2,7	1
Продуктивність, га/год.	+	1,1	1,5	1,36
Сезонне напрацювання, год	+	200	200	1
2. Надійність				
Термін напрацювання до відмови, год	+	1200	1400	1,17
Гарантійний термін роботи, років	+	6	7	1,17
Ремонтпридатність, %	+	65	75	1,15
3. Якість				
Пошкодження коренеплодів, %	-	2,0	1,5	1,3
4. Економне використання ресурсів				
Витрати палива, л/год	-	13,1	13,7	0,96
Затрати на технічне обслуговування та ремонт, грн/рік	-	2400	2200	1,1
5. Обмеження шкідливих впливів				
Забруднення вороху, %	-	20	15	1,3
6. Стандартизація і уніфікація				
Відношення уніфікованих вузлів до неуніфікованих, %	+	75	56	0,75

## 6.2. Визначення техніко-економічних показників

Показники економічної ефективності використання коренезбиральної машини з встановленим на ній гвинтово-вальцьовим очисником визначав в порівнянні з базовою машиною МКК-6, призначеною для збирання кормових буряків.

Порівняння економічної ефективності базової МКК-6 та нової удосконаленої машини, в функціональну схему якої введено гвинтово-вальцьовий очисник, проведемо за рівнем приведених затрат на операції збирання кормових буряків.

Приведені затрати на одиницю зібраної площі  $П_{пр}$  (грн./га) визначаємо за формулою:

$$П_{пр} = C_{пр} + E \cdot K_{нк}, \quad (6.4)$$

де  $C_{пр}$  - прямі експлуатаційні затрати, грн./га;

$E$  - нормативний коефіцієнт капітальних вкладень, ( $E = 0,15$ );

$K_{нк}$  - питомі капітальні вкладення, грн./га.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю зібраної площі визначаємо за формулою:

$$C_{пр} = C_{зн} + C_{рен} + C_{рем} + C_{пмм} + C_{ін}, \quad (6.5)$$

де  $C_{зн}$  - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн./га;

$C_{рен}$  - затрати на реновацію, грн./га;

$C_{рем}$  - затрати на ремонт і планово-технічне обслуговування, грн./га;

$C_{пмм}$  - затрати на паливно-мастильні матеріали, грн./га;

$C_{ін}$  - інші прямі затрати (вартість додаткових матеріалів), грн./га.

Затрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу визначаємо:

$$C_{зн} = (n \cdot r) K_n / W, \quad (6.6)$$

де  $n$  - кількість робітників, що працюють по  $i$ -му розряду ( $n = 1$ );

$r$  – тарифна ставка тракториста ( $r = 15$  грн./год.);

$K_n$  - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату ( $K_n = 1,375$ );

$W$  – продуктивність машини за годину змінного часу, га/год.

Продуктивність базової машини МКК-6 – 1,1 га/год. За рахунок встановлення на базову машину МКК-6 комбінованого гвинтово-вальцевого очисника продуктивність удосконаленої машини становить 1,5 га/год – підвищення продуктивності обумовлене покращенням процесу сепарації викопаного вороху шляхом інтенсифікації процесу розмежування напрямків руху коренеплодів і домішок.

Тоді затрати на заробітну плату по базовій і удосконаленій машинах складуть:

$$C_{zn(\bar{b})} = (1 \cdot 1,5)1,375/1,1 = 18,7 \text{ (грн./га);}$$

$$C_{zn(y)} = (1 \cdot 1,5)1,375/1,5 = 13,7 \text{ (грн./га).}$$

Затрати на реновацію та ремонт обчислюємо за аналогічними формулами:

$$C_{рен(рем)} = B \cdot a_{рен(рем)} / 100TW, \quad (6.7)$$

де  $B$  – балансова вартість машини, грн., відповідно  $B_{(\bar{b})} = 43786$  грн.;  $B_{(y)} = 44318$  грн.;

$\alpha_{рен(рем)}$  - коефіцієнт відрахувань на реновацію (ремонт) машини, при цьому  $a_{рен} = 14,3\%$ ;  $a_{рем} = 7\%$ ;

$T$  – річне завантаження машини,  $T_{(\bar{b})} = T_{(y)} = 540$  год.

Тоді затрати на реновацію та ремонт базової і удосконаленої машини складуть:

$$C_{рен(\bar{b})} = 43786 \cdot 0,143 / 100 \cdot 1,1 = 68,9 \text{ грн./га;}$$

$$C_{рен(y)} = 44318 \cdot 0,143 / 100 \cdot 1,5 = 50,5 \text{ грн./га}$$

$$C_{рем(\bar{b})} = 43768 \cdot 0,07 / 100 \cdot 1,1 = 33,7 \text{ грн./га;}$$

$$C_{рем(y)} = 44318 \cdot 0,07 / 100 \cdot 1,5 = 24,7 \text{ грн./га}$$

Затрати на паливо-мастильні матеріали розраховували за формулою:

$$C_{пмм} = g_{пмм}Ц_{пмм}, \quad (6.8)$$

де  $g_{пмм}$  - витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га,  $g_{пмм(б)} = 13,1$ кг/га;

$g_{пмм(у)} = 13,7$ кг/га;

$Ц_{пмм}$  - ціна паливо-мастильних матеріалів, грн./кг,  $Ц_{пмм} \approx 21$  грн./кг.

Тоді затрати на паливо-мастильні матеріали будуть:

$$C_{пмм(б)} = 13,1 * 21 = 196,50 \text{ (грн./га);}$$

$$C_{пмм(у)} = 13,7 * 21 = 205,50 \text{ грн./га.}$$

Інші прямі затрати вираховували за формулою:

$$C_{ін} = g_m Ц_m, \quad (6.9)$$

де  $g_m$  - витрата додаткових матеріалів, кг/га,

$$g_m = (B_{(б)} - B_{(у)}) / T * W = 532 / 540 * 1,5 = 0,66 \text{ (кг/га);}$$

$Ц_m$  - ціна додаткових матеріалів, грн./кг,  $Ц_m = 16,7$ грн/кг.

Тоді  $C_{ін(у)} = 0,66 * 16,7 = 11,02$  грн./га.

Тоді прямі експлуатаційні затрати по базовій і удосконаленій машині будуть складуть згідно формули (4.5):

$$C_{np(б)} = 18,7 + 68,9 + 37,7 + 196,50 = 321,8 \text{ (грн./га);}$$

$$C_{np(у)} = 13,7 + 50,5 + 24,7 + 205,50 = 294,4 \text{ (грн./га).}$$

Питомі капітальні вкладення на машину визначали за формулою:

$$k_{num} = B / (TW), \quad (6.10)$$

$$k_{num(б)} = 43786 / 540 * 1,1 = 73,71 \text{ грн./га;}$$

$$k_{num(у)} = 44318 / 540 * 1,5 = 54,71 \text{ грн./га.}$$

Загальні приведені затрати базової і удосконаленої машини знаходимо за формулою (4.4), підставляючи значення прямих експлуатаційних затрат, питомих капіталовкладень і значення нормативного коефіцієнта:

$$П_{np(б)} = 321,8 + 0,15 * 73,71 = 332,86 \text{ грн./га};$$

$$П_{np(y)} = 294,4 + 0,15 * 54,71 = 302,61 \text{ грн./га}.$$

Як видно із наведених розрахунків, балансова вартість базової машини МКК-6 становить 43768 грн. , а удосконаленої – 44318 грн., або більше на 10,12% .

Однак, встановлено, що змінна продуктивність нової коренезбиральної машини збільшилась з 1,1 га/год. у серійної машини РКК–6-03 до 1,5 га/год., або на 13,5 %. Збільшення продуктивності нової машини привело до зменшення приведених затрат з 142,59 грн./га у базової машини до 95,80 грн./га у вдосконаленої, або на 14,9 %.

Річний економічний ефект від застосування машини оснащеної гвинтово-вальцьовим очисником визначаємо за формулою:

$$E_{p.e} = (П_{np(б)} - П_{np(y)}) \cdot B, \quad (6.11)$$

де  $B$  – площа, яку збирає машина за рік, га;  $B = 150$  (га);

$U$  – середня урожайність кормових буряків, 350 ц/га.

$$E_{p.e} = (332,86 - 302,61) * 150 = 4537,5 \text{ грн.}$$

Термін окупності вкладень в удосконалену машину:

$$T_{ок} = (B_y - B_б) / E_{p.e} = (44318 - 43786) / 4537,5 = 0,12 \text{ (року)}.$$

Загальні витрати потужності на привід робочих органів і виконання технологічного процесу у нової машини склали 39,8 кВт, а у базової – 36,8 кВт, тобто загальні витрати потужності нової машини зростають на 10,8 %, що пояснюється додатковим встановленням на неї комбінованого гвинтово-вальцевого очисника.

Затрати праці по комплексу робіт при збиранні кормових буряків удосконаленою машиною склали 6,55 люд.год./га, а у серійної машини відповідно 7,6 люд.год./га, тобто затрати праці у нового зразка машини знизилися на 15 %. Зниження затрат праці отримано за рахунок збільшення продуктивності дослідного зразка, підвищення якої досягається використанням розробленого комбінованого гвинтово-вальцевого очисника.

Прямі експлуатаційні затрати зменшилися на 8,5 % і склали у новій машині 294,4 грн./га, а у базовій – 321,8 грн./га за рахунок покращення показників якості виконання технологічного процесу збирання, тобто в нашому випадку за рахунок зменшення домішок в воросі зібраних коренеплодів.

Витрати ручної праці при виробництві коренеплодів кормових буряків знижуються майже в 3 рази за рахунок виключення ручної праці на операції ручного доочищення зібраного вороху.

Показники економічної ефективності використання удосконаленої машини наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2.

Показники економічної ефективності

№ п/п	Показники	Значення показників		Зниження (підвищення) показників
		Базова машина	Нова машина	
1	Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	321,8	294,4	8,5 %
2	Приведені затрати, грн./га	332,86	302,61	9%
3	Продуктивність машини, га/год.	1,1	1,5	13,5%
4	Питомі капіталовкладення, грн./га	73,71	54,71	13,4%
5	Затрати праці по комплексу робіт, люд.год./га	7,6	6,55	15%
6	Витрати ручної праці, рази	–	–	3 рази
7	Річний економічний ефект, грн.	–	4537,5	–
8	Строк окупності, років	–	0,12	–

Річний економічний ефект від застосування машини оснащеної гвинтово-вальцьовим очисником становить 4537,5 грн.



### **6.3. Організація виробництва сільськогосподарської техніки**

Сучасне виробництво розглядається як процес, успішний розвиток якого обумовлений комплексним рішенням задач на всіх рівнях керування. Саме перехід від розгляду окремо узятих процесів і засобів виробництва до комплексного їхнього розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і технічними засобами складає головну особливість машинобудування.

Сучасний виробничий процес – це єдиний взаємозалежний комплекс технологічних процесів, устаткування і засобів вимірів, що охоплює різноманітні сторони процесу – від одержання заготовок до виходу готової продукції [6].

Технологічні процеси і засоби виробництва органічно зв'язані між собою. Зміна одних викликає зміна інших, тому перехід до таких систем зв'язаний зі створенням нової технології.

Вирішувати задачу прискорення науково-технічного прогресу на підприємствах можна тільки шляхом комплексного впливу на всі елементи виробничого процесу.

Це у свою чергу вимагає перебудови системи підготовки виробництва як в окремих галузях, так і в народному господарстві. Така перебудова є однією з важливих народногосподарських проблем. У її рішенні особливе місце приділяється стандартизації як одному з найважливіших засобів удосконалювання елементів виробництва. Крім застосування принципів уніфікації необхідно застосовувати методи автоматизованого проектування, проводити всебічне відпрацювання конструкцій виробів на технологічність і контрольні іспити досвідчених зразків і їхніх елементів.

Високий технічний рівень виробів є головною передумовою технічного прогресу. Економічний ефект від використання нового виробу визначається його технічним рівнем і функціональною організованістю, які прораховуються розробниками і (або) замовниками нової техніки.

Ефект від збільшення масштабів випуску нової техніки на стадії її освоєння і його величина визначаються організаційними заходами, що проводяться інженерами на стадіях розробки, технічної підготовки і освоєння випуску нових виробів. Ефект від застосування нової техніки у суміжних областях можуть визначити тільки фахівці даної галузі. Це здійснюється використанням інверсної форми функціонально-вартісного аналізу.

Ефект, що залежить від економії дефіцитних ресурсів виникає у тих випадках, коли при розробці нових виробів створені передумови заміни гостродефіцитних і шкідливих матеріалів на недефіцитні. Цей ефект виникає тоді, коли можливо автоматизувати технологічні процеси і організувати роботу за так званою безвідходною технологією, вивільнивши один з найбільш дефіцитних видів ресурсів – робочу силу.

Тісний взаємозв'язок конструкції, технології і організації виробництва зумовлює необхідність комплексного розв'язання цих питань при вдосконаленні продукції, що випускається і створенні нової. Найважливішими показниками, в яких знаходиться відображення якості технічних рішень, є собівартість продукції і експлуатаційні витрати при її використанні [6].

Для того, щоб продукція, що випускається, відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентоздатною і задовольняла різностороннім вимогам споживачів, на всіх етапах циклу створення і освоєння нової техніки потрібне проведення комплексу аналітичних робіт.

Об'єктом інженерного аналізу є фізичні процеси при функціонуванні виробів, шляхи забезпечення його працездатності; техніко-економічний аналіз пов'язаний з використанням зовнішніх зв'язків виробу з виробництвом, споживанням.

На сучасному етапі побудови матеріально-технічної бази особливого значення набуває прискорення темпів науково-технічного прогресу шляхом своєчасного використання передових досягнень науки, техніки і виробничого досвіду, обумовлених науково-технічною революцією.

Науково-технічний прогрес машинобудування в сучасних умовах характеризується частою зміною об'єктів виробництва і підвищенням їхнього технічного рівня і якості, збільшенням одиничної потужності і продуктивності машин, зниженням їхньої металоємності, використанням якісно нових матеріалів, інтенсифікацією технологічних процесів і режимів роботи устаткування, упровадженням принципово нових технологічних процесів, їхньою автоматизацією із широким використанням ЕОМ.

Моральне старіння машин і приладів найчастіше настає значно швидше їхнього фізичного старіння. Терміни стійкого масового чи серійного виробництва виробів скоротилися до дійсного часу з 10—15 до 3—5 років, а це вимагає підвищення технічного рівня і якості виробів, удосконалювання методів організації і керування процесами виробництва, розвитку спеціалізації і кооперування при виготовленні як виробів основного виробництва, так і засобів оснащення виробничих процесів [6].

Ці зміни привели до зміни самого характеру машинобудівного виробництва, зумовили перехід від розгляду окремо узятих процесів і явищ до комплексного їх розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і явищами.

## **7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **7.1. Нормативно-правові акти з охорони праці**

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України та Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Законодавчими актами, що визначають основні положення з охорони праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти, як, приймаються Кабінетом Міністрів України, Державною службою з гірничої та промислової безпеки України, Міністерством охорони здоров'я й ін.

Крім законодавчих актів України, правові відносини у сфері охорони праці регулюються нормативно-правовими актами з охорони праці.

Нормативно-правові акти з охорони праці – це правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові для виконання.

Перелік законодавчих і нормативно-правових актів наведено в додатках. До найважливіших нормативно-правових актів із питань охорони праці відносять державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП).

Залежно від сфери дії ДНАОП можуть бути міжгалузевими або галузевими.

Державні міжгалузеві нормативні акти про охорону праці - це ДНАОП загальнодержавного користування, дія яких поширюється на всі підприємства, організації України незалежно від галузей належності.

Галузеві ДНАОП поширюються тільки на певну галузь у масштабі України і передбачають гарантії безпечних умов праці, що специфічні тільки для даної галузі.

ДНАОП поділяються на вісім видів уніфікованої форми для однакового застосування: правила; стандарти; норми; положення, статuti; інструкції, керівництва, вказівки; рекомендації, вимоги; технічні умови безпеки; переліки.

Згідно із Законом України "Про охорону праці" (ст. 28), нормативно-правові акти переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше ніж один раз на десять років.

Державні нормативні акти (ДНАОП) потрібно відрізнити від відомчих документів про охорону праці (ВДОП), які можуть розроблятися на їх основі і затверджуватися міністерствами, відомствами України або асоціаціями, концернами та іншими об'єднаннями підприємств для конкретизації вимог ДНАОП відповідно до специфіки галузі.

Роботодавець або уповноважений ним орган розробляють на основі ДНАОП і затверджують власні положення, інструкції або інші нормативно-правові акти про охорону праці, що діють у межах підприємства. Відповідно до рекомендацій Держгірпромнагляду щодо Порядку опрацювання і затвердження нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві до основних нормативних актів підприємства належать:

1. Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
2. Положення про службу охорони праці підприємства;
3. Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;
4. Положення про роботу уповноваженого трудового колективу з питань охорони праці;
5. Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
6. Положення про організацію та проведення первинного і повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
7. Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативним актам про охорону праці;
8. Положення про організацію попереднього і періодичного медичного огляду працівників;
9. Інструкції з охорони праці для працюючих за професіями і видами робіт;
10. Перелік робіт з підвищеною небезпекою;

11. Перелік посадових осіб підприємства, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
12. Наказ про порядок забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Згідно з чинним нині в Україні Положенням про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженим наказом Держгірпромнгляду за № 9, передбачено періодичність перевірки інструкцій з охорони праці не рідше, ніж один раз на п'ять років, а інструкцій для працюючих за професіями або видами робіт, пов'язаними з підвищеною небезпекою - не рідше ніж раз на три роки.

## **7.2. Техніка безпеки при експлуатації коренезбиральної машини**

Стан охорони праці при збиранні коренеплодів на сучасному етапі налагоджено відповідним чином. Але такі фактори, як пилюка, вібрації, спека, шум дуже негативно впливають на здоров'я механізаторів.

Кабіна захищає механізатора від впливу зовнішнього середовища і дозволяє створити мікрокліматичні умови, параметри яких залежать від герметичності кабіни, її теплоізоляції, засклення, наявності системи опалення і кондиціонування повітря.

Як правило, наші коренезбиральні машини, що побули в експлуатації більше 6-10 років не відповідають ніяким вимогам. І механізатори вимушені працювати в спеці, в пилюці ще й при великих рівнях вібрації і шуму. Шум, як загальний подразник за певних значень своїх характеристик може шкідливо впливати на органи і системи організму людини. Інтенсивний шум, що постійно діє на органи слуху, може призвести до професійного захворювання – постійної втрати слуху. Найбільш несприятливими для органу слуху є шум з частотою 1000-4000 Гц. Вібрації, які теж постійно діють на оператора, можуть викликати зміни у нервовій системі і кісткових тканинах, призвести до

зниження гостроти зору, порушити рівновагу основних нервових процесів. А тривала дія інтенсивної вібрації на організм викликає паталогії, які називають вібраційною хворобою. Усі ці шкідливі чинники значно впливають на продуктивність праці тракториста вцілому.

Значну роль при роботі механізаторів має місце повноцінне харчування. У зв'язку з великими відстаннями між полями, на яких проводиться робота якість їжі після її перевезення залишає бажати кращого. Також і санітарно – гігієнічні умови прийому їжі. Звідси і виникає можливість захворюваннями, що призводять до зниження працездатності, а іноді до госпіталізацій трактористів в медичні заклади.

Інший, не менш важливий фактор охорони праці, – змінність роботи під час збирання, тому що як правило оператори працюють досить тривалий час, який іноді становить 10-12 годин на добу, що веде за собою втому і відповідно знижує і якість, і продуктивність праці.

Ще один фактор в безпеці проведення робіт під час збирання врожаю – пожежна безпека.

Існує ще багато факторів, що впливають на безпечне виконання робіт під час збирання коренеплодів, але ці три фактори названі вище найчастіше зустрічаються і повинні привертати увагу.

Основні вимоги охорони праці та навколишнього середовища викладені в нормативних документах, при цьому:

1. Машина коренезбиральна МКК-6 повинна відповідати вимогам ДСТУ 2189 за наступними пунктами: 1.1, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 1.8, 1.9, 1.11, 1.12, 1.14, 1.17, 1.18, 1.24, 1.25, 1.27, 1.30, 1.31, 1.32, 1.36, 1.37, 1.38, 1.40, 2.4.1.

2. Розміщення і конструкція складових частин машини коренезбиральної повинні забезпечувати вільний доступ до них, безпечність при монтажі, експлуатації, очищенні та ремонті.

3. Електрообладнання, що виготовлене в складі машини коренезбиральної та електропроводки до обладнання, монтаж, налагодження та

введення в експлуатацію повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.019-76 та конструкторської документації.

4. Рівень шуму на робочому місці тракториста під час роботи машини коренезбиральної не повинен перевищувати норм, що встановлені ГОСТ 12.1.003-76.

5. Максимальне зусилля опору переміщення органів управління технологічним процесом та при технічному обслуговуванні машини не повинно перевищувати норм, наведених в ГОСТ 12.2.120-78.

6. Показники вібраційного навантаження та тракториста в межах робочого місця (зони) не повинні перевищувати санітарних норм вібраційного навантаження, наведених в ГОСТ 12.1.012-76.

7. Рухомі елементи передач повинні бути закриті кожухами або захисними пристроями.

8. Машина коренезбиральна може бути обладнана власними приладами світлової сигналізації.

9. Місця розміщення мастильних як пофарбованих, так і тих, що мають металеві покриття, повинні бути забезпечені кольоровими покажчиками, які відрізняються від загального кольору машини коренезбиральної.

10. На рамі машини коренезбиральної повинні бути позначені місця строповки та установки домкратів по ГОСТ 14192-78 стійкою фарбою, що відрізняється від загального кольору машини.

11. На видних місцях (в місцях обслуговування або поблизу небезпечних місць) повинні бути нанесені попереджувачі написи або таблички з безпеки праці: табличка строповки; напис “Регулювання та очистку МКК-6 проводити тільки при непрацюючому двигуні трактора”; напис “Не стій під елеватором”; знак обмеження швидкості; знаки місць установки домкратів; знаки місць строповки; знаки попередження про небезпеку; знак обмеження габариту по ширині. Місця їх розміщення – у відповідності до вимог креслень.



12. Машина коренезбиральна повинна комплектуватись чистиком і має бути передбачене місце для його кріплення.

13. Приєднання машини коренезбиральної до трактора повинно забезпечувати безпеку посадки тракториста на робочому місці, а також необхідну оглядовість робочої зони.

14. На обох кінцях рами повинні бути встановлені світлоповертачі або плівка світлоповертаюча.

15. Машина коренезбиральна повинна бути укомплектована противідкочувальними упорами під колеса.

16. При від'єднанні машини коренезбиральної від трактора вона повинна зберігати стійке положення.

17. Показники вібраційного навантаження на тракториста в межах робочого місця (зони) не повинні перевищувати санітарних норм вібраційного навантаження, наведених в ГОСТ 12. 1. 012-76, додаток 5 ( для загальної вібрації категорії 3, тип "а" ).

18. Габарити машини повинні бути позначені згідно з ДСТУ 2189.

19. Коренезбиральна машина повинна мати місця для стропування і для встановлення домкратів. Місця для стропування повинні бути позначені згідно з ГОСТ 14192-78 фарбою, відмінною від загального фону.

### **7.3. Заходи підвищення безпеки життєдіяльності**

Захист обслуговуючого персоналу від ґрунтового (психогенного) пилу, що виникає внаслідок дії ходової частини тракторів і робочих машин, а також їх робочих органів, вітрової ерозії залежно від типу ґрунтів, їх складу і вологості є одною їх актуальних вимог при розробці нової модернізації сучасної сільськогосподарської техніки особливо це стосується для регіонів, земельні площі яких мають підвищений радіоактивний фон, накопичений

внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Багаторічними дослідженнями встановлено, що ґрунтовий пил містить на декілька порядків більше радіонуклідів, ніж в поверхневому (орному) шарі ґрунту. Відомо, що робітники, які працюють в гірничий та вугільній промисловості, на виробництві будівельних матеріалів (цементу), борошна, комбікормів та інших, захворюваність органів дихання у робітників, безпосередньо зайнятих на обробці ґрунту, сівби, збиранню і первинній обробки сільськогосподарської продукції. Міністерство охорони здоров'я України відмітило дещо підвищення легеневих неспецифічних захворювань органів дихання у певній категорії робітників, що виконують роботи, зв'язані з обробітком ґрунту, сівбою с-г культур, збиранням і переробкою кормових і зернових культур.

На сьогоднішній період (після 13 років Чорнобильської аварії) найбільшу небезпеку для працюючих в АПК складає ґрунтовий пил, при цьому щільність пилу в повітрі не повинна перевищувати допустимий рівень –  $4\text{мг/м}^3$ , а якщо пил ще має підвищену радіоактивність, то він стає край небезпечним для працюючих.

Для максимального зменшення значення пилу потрібно звести до мінімуму коефіцієнт затримки пилу в легенях за рахунок зниження концентрації пилу шляхом очистки повітря, що надходить в органи дихання, а також зробити комфортними умови роботи, зменшивши фізичні зусилля на органах керування і обслуговування агрегатів при виконанні технологічних операцій. Для особливо важких умов праці треба зменшити тривалість зміни.

Таким чином, з технічної точки зору можна впливати на покращення умов праці як організаційним шляхом, так і за рахунок удосконалення техніки, пошуку можливості зниження концентрації пилу та коефіцієнта інтенсивності роботи.

Головним завданням при цьому є пошук технічних можливостей різкого зменшення рівня можливостей різкого зменшення рівня запиленості на робочих місцях робітників, особливо в зонах з підвищеною радіоактивною забрудненістю ґрунтів. Для вирішення цих питань є три основні напрямки:

розробка більш досконалих засобів індивідуального захисту робітників, розробка ізолюваних від попадання пилу робочих місць (герметизовані кабіни) з подачею в них чистого повітря та розробка робочих органів машини з забезпеченням мінімального пилоутворення при виконанні технологічних процесів або з відведенням техногенного пилу з робочих місць.

Відомо, що під час збирання коренеплодів машинно-тракторними агрегатами найбільше пилоутворення має місце в зоні дії викопуючих робочих органів машин (дисків, лемешів, вилок), позаду ведучих задніх і передніх напрямних коліс, очисних лопатевих валів тощо. Причому, вихрові потоки повітря, що виникають при русі позаду трактора і робочої причіпної коренезбиральної машини підіймають дрібнодисперсний (найбільш небезпечний) пил до зони дихання працівників. В кабіні тракторів (особливо перших випусків МТЗ-80 і ЮМЗ-6, що не мали повітроочисних фільтрів) пил попадає через нещільності притулення вікон, дверей, технологічні отвори щітка на панелі приладів і підлоги.

Для покращення умов роботи нами розроблені пристрої для очищення повітря від пилу з подальшою подачею його в кабін у тракторів МТЗ-80 (ЮМЗ-6) з одночасним створенням надлишкового тиску в кабіні, а також пристосування для осаджування пилу, що виникає внаслідок дії робочих органів коренезбиральної машини. Зовнішнє повітря засмоктується вентилятором, що приводиться в рух від електродвигуна чи подається в рідинний повітроочисник барботашного типу. Частини пилу відокремлюється від повітря, а очищене повітря подається по трубопроводу в кабін, створюючи в ній надлишковий тиск і цим самим перешкоджаючи попаданню зовнішнього пилу в кабін. Конструкція повітроочисника дозволяла змінювати якість очищення повітря в залежності від створення надлишкового тиску в кабіні.

## 8. ЕКОЛОГІЯ

### 8.1. Вплив сільськогосподарської діяльності людини на стан навколишнього середовища

Виробництво сільськогосподарської продукції є одним з найпоширеніших видів людської діяльності. У процесі ведення сільського господарства змінюються екологічні умови навколишнього середовища. Площі, зайняті лісами, чагарниками і луками з різноманітною природною рослинністю зменшуються. Зазнають істотних змін природний біологічний кругообіг внаслідок втрати величезної маси хімічних елементів, радіаційний і водний баланс величезних територій, гідрологічний режим. Забруднюються атмосфера, гідросфера і літосфера. Ґрунти в процесі тривалого використання втрачають свою природну родючість, деградують або повністю руйнуються.

Дуже поширилась на земній поверхні вітрова та водна ерозія ґрунтового покриву. В давні геологічні періоди інтенсивність ерозійних процесів була незначна. Проте під їх впливом відбувалося поступове нівелювання рельєфу, формування схилів і акумулятивних рівнин. Такого роду ерозію називають геологічною, або нормальною. Сучасну ерозію, яка пов'язана з діяльністю людини, називають прискореною. Особливо значна інтенсивність розмиву ґрунтів спостерігається на орних землях, розташованих на схилах рельєфу.

Зниження продуктивності сільськогосподарських культур спричинене не тільки ерозією. Впливають на урожайність і такі природні явища, як посухи або, навпаки, надлишки атмосферних опадів, холодні безсніжні зими, коли вимерзають озимі, тощо. Слід зазначити, що амплітуда коливань урожаїв постійно зростає в міру збільшення середніх врожаїв, що, зокрема, пов'язано зі зменшенням стійкості нових високоврожайних сортів і коливаннями погоди.

## 8.2. Забруднення довкілля при експлуатації машини МКК-6

Засоби хімізації забезпечують інтенсивний розвиток сільського господарства, сприяють росту врожайності, поліпшенню якості рослинної продукції й окультуренню угідь з низьким рівнем родючості ґрунтів, що негативно впливають на навколишнє середовище. Водночас хімічні засоби виступають як забруднювачі, що погано впливають на природу та людину.

Найбільшу небезпеку для здоров'я людей і тварин представляє наявність у воді нітратного азоту. За нормами, прийнятими Всесвітньою організацією охорони здоров'я допустима кількість нітратного азоту у воді повинна бути у межах 11,3-22,6 мг/л, тому внесення мінеральних добрив, особливо в нітратній формі, у великих дозах представляє велику небезпеку

Використання калійних добрив веде до надходження у воду великої кількості хлору, тому для господарств кращі безхлорні форми калійних добрив. Потрібно вносити таку кількість добрив, щоб не було їхнього надлишку для запобігання порушення балансу лужних і лужноземельних елементів і робить рослинний корм шкідливим для тварин.

Найменшу небезпеку для навколишнього середовища в зв'язку з слабкою рухливістю в ґрунті представляють фосфорні добрива.

Надлишок мінеральних добрив виноситься з поля поверхневими і підґрунтовими водами. В результаті понижені місця рельєфу і природні водоймища заповнюються водами з підвищеним вмістом мінеральних солей.

Відбувається евтрофікація водоймищ, тобто надмірне підвищення концентрації поживних речовин, що викликає посилене розмноження планктону, одно - і багатоклітинних водоростей. Крім того, посилено розростається прибережна фауна. Все це призводить до зменшення площі водного дзеркала і заболочення водоймищ. Нестача розчиненого у воді кисню призводить до загибелі водних організмів, і, насамперед, риби.

Одним з найгірших забруднювачів питної води є нітрати. Шкідливі для здоров'я не самі нітрати, а нітрити, які утворюються з них в органах

травлення людини і тварин, а також при тривалому зберіганні продукції рослинництва. Шкідливі також вторинні аміни і нітрозаміни. Всі ці сполуки руйнують гемоглобін крові. У медичній літературі наводяться дані про прямий кореляційний зв'язок між підвищеним вмістом нітратів у питній воді і захворюванням на рак. Нітрозаміни і нітрозаміди, крім канцерогенних, виявляють мутагенні й ембіотоксичні властивості.

Вміст нітратів у зібраній продукції залежить не лише від дози азотних добрив, але й від строків їх внесення, часу висівання, тривалості дня й умов освітлення. Наприклад на затінених ділянках або при загущенні посівів вміст нітратів збільшується.

При внесенні високих доз азотних добрив згодувати коренеплоди і трави рекомендується в свіжому вигляді, оскільки при зберіганні в них збільшується вміст нітратів, які перетворюються на нітрати, що в 10 - 12 разів токсичніші. В засушливий період, коли гальмується синтез білка, в кормах рослинного походження вміст нітратів підвищується.

### **8.3. Заходи із зменшення забруднення довкілля**

Вплив хімізації на продуктивність агроєкосистем обмежений природними умовами. Межа позитивного впливу використання добрив - повне засвоєння сільськогосподарською культурою поживних речовин.

Звідси задача виробників сільськогосподарської продукції полягає у підвищенні коефіцієнту засвоєння мінеральних добрив рослинами, у запобіганні його втрат за рахунок вимивання.

Встановлено, що азот при безмірному його використанні може накопичуватися рослинами в нітратній формі. У продукції, що отримана в господарстві з інтенсивним використанням азотних добрив, часто виявляється

дуже високий вміст нітратів. Для зниження цього азотні добрива слід вносити не за один, а за три прийоми.

Оскільки найменшу небезпеку для навколишнього середовища в зв'язку з слабкою рухливістю в ґрунті представляють фосфорні добрива. Фосфорні добрива потрібно вносити тільки під основний обробіток і з посівом у ґрунт.

Для послаблення евтрофікації водоймищ доцільно використовувати нескладний спосіб затримання забрудненої води, зробивши поперек схилу канаву з невеликим нахилом, в якій залишають земляні перемички - загати. Вода, рухаючись, утворює ніби каскад невеликих водоймищ, витікає з кожного водоймища тільки з поверхні, а часточки мулу, що містять поживні речовини, затримуються, утворюється система відстійників. Осад з дна кожного водоймища після підсушування застосовують як добриво на інших полях, а воду, що містить розчинні добрива, використовують для поливу. Так створюється система застосування добрив із зворотним водопостачанням.

При чергуванні сільськогосподарських культур слід враховувати розміри глибини їх кореневих систем. Включаючи в сівозміну культури, які мають глибокопроникну кореневу систему (наприклад, багаторічні бобові і злакові краще використовують поживні речовини і насамперед нітратний азот із глибоких шарів ґрунту (до 2 м). Це дає змогу не тільки істотно підвищити ефективність і коефіцієнт використання азоту добрив, але і звести до мінімуму втрати нітратів за рахунок вимивання і небезпечність забрудненнями-ми природних вод.

Для зменшення втрат азоту рекомендується також застосовувати повільно діючі азотні добрива та інгібітори нітрифікації.

Протиерозійні заходи є основним шляхом усунення втрат фосфору добрив і, отже, забруднення природних вод. Утриманню фосфору добрив в наземних екосистемах сприяє науково обґрунтована агротехніка (вибір, місце для культури в сівозміні, строки і способи внесення, дози і форми фосфорних добрив).

Крім цього, для підвищення екологічної безпеки при експлуатації коренезбиральної машини МКК-6 доцільно:

- застосовувати сучасні трактори, що дозволить уникнути переущільнення ґрунту;
- застосовувати сучасні технології виробництва сільськогосподарської продукції;
- дотримуватись науково обґрунтованих систем ведення землеробства: дотримання сівозмін, внесення обмеженої кількості добрив;
- дотримуватись системи природоохоронних, комплексно-меліоративних, протиерозійних та інших заходів.

Застосування таких заходів дозволить підвищити екологічну безпеку вирощування сільськогосподарської продукції, оскільки раціональне господарювання на землі – головний фактор її процвітання. Боротьба за екологічну безпеку повинна розглядатись як одне з найвідповідальніших завдань спеціалістів усіх галузей народного господарства.



## ВИСНОВКИ

Ефективність роботи пристроїв для очищення вороху коренеплодів кормових буряків характеризується, в основному, двома технологічними показниками – якістю сепарації ґрунту і ступенем пошкодження коренеплодів. Якість сепарації домішок залежить в основному від механічного складу ґрунту і його вологості, а також від конструкції, геометричних і кінематичних параметрів робочих очисних органів коренезбиральної машини, урожайності кормових буряків, ступенем забур'яненості та ін.

Коренезбиральна машина МКК–6 застосовується для роздільного збирання кормових буряків і обладнана шнековим транспортером-очисником, який при високій вологості ґрунту залипає землю, що значно знижує якість сепарації вороху кормового буряка.

Удосконалення технологічного процесу сепарації вороху коренеплодів в плані підвищення якості очищення буряків практично неможливе без розроблення нових конструктивно-технологічних схем та визначення основних конструктивних, функціональних та експлуатаційних параметрів.

У дипломній роботі досліджено гвинтово-вальцьовий комбінований очисник, технологічний процес роботи якого передбачає ефективну роботу як в оптимальних так і в екстремальних умовах збирання кормових буряків.

У дипломній роботі визначено: конструктивні параметри очисника вороху (діаметр гвинта – 0,4 м; висота витка спіральної навивки – 0,125 м; число заходів гвинта – 1; крок гвинта – 0,5 м); параметри відминальних вальців (діаметр вальців – 0,1 м); кінематичні параметри очисника (кутова швидкість обертання гвинта – 9,0-15,0 рад/с; а відминальних вальців – 45,0 рад/с). Розрахована продуктивність гвинтово-вальцевого очисника – 0,15 м<sup>3</sup>/с.

У дипломній роботі розроблено імітаційну модель взаємодії коренеплоду з робочою поверхнею гвинтового конвеєра.

Річний економічний ефект становить 4537,5 грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автухов І. В., Гряник Г. М. Охорона праці в сільському господарстві. – К: Вища школа, 1970. - 216 с.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1975. –
3. Антонюк В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию приспособлений. – Минск: Беларусь, 1979. –
4. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1979. – 461 с.
5. Безпека життєдіяльності / За ред. Я. Бедрія. - Львів: Афіша, 1998. – 275 с.
6. Великанов К.М. Расчет экономической эффективности новой техники. – М.: Машиностроение, 1990. - 420с.
7. Верников Д.И. К определению оптимальных параметров шнекового рабочего органа машин поточных линий раздачи кормов // Механизация и электрификация технологических процессов кормопроизводства и кормоприготовления. – Зерноград, Вып. 39, 1980, с. 96-104.
8. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
9. Гевко Р.Б. Викопувальньо-очисні пристрої бурякозбиральних машин.- Тернопіль: Поліграфіст, 1997. – 202 с.
10. Горбацевич А.Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1983. – 288 с.
11. Гурченко О.П., Захарченко В.П., Барановський В.М. Відокремлення гички кормових буряків на вальцях. Механізація сільського господарства, Київ, “Урожай”, 1994, вип. 80.
12. Данилевский В.В. Справочник молодого машиностроителя. – М.: Высшая школа, 1973. – 647 с.
13. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.

14. Завгородний А.Ф., Заворитный Н.М., Евтушко В.П. и др. К анализу и обоснованию способов отделения ботвы и очистки её остатков с корнеплодов кормовой свеклы. Механизация и электрификация сельского хозяйства, К.: “Урожай“, 1984, вып. 59, с.51-54.
15. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
16. Киреев В.Н. Кормовые корнеплоды / В.Н. Киреев, А.В. Петров, М.А. Мельникова, И.С. Дергунов. М.: Колос, 1975. – 192 с.
17. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
18. Матрин Ю.Н., Малахов И.Н. Выбор и оптимизация технико-экономических показателей машин.- Москва: 1987. – 140 с.
19. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: ВНИИПИ, 1986. – 52 с.
20. Основы проектирования и расчет сельскохозйственных машин / Под ред. проф. Ермольева Ю.И. – М.: Машиностроение, 2006. – 344 с.
21. Основы САПР на базе программы SolidWorks: учеб. пособие в 2 ч. / Под ред. Н. Р. Шоля. – Ухта : УГТУ, 2013. – 419 с.
22. Погорелый Л.В., Волянський М.С., Фомічов А.М. Агробіологічні і фізико-механічні властивості кормових буряків як основа для розробки механізованого процесу збирання / Вісник сільськогосподарської науки, № 1. - С. 64-69.
23. Погорелый Л.В. Технологические и технические основы совершенствования механизированных процессов уборки сахарной свеклы. К.: УСХА, 1974. – с.41.
24. Погорелый Л.В., Татьянко Н.В., Брей В.В. и др. Под общ, ред. Погорелого Л.В. Свеклоуборочные машины (конструирование и расчёт) К.: Техника, 1983, с.8-11, 100-110.

25. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін. / За ред. І. Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
26. Проектирование механических передач / С.А. Чернавский, Г.М. Ицкович, В.А. Киселев и др. – М.: Машиностроение, 1976. – 608 с.
27. Резников Л.А., Ещенко В.Т., Дьяченко Г.Н. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин. – М.: Агропромиздат, 1991.–543 с.
28. Сарапулов А.К. Исследование процесса очистки корней от земли при уборке сахарной свеклы. К.: 1996, с.28.
29. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
30. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
31. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
32. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. / Под ред. Анурьева В.И. – М.: Машиностроение, 1979.
33. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.
34. Шевцов І.А., Фомічов А.М. Біологія і агротехніка кормових буряків. -К.: Наукова думка, 1980. – с. 250.
35. Rybak T., Tson A., Stashkiv M., Shchur T. (2018) Substantiation of capacity of screw conveyer of haulm-cutting module. - MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture- 2018. Vol.20. No.1. 83-89.
36. Rybak T., Tson A., Stashkiv M., Tson O. (2018) Analytical and applied model of the process of the cut vegetable components feeding to the screw conveyor of the top gathering module. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 9, no 2, pp. 105-114.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

### Технічна характеристика коренезбиральної машини МКК-6

№ п.п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Найменування машини	коренезбиральна	
2	Тип	самохідна	
3	Призначення	збирання кормових буряків	
4	Конструктивна ширина захвату	м	2, 7
5	Кількість рядків, що збираються	шт	6
6	Ширина міжрядь	см	45
7	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1
8	Привод на робочі органи	від двигуна	
9	Робоча швидкість	км/год	3, 6 – 5, 4
10	Транспортна швидкість	км/год	15 - 20
11	Продуктивність за годину основного часу	га/год.	0, 97 – 1, 45
12	Глибина ходу викопуючих дисків	см	5 - 7
13	Висота навантажувального транспортера	м	2,0 – 3. 5
14	Габаритні розміри:		
	а) в робочому положенні		
	Довжина	мм	7070
	Ширина	мм	5680
	Висота	мм	3500
	б) в транспортному положенні		
	Довжина	мм	7070
	Ширина	мм	3270
	Висота	мм	3200
15	Швидкість руху повздовжнього транспортера	м/с	1, 22
16	Швидкість руху поперечного транспортера	м/с	0, 62
17	Швидкість руху вивантажувального транспортера	м/с	1, 11

## Додаток Б

### Агротехнічні вимоги до коренезбиральної машини МКК-6

№ п.п	Найменування показників	Одиниця виміру	Значення
Технічні вимоги			
1	Ширина міжрядь	см	45 ± 5
2	Поперечний нахил поля	град.	до 7
3	Кількість коренеплодів на 1 п.м	шт.	4 - 6
4	Густота насаджень рослин	тис. шт./га	70 - 100
5	Маса бур'янів з 1 м <sup>2</sup>	кг	не більше 0,1
6	Робоча швидкість руху	м/с	0, 65 – 1, 65
Показники якості виконання технологічного процесу			
7	Втрати коренеплодів за масою	%	не більше 1, 5
8	Кількість коренеплодів сильно пошкоджених за масою	%	не більше 8, 0
9	Кількість коренеплодів слабо пошкоджених за масою	%	не більше 7, 0
10	Загальна кількість домішок за масою	%	до 8, 0
	тому числі:		
11	рослинними залишками	%	до 3, 0
12	вільною землею	%	до 1, 5
13	Гички на необрізаних коренеплодах	%	до 1, 5