

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

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему: Обґрунтування параметрів системи очищення
вороху коренеплодів машини КБМ-6

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

напряму підготовки (спеціальності)

133 Галузеве машинобудування

(назва і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Стецюк А.А.

(підпис)

(підписав та відрізняє)

Керівник

Гевко Р.Б.

(підпис)

(підписав та відрізняє)

Нормоконтроль

Хомик Н.І.

(підпис)

(підписав та відрізняє)

Рецензент

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(підписав та відрізняє)

Завідувач кафедри

Гевко Р.Б.

(підпис)

(підписав та відрізняє)

м. Тернопіль – 2019

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Гевко Р.Б.

« _____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Стецюку Андрію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування параметрів системи очищення
вороху коренеплодів машини КБМ-6

Керівник проекту (роботи) _____

Гевко Роман Богданович, д.т.н., професор

(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) грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) ширина захвату машини 2,7 м; робоча швидкість
11 км/год; споживана потужність 110-136 кВт; лінійна швидкість поздовжнього
транспортера 1,5 м/с; кут нахилу транспортера 55⁰; процес механічної
обробки деталі; робоче креслення деталі; річна програма випуску деталей.

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

Анотація. Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. 2. Обґрунтування
основних параметрів об'єкту розробки. 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки.
4. САПР сільськогосподарських машин. 5. Розробка технологічного процесу механічної
обробки деталі. 6. Обґрунтування економічної ефективності. 7. Охорона праці та безпека
у надзвичайних ситуаціях. 8. Екологія. Загальні висновки

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

1. Машина коренезбиральна КБМ-6. Схема технологічна (1А1). 2. Транспортер поздовжній.
Складальне креслення (1А1). 3. Рама транспортера. Складальне креслення (1А1) 4. Боковина
права. Складальне креслення (1А1). 5-7. Деталювання (3А1). 8. Рама основна. Складальне
креслення (1А0). 9. Машина коренезбиральна КБМ-6. Схема кінематична (1А1).
10. Комп'ютерна модель навантаження цапфи вальця (1А1). 11-12. Спеціальні
верстатні пристосування (2А1). 13. Інструментальна наладка на операції (1А1).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
САПР сільськогосподарських машин	Сташків М.Я., доцент		
Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі	Олексюк В.П., доцент		
Обґрунтування економічної ефективності	Дмитрів Д.В., доцент		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Окіпний І.Б., доцент		
Екологія	Зварич Н.М., доцент		

7. Дата видачі завдання

11 вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Основна частина		
1	Аналіз особливостей об'єкту проектування	до 20.09.19	
2	Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки	до 20.11.19	
3	Дослідження параметрів об'єкту розробки	до 25.11.19	
	Спеціальна частина		
4	САПР сільськогосподарських машин	до 30.11.19	
5	Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі	до 25.11.19	
	Розділи:		
6	Обґрунтування економічної ефективності	до 30.11.19	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	до 05.12.19	
8	Екологія	до 10.12.19	
9	Анотація. Вступ. Висновки.	до 12.12.19	
10	Графічна частина. Специфікації	до 18.12.19	

Студент _____
(підпис)

_____ Стецюк А.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

_____ Гевко Р.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Стецюк Андрій Андрійович.

Тема роботи – «Обґрунтування параметрів системи очищення вороху коренеплодів коренезбиральної машини КБМ-6».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Гевко Роман Богданович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі ступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (63 найменування), 12 додатків. Загальний обсяг текстової частини – 176 сторінок, 13 таблиць, 33 рисунки, додатки на 44 сторінках.

Графічна частина складається з 13 аркушів формату А1.

Актуальність теми роботи

При вирощуванні сільськогосподарських культур процес їх збирання є найбільш трудомістким.

Значні розбіжності умов роботи бурякозбиральних машин і недостатня пристосованість існуючих конструкцій гичкозрізаючих, викопуючих та очисних робочих органів до їх зміни не дозволяють отримувати стійких агротехнічних показників, особливо при високій врожайності, а також при сухому чи перезволоженому ґрунті, нерівномірному розташуванні коренеплодів у рядку, незадовільному стані гички, засміченості посівів.

Очищення коренеплодів цукрових буряків від ґрунту та інших домішок – одна із важливих технологічних операцій при їх викопуванні незалежно від способу збирання. Це сприяє отриманню кондиційних коренеплодів, що має вирішальне значення для їх зберігання при кагатуванні, а отже, і для подальшої переробки та отримання продукції високої якості.

Процес очищення коренеплодів від ґрунту при їх механізованому збиранні має здійснюватися з мінімальними втратами дрібних коренеплодів та відбитих частин, мінімальною кількістю пошкоджених коренеплодів при ударному впливі внаслідок завищених швидкостей елементів робочих органів.

Удосконалення системи очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6 є актуальною науково-практичною задачею, яка визначила напрямок досліджень дипломної роботи.

Мета і завдання

Метою роботи є дослідження параметрів системи очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6 для збільшення інтенсивності їх очищення та удосконалення технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено такі завдання:

- проаналізовано вимоги до агрофону при вирощуванні цукрових буряків технології їх збирання, а також вимоги до бурякозбиральних машин;
- виконано дослідження конструкції коренезбиральної машини на можливість удосконалення системи очищення вороху коренеплодів та проаналізовано конструктивні особливості машин-аналогів;
- проаналізовано конструкції транспортуючих робочих органів бурякозбиральних машин та агротехнічні вимоги до цих машин;
- виконано розрахунок технологічних і кінематичних параметрів поздовжнього транспортера;
- виконано розрахунок приводної ланцюгової передачі приводу очищувально-передавального вальця;
- виконано розрахунок вала очищувально-передавального вальця;
- виконано розрахунок підшипників вала очищувально-передавального вальця;
- виконано розрахунок на міцність зварного шва приварки приводної цапфи вала очищувально-передавального вальця та болтового з'єднання опори підшипника кріплення вальця;

- проаналізовано показники ефективності сільськогосподарських машин;
- досліджено вплив режимів руху на динаміку процесів пруткових транспортерів бурякозбиральних машин;
- проаналізовано режими руху пруткових транспортерів бурякозбиральних машин;
- встановлено критерій інтенсивності процесу очищення вороху коренеплодів та умови розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника;
- досліджено повертання вороху коренеплодів між робочими гілками двоконтурного пруткового очисника;
- визначено коефіцієнт розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника;
- проаналізовано методи та засоби САПР, розроблено модель об'єкту проектування – цапфа очищувально-передавального вальця і досліджено її напружено-деформівний стан;
- проаналізовано конструкцію та службове призначення об'єкту виробництва деталі – маточина колеса, виконано аналіз її технологічності;
- досліджено способи виготовлення аналогічних деталей;
- розроблено технологічний процес виготовлення деталі – маточина колеса, для якого вибрано обладнання, оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховано режими різання та норми часу;
- підібрано та спроектовано необхідне технологічне оснащення;
- виконано техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень;
- розглянуто питання охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Конструктивні елементи системи очищення вороху коренеплодів коренезбиральної машини; технологічний процес виготовлення деталі – маточина колеса.

Предмет дослідження. Технологічні, силові розрахунки та розрахунки на міцність конструктивних елементів системи очищення вороху коренеплодів коренезбиральної машини, робоче креслення деталі, базовий технологічний процес механічної обробки деталі.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, кінцевих елементів, економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів.

Доведено можливість використання удосконаленої системи очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6, що забезпечує збільшення інтенсивності очищення вороху при збиранні цукрових буряків в умовах підвищеної вологості ґрунту та значної засміченості поля рослинними рештками.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблено систему очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6, яка складається з поздовжнього транспортера і очищувально-передавального вальця, який має захист від перевантаження завдяки запобіжній муфті. Запропоноване удосконалення забезпечує збільшення інтенсивності очищення при збиранні цукрових буряків в умовах підвищеної вологості ґрунту та значної засміченості поля рослинними рештками, та сприяє підвищенню продуктивності машини.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі – маточина колеса, який може бути впроваджений в умовах реального виробництва.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на VIII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів, Тернопіль, ТНТУ, 27-28 листопада 2019.

Ключові слова: коренеплоди цукрових буряків, коренезбиральна машина, поздовжній транспортер, ворох, очищувально-передавальний валець, цапфа.

ЗМІСТ

ОСНОВНА ЧАСТИНА

АНОТАЦІЯ	10
ВСТУП	12
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	13
1.1. Вимоги до агрофону при вирощуванні цукрових буряків та аналіз технологій їх збирання	13
1.2. Вимоги до бурякозбиральних машин	16
1.3. Огляд машин-аналогів для збирання цукрових буряків	19
1.4. Опис об'єкта розробки	29
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра і постановка завдання на проектування.....	32
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ	39
2.1. Опис змін, внесених у конструкцію системи очищення вороху машини КБМ-6	39
2.2. Розрахунок технологічних і кінематичних параметрів поздовжнього транспортера	44
2.3. Розрахунок приводної ланцюгової передачі приводу очищувально-передавального вальця	46
2.4. Розрахунок вала очищувально-передавального вальця	50
2.5. Розрахунок підшипників вала очищувально-передавального вальця	55
2.6. Розрахунок зварного шва приварки приводної цапфи вала очищувально-передавального вальця	57
2.7. Розрахунок болтового з'єднання опори підшипника кріплення вальця	61
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	66
3.1. Показники ефективності сільськогосподарських машин	66
3.2. Вплив режимів руху на динаміку процесів пруткових транспортерів бурякозбиральних машин	69
3.3. Критерії оцінки режимів руху пруткових транспортерів	73
3.4. Аналіз режимів руху пруткових транспортерів бурякозбиральних машин	76
3.5. Критерій інтенсивності процесу очищення	

вороху коренеплодів	82
3.6. Розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника	85
3.7. Провертання вороху коренеплодів між робочими гілками двоконтурного пруткового очисника	89
3.8. Коефіцієнт розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника	92
СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА:	
4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	97
4.1. Методи та засоби САПР	97
4.2. Розробка моделі об'єкту проектування.....	101
4.3. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання.....	103
5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ.....	105
5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі	105
5.2. Проектування технологічного процесу механічної обробки.....	109

5.3.	Розробка спеціальних верстатних пристроїв.....	138
РОЗДІЛИ:		
6.	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	140
6.1.	Економічне обґрунтування інженерних рішень	140
6.2.	Оцінка технічного рівня виробу	141
6.3.	Визначення показників порівняльної економічної ефективності базової і нової машин	142
6.4.	Розрахунок економічного ефекту від впровадження удосконаленої системи очищення машини	147
7.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	148
7.1.	Роль керівника підприємства й відділу охорони праці в організації роботи з охорони праці	148
7.2.	Вимоги техніки безпеки при експлуатації машини КБМ-6.....	151
7.3.	Захист виробничого персоналу при виникненні надзвичайних ситуацій	156
7.4.	Підвищення стійкості роботи об'єкту при виникненні надзвичайних ситуацій.....	158
8.	ЕКОЛОГІЯ	163
8.1.	Актуальність охорони навколишнього середовища	163
8.2.	Аналіз забруднення довкілля, що виникає у результаті виготовлення коренезбиральної машини КБМ-6.....	164
8.3.	Утилізація відходів виробництва	166
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		168
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....		172
ДОДАТКИ.....		177

АНОТАЦІЯ

Завданням дипломної роботи є обґрунтування параметрів системи очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6 та розробка технологічного процесу механічної обробки деталі. Робота містить такі розділи:

1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. У цьому розділі відзначено вимоги до агрофону при вирощуванні цукрових буряків та аналіз технологій їх збирання, а також вимоги до бурякозбиральних машин; проведено огляд машин-аналогів для збирання цукрових буряків; описано об'єкт розробки; обґрунтовано тему дипломної роботи.

2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки. Розділ містить опис змін, внесених у конструкцію системи очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6; розрахунок технологічних і кінематичних параметрів поздовжнього транспортера; розрахунок приводної ланцюгової передачі приводу очищувально-передавального вальця; розрахунок вала очищувально-передавального вальця; розрахунок підшипників вала очищувально-передавального вальця; розрахунок зварного шва приварки приводної цапфи вала очищувально-передавального вальця; розрахунок болтового з'єднання опори підшипника кріплення вальця.

3. Дослідження параметрів об'єкту розробки. У розділі описано показники ефективності сільськогосподарських машин; вплив режимів руху на динаміку процесів пруткових транспортерів бурякозбиральних машин; критерії оцінки режимів руху пруткових транспортерів; аналіз режимів руху пруткових транспортерів бурякозбиральних машин; критерій інтенсивності процесу очищення вороху коренеплодів; розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника; повертання вороху коренеплодів між робочими гілками двоконтурного пруткового очисника; визначено коефіцієнт розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника.

4. САПР сільськогосподарських машин. Розділ включає опис методів і засобів САПР, розробку моделі об'єкту проектування – цапфи передавального вальця, аналіз даних за результатами моделювання.

5. Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі. У розділі виконано аналіз конструктивних особливостей деталі – маточина колеса, розроблено технологічний процес механічної обробки цієї деталі та спеціальні верстатні пристрої.

6. Обґрунтування економічної ефективності. Розділ включає: оцінку технічного рівня виробу; визначення показників порівняльної економічної ефективності базової і нової машин; розрахунок економічного ефекту від впровадження розробленої системи очищення вороху коренеплодів.

7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. У розділі відзначено роль керівника підприємства й відділу охорони праці в організації роботи з охорони праці; розроблено вимоги техніки безпеки при експлуатації машини КБМ-6; описано порядок захисту виробничого персоналу при виникненні надзвичайних ситуацій та засоби і методи підвищення стійкості роботи об'єкта при виникненні надзвичайних ситуацій.

8. Екологія. Відзначено актуальність охорони навколишнього середовища, проаналізовано забруднення довкілля, що виникає у результаті виготовлення коренезбиральної машини КБМ-6 та запропоновано заходи утилізації відходів виробництва.

Загальні висновки. Наведені загальні висновки від результатів впровадження у виробництво запропонованих у дипломній роботі рішень.

Об'єм дипломної роботи: графічна частина складається із дванадцяти листів креслення формату А1 та одного листа креслення формату А0; пояснювальна записка містить 176 сторінок машинописного тексту, у тому числі 33 рисунки, 13 таблиць, 63 посилання на літературні джерела і додатки на 44 сторінках.

ВСТУП

Ринок цукру є найбільш нестабільним з усіх продуктових ринків і характеризується короткими періодами різкого підвищення цін та більш довгими (приблизно семирічними періодами їх спаду).

В усіх бурякосійних країнах вирощування цукрових буряків є пріоритетною галуззю, воно економічно вигідне і прибуткове.

Світове виробництво цукру у дев'яностих роках минулого століття було на рівні 113,6 млн.тонн, у тому числі із цукрових буряків вироблено 33,4 млн.тонн, із тростини 80,1 млн.тонн. Загальна посівна площа цукрових буряків у світі – 9 млн.га, 80 % яких розміщено у Європі (Україна, Росія, Німеччина, Італія, Франція, Великобританія, країни Східної Європи), решта у США, Китаї, Японії, Туреччині, Марокко, Чилі та ін.

У бурякосіючих країнах ЄС сумарна площа цукрових буряків становить 18 млн.га, виробництво цукру – 15 млн.тонн на рік або 7...8 тонн з гектара.

Україна завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам донедавна займала провідне місце у світі за площами посіву цукрових буряків (1,6 млн.га) і входила до числа перших шести світових експортерів цукру, включаючи країни-виробники цукру з цукрової тростини.

Бурякосіючі країни світу в останній час реформували цукрову галузь шляхом реструктуризації, розширення та технічного переобладнання діючих цукрових заводів і виведення з експлуатації неперспективних малопотужних підприємств.

Основу виробничої бази цукрової промисловості України – цукрові заводи середньої і малої потужності, слід розвивати аналогічно до світових тенденцій виробництва цукру.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Вимоги до агрофону при вирощуванні цукрових буряків та аналіз технологій їх збирання

Технологія вирощування цукрових буряків зумовлена агрокліматичними умовами різних зон, проте має багато спільного і включає такі операції [5, 25]:

- осінній комбінований обробіток ґрунту з внесенням мінеральних і органічних добрив;
- ранньовесняний обробіток (боронування і культивація);
- передпосівна підготовка ґрунту культиваторами з плоскорізальними робочими органами в агрегаті з легкими боронами або прутковими котками;
- точна сівба на однакову глибину з рівномірним розподілом насіння у рядках;
- догляд за посівами із застосуванням досходового або післясходового обробітків, міжрядних розпушувачів з внесенням сухих або рідких добрив;
- механізоване формування густоти рослин;
- догляд за посівами після формування густоти рослин.

Удосконалення технології механізованого вирощування цукрових буряків йде у двох основних напрямках: застосування таких норм висіву насіння, при яких забезпечується резерв сходів для їх проріджування з автоматичним регулюванням густоти насаджень цукрових буряків; сівба з такою нормою висіву насіння, яка забезпечує оптимальну густоту посівів до моменту збирання без проріджування сходів. Останнє можливе лише при схожості насіння не менше 70 і збереженні сходів не менше 98% [5, 20, 25, 56].

Реалізація обох напрямів вдосконалення механізованої технології вирощування цукрових буряків потребує застосування комплексу машин, що забезпечує: високоякісний основний, ранньовесняний і передпосівний обробітки ґрунту; точну сівбу (12...20 шт. на 1 пог.м рядка насіння з високою схожістю однонасінних сортів і ростковістю близько 100 %) з одночасним внесенням пестицидів; догляд за посівами до появи сходів з внесенням і загортанням у ґрунт гербіцидів (якщо останні не вносились при сівбі); створення розпушеного стану ґрунту, головним чином у рядках; формування сходів цукрових буряків з автоматичним регулюванням густоти рослин; застосування високоефективних хімічних і механічних способів боротьби з бур'янами у захисних зонах рядків, а також з шкідниками і хворобами; здійснення високоякісного механізованого догляду за посівами цукрових буряків після формування густоти рослин без пошкодження останніх.

Вимоги до агрофону при вирощуванні цукрових буряків такі [1, 4, 5, 20, 25, 26, 33, 54, 57, 58, 59]:

- рівний рельєф плантації при схилі впоперек рядка до 2 %
- вологість ґрунту у горизонті 0...30 см – від 15 до 23 %;
- кількість коренеплодів на 1 м довжини рядка – від 3 до 6 шт.;
- мінімальна відстань між краями коренеплодів у рядку – 16 см;
- допуск на ширину міжряддя повинен бути ± 3 см та відхилення коренеплодів від осьової лінії рядка – не більше 3 см;
- діаметр коренеплодів від 5 до 18 см;
- вигляд гички на коренеплодах повинен бути конусоподібним;
- висота головки коренеплоду над поверхнею ґрунту – від 4 до 8 см;
- висота гички – від 50 до 100 см;
- засмічення – не більше п'яти штук бур'янів на 100 м рядка та не вище від основної культури на 10 см;
- рядки повинні бути прямолінійними, допустиме скривлення теоретичної лінії рядка – не більше 10 см на довжині 10 м;

- біологічна врожайність коренеплодів повинна бути не менше 40 т/га, гички – 25 т/га;
- твердість ґрунту – 20 кг/см²;
- наявність великого каміння та сторонніх предметів на плантації не допускається.

Відмінності ґрунтово-кліматичних умов у бурякосіючих районах, сортів і характеру вирощування коренеплодів, технологій їх збирання і переробки, обумовили конструктивну різноманітність бурякозбиральних машин.

Механізовані комплекси для збирання цукрових буряків забезпечують складні технологічні і виробничі операції, які включають видалення гички, доочищення головок коренеплодів від їх залишків, викопування, очищення від ґрунту, транспортування і завантаження коренів у транспортні засоби.

Вибір технології і конструктивних схем засобів механізації збирання цукрових буряків переважно залежить від розмірів плантацій і ґрунтово-кліматичних умов.

Застосовують одно-, дво- і трифазний способи збирання цукрових буряків залежно від кількості проходів або машин задіяних у процесі збирання гички та коренеплодів.

При однофазній технології за один прохід виконують зрізання гички з її розкиданням на полі або завантаженням у транспортний засіб, викопування коренеплодів, їх очищення і завантаження у бункер машини або в транспортний засіб, що рухається поряд. Такий спосіб здійснюють самохідними комбайнами різної рядності і типу.

При однофазному збиранні гичкозрізаючий і доочисний пристрої переважно встановлюють спереду трактора або самохідного шасі, викопуючі пристрої під енергетичним засобом, а бункер – ззаду. Така компоновка забезпечує оптимальний розподіл навантаження на енергетичний засіб, а також сприяє зменшенню ущільнення ґрунту [1, 4, 5, 26, 33].

При двофазній технології збирання цукрових буряків за перший прохід видаляють гичку, викопують коренеплоди вкладаючи їх у валок. За другий

прохід підбирають валки, очищують коренеплоди від ґрунту і завантажують їх у бункер або транспортний засіб, що рухається поруч.

Гичкозрізаючий і очисний пристрої встановлюють спереду, а кореневикопуючий пристрій з валкоукладачем ззаду трактора або під енергетичним засобом. На підбиранні валків коренеплодів застосовують спеціальні підбирачі-навантажувачі, які обладнані бункерами великої місткості (до 12 м³).

Також можливі інші варіанти двофазного способу збирання цукрових буряків: за перший прохід – видалення гички, за другий – викопування коренеплодів, їх очищення і завантаження у бункер чи у транспортний засіб.

Двофазний спосіб знайшов широке застосування у західноєвропейських країнах.

При трифазній технології збирання цукрових буряків кожна операція, а саме, зрізання гички, викопування і очищення коренеплодів, навантаження у транспортні засоби здійснюють окремими машинами: гичкозбиральною, коренезбиральною, підбирачем-навантажувачем.

Машини призначені для цього способу характеризуються вищими показниками виконання технологічного процесу, однак є металомісткими і потребують додаткових транспортних засобів [1, 4, 5, 26, 33].

У західноєвропейських країнах основна тенденція така – однофазне збирання шестирядними комбайнами з бункерами об'ємом 8...20 м³.

1.2. Вимоги до бурякозбиральних машин

Машини буряко- і гичкозбиральні виготовляють відповідно до вимог ДСТУ 2258-93 (ГОСТ 7496-93) і технічних умов на конкретну машину за робочими кресленнями, затвердженими у встановленому порядку.

У таких машинах має бути регулювання висоти зрізання голівок та глибини підкопування коренеплодів.

Підкопувальні та гичкозрізувальні робочі органи мають бути виготовлені із зносостійких матеріалів або мати зносостійкі покриття.

Такі машини мають забезпечувати збирання при ширині міжряддя 45 см±3 см. Відхилення коренеплодів від осьової лінії рядка – 1 см і більше, до 3 см.

Модифікація машин повинна забезпечувати збирання при ширині міжряддя 60±3 см. Відхилення коренеплодів від осьової лінії рядка 1 см – не більше 3 см [1, 4, 5, 20-23, 26, 33].

Бурякозбиральні машини можна використовувати для збирання на плантаціях цукрових буряків за таких умов такі [1, 4, 5, 20, 25, 26, 33, 56, 58]:

- з біологічною врожайністю коренеплодів та гички 20...70.т/га;
- з твердістю ґрунту до 40 кг/см²;
- з вологістю на глибині 10 см на важких ґрунтах 27 %, середньо-важких ґрунтах – 23 %, легких ґрунтах 20 %;
- на поздовжніх схилах до 7⁰;
- при розташуванні голівок коренеплодів нижче поверхні ґрунту на 3см;
- дорожній просвіт у транспортному положенні повинен бути не менше 20 см.

Причіпні, напівпричіпні, начіпні та напівначіпні машини повинні мати, при потребі, можливість приєднання їх до електричної системи у конкретних технічних умовах на машину.

Механізовані процеси збирання цукрових буряків – це складний комплекс технологічних і виробничих операцій, які включають обрізування гички, викопування, очищення, навантаження коренеплодів і гички.

Процеси збирання визначають характеристики врожаю, конструкцію робочих органів і компоновочно-технологічні схеми машин.

У даний час намітилися тенденції створення енергомістких самохідних корене- і гичкозбиральних машин з шириною захвату шість рядків, з робочою швидкістю 7...10 км/год з метою підвищення їх продуктивності і технологічних показників роботи.

Ешелоноване розміщення робочих органів, використання рами самохідної машини, як несучої системи для всіх органів, використання передніх керованих коліс, оснащення машин бункерами-накопичувачами місткістю 8...20 м³ є типовими компоновочними рішеннями сучасних бурякозбиральних машин.

Значні розбіжності умов роботи бурякозбиральних машин і недостатня приспособлюваність існуючих конструкцій гичкозрізаючих, викопуючих, очисних робочих органів до їх зміни не дозволяють одержувати стійких агротехнічних показників, особливо при високій врожайності, а також у разі пересушеного чи перезволоженого ґрунту, нерівномірного розташування коренеплодів у рядку, незадовільному стані гички, засміченості посівів.

Сучасні виробничо-технологічні вимоги, які ставлять до бурякозбиральних машин, визначаються загальними тенденціями переведення процесів виробництва цієї культури на промислову основу, специфічними агробіологічними властивостями та еволюціонуючими особливостями механізованого вирощування цукрових буряків, обумовленими зміною сортів, широким впровадженням точного висіву, застосування хімічних засобів боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами.

Важливою вимогою є досягнення максимального кінцевого народногосподарського ефекту, взаємно компромісну ув'язку показників роботи комплексу машин для вирощування цукрових буряків, збирального, навантажувально-транспортного і переробного комплексів за експлуатаційними, агротехнологічними та економічними критеріями [1, 4, 20-23, 26, 33].

Виходячи із способів використання продуктів урожаю цукрових буряків, як сировини для виробництва цукру і кормів для тварин, бурякозбиральні машини повинні забезпечувати [26]: збирання гички і коренеплодів одночасно або роздільно у стислі календарні строки; отримання якісної сировини і кормів без застосування ручної праці; при цьому відходи у зрізаних головках коренеплодів не повинні перевищувати 3 %, а інші втрати – 2 %, загальна забрудненість –10 %, у тому числі гичкою – 2,5 %, пошкодження коренеплодів не повинно бути більше 10 %, повнота збирання гички – не нижче 90 %; високу

технологічну надійність (не нижче 0,95) і агротехнічну ефективність у широко застосовуваних природних умовах (при різній урожайності, параметрах насаджень, фізичному стані ґрунту і гички, засміченості полів), у тому числі при екстремальних умовах (при вологості ґрунту 26...30 % або твердості 290...580 Н і урожайності 450...700 ц/га); необхідну універсальність з точки зору можливості використання різних варіантів механізованих процесів збирання коренеплодів залежно від природно-виробничих умов; інтенсифікацію процесів збирання за рахунок зниження жорстких технологічних обмежень робочих швидкостей і пропускної здатності гичко- і коренезбиральних машин; зниження, за рахунок спрощення конструкцій, питомої метало- та енергоємності, підвищення загальної надійності (коефіцієнт готовності не нижче 0,95) виробничих процесів.

Основною вимогою при розробці та виготовленні бурякозбиральних машин є підвищення загального інженерно-технічного рівня конструювання бурякозбиральних машин: зниження енергомісткості, динамічного і вібраційного навантаження вузлів і деталей, підвищення ККД і зносостійкості машин, а також забезпечення комфортних умов праці механізаторів.

Розглянуті вимоги носять комплексний характер і визначають задачі конструктивного, технологічного і загально організаційного характеру, що об'єднується у загальну проблему – вдосконалення компоновочно-технологічних схем, робочих органів та інших конструктивних елементів бурякозбиральних машин [1, 4, 5, 26, 33].

1.3. Огляд машин-аналогів для збирання цукрових буряків

Машини зарубіжного виробництва. У конструкціях самохідних комбайнів «Кляйне» СФ-10 фірми «Кляйне» передбачено можливість накопичення зібраних коренів буряків у бункері місткістю 9 т з можливістю його перевантаження у транспортні засоби, що рухаються поряд. Відділення процесу збирання цукрових буряків від процесу транспортування значно

підвищує продуктивність, так як відпадають розвантажувальні рейси самохідного комбайна з поля до бурякового кагата. Завдяки значній місткості бункера, виключається необхідність руху поряд з комбайном транспортних засобів, що дає можливість економити один транспортний засіб.

На цих комбайнах встановлюють двигуни «Volvo Penta» потужністю 210 кВт. Передній міст виконаний у вигляді порталного моста з механічною трансмісією, на ньому встановлений поворотний круг при куті обертання $\pm 6^{\circ}$. Нерухомий задній міст з механічною трансмісією має гідравлічні стабілізатори. Кут повороту задніх коліс $\pm 45^{\circ}$.

Гідростатичний привод ведучих коліс з трьохступеневим редуктором дає плавне регулювання швидкості руху для кожного діапазону як вперед так і назад. На машині передбачено чотири види рульового керування: задні колеса, всі колеса «собачий хід» і рульова автоматика з дією на задні колеса. При включеній автоматиці рульового керування передній міст має можливість додаткового керування на косогорі. Різні види рульового керування, великий кут повороту задніх коліс і мала міжосьова відстань 3,82 м забезпечують значну маневреність комбайна. На машині встановлені передні шини 710/70R38, задні шини 700/50-26,5, що забезпечує незначний тиск рушіїв на ґрунт.

Паливний бак об'ємом 610 л забезпечує паливом протягом робочого дня без дозаправки. Агрегати зрізання гички і викопування коренів буряків працюють по системі із штовханням, вони розміщені перед колесами передньої осі. Гичкоріз і копач є розділеними конструктивними вузлами.

Гичкоріз оснащений валом подрібнення, шнеком транспортування гички, гичкокидалкою з регулюванням дальності кидання, валом очищення і полозковим копірним дообрізчиком. Товщину і висоту обрізування регулюють залежно від стану коренеплодів [14, 21-23].

Віброкопач має привод від ексцентрикового вала з боковим коливанням ± 30 мм для самостійного ведення серединою рядка. Транспортний вал забезпечує безперервну подачу коренів від підкопучих органів. Корені від

копачів поступають на валковий механізм з приводом від циліндричних зубчастих коліс. Валковий механізм забезпечений реверсивним механізмом.

Всі агрегати гичкоріза і копача мають гідропривод. Керування глибини викопування, а також бокова компенсація гичкоріза і копача на косогорах виконується автоматично. На комбайні встановлена система очищення, яка складається з 5 роторних турбінних очисників.

Валковий очисник і роторні турбінні очисники встановлені на рамі, яка повертається на шарнірах перед заднім мостом і піднімається, та опускається перед переднім мостом за допомогою двох гідроциліндрів. Потік буряків після валкового очисника розділяється на двох роторних турбінних очисниках з однаковим напрямом обертання і знову об'єднується при передачі на наступні. Довгий шлях очищення забезпечує інтенсивне очищення з незначними пошкодженнями коренів. Валковий механізм і роторні очисники мають гідропривод із безступінчатим регулюванням швидкості обертання. Проміжний бункер можна розвантажувати як у рухомий транспорт, так і на польові кагати.

Самохідні комбайни «Холмер» фірми «HOLMER mashinenbauGMBH» оснащений двигуном МАНД2876LF03 потужністю 338 кВт. Привод ходової частини (задня і передня вісь) – механічний з приводом від двохшвидкісної роздільної коробки передач з гідравлічним приводом. Передній міст – портална планетарна вісь з керованими колесами і гальмами, задній – планетарна вісь з керованими колесами і гальмами. Обидва мости з поперечним блокуванням диференціала.

На комбайні встановлений роторний гичкоріз з автоматичним регулюванням висоти зрізу гички на всіх ножах, що виконується централізовано з кабіни водія. Дообрізування головок коренів буряків виконують ножами-дообріжчиками, висоту дообрізування регулюють з кабіни водія. Зрізана гичка може розсіюватись на зібране поле або навантажуватись на причепи. Гичкоріз і копач підвішені до рами комбайна шарнірно, що дає можливість копіювати поверхню поля і забезпечувати якісне зрізання гички, дообрізування і викопування буряків. Викопування коренів виконується підкопуючими

вібролемешами з автоматичним регулюванням глибини викопування. Передбачено можливість регулювання копачів на міжряддя 45, 48, 50, 60 см.

Очисник коренів включає шість довгих шнекових валів, два коротких шнекових вали, один сепаруючий елеватор (реверсивний), три сепаруючі турбіни (зірчасті) з автоматичним регулюванням числа обертів. У бункер буряки транспортуються шнековим транспортером. Вивантаження буряків з бункера забезпечується вивантажувальним транспортером. Для забезпечення швидкого вивантаження коренів з бункера передбачено приводні поздовжні транспортери і поперечне скребкове дно бункера. На комбайні встановлена централізована систему мащення. Кабіна водія комфортабельна, укомплектована комп'ютером, що контролює потік коренів, функціонування гідросистеми, двигуна. Місткість бункера 24 м³. Продуктивність до 1,5 га/год.

Для зменшення фізичної забрудненості цукрових буряків всі провідні фірми світу запровадили на збиральних машинах складні високоефективні очисні системи на базі турбороторних очисників з шнековими і прутковими транспортерами із змінною траєкторією руху вороху (рисунок 1.1).

Значного поширення набула також технологія перевалочного збирання із формуванням польових кагатів біля доріг з твердим покриттям і використання трифазного збирання з укладанням коренеплодів у валки комплексами для роздільного збирання. Найбільш перспективним на сучасному етапі є створення багатофункціональних модульних систем бурякозбиральних машин [21-23, 30, 57, 58, 59].

У розвинутих країнах Європи, зокрема, Франції, Німеччині більшість площ цукрових буряків збирають самохідними бункерними машинами; використання 2–6-рядкових причіпних і начіпних машин для збирання цукрових буряків постійно зменшується. Основна тенденція розвитку бурякозбиральної техніки в Європі – це створення 6- і 9-рядкових (для посівів 18-ти рядковими сівалками) нових і удосконалення існуючих моделей самохідних бурякозбиральних комбайнів з ефективними системами очищення,

що забезпечують підвищення продуктивності, зниження трудомісткості збиральних робіт та фізичної забрудненості коренів [14, 21-23, 30].

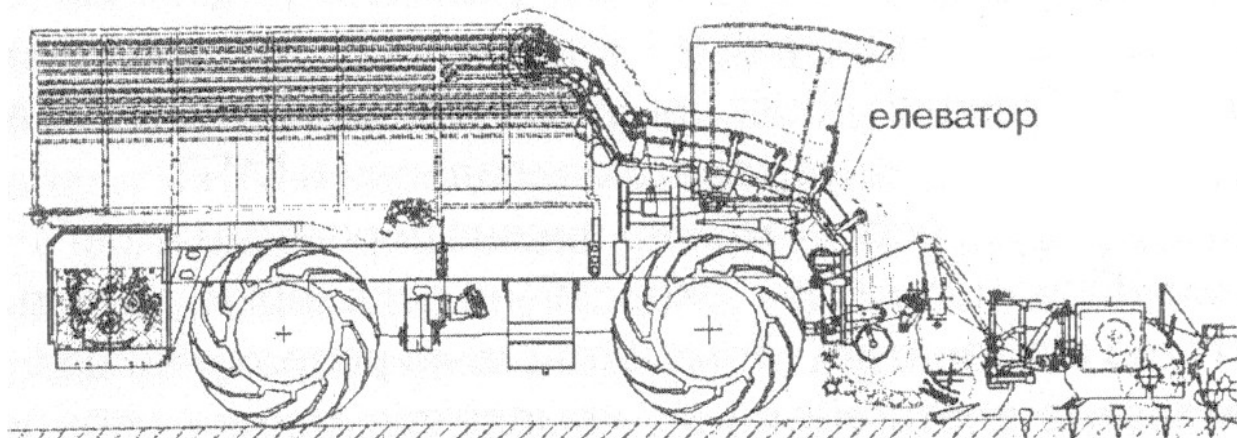


Рисунок 1.1 – Компонувальна схема самохідного комбайна SF20 (фірма «KLEINE»)

Французькі фірми «Jean Moreau», «Herrian», «Matrot» випускають самохідні 6-рядкові машини, що дозволяють зменшити затрати праці завдяки суміщенню операцій і підвищенню робочої швидкості до 10...12 км/год. У Німеччині номенклатура машин від 1 до 6-рядкових, перевагу надають 6-рядковим комплексам, провідні фірми «KLEINE», «STOLL».

У Великобританії найбільш поширені 1- і 3-рядкові машини (70 % від загальної кількості машин), провідні фірми «Katchpole» і «John Salmon».

В Італії фірми «GUARESÌ», «Roberto BARIGELLI», спеціалізуються на 1-рядкових машинах, «ITALO SVIZZERA» – на 3-рядкових. Датський «Тім» випускає переважно 2- і 3-рядкові комбайни. У США збирання цукрових буряків проводиться в основному двофазним способом з використанням гичко- і бурякозбиральних 3-, 4- і 6-рядкових машин [14, 21-23, 30].

На даний час відомі європейські фірми «Франкю», «Моро», «Мотро» (Франція), «Барігеллі» (Італія), «Гіллес» (Бельгія), «Штоль» (Німеччина), «Тім» (Данія) створили потужні високопродуктивні бункерні бурякозбиральні комбайни з підвищенням потужності двигунів, переходом з 2- на 3-вісну ходову систему, збільшенням об'єму бункера до 40 м³, спрощенням приводу,

рівномірним розподіленням маси на ходову систему, обладнанням агрофільними шинами і розосередженням їх розміщення для забезпечення рівномірного ущільнення ґрунту [14, 21-23, 30, 57, 59]. У причіпній коренезбиральній машині фірми «Garford Victor» коренеплоди відразу транспортуються підйомним прутковим транспортером і потім інтенсивно очищуються. Деякі з машин провідних зарубіжних фірм зображені на рисунку 1.2.

Переваги і недоліки розглянутих бурякозбиральних машин. Основними перевагами зарубіжних комбайнів є невисокі затрати при збиранні на 1 га, можливість збирання на розворотній полосі і на просічних полосах незалежно від транспортних засобів, висока експлуатаційна надійність, висока маневреність, вільний огляд всього потоку коренів буряків з місця водія, обрізка гички і викопування коренів по добре зарекомендованій системі «КЛІЯЙНЕ з штовханням», оптимальна якість збирання врожаю, інтенсивна очистка при незначних пошкоджених коренів буряків.

На зарубіжних машинах встановлено двигуни з більш економічними показниками. Машини укомплектовані сучасною електронікою контролю параметрів виконання технологічного процесу та функціонування агрегатів машини. На машинах встановлені комфортабельні кабіни водія.

До основних недоліків слід віднести: складність ремонтів силових і гідро агрегатів, зниження якісних показників роботи машин на полях з підвищеною твердістю ґрунтів при збиранні коренеплодів в умовах промерзлого ґрунту, а також недостатню зносостійкість викопуючих робочих органів машини.

Спеціалізація господарств, розташування підприємств переробної промисловості сприяє зростанню попиту на високопродуктивні бункерні бурякозбиральні комбайни, що скорочує строки збирання та зменшує втрати врожаю у складних погодних умовах. Собівартість збирання самохідними машинами порівняно з причіпними чи начіпними комплексами знижується на 20...30 %. При цьому кращий спосіб організації процесу збирання цукрових буряків – перевалочний, при якому зібрана маса тимчасово зберігається у

а) фірми «HOLMER» (Німеччина); б) фірми «KLEINE» (Німеччина);

а)

б)

в)

в) фірми «STOLL»(Німеччина).

Рисунок 1.2 – Зарубіжні комбайни середнього класу:

великих кагатах на полях поблизу доріг, згодом централізовано вивозиться спеціальними транспортними засобами [14, 21-23, 30].

Машини вітчизняного виробництва. Діапазон бурякозбиральних машин характеризується великою різноманітністю: найпростіші 1-, 2-, 3-рядкові, складні 4-, 6-ти рядкові, а в перспективі і 12-ти рядкові комбайни і комплекси машин.

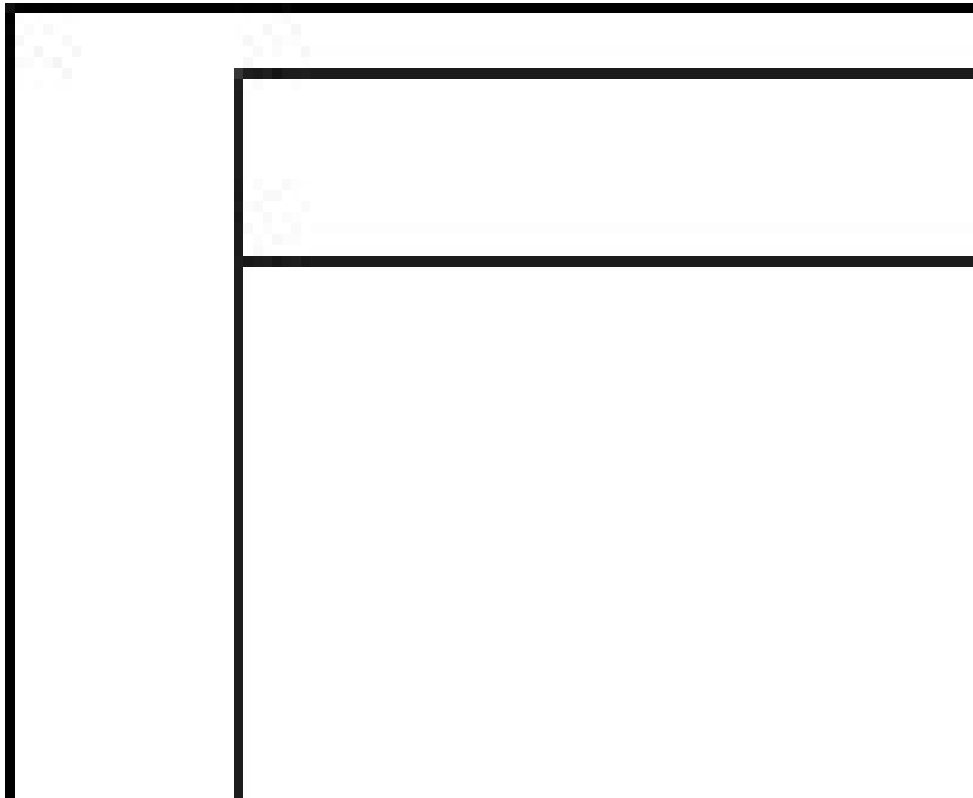
Для господарств з полями невеликої площі найефективнішими є однорядні причіпні комбайни; середньої площі – самохідні одно- і дворядкові комбайни; для однофазного, а також роздільного дво- і трифазного збирання на середніх і великих площах – чотири- і шестирядні самохідні машини.

Для трифазної технології збирання буряків в Україні випускали такі машини: МГР-6, МГШ-6, БМ-6, БС-6 – зрізання гички, ОГД-6, ОГД-6А – доочищення голівок коренеплодів; КС-6Б, КС-6В, РКМ-6, МКК-6 викопування, очищення і завантаження у транспортні засоби та ін. Низка з цих машин у модернізованому вигляді випускається промисловістю і в даний час, а також розробляються нові.

Можна відзначити такі удосконалені конструкції:

- бункерні КБ-2 (рисунок 1.3), з різними викопуючими пристроями, система перевантаження коренів у яких складається з консольно встановленого пруткового барабана, що є «дном» технологічного русла і шнека з еластичною навивкою, що виконує роль задньої стінки; вони обертаються у зустрічних напрямках, забезпечуючи сепарацію і транспортування коренів;
- КСБ-6 «Збруч», призначений для однофазового збирання цукрових буряків, гичка залишається на полі,
- КБ-6 (рисунок 1.4), що працює у комплексі з гичкозбиральною машиною та ін. [14, 30, 57, 59].

Для підвищення продуктивності роздільного двофазного збирання перспективним є застосування самохідних бункерних підбирачів накопичувачів у поєднанні з начіпними на трактор гичковидаляючими та викопуючими модулями, а також переобладнання самохідних машин вітчизняного виробництва: КС-6Б, МКК-6-02, РКМ-6-01.



1 – роторний гичкоріз; 2 – шнек відбору гички; 3 – ніж дообрізувальник; 4 – ротаційно-вильчатий копач; 5 – коренезабірник; 6 – бітер; 7 – вал лопатевий, 8 – барабан прутковий; 9 – шнек; 10 – колесо опорне; 11 – транспортер; 12 – бункер; 13 – транспортер бункера; 14 – відкидний транспортер бункера; 15 – маркер-стабілізатор.

Рисунок 1.3 – Технологічна схема збирання цукрових буряків причіпним бункерним комбайном КБ-2:



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд коренезбиральної машини бункерного типу КБ-6

Порівняльні характеристики деяких бурякозбиральних комплексів вітчизняного та зарубіжного виробництва наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльні характеристики бурякозбиральних комплексів

Показник	Марка бурякозбиральних комплексів, комбайнів								
	БМ-6Б КС-6Б	БМ-6Б КС-6БМ-1	КБС-6	КС-6Б-10	Лектра V2	SF-10	HOLMER	M-41AM	
		нові та модернізовані							
Фірма-виробник	ВАТ „ТекЗ”	ВАТ „ТекЗ”	ВАТ „ТекЗ”	ВАТ „ТекЗ”	„Моро”	„Франц Кляйне”	„Холмер”	„Матро”	
Продуктивність за годину, га/год	основного часу	1,86	1,86	1,5	1,7	1,7	1,75	1,76	1,78
	змінного часу	1,2	1,35	-	-	-	-	-	-
	експлуатаційного	0,97	1,15	1,1	1,13	-	1,32	1,34	1,24
Витрати пального, кг/га	15,8	15,8	20,3	31,0	42,0	31,2	35,7	48,0	
Незворотні втрати, %	0,3	0,4	0,3	0,4	0,8	0,5*	2,7*	0,8*	
Забрудненість коренеплодів, %	3,1	4,0	5,1	4,0	2,7	3,1	0,4	2,2	
Загальна вартість, тис. грн	236	236,5	380,04	310,8	-	2048,2	2431,2	1699,3	
Маса комплексу (комбайну), кг	12600	12688	13280	11100	15400	15970	22100	16070	
Сума приведених експлуатаційних затрат, грн/га	439	388	357,61	395,70	-	1386,44	2055	1794,08	

* - при урожайності до 300ц/га втрати виростають до 20-30%.

1.4. Опис об'єкта розробки

Технічна характеристика машини КБМ-6 наведена у таблиці 1.2.

Коренезбиральну самохідну машину типу КБМ-6 виконують на базі машини КС-6Б. Вона складається з шасі з об'ємним гідروприводом на ходову частину, підбирача коренів, транспортуючих робочих органів для навантаження у транспортні засоби, автомата керування, системи автоматичної сигналізації, гідравлічної системи управління робочими органами машини [15].

До машини додаються комплекти запасних частин, інструментів і знаряддя. Шасі коренезбиральної машини складається з несучої рами, яка опирається на мости ведучих і керованих коліс, силового агрегата, площадки водія з кабіною, електричної і гідравлічної систем.

Підбирач коренеплодів складається з викопуючого пристрою (дискового, вильчатого з віброкопачами, пасивний диск-леміш), поздовжнього транспортера і бункера з вивантажувальним транспортером.

Вузли підбирача коренів змонтовані на основній рамі: поздовжній транспортер, бункер, вивантажувальний транспортер; копачі, шнековий очисник – на окремій рамі, яка приєднана до несучої рами шасі за допомогою шарніру.

Загальна будова машини КБМ-6 з викопуючим пристроєм з ротаційно-вильчатими копачами, в основному, не міняється, за винятком дообладнання основної рами шасі з додатковим кріпленням гідроциліндра для навішування змінного викопуючого пристрою з ротаційно-вильчатими копачами.

Змінний викопуючий пристрій з ротаційно-вильчатими копачами також монтується на рамі шасі за допомогою сферичного шарніру і шарнірного з'єднання спеціального виконання, яке дозволяє проводити опускання, піднімання і вільне пересування робочих органів копача до їх граничного заглиблення.

У робочому положенні викопуючого пристрою, коли копачі заглиблені у ґрунт, викопуючий пристрій опирається своїми кронштейнами на міст керованих коліс, а в транспортному положенні – утримується гідроциліндром і

Таблиця 1.2 – Основні технічні дані машини КС-6Б

Найменування		Значення	
1		2	
Робоча ширина, м		2,7	
Кількість рядків, що викопуються, шт		6	
Ширина міжрядь, мм		450 ±30	
Кількість обслуговуючого персоналу, люд		1	
Конструктивна маса машин (суха)		КС-6Б	9000 ±270
		КС-6Б-01	8700 ±250
Габаритні розміри машини, мм	у робочому положенні не більше	довжина	6950 ±50
		ширина	6210 ±50
		висота	4000-50
	у транспортному положенні не більше	довжина	7500+50
		ширина	3300+50
		висота	4000
Конструктивна маса машини, кг, не більше	з дисковим викопуючим пристроєм	11750+270	
	з вильчастим викопуючим пристроєм	11450+250	
	з вібраційним викопуючим пристроєм	11670+330	
Об'єм бункера-накопичувача, м ³		від 8 до 10	
Продуктивність за 1 годину експлуатаційного часу, га/год		0,8-1,8	
Робоча швидкість на основних операціях, м/сек (км/год)		3,5 (11)	
Транспортна швидкість, км/год		до 20	
Потужність дизеля, кВт		110-136	
Номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, хв ⁻¹		2000	
Муфта зчеплення		фрикційна, суха, постійна, замкнута	
Колія коліс, мм	керованих	1800 ±20	
	ведучих	2290	
Привод на хід		ГСТ-90	

Закінчення таблиці 1.2

1		2	
Колісні гальма		гальма дискового типу з гідравлічним приводом	
Стоянкове гальмо		дискове з механічним приводом	
Робочі органи		дискові	
		вильчаті	
		вібро-лемішні	

		пасивний диск-леміш
Очисник		шнековий
Основна гідросистема. Максимальний тиск у гідросистемі, МПа		9,5
Робочий тиск у гідросистемі приводу вивантажувального транспортера та в основній гідросистемі, МПа		150
Глибина підкопування середня, см		74
Пошкодження коренеплодів	всього %	5,1
	у тому числі сильно пошкоджених, %	1,9
Дорожній просвіт, мм		250
Робоча ширина захвату, м		2,7
Кількість рядків, що збирається, шт		6
Лінійна швидкість поздовжнього транспортера, м/с		1-1,5
Лінійна швидкість вивантажувального транспортера, м/с		1,14
Ширина поздовжнього транспортера, м		0,9
Довжина полотна поздовжнього транспортера, м		5,15
Крок скребків поздовжнього транспортера, м		0,35
Висота скребків поздовжнього транспортера, м		0,17
Кут нахилу поздовжнього транспортера, град		55
Транспортуючі органи		Пруткові на спеціальних зубчастих пасах із скребками

фіксується механічним фіксатором. У початковому робочому положенні, коли копачі заглиблені у ґрунт, рама викопуючого пристрою опирається через регулюючі кронштейни на зв'язані з ними опорні колеса, які виконують роль копирів рельєфу поверхні ґрунту. У процесі роботи, коли починається самозаглиблення копачів, рама через кронштейни опирається на передній міст керованих коліс шасі машини.

У транспортному положенні змінні викопуючі пристрої утримуються на основній рамі шасі гідроциліндром і фіксуються механічним фіксатором.

Для встановлення гідроциліндра піднімання змінного викопуючого пристрою з ротаційно-вильчатими копачами і забезпечення «плаваючого» положення його в роботі, на основній рамі шасі додатково встановлений кронштейн з пазами.

Машина обладнана автоматичною системою, яка контролює роботу основних вузлів і сигналізує водію про можливість порушень в їх роботі, а також автоматом керування. Швидко відкриваючі капоти і щитки забезпечують безпеку в роботі з машиною і доступ до її вузлів для обслуговування, огляду і ремонту. Машини обладнані зовнішніми освітлювальними приладами, необхідними для роботи в нічний час і руху по дорогах. Буряки із застосуванням машини КБМ-6 збирають потоковим або перевалочним способом залежно від розташування плантацій від цукрового заводу і забезпечення господарства транспортними засобами [15].

Гичкозбиральна машина, яку навішують спереду коренезбиральної зрізає гичку з шести рядків, очищає її від домішок ґрунту і навантажує у транспортний засіб, що іде поряд, який відвозить гичку до місць силосування.

Другу операцію виконують коренезбиральною машиною, яка викопує корені, очищує їх від домішок і вантажить у транспорт, який іде поруч. За допомогою автомата керування передні колеса машини направляються точно посередині міжрядь буряка. При такому способі збирання буряки відправляють безпосередньо на цукровий завод, а при перевалочному –

вкладають у польовий бурт і потім навантажують в автомашини навантажувачем.

Активні вилки наконечниками, які обертаються, витягують корені із ґрунту і вводять їх у розхил дисків забірників. При цьому маса ґрунту відокремлюється за рахунок скидання їх наконечниками вилок, що обертаються в різні боки, а корені і залишена частина ґрунту захоплюється забірниками.

Підняті забірниками корені і ґрунт виштовхуються лопатевими бітерами, які встановлені в кожному забірнику, на очисний пристрій рами, який складається з одного лопатевого бітера і блока з трьох шнеків.

Під дією очисних елементів бітера і шнеків, що обертаються з різними швидкостями ворох коренів очищається від ґрунту і рослинних домішок і транспортується на поздовжній транспортер.

Передавальний бітер сприяє кращому заповненню міжскребкового простору транспортера і тим самим підвищує його продуктивність. Поздовжній транспортер подає корені у бункер, звідти вони горизонтальним прутково-шнековим очисником переміщуються на поперечний транспортер бункера, що подає їх на завантажувальний транспортер, який вантажить їх у кузов транспорту, що рухається поряд. На машині встановлений бункер об'ємом до 3 м³.

При сприятливих умовах, коли у воросі немає ґрунтових домішок, напрям руху стрічкового транспортера можна змінити на протилежний. При цьому корені будуть потрапляти відразу на розвантажувальний транспортер. Для зміни транспортних засобів на ходу передбачена можливість короткочасного (на 20...30 с) відключення стрічкового і вивантажувального транспортерів. При цьому корені збираються у бункер. Після зміни транспортних засобів всі механізми знову включаються у роботу [15].

Включення і виключення транспортера здійснюється натиском чи послабленням гальмівної стрічки планетарного редуктора за допомогою гідроциліндра, яким керують з кабіни.

Конвеєри-очисники відносять до основних робочих органів коренезбиральних машин. Від якості виконання технологічного процесу

очищення коренеплодів залежать: продуктивність праці, повнота і своєчасність збирання врожаю, можливість його подальшого зберігання та раціонального використання, механічна ерозія ґрунту, кількість транспорту для перевезення зібраної з поля маси продукції.

Проблема очищення коренеплодів від ґрунту та інших домішок виникла з часу створення механізованих засобів збирання врожаю. Одержання кондиційних коренеплодів має вирішальне значення для їх зберігання при кагатуванні, а отже, в отриманні продукції вищої якості [34, 35, 56, 58].

До виконання технологічного процесу очищення коренеплодів від ґрунту при механізованому збиранні пред'являють такі вимоги. Цей процес повинен здійснюватися з мінімальними втратами дрібних коренеплодів та їх відбитих частин, мінімальною кількістю пошкоджених коренеплодів при ударному впливі внаслідок завищених швидкостей елементів робочих органів [34, 35].

Ворох коренеплодів, що поступають на очищення, – це механічна суміш твердих тіл різної форми та величини, проміжки між яким заповнені повітрям. У воросі коренеплодів крім ґрунтових домішок може міститися значна кількість смітної рослинності, яка намотується на активні робочі елементи конструкції очисника, а також каміння, металеві предмети, що можуть призводити до заклинювання та поломки робочого органу.

Для транспортування і сепарації коренеплодів цукрових буряків, та гички всередині корене- і гичкозбиральних машин, для завантаження у бункер, на транспортний засіб навантажувачами як робочий орган використовують поздовжні та вивантажувальні пруткові транспортери, які можуть бути одно-, двоконтурними або комбінованими (рисунок 1.5).

Пруткова гірка одноконтурного конвеєра (див. рис. 1.5а) безперервно рухається навколо двох валів, один з яких приводить у рух, інший є натяжним. Ворох коренеплодів подається з боку натяжного вала і проходить верхньою гілкою до її згину, звідки поступає на інші робочі чи транспортуючі органи, кут встановлення його обмежений пропускною здатністю. Двоконтурний (див. рис. 1.5б) складається з двох нескінченних пруткових гілок. Він дає можливість

переміщення вороху коренеплодів під будь-яким кутом до горизонту, включаючи вертикальний напрям, оскільки його гілки встановлені паралельно одна до одної і транспортують ворох між верхньою гілкою нижнього і нижньою гілкою верхнього контурів. Ефективне очищення буряків відбувається при повертанні компонентів вороху за рахунок різниці швидкостей гілок. У комбінованому (див. рис. 1.5в) повніше очищення досягається завдяки додатковому впливу щіток, встановлених над верхньою частиною одноконтурної нескінченної гілки. У всіх трьох типах очищення проходить просіюванням через прутки. Форму і параметри пруткового транспортера вибирають залежно від схеми компоновки агрегату і необхідної продуктивності [34, 35, 44, 47].

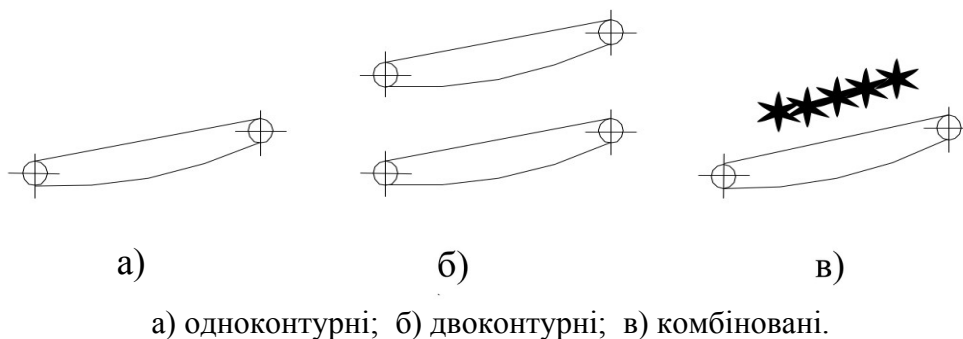
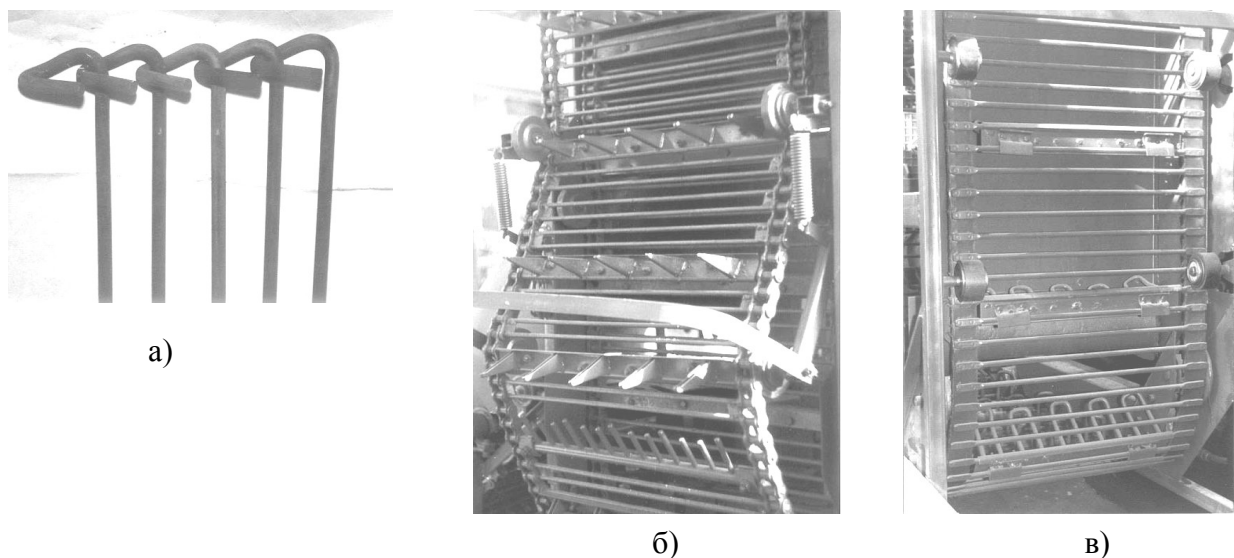


Рисунок 1.5 – Типи пруткових транспортерів коренезбиральних машин:

Такі транспортери складаються із розташованих паралельно один до одного з певним кроком прутків, з'єднаних за допомогою фігурних гачків на кінцях (рисунок 1.6а), прикріплених до гнучких елементів: втулково-роликів ланцюгів (рисунок 1.6б), гумових пасів (рисунок 1.6в), і утворюють нескінченне решітчасте полотно. На прутках похилих транспортерів для підтримання транспортованої маси встановлюють з певним кроком пальчасті скребки, з різьбовим або зварним кріпленням, полотно огинають ведучі і ведені зірочки або шківи і підтримуючі ролики.

Проблема обґрунтування та вибору основних параметрів конструкцій очисників коренеплодів від ґрунту виникла з початком розвитку бурякозбиральної техніки. Низку питань з теорії, конструкції та розрахунку очисників розглянуто у працях таких вчених: А.А. Василенка, Я.І. Верменка,

Г.Д. Петрова, Л.В. Погорілого, М.В. Татьянка, А.К. Сарапулова, А.І. Портянко, Ю.З. Маліхіна, Б.П. Шабельника та ін [1, 5, 6, 26, 30, 28, 33, 34, 35 39, 40].



а) гачкове; б) до втулково-роликів ланцюгів; в) до гумових пасів.

Рисунок 1.6 – Типове кріплення елементів пруткових транспортерів:

Цими авторами дано детальний аналіз конструкцій та умов роботи таких транспортерів, визначені конструктивні параметри як самих транспортерів, так і їх приводів, обґрунтовано міжосьові відстані, числа зубів ведучих зірочок, частота обертання валів, кут нахилу до горизонту, крок скребків, їх висота з умов максимальної пропускної здатності транспортера, відстань між прутками, швидкість руху полотна при умові мінімального пошкодження коренів і нормального транспортування вороху. Наведено дослідження з визначення продуктивності пруткових транспортерів залежно від врожайності коренів чи гички; розглянуто умови розкидання коренів при їх виході з транспортера, розглянуто взаємодію коренів із скребками для забезпечення відриву коренів від полотна при транспортуванні, взаємодію коренів між собою при їх транспортуванні та ін. При цьому для отримання залежностей розглядався окремий коренеплід і його взаємодія з робочим органом; взаємодія між собою двох коренеплодів, як двох тіл певних мас. Отримані результати сприяють подальшому розвитку теорії очищення коренеплодів і дослідження очисників.

Швидкість елеваторного полотна встановлюється залежно від розташування його в машині, а саме, безпосередньо за викопуючим робочим органом – оптимальна швидкість 1,6...2 м/с, розташованого всередині технологічної схеми 1...1,5 м/с; для транспортерів гички рекомендована швидкість 1,5...1,6 м/с [28, 29, 35, 56, 57, 58, 59, 60]. Високі швидкості сприяють кращій сепарації ґрунту при високій вологості, однак в умовах середньої вологості коренеплодам наносяться значні пошкодження, тому для забезпечення оптимальних умов роботи у таких транспортерах варто передбачати дві швидкості руху вороху.

1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра і постановка завдання на проектування

Очищення коренеплодів цукрових буряків від ґрунту та інших домішок – одна із важливих технологічних операцій при їх викопуванні незалежно від способу збирання. Це сприяє отриманню кондиційних коренеплодів, що має вирішальне значення для їх зберігання при кагатуванні, а отже, і для подальшої переробки та отримання продукції високої якості.

Процес очищення коренеплодів від ґрунту при їх механізованому збиранні має здійснюватися з мінімальними втратами дрібних коренеплодів та відбитих частин, мінімальною кількістю пошкоджених коренеплодів при ударному впливі внаслідок завищених швидкостей елементів робочих органів.

Ворох коренеплодів, що поступає на очищення, після викопуючих робочих органів – це механічна суміш твердих тіл різної форми та величини, проміжки між якими заповнені повітрям. У ньому крім грудок ґрунту може міститися значна кількість смітної рослинності, яка намотується на активні робочі елементи конструкції очисника, а також каміння, металеві предмети, що може призводити до заклинювання та поломки робочого органу.

Для транспортування і сепарації коренеплодів цукрових буряків всередині коренезбиральних машин, для завантаження їх у бункер і на транспортний засіб як робочий орган використовують поздовжні та вивантажувальні пруткові транспортери.

У конструкції базової машини передача коренеплодів з викопуючого пристрою на поздовжній транспортер передається безпосередньо крайнім вальцем викопуючого пристрою на пруткове полотно транспортера поздовжнього. При роботі коренезбиральної машини в умовах підвищеної вологості ґрунту і на полях, засміченість яких рослинними рештками перевищує допустиму за агротехнічними вимогами, кількість домішок у воросі зібраних коренеплодів у вигляді налиплого ґрунту і рослинних залишків перевищує допустимі вимоги зазначені нормативно технічними документами (ДСТУ). Тому виникає необхідність підвищення інтенсифікації очищення коренеплодів на очищувально-транспортуючих органах коренезбиральної машини.

З цією метою у даній дипломній роботі на тему «Обґрунтування параметрів системи очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6» запропоновано додатковий валець, виконаний у вигляді циліндричного барабана з навареними на його поверхні поздовжніми прутками.

Очищувально-транспортуючий валець встановлюють на підшипникових опорах. Привод вальця відбувається за допомогою карданної передачі і ланцюгової передачі через допоміжну підшипникову опору від останнього вальця викопуючого пристрою.

Для розкриття поставленого у дипломній роботі завдання необхідно: провести відповідні конструктивні та кінематичні розрахунки розробленої конструкції, розрахунки на міцність її елементів, обґрунтувати і дослідити параметри системи очищення, довести економічну доцільність розробки.

У технологічній частині необхідно розробити технологічний процес механічної обробки деталі і спроектувати спеціальні верстатні пристосування.

Прийняті конструктивні рішення відобразити у графічній частині роботи.

У дипломній роботі необхідно виконати комп'ютерне моделювання навантаженості однієї із найбільш навантажених деталей очищувально-транспортуючого вальця – цапфи, розробити заходи з охорони праці, екології та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1. Опис змін, внесених у конструкцію системи очищення вороху машини КБМ-6

Система очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6 складається з ряду послідовно розташованих транспортерів. Для рівномірного заповнення коренеплодами позовжнього транспортера (рисунок 2.1), а також зменшення забруднення вороху, у дипломній роботі запропоновано удосконалити систему очищення, встановленням очищувально-передавального вальця (рисунок 2.2).

Проведемо аналіз впливу застосування вальця на міцність і надійність елементів трансмісії його приводу, а також визначимо слабкі місця, що потребують перерахунку.

Із застосуванням у конструкції очищувально-транспортуючих органів додаткового очищувально-передавального вальця, потужність, яка передається елементами трансмісії приводу, зросте. Виходячи з цього, необхідно проаналізувати запас міцності елементів трансмісії та перерахувати параметри міцності та надійності елементів трансмісії, запас міцності яких недостатній для забезпечення безвідмовного функціонування із врахуванням збільшення вказаних навантажень. При виявленні недостатнього запасу міцності чи надійності слід внести зміни для забезпечення надійності слабкого елемента приводу.

Розглянемо елементи трансмісії приводу вальця, що впроваджується. Потужність від двигуна за допомогою клинопасової передачі (рисунок 2.3) передається на головний конічний редуктор. Через вал цього редуктора основна частина потужності, яка використовується на привод робочих органів машини, передається за допомогою карданної передачі на центральний редуктор приводу виконуючих органів. Далі, через вал того ж конічного редуктора, потужність передається на циліндричний редуктор приводу блоків шнеків. Через зубчаті передачі циліндричного редуктора та за допомогою

ланцюгових передач потужність передається на блоки шнеків шнекового очисника та його вальці. З крайнього вальця шнекового очисника потужність ланцюговою передачею передається на проміжну опору, з якої, за допомогою карданної передачі, потужність передається на валець, що впроваджується.

Отже, необхідно провести розрахунок приводної ланцюгової передачі приводу очищувально-передавального вальця; розрахунок технологічних та кінематичних параметрів поздовжнього транспортера, перед яким встановлено систему очищення; а також виконати розрахунок її елементів на міцність.

Виходячи з аналізу відмов перерахованих елементів трансмісії за тривалий термін експлуатації машин за даними відділу експлуатаційної надійності та випробувань «ТеКЗ» встановлено, що найбільше відмов при експлуатації машини при напрацюванні в межах чотирьох-п'яти сезонних норм випадає на підшипники та ведучий вал головного редуктора приводу шнекового очисника викопуючого пристрою. У зв'язку із впровадженням додаткового вальця, збільшиться навантаження на підшипники вала головного редуктора, тому необхідно провести перевірний розрахунок ведучого вала та підшипників цього редуктора та при необхідності внести конструктивні зміни.

Умови роботи коренезбиральних машин змінюються у широких межах залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу поля, врожайності, розмірно-масових характеристик коренеплодів, тощо [1, 19, 25, 56, 57, 58, 59, 60].

Для визначення розрахункових навантажень будемо виходити з припущення, що машина працює на високоврожайному полі з максимальною швидкістю. Приймаємо врожайність цукрових буряків $Y=70$ т/га і робочу швидкість комбайна $V_M=11$ км/год= $3,06$ м/с [15], тоді середня вага коренів, що припадає на 1 м² поля складає

$$y_1 = \frac{Y}{10000} = \frac{70 \cdot 10^4}{10^4} = 70 \text{ Н/м}^2. \quad (2.1)$$

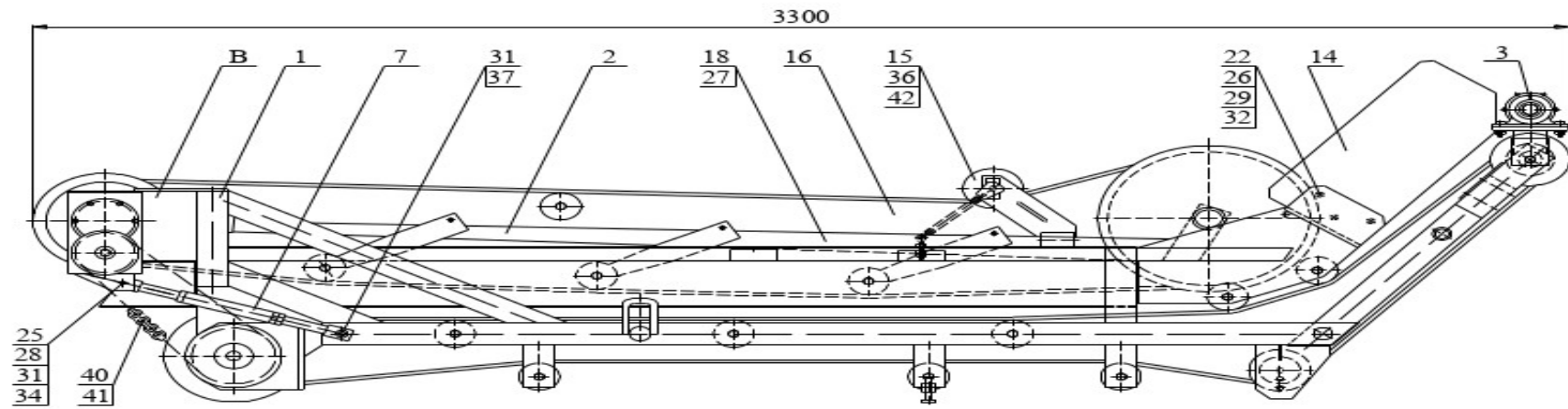


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд транспортера поздовжнього
 поз.3 – вказує на очищувально-передавальний валець.

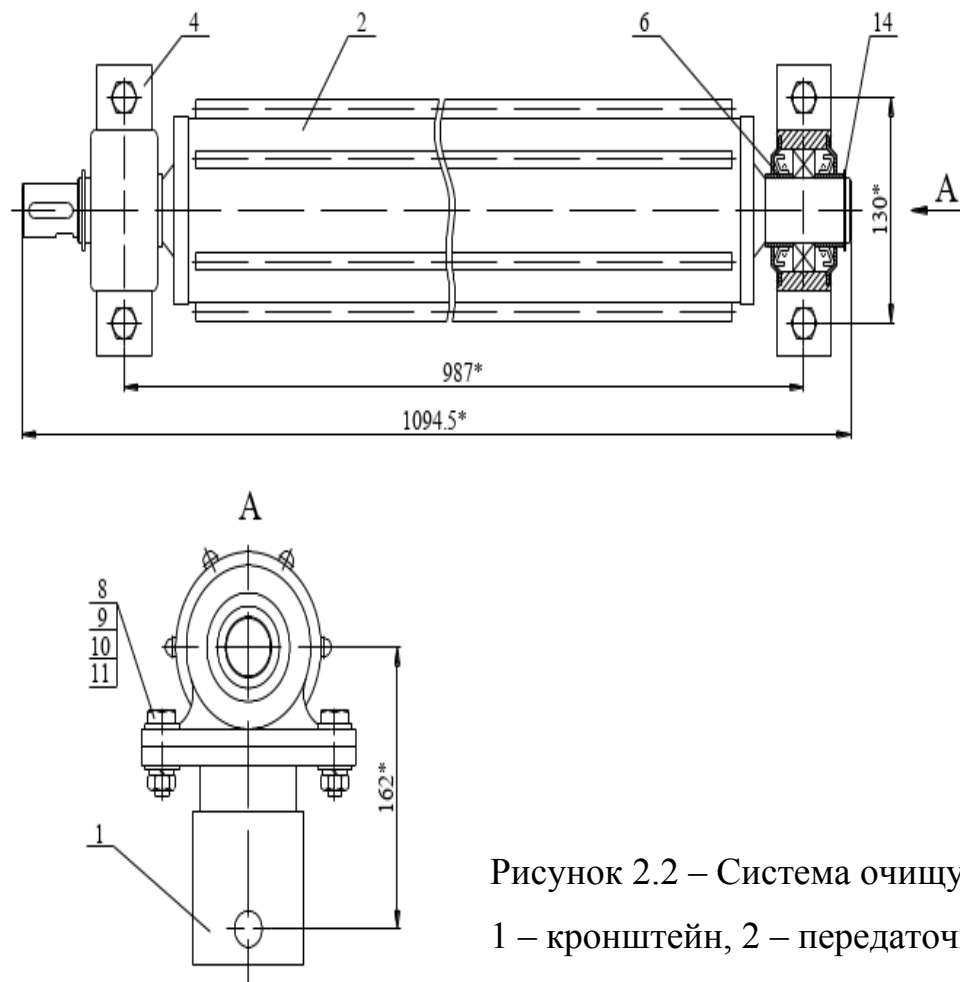


Рисунок 2.2 – Система очищувально-передавального вальця:
 1 – кронштейн, 2 – передаточний вал, 4 – підшипниковий вузол; 6 – втулка; 8 – болт, 9 – гайка, 10,11 – шайби; 14 – кільце.

Рисунок 2.3 –Кінематична схема машини КБМ-6

2.2. Розрахунок технологічних і кінематичних параметрів поздовжнього транспортера

У конструкції машини КБМ-6 для транспортування коренеплодів цукрових буряків від шнекового очисника викопуючого пристрою машини до бункера застосовано подвійний поздовжній транспортер (рисунок 2.4), який складається з двох гілок пруткових транспортерів, виконаних з кроком $t = 38,1$ мм. Гілки встановлено одна над одною і їх приводні вали кінематично зв'язані між собою і забезпечують рух їх суміжних полотен в одну сторону [51, 56. 59, 60]. У верхній частині транспортера між суміжними полотнами встановлено зазор, розміри якого вибирають з врахуванням розмірів коренеплодів, кута нахилу транспортера, необхідної продуктивності транспортера.

Рисунок 2.4 – Конструкція подвійного транспортера:
1 – рама; 2 – транспортує полотно;
3 – рама; 4 – полотно; 5 – пристрій для зміни відстані між полотнами; 6 – упор;
7 – різьбові отвори; 8 – різьбові елементи.

зазор становить $h = 120$ мм.

Для забезпечення більшого зачеплення потоку коренеплодів з полотнами транспортерів, на їх поверхнях з певним кроком, який вибирають залежно від довжини коренеплодів, встановлюють скребки-активізатори. Крок їх здебільшого вибирають таким, що приблизно дорівнює 1,5 довжини

У конструкції транспортера, що розглядається у даній дипломній роботі,

коренеплоду. Для розглядуваного у дипломній роботі поздовжнього транспортера крок скребків прийнятий $t = 350$ мм [51, 56, 59, 60].

Швидкості полотен транспортерів обмежуються, в основному, вимогами міцності і довговічності самих полотен, а також із збільшенням швидкостей полотен збільшується ймовірність пошкодження коренеплодів. Для транспортерів, подібних до розглядуваних у даній роботі, лінійна швидкість полотен складає $V = 1 \dots 1,5$ м/с [26, 55, 59, 60] при транспортуванні коренеплодів. Продуктивність такого пруткового транспортера пов'язана із швидкістю і питомим завантаженням одиниці довжини зони транспортування коренеплодів. Питоме завантаження характеризується шириною транспортера, робочим зазором між полотнами транспортерів, коефіцієнтом заповнення даного об'єму одиниці довжини транспортера.

Продуктивність транспортера, з розрахунку на один метр його довжини, визначають із залежності [26]

$$Q = P \cdot V \cdot T \cdot \gamma \cdot k, \quad (2.2)$$

де V – лінійна швидкість транспортера, прийmemo $V = 1,25$ м/с;

γ – питома вага коренеплодів, $\gamma = 0,6$ т/м³;

k – коефіцієнт заповнення, приймаємо $k = 0,6$;

P – величина, яка визначають за формулою

$$P = B \cdot h, \quad (2.3)$$

де B – ширина транспортера, $B = 900$ мм;

h – зазор між полотном полотнами транспортера, $h = 120$ мм.

Тоді

$$Q = 0,9 \cdot 0,12 \cdot 1,25 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 0,049 \text{ т/с} = 49 \text{ кг/с}.$$

З розрахунку на одну годину роботи транспортера

$$Q_{\text{Год}} = 0,049 \cdot 3600 = 176,4 \text{ тонн}.$$

Згідно з технічними умовами [15] машина КБМ-6 повинна забезпечувати збирання коренеплодів цукрових буряків з такою продуктивністю за годину основного часу до 1,57 га, що при розрахунковій врожайності 70 т/га становить

$$Q_p = 1,57 \cdot 70 = 109,9 \text{ тонн.}$$

Отримана розрахункова продуктивність поздовжнього транспортера дещо вища порівняно з продуктивністю коренезбиральної машини. Це пояснюється упушенням при розрахунку продуктивності транспортера доли втрат продуктивності через опір потоку коренеплодів при вході на транспортер, а також неврахуванням коефіцієнта тертя. Фактична продуктивність транспортера за експериментальними даними складає 0,6...0,8 від номінальної, залежно від умов роботи [26]. Визначимо його фактичну продуктивність

$$Q_{\text{ФАКТ}} = (0,6 \dots 0,8) Q = (0,6 \dots 0,8) \cdot 176,4 = 106,8 \dots 142,4 \text{ т/год.}$$

Виходячи з прийнятої лінійної швидкості полотна пруткового транспортера $V = 1,25$ м/с, визначаємо кількість обертів приводного вала поздовжнього транспортера

$$V = w \cdot r, \quad (2.4)$$

де w – кутова швидкість приводного вала;

r – радіус ведучого шківця транспортера, $r = 105$ мм.

З формули (2.4) визначимо кутову швидкість приводного вала поздовжнього транспортера

$$w = V/r = 1,25/0,105 = 11,9 \text{ с}^{-1}.$$

Визначимо частоту обертів приводного вала транспортера

$$n = 30w/\pi = 30 \cdot 11,9/3,14 \approx 114 \text{ об/хв.}$$

2.3. Розрахунок приводної ланцюгової передачі приводу очищувально-передавального вальця

Для приводу очищувально-передавального вальця застосовуємо ланцюгову передачу (див. рис. 2.3) від останнього вальця шнекового очисника виконуючого пристрою машини до підшипникової опори приводу цього вальця.

Вихідні дані для розрахунку:

- кількість валів у передачі – 2
- частота обертів валів $n_1 = 351$ об/хв, $n_2 = 314$ об/хв,
- заданий ресурс роботи 1500 год;
- коефіцієнт динамічності, тобто відношення максимального навантаження до номінального) $k_D = 1,4$;
- умови експлуатації ланцюгової передачі по запиленості – робота у середовищі запиленого повітря.

Визначимо потужність на веденому валу. Максимальну потужність на веденому валу визначаємо за формулою [11]

$$N_{2\max} = \frac{M_{KP\max}}{w_2}, \quad (2.5)$$

де $M_{KP\max}$ – максимальний крутний момент, що діє при спрацюванні запобіжної муфти, $M_{KP\max} = 250$ Нм;

w_2 – кутова швидкість веденого вала, визначимо її за формулою

$$w_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30}, \quad (2.6)$$

підставивши дані, отримаємо

$$w_2 = 3,14 \cdot 314 / 30 = 32,86 \text{ с}^{-1}.$$

Відповідно

$$N_{2\max} = 250 / 32,86 = 7,6 \text{ кВт}.$$

Потужність на веденому валу при номінальних навантаженнях робочого органа визначаємо за формулою [11]

$$N_{2НОМ} = \frac{M_{КР НОМ}}{w_2}, \quad (2.7)$$

де $M_{КР НОМ}$ – номінальний крутний момент, за даними тензометрування

$$M_{КР НОМ} = 250 \text{ Нм.}$$

Тоді

$$N_{2НОМ} = 178/32,86 = 5,43 \text{ кВт.}$$

Проведемо розрахунок приводного роликового ланцюга, користуючись методикою, наведеною у [11].

Коефіцієнт корисної дії передачі $\eta = 0,93$ [11].

Потужність, що передається, [11]

$$N_1 = N_2/\eta, \quad (2.8)$$

підставивши дані, отримаємо

$$N_1 = 5,43/0,93 = 5,8 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт рядності з [11] для двохрядного ланцюга приймемо $C_P = 1$.

Коефіцієнт типу ланцюга, для нормальної серії типу ПР $C_T = 1$ [11].

Коефіцієнт регулювання натягу ланцюга $C_H = 1$ [11].

Коефіцієнт валів $C_B = 0,9^{W-2} = 1$ [11].

Передаточне число передачі $i = n_1/n_2 = 1,118$.

Число зубів ведучої зірочки, з кінематичної схеми $z_1 = 17$.

Коефіцієнт впливу $C_{II} = 0,51$ [11].

Число зубів веденої зірочки, з кінематичної схеми $z_2 = 19$.

Граничне збільшення середнього кроку ланцюга $\Delta t_{СЕР} = 3\%$ згідно ОСТ 23.2.54-82 [18].

Ресурс еталонного ланцюга $T_E = 15000$ год [11].

Коефіцієнт довговічності визначаємо за формулою [11].

$$C_D = \sqrt[3]{\frac{T_E}{T}}, \quad (2.9)$$

підставивши дані, отримаємо

$$C_D = \sqrt[3]{\frac{15000}{1500}} = 2,2.$$

Коефіцієнт мащення ланцюга, при швидкості ланцюга до 4 м/с $C_M = 0,3$ [11].

Розрахункову потужність визначаємо за формулою [11]

$$N_p = \frac{N}{C_p \cdot C_T \cdot C_H \cdot C_D \cdot C_M \cdot C_B \cdot C_C}, \quad (2.10)$$

підставивши дані, отримаємо

$$N_p = \frac{5,8}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 0,51 \cdot 0,3} = 17,23 \text{ кВт.}$$

Таблична потужність при $n_1 = 350$ об/хв

- для ланцюга з кроком 19,05 мм буде $N_{19,05} = 5,4$ кВт [11];

- для ланцюга з кроком 25,4 мм $N_{25,4} = 17,7$ кВт [11].

З приведенного розрахунку видно, що для ланцюга з кроком $t = 19,05$ мм, заданий ресурс не гарантовано, тобто $N_p > N_{19,05}$.

Для ланцюга з кроком $t = 25,4$ мм ресурс гарантовано, оскільки $N_p < N_{25,4}$. Тобто

$$\frac{N_{25,4}}{N_p} = \frac{17,7}{17,23} = 1,03. \quad (2.11)$$

Запас потужності достатній.

Отже, вибираємо однорядну ланцюгову передачу з кроком $t = 25,4$ мм.

Після вибору ланцюга уточнюємо швидкість ланцюгової вітки за формулою [11]

$$V_{Л} = \frac{Z_1 n_1 t}{60 \cdot 1000}, \quad (2.12)$$

підставивши дані, отримаємо

$$V_{Л} = \frac{17 \cdot 25,4 \cdot 351}{60 \cdot 1000} = 2,5 \text{ м/с} < 4,0 \text{ м/с}.$$

Так як прийняте співвідношення швидкостей (при виборі коефіцієнта мащення) виконується, то перерахунок потужності не проводимо.

Отже, вибираємо приводну ланцюгову передачу ПР - 25,4 - 6000 згідно ГОСТ 13568-75.

2.4. Розрахунок вала очищувально-передавального вальця

Очищувально-передавальний валець (див. рис. 2.2 і графічну частину роботи) складається зі сталюго обробленого барабана, у торцях якого вварені дві цапфи, на яких встановлено у спеціальних опорах підшипники. Підшипниковими вузлами валець опирається на рамну конструкцію поздовжнього транспортера (рисунок 2.5).

Привод на валець передається від останнього вальця викопуючого пристрою за допомогою ланцюгової передачі до проміжної підшипникової опори, на якій встановлюється запобіжна муфта. Далі крутний момент передається за допомогою карданної передачі на очищувально-передавальний валець (див. рис. 2.3).

Пікове навантаження на вальці виникає при забиванні вальця під час роботи, тобто у момент спрацювання запобіжної муфти. Небезпечна ситуація буде тоді, коли заклинювання виникне у середній частині вала [52].

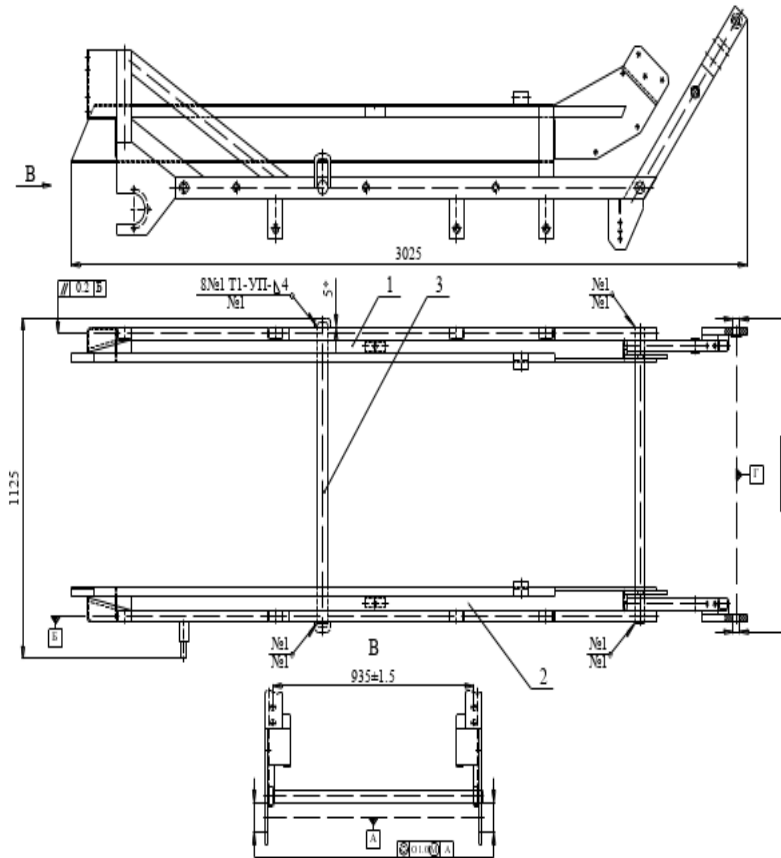


Рисунок 2.5 – Рама поздовжнього транспортера:
1 – боковина ліва, 2 – боковина права, 3 – труба.

Зусилля, яке діятиме на вал у випадку заклинювання, визначаємо з умови рівноваги крутних моментів на запобіжній муфті та у місці заклинювання

$$P_B \cdot r_B = M_{кр}, \quad (2.13)$$

де P_B – колова сила на діаметрі вальця у місці заклинювання;

r_B – радіус вальця, $r_B = 95$ мм;

$M_{кр}$ – крутний момент спрацювання запобіжної муфти, $M_{кр} = 250$ Н·м.

З (2.13) знайдемо колову силу на діаметрі вальця у місці заклинювання

$$P_B = \frac{M_{кр}}{r} = \frac{250 \cdot 10^3}{95} = 2632 \text{ Н.}$$

Приводимо силу P_B до осі вала (рисунок 2.6) і розраховуємо опорні реакції від дії цієї сили.

Так як сила P_B прикладена симетрично до опор (з попередньої умови), то

$$R_A = R_B = \frac{P_B}{2} = \frac{2632}{2} = 1316 \text{ Н.}$$

Згинальний момент у центральному перетині симетрично опор буде

$$M_{зг} = R_A \cdot \frac{987}{2} = \frac{1316 \cdot 987}{2} = 649 \cdot 10^3 \text{ Нмм.}$$

Будуємо епюри внутрішніх силових факторів (див. рис. 2.6).

Еквівалентний момент для розглядуваної схеми визначимо за III теорією міцності [17, 53]

$$M_{екв} = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}. \quad (2.14)$$

Підставивши отримані величини згинальних і крутних моментів у (2.14), отримаємо

$$M_{екв} = \sqrt{(250 \cdot 10^3)^2 + (649 \cdot 10^3)^2} = 690 \cdot 10^3 \text{ Нмм.}$$

З умови міцності визначимо діаметр вала у небезпечному перетині

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1 \cdot [\sigma]}}, \quad (2.15)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу вала, прийmemo $[\sigma]=50$ МПа.

Підставивши дані у (2.15), отримаємо

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{690 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 50}} = 52 \text{ мм.}$$

Визначимо осьовий момент опору небезпечного перетину вала [17, 53]

$$W_B = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 52^3}{32} = 13797 \text{ мм}^3 = 13,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

У розробленій конструкції очищувально-передавального вальця для барабана прийнято трубу 190 х 2,5 мм згідно ГОСТ 9567-75, матеріал труби Ст.20 згідно ГОСТ 8733-74.

Визначимо осьовий момент опору вибраної труби за формулою [17]

$$W_X = W_Y = \frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{d_{3H}^4 - d_{BH}^4}{d_{3H}} \right), \quad (2.16)$$

де d_{3B} – зовнішній діаметр труби, $d_{3B} = 190$ мм;

d_{BH} – внутрішній діаметр труби, $d_{BH} = 185$ мм.

Підставивши дані у (2.16), отримаємо

$$W_X = W_Y = \frac{3,14}{2} \cdot \left(\frac{190^4 - 185^4}{190} \right) = 68098 \text{ мм}^3 = 68,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Визначаємо відношення моментів опору для вала і труби

$$\frac{W_{TP}}{W_B} = \frac{68098}{13797} = 4,9.$$

Отже, осьовий момент опору вибраної труби у 4,9 рази перевищує необхідний розрахунковий осьовий момент опору для пікових навантажень, тобто міцність гарантується.

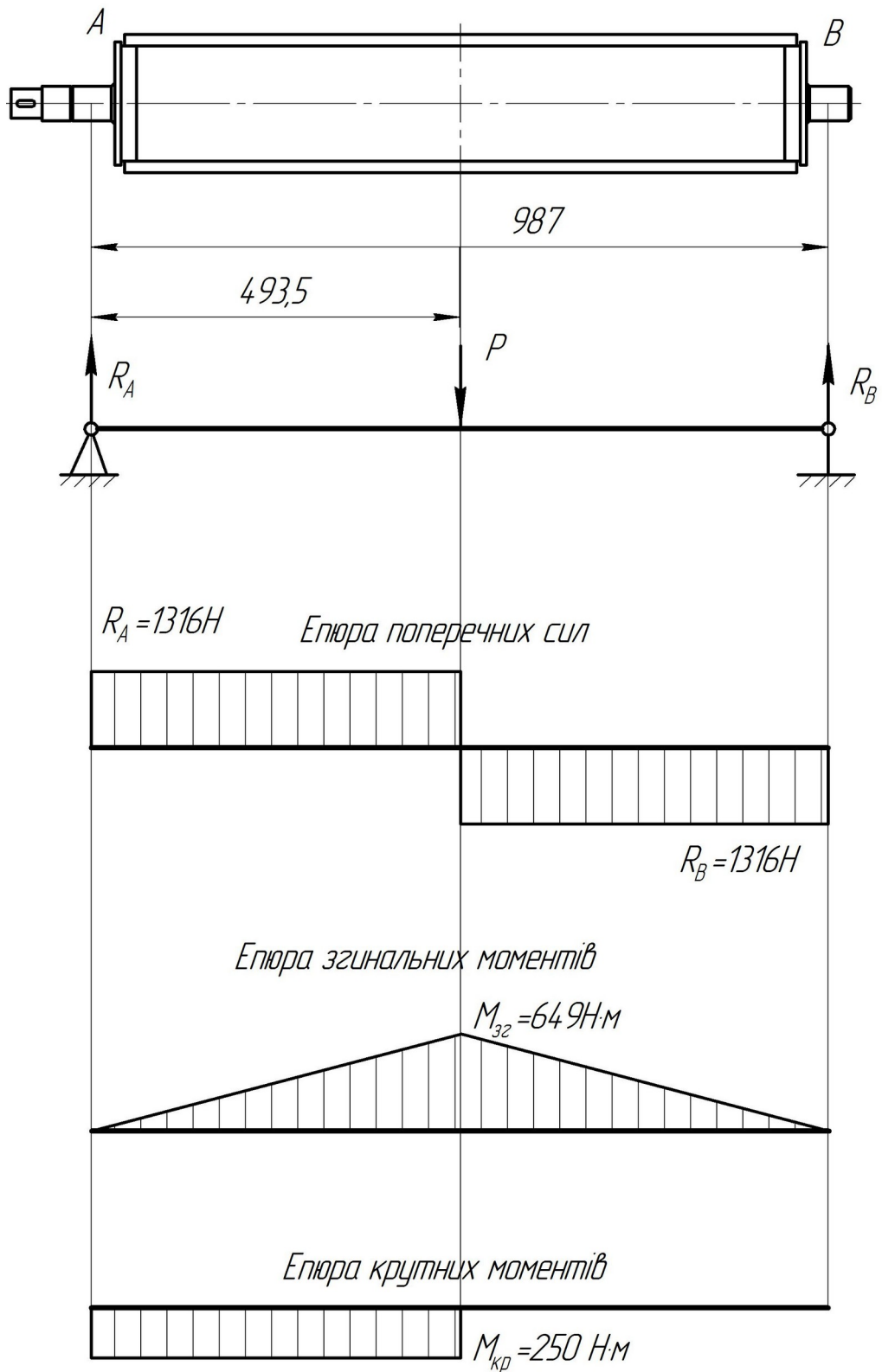


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема і епюри моментів вала очищувально-передавального вальця

Діаметр приводного кінця вала визначимо, враховуючи, що ця ділянка навантажений тільки крутним моментом [17, 53]

$$d_{II} = \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,2 \cdot [\tau]}}, \quad (2.17)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження на кручення для матеріалу вала, прийmemo $[\tau]=35 \text{ Н мм}^2$ [17].

Підставивши дані у (2.17), отримаємо

$$d_{II} = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 35}} = 32,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр приводного кінця вала і діаметр під підшипник $d_{II}=35 \text{ мм}$, решту розмірів – конструктивно.

2.5. Розрахунок підшипників вала очищувально-передавального вальця

Вихідні дані для розрахунку візьmemo із попередніх розрахунків. Частота обертання вала – $n=314 \text{ об/хв}$. Радіальне навантаження $R_A=R_B=1316 \text{ Н}$.

Осьова сила незначна, приймаємо $F_a=0,1R_a=131,6 \text{ Н}$. Навантаження вала з поштовхами. Як опори використано підшипники N180207, характеристики підшипників $C_r=25,5 \text{ кН}$, $C_{or}=13,7 \text{ кН}$.

Коефіцієнт обертання $V=1$, так як обертається внутрішнє кільце підшипника. Коефіцієнт радіального навантаження для радіальних підшипників, $x=0,56$ [36]; коефіцієнт безпеки $K_\sigma=1,3$ [36]; температурний коефіцієнт $K_m=1$ [36].

Встановлена довговічність для підшипника, розрахована з терміну служби машини і річного завантаження $L_h=2500 \text{ год}$. Перевіримо, чи вибрані підшипники відповідають за довговічністю.

Визначаємо відношення

$$\frac{F_a}{V \cdot R_a} = \frac{131,6}{13,7 \cdot 10^3} = 0,1;$$

відповідно

$$\frac{F_a}{C_{or}} = \frac{131,6}{13,7 \cdot 10^3} = 0,01.$$

З [36] знаходимо $e=0,19$; $Y=2,3$.

Для відношення $\frac{F_a}{V \cdot R_a} < e$ з [36] вибираємо формулу для визначення

еквівалентного навантаження підшипника

$$R_E = V \cdot R_a \cdot K_o \cdot K_m. \quad (2.18)$$

Підставивши дані у (2.18), отримаємо

$$R_E = 1 \cdot 1316 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1711 \text{ Н.}$$

Визначаємо динамічну вантажопідйомність підшипника за формулою [36]

$$C_{BH} = R_E \sqrt[3]{573 \cdot w \cdot \frac{L_n}{10^6}} < C_r, \quad (2.19)$$

де w – кутова швидкість обертання вала, визначимо її із формули

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 314}{30} = 32,9 \text{ с}^{-1}.$$

Підставивши отримані дані у вираз (2.19), отримаємо

$$C_{BH} = 1711 \sqrt[3]{573 \cdot 32,9 \cdot \frac{2500}{10^6}} = 6040 \text{ Н} < C_r.$$

Визначаємо довговічність підшипника за формулою [36]

$$L_{10h} = \frac{10^6}{573 \cdot w} \left(\frac{C_r}{R_E} \right)^3 > L_h. \quad (2.20)$$

Підставивши дані у (2.20), отримаємо

$$L_{10h} = \frac{10^6}{573 \cdot 32,9} \left(\frac{25,5 \cdot 10^3}{1711} \right)^3 = 175 \text{ 514 год} > L_h.$$

Отже, підшипники відповідають вимогам з динамічної вантажопідйомності та довговічності.

2.6. Розрахунок зварного шва приварки приводної цапфи вала очищувально-передавального вальця

У конструкцію очищувально-передавального вальця (див. рис. 2.2) входить передаточний вал (рисунок 2.7), який виготовляють зварюванням. Головними складовими передаточного вала є труба і цапфи (рисунок 2.8).

Найбільш навантаженими складовими елементами передаточного вала є цапфи, які опираються на підшипники. Цапфи вварені у трубу, на якій зверху наварені прутки. Щоб впевнитися у міцності розробленої конструкції очищувально-передавального вальця необхідно провести розрахунок зварного шва приварки приводної цапфи.

Вихідні дані для розрахунку:

- цапфа приварена до фланця круговим швом по діаметру 60 мм, катет шва 4 мм;
- фланець приварений до труби вала по діаметру 185 мм, шов круговий, катет шва 3 мм. Зварними швами передається крутий момент 250 Нм (приймаємо з попереднього розрахунку вала вальця).

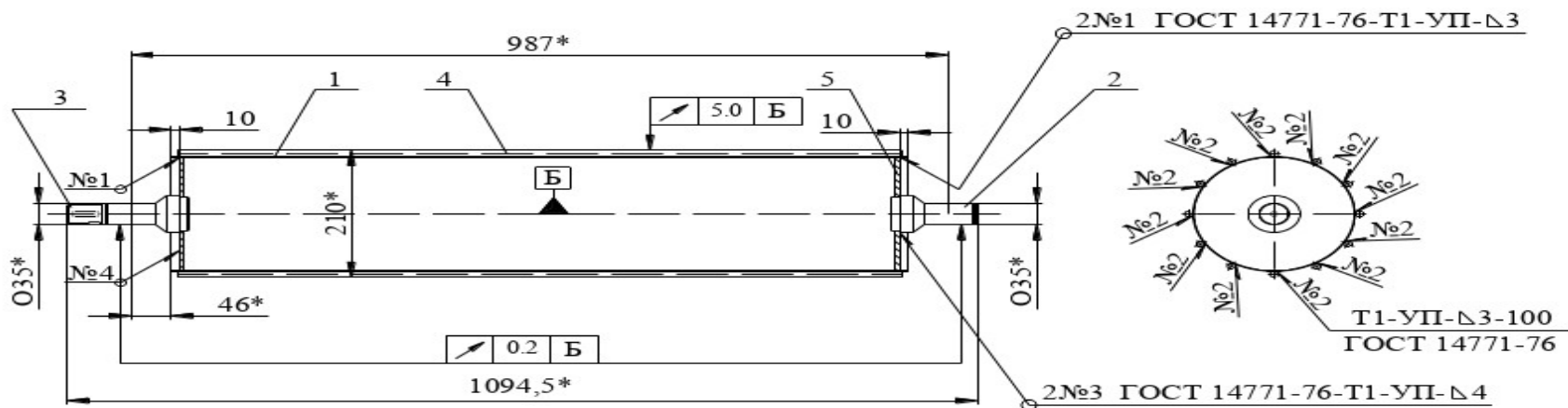
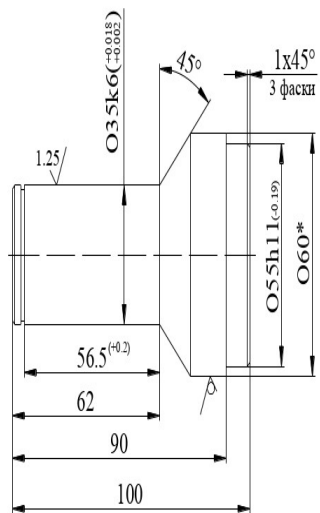
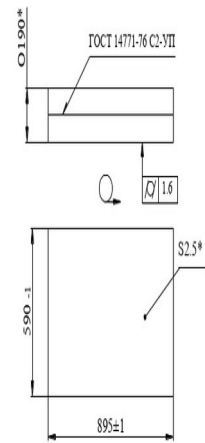


Рисунок 2.7 – Передаточний вал:

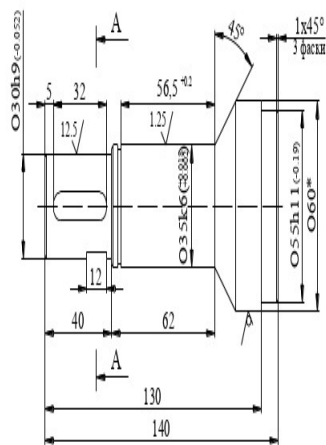
1 – труба; 2,3 – цапфи; 4 – пруток; 5, 10, 11 – шайби; 14 – кільце.



цапфа



труба



цапфа приводна

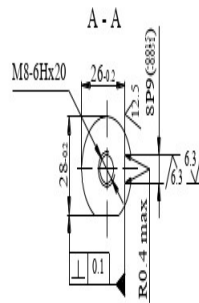


Рисунок 2.8 – Цапфи і труба передаточного вала очищувально-передавального вальця

Схема приварки приводної цапфи вала очищувально-передавального вальця показана на рисунку 2.9.

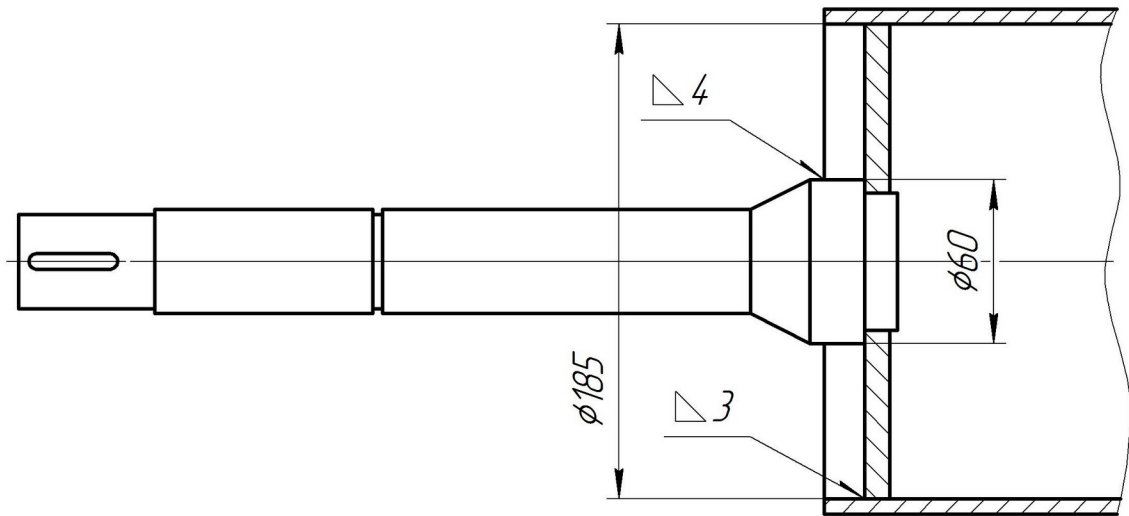


Рисунок 2.9 – Схема приварки цапфи вала очищувально-передавального вальця

Для розглядуваного випадку розрахунок зварного шва проведемо як для кільцевого шва навантаженого крутним моментом.

Напруження зрізу від крутного моменту визначимо за формулою [9]

$$\tau_{зр} = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq R_{к.ш}^{3B}, \quad (2.21)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, $M_{кр}=250\text{Нм}$;

W_p – полярний момент опору перетину вала у місці зварного шва, визначимо його за формулою

$$W_p = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \beta \cdot h_{ш}}{2}, \quad (2.22)$$

де D – діаметр вала у місці приварки;

$R_{к.ш}^{3B}$ – розрахунковий опір кутового шва, приймаємо для сталей класу 38/23

$$R_{к.ш}^{3B} = 180 \text{ МПа.}$$

β – коефіцієнт, що враховує глибину проплавлення шва, для напівавтоматичної зварки в середовищі вуглекислого газу при діаметрі дроту 1,4...2 мм для катетів від 3 до 9 мм, $\beta=0,9$ [9].

Визначаємо полярні моменти опору за формулою (2.22):

- для шва діаметром 60 мм

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 0,06^2 \cdot 0,9 \cdot 0,004}{2} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3;$$

- для шва діаметром 185 мм

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 0,18^2 \cdot 0,9 \cdot 0,003}{2} = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Визначимо напруження зрізу за формулою (2.21):

- для шва діаметром 60 мм

$$\tau_{зр1} = \frac{250}{2 \cdot 10^{-5}} = 12,5 \cdot 10^6 \text{ Нм}^2 < R_{К.Ш}^{3B};$$

- для шва діаметром 185 мм

$$\tau_{зр2} = \frac{250}{1,37 \cdot 10^{-4}} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Нм}^2 < R_{К.Ш}^{3B}.$$

Отже, міцність швів достатня.

Проведені конструктивні зміни системи очищення машини КБМ-6 викликали зміну основних несучих елементів – рами транспортера поздовжнього і, як наслідок, основної рами машини (див. графічну частину).

2.7. Розрахунок болтового з'єднання опори підшипника кріплення вальця

Схема розташування болтів і діюче навантаження зображене на рисунку 2.10.

Величину навантаження на болтове з'єднання приймаємо з попереднього розрахунку вала очищувально-передавального вальця для випадку заклинювання (забивання) з врахуванням, що забивання виникло не у середній частині вала, а безпосередньо біля опори, тобто все навантаження прикладаємо до болтового з'єднання однієї опори.

З умови рівноваги крутного моменту запобіжної муфти при її спрацюванні та колової сили на вальці у місці заклинювання матимемо $P=P_B=2632$ Н.

Прикладаємо силу P до центра ваги стику, в результаті отримаємо зсуваючу силу P та момент який повертає підшипник (див. рис. 2.10). Цей момент визначаємо за формулою

$$M = h_1 \cdot P. \quad (2.23)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$M = 0,055 \cdot 2632 = 144,76 \text{ Нм.}$$

Затягування болтів повинно гарантувати нерозкриття стику і відсутність зсуву підшипника по основі. Від затягування болтів на стику виникає напруження σ_V , яке можна вважати розподіленим на площі стику рівномірно. Це напруження можна описати формулою

$$\sigma_V = \frac{2F_{ЗАТ}}{A_{СТ}}, \quad (2.24)$$

де $F_{ЗАТ}$ – сила затягування кожного болта;

$A_{СТ}$ – площа стику підшипника (див. рис.2.10), визначимо її за формулою

$$A_{СТ} = b \cdot h = 60 \cdot 160 = 9600 \text{ мм}^2.$$

Від дії моменту M на лівій половині стику (див. рис.2.10) напруження змінання росте, а на правій зменшується.

Приймаємо, що напруження на стику від дії моменту розподіляється за лінійним законом, аналогічно розподіляється напруження згину на нейтральній вісі, яка співпадає з віссю симетрії стику.

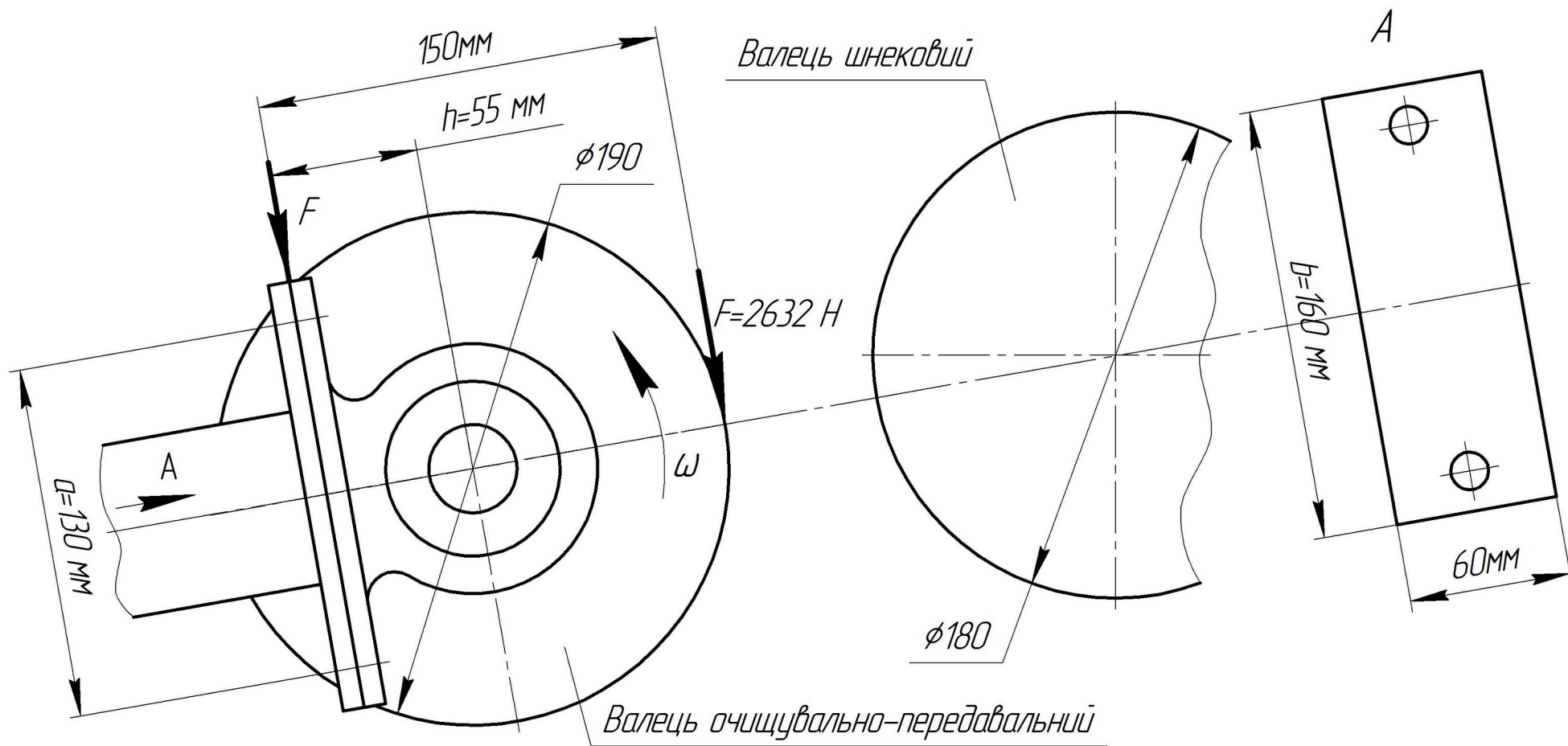


Рисунок 2.10 – Схема до розрахунку болтового з'єднання опори вальця

Найбільше напруження від моменту визначимо за формулою [9]

$$\sigma_M = \frac{M}{W_{CT}} \leq [\sigma], \quad (2.25)$$

де W_{CT} – осьовий момент опору перетину стику, для прямокутного перетину

$$W_{CT} = \frac{b^2 \cdot h}{6}. \quad (2.26)$$

Умова нерозкриття стику

$$\sigma_{\min} \geq 0, \quad (2.27)$$

тоді

$$\sigma_V = \sigma_M. \quad (2.28)$$

З врахуванням запасу на нерозкриття стику

$$\sigma_V = K_{CT} \cdot \sigma_M, \quad (2.29)$$

де K_{CT} – коефіцієнт запасу, з діапазону $K_{CT}=1,3\dots 2$ приймаємо $K_{CT}=2$ [9].

Визначимо напруження з врахуванням виразів (2.25), (2.26), (2.29)

$$\sigma_V = 2 \cdot \frac{144,76 \cdot 10^3 \cdot 6}{160^2 \cdot 60} = 1,13 \text{ МПа.}$$

Отже, міцність забезпечена.

Визначимо силу затягування болта за формулою [9]

$$F_{зат} = \frac{\sigma_V \cdot b \cdot h}{2}. \quad (2.30)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$F_{зат} = \frac{1,13 \cdot 160 \cdot 60}{2} = 5424 \text{ Н.}$$

Перевіряємо достатність затягування болтів з умови відсутності зсуву підшипника, при цьому вважаємо, що сила тертя, викликана затягуванням

болтів, повинна бути на 20 % більшою мінімально необхідної, тобто має виконуватися умова [9]

$$T = 2 \cdot F_{3AT} \cdot f \geq 1,2P, \quad (2.31)$$

де f – коефіцієнт тертя, приймаємо $f=0,3$ (сталь об сталь) [9].

У числовому вигляді вираз (2.31) буде

$$2 \cdot 5424 \cdot 0,3 > 1,2 \cdot 2632, \quad \text{або} \quad 3254,4 \text{ Н} > 3158 \text{ Н.}$$

Отже, нерівність (2.31) виконується.

Найбільш навантажений верхній болт, який сприймає зовнішнє зусилля розтягу від дії моменту. Визначимо це зусилля за формулою

$$P_1 = \frac{M}{a} = \frac{P \cdot h}{a}. \quad (2.32)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$P_1 = \frac{2632 \cdot 55}{130} = 1113 \text{ Н.}$$

Сумарне осьове навантаження верхнього болта визначимо за формулою [9]

$$P_p = F_{3AT} + \chi \cdot P_1, \quad (2.33)$$

де χ – коефіцієнт зовнішнього навантаження, $\chi=0,15$ [9].

Підставивши числові дані у формулу (2.33), отримаємо

$$P_p = 5424 + 0,15 \cdot 1113 = 5590 \text{ Н.}$$

З умови, що затяжка болтів не контролюється [9], вибираємо болт М12 з сталі 45, що допускає при даних умовах осьове навантаження $[P_p]=5800$ Н.

Проведені розрахунки підтверджують, що елементи розробленої системи очищення задовольняють необхідні умови міцності.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Показники ефективності сільськогосподарських машин

Більшість сільськогосподарських машин – це машини періодичної дії, виконують технологічний процес, для якого вони розроблені, певний короткий період часу протягом року. Тривалість експлуатації цих машин – кілька десятиліть. Ці машини проходять тривалий період часу від створення конструкції до її списання через використання ресурсу. На етапі створення машин та їх виробництва задіяні витрати матеріальних і фінансових засобів. При використанні утворюється основний прибуток від виготовленої машини.

Для сільськогосподарських машин та агрегатів, як і для більшості інших машин, визначальним є: якість виконання технологічного процесу; продуктивність; вартість та затрати на її експлуатацію, пов'язані з проведенням технічного обслуговування (ТО) та ремонту залежно від рівня надійності. Етапи з проведення технічного обслуговування та ремонту є самостійними. Вартість технічного обслуговування та ремонту залежить не тільки від технічного рівня сільськогосподарської машини, а й від організації проведення ТО та ремонту з використанням сучасних засобів діагностування та виконання вказаних видів робіт.

Етапи створення та використання машин взаємозв'язані. Виготовлення простих машин не потребує великих затрат на їх експлуатацію. Для створення високо надійної машини потрібні додаткові витрати усіх засобів. Однак, експлуатація високо надійних машин значно дешевша. Застосування таких машин обґрунтовано отриманням економічного ефекту у сфері експлуатації сільськогосподарських машин.

Отже, підвищення роботоздатності та надійності є економічно ефективним напрямом в удосконаленні і створенні нових машин. Ці напрями можна представити такими етапами [38]:

- конструктивний (пов'язаний з вибором або зміною параметрів машини – розмірів, форми та матеріалу деталей, навантаження, питомого тиску, швидкості, системи змащення та ін.);

- технологічний (пов'язаний з різноманітними методами обробки деталей, зміною властивостей поверхневих шарів та ін.);

- експлуатаційний (пов'язаний з раціональним використанням машини – технічне обслуговування, діагностика, ремонтпридатність та ін.).

Надійність сільськогосподарської машини характеризують такі властивості: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збережуваність.

На конструктивному, технологічному та експлуатаційному етапах виникають задачі з підвищення надійності машин. Суть цих задач: спроектувати надійні машини, забезпечити у процесі виготовлення закладену при проектуванні надійність, зберегти досягнуту надійність при експлуатації та зберіганні машин. Методи підвищення надійності машин на цих етапах виходять з моделі виникнення раптових відмов.

Як показник безвідмовності машини використовують ймовірність безвідмовної роботи (іноді середній час безвідмовної роботи, напрацювання на відмову та ін.).

Здатність деталі передавати задані навантаження характеризується поняттям несучої здатності. Як правило, це межа міцності, текучості або граничне зусилля, яке може передати деталь. Гранична (допустима) сила викликає у небезпечному перерізі деталі навантаження, які відповідають границі міцності. Позначають несучу здатність R .

У будь-який момент часу на деталь діє зовнішнє навантаження S , яке, у якомусь розглядуваному перетині, викликає реально діючі навантаження.

Умова безвідмовної роботи характеризується функцією безвідмовності

$$\psi = R - S > 0. \quad (3.1)$$

У реальному об'єкті (машині чи агрегаті) несуча здатність R та діюча сила S є випадковими величинами з певними законами розподілення. Як правило, ці

закони представляють собою нормальний закон розподілення з параметрами: \bar{R} , σ_R і \bar{S} , σ_S – середнє і середньоквадратичне відхилення несучої здатності і діючих сил.

Згідно Болотіну В.В. ймовірність безвідмовної роботи P визначають за формулою

$$P = \Phi \left(\frac{K - 1}{\sqrt{V_R^2 \cdot K^2 + V_S^2}} \right), \quad (3.2)$$

де Φ – нормувальна функція Лапласа;

K – відношення середніх значень величин R і S (запас міцності), $K = \frac{\sigma_R}{S}$;

V_R, V_S – коефіцієнти варіації R і S , $V_R = \frac{\sigma_R}{R}$, $V_S = \frac{\sigma_S}{S}$.

З формули (3.2) видно, що ймовірність безвідмовної роботи суттєво залежить від запасу міцності та коефіцієнтів варіації сил S і несучої здатності R . Чим більший запас міцності, тим вища ймовірність безвідмовної роботи. Запас міцності можна збільшити, якщо підвищити несучу здатність і зменшити сили, які діють на деталь.

Однак, при збільшенні запасу міцності зростає вага машини і підвищується витрата металу. Тому необхідно прагнути до зниження діючих сил на робочий орган.

Коефіцієнти варіації V_R і V_S також мають вагомий вплив на ймовірність безвідмовної роботи. Чим менші значення коефіцієнтів варіації, тим вище значення ймовірності безвідмовної роботи. Зниження коефіцієнтів варіації рівносильне стабілізації процесів виробництва деталей та експлуатації машин. Це зниження допусків на виготовлення та складання деталей, застосуванням засобів автоматизації, сучасних технологічних процесів направлених на зміцнення деталі.

Величину діючих на машину зовнішніх сил знижують завдяки оптимізації параметрів робочих органів та виключенням надлишкових зв'язків у

механізмах. Останнє призводить до того, що механізм перетворюється у статично-визначену систему зі зниженням навантажень. При експлуатації зниження коефіцієнта варіації діючих сил можливе завдяки застосуванню заходів агротехніки та вирівнювання полів за щільністю ґрунту.

3.2. Вплив режимів руху на динаміку процесів пруткових транспортерів бурякозбиральних машин

Сільськогосподарські машини – це системи багаторазової дії з регламентованим циклом роботи і перерв (сезонна робота), які працюють у різних ґрунтово-кліматичних умовах під дією нестационарних режимів навантаження, в умовах сильної запиленості, температурних коливань, агресивних середовищ. Недостатня надійність їх агрегатів, вузлів і деталей призводить до простоїв, які ставлять під загрозу виконання технологічного процесу в оптимальні агротехнічні терміни [44, 47, 57, 58].

У буряко- і гичкозбиральних машинах одним з важливих робочих органів є пруткові (скребкові) транспортери з різним кріплення прутків до тягових елементів.

Теоретичне дослідження процесу руху вороху коренеплодів на площині транспортера дає можливість проводити опис напруженого стану його конструктивних елементів. Ворох коренеплодів – це механічна суміш коренеплодів і ґрунту, що на поступає на робочу поверхню транспортера разом з гичкою і рослинними рештками, або без них, залежно від технології збирання. Фізико-механічні властивості компонентів вороху характеризують такі показники: коефіцієнти тертя кочення і ковзання, різні геометричні параметри, щільність, жорсткість, зусилля руйнування, критична швидкість падіння, при якій відбувається пошкодження маси та інше [26, 29, 40-44, 58].

Зміна показників, що характеризують ворох зумовлена ґрунтово-кліматичними умовами, сортом коренеплодів, фазами розвитку, ступеню їх зрілості, прийомами агротехніки. Розміри і форма коренів залежать від врожаю, температурного і водного режимів у період росту, типу ґрунту та ін.

На полотно транспортера під час виконання технологічного процесу діють навантаження від розташованих на ньому коренеплодів, грудок ґрунту, рослинних рештків, що потрапляють на транспортер разом з коренеплодами.

Навантаження від транспортованої маси коренеплодів, розташованих в один шар на одиниці площі очисника становить 225...300 Н [44].

Причини формування нерівномірності навантаження пруткових транспортерів безпосередньо пов'язані із зміною як зовнішніх, так і внутрішніх впливів.

Нерівномірність навантаження транспортера викликана транспортованою масою, особливостями конструкції самого транспортера, зокрема, нерівномірним натягом гілок, відхиленнями при монтажі валів, встановленні зірочок чи шківів, опорних роликів та ін.

Рослинні залишки буряні та гички буряків – це еластичні елементи, які впливають на процес руху вороху коренеплодів і параметри конвесра-очисника.

Переміщення вороху коренеплодів, взаємопов'язаних гичкою та рослинними залишками, полотном пруткового транспортера можна описати математичною моделлю руху на активній поверхні. Компоненти вороху коренеплодів зображають (рисунок 3.1) тілами масою $m_1, m_2, m_3, m_4, \dots, m_n$, які взаємопов'язані між собою еластичними елементами $C_{12}, C_{13}, C_{23}, C_{24}, \dots, C_{3n}, C_{4n}$ [34, 35].

Активну поверхню очисника зображають у вигляді ділянки горизонтальної площини, яка знаходиться між осями OX та OY , напрям яких співпадає з напрямом руху компонентів вороху.

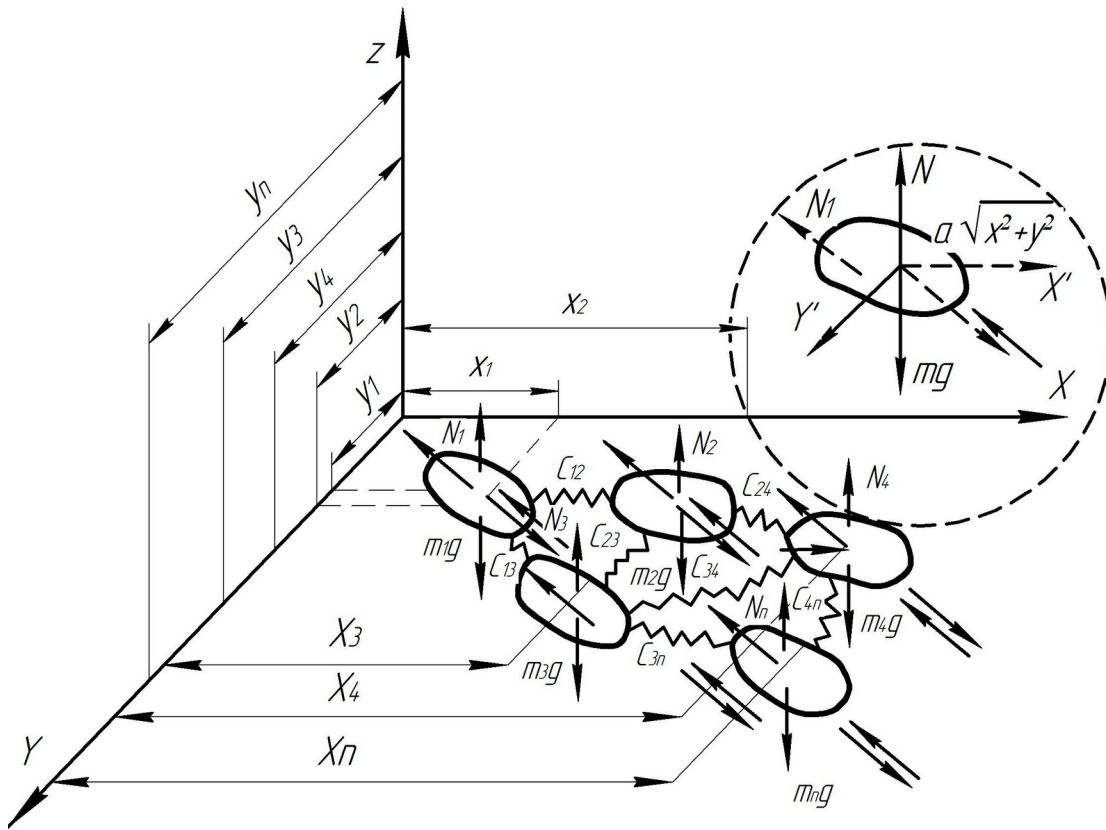


Рисунок 3.1 – Схема взаємопов’язаних еластичними елементами компонентів вороху коренеплодів, що рухаються на активній поверхні очисника

Рівняння руху центрів мас взаємодіючих тіл коренеплодів можна описати рівнянням Лагранжа другого роду [34, 35]

$$\frac{d\partial T}{dt\partial\dot{q}_i} = \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i, \quad (3.3)$$

де T – кінетична енергія системи компонентів вороху коренеплодів взаємопов’язаних еластичними елементами;

q_i – узагальнена координата;

\dot{q}_i – швидкість узагальненої координати;

Q_i – узагальнена сила.

Користуючись залежністю (3.3) можна отримати диференціальні рівняння, що описують рух компонентів вороху по активній поверхні очисника, з допомогою яких можна визначити переміщення та швидкості компонентів

вороху при різних умовах. Це дає змогу проаналізувати характер руху вороху при умові його розосередження. Умова розосередження – взбурююча сили на поверхні очисника повинна бути такою, щоб подолати сили опору (опір тертя та опір середовища) та сили еластичних зв'язків і забезпечити просування компонентів вороху коренеплодів з деяким нарощуванням їх поступальної швидкості.

Ймовірність проходження відокремлюваних компонентів через товщу рухомого сепаруючого шару знаходиться в оберненій залежності від його товщини. Можливі два напрями покращення очищення коренеплодів: перший – зменшити величину подачі сепарованої маси за одиницю часу, це призведе до зниження продуктивності очисника, тому є недоцільним; другий – розосередження вороху активною поверхнею очисника. При збільшенні відстані між окремими рухомими в одному напрямку компонентами товщина вороху зменшується, а інтенсивність процесу очищення коренів збільшується [28, 29, 34, 35].

У випадку завантаження середньої частини транспортера масою коренів, за умови дотримання необхідних вимог при встановленні транспортера, його тягові елементи будуть навантажені однаково, тобто зусилля у них будуть дорівнювати половині від зовнішнього зусилля. При зміщенні транспортованої маси від середньої частини транспортера, що трапляється у більшості випадків, зусилля, що виникають у тягових елементах перерозподіляються і, у випадку недотримання точності монтажу, це призводить до значного їх спрацювання, причому лівої і правої гілок по-різному. Розподіл коренеплодів, наприклад, буряків, чи інших культур на полотні транспортера переважно приймає перемінну форму як у поперечній, так і в поздовжній площинах [44].

Описати і дослідити характер впливу нерівномірно розподіленого навантаження на тримку здатність елементів транспортера є важливою задачею у результаті вирішення якої можна удосконалити його конструкцію.

У процесі пуску пруткового конвеєра бурякозбиральної машини у тяговій ланці полотна виникають динамічні навантаження, величина яких, головним

чином, залежить від надлишкової сили або тривалості пуску. Під дією імпульсів, що створюють прискорення, в елементах системи виникають малі пружні коливання. Останні приводять до зростання інерційних навантажень порівняно з їх середніми значеннями, які визначаються законами руху абсолютно твердого тіла.

В умовах непостійності швидкостей всіх або деяких елементів машини, такі величини, як тривалість періодів пуску (розгону) й гальмування, перевантаження двигуна і передач, можна визначити лише на основі динамічних розрахунків, при яких враховується непостійність швидкості під час руху, інерційність мас, що беруть участь у процесі руху [41].

При дослідженні пускових процесів пруткових конвеєрів використовують закон зміни швидкості пуску двигуна. Приймають, що маса привода в багато разів більша маси частин конвеєра, що рухаються поступально. У прутковому конвеєрі маса частин, що рухаються, співмірна з масою привода, тому при розрахунках її необхідно враховувати. Виходячи з цього, необхідно задавати не прискорення, а збурювальну силу і в розрахункову схему включати як масу привода, так і масу частин конвеєра, що рухаються [41].

3.3. Критерії оцінки режимів руху пруткових транспортерів

Повний цикл руху пруткових транспортерів бурякозбиральних машин, як і будь-якого механізму можна поділити на три основні етапи: розгін, усталений режим руху та зупинки. Кожен з цих етапів має свою тривалість і закон руху ланок [45].

Ділянку розгону пруткового конвеєра описують періодом, протягом якого відбувається зростання швидкості ведучої ланки конвеєра від нульового значення до номінальної робочої швидкості.

Усталеним режимом – це такий рух пруткового конвеєра, при якому його кінетична енергія є періодичною функцією часу. Під час усталеного руху швидкість ведучої ланки коливається в межах середнього значення, що відповідає номінальній робочій швидкості цієї ланки конвеєра.

Етап зупинки транспортера відбувається при зменшенні швидкості ведучої ланки від середнього значення номінальної робочої швидкості конвеєра до нульового її значення.

Коливання швидкості ведучої ланки викликають у кінематичних парах конвеєра додаткові динамічні навантаження, що знижують загальний коефіцієнт корисної дії пруткового конвеєра та надійність його роботи. Також ці коливання швидкості у деяких випадках можуть викликати значні пружні коливання в інших ланках пруткового конвеєра, що є негативним як з точки зору міцності цих ланок так і втрати потужності, що затрачається на пружні коливання всієї системи. Коливання швидкості ланок погіршують роботу всього конвеєра і збільшують пошкодження коренеплодів.

Під час роботи пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин можуть виникати періодичні та неперіодичні коливання. Періодичні коливання характеризуються визначеними циклами зміни швидкості всіх ланок конвеєра, по завершенню яких ці швидкості приймають свої початкові значення. Неперіодичні коливання ланок конвеєра – викликані раптовою зміною корисних чи шкідливих опорів. Періодичні коливання швидкостей під час усталеного режиму руху конвеєра розглядають для середньої швидкості ведучої ланки або інших ланок.

Якщо різницю максимального ω_{MAX} і мінімального ω_{MIN} значення швидкості на ділянці усталеного руху розділити на середню швидкість ω_{CP} , то отримаємо, так званий, коефіцієнт нерівномірності руху [46]

$$\delta = \frac{\omega_{MAX} - \omega_{MIN}}{\omega_{CP}}. \quad (3.4)$$

Чим менша різниця між ω_{MAX} , ω_{MIN} , тим рівномірніше обертається ведуча ланка та інші ланки конвеєра. Коефіцієнт нерівномірності руху характеризує тільки перепад кутової швидкості ведучої ланки конвеєра від мінімального до максимального значення, але не характеризує динаміки цієї ланки та всього механізму всередині повного циклу періоду усталеного руху.

Порівняльну оцінку динамічних властивостей пруткового конвеєра у період усталеного руху можна описати коефіцієнтом динамічності K_D [46]. Цей показник визначають як відношення максимального значення кутового прискорення ведучої ланки ε_{EXT} до квадрату її середньої кутової швидкості

$$K_D = \varepsilon_{EXT} / \omega_{CP}^2. \quad (3.5)$$

Комплексну оцінку нерівномірності руху ведучої ланки пруткового конвеєра та його екстремальних динамічних характеристик можна виконати за узагальненим коефіцієнтом руху [46]

$$K_V = \delta^2 + K_D = \frac{\omega_{MAX}^2 - \omega_{MIN}^2 + \varepsilon_{EXT}}{\omega_{CP}^2}. \quad (3.6)$$

Динаміка руху окремих ланок пруткового конвеєра може бути оцінена також через силові коефіцієнти динамічності [45]. Для ланок, які здійснюють поступальний рух (ланцюг, робоче полотно) коефіцієнт динамічності визначають за формулою

$$K_D = F_{MAX} / F_{CP}. \quad (3.7)$$

Для ланок, що здійснюють обертальний рух коефіцієнт динамічності буде

$$K_D = M_{MAX} / M_{CP}, \quad (3.8)$$

де F_{MAX} , F_{CP} – максимальне і середнє арифметичне значення зусиль, що діють на ланки при поступальному русі;

M_{MAX} , M_{CP} – максимальне і середнє арифметичне значення крутних моментів, що діють на ланки при обертальному русі.

До критеріїв оцінки режимів руху пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин можна віднести також максимальні значення кінематичних характеристик (швидкостей, прискорень та ривків) ланок, або їх середньоквадратичні значення зусиль та моментів, що діють на окремі ланки [45, 46].

Крім наведених критеріїв, оцінка динаміки руху пруткових конвеєрів може бути здійснена за допомогою енергетичних критеріїв, до яких можна віднести середню потужність приводного механізму, яка необхідна для здійснення руху конвеєра [45, 46] та інших критеріїв.

3.4. Аналіз режимів руху пруткових транспортерів бурякозбиральних машин

Робота ланцюгових конвеєрів, а вони є основним тяговим елементом пруткових транспортерів-очисників, характеризується наявністю динамічних зусиль, що виникають у результаті пульсуючого руху ланцюга при усталеному обертанні приводної зірочки [47].

На ділянці пуску до цих зусиль додаються динамічні зусилля від зростання швидкості з нульового значення до певної усталеної величини. За таких умов у ланцюгу можуть виникати значні знакозмінні динамічні навантаження, які в результаті накопичення втомних явищ можуть привести до передчасного його руйнування.

Тому мета досліджень у роботі – це визначення такого режиму пуску ланцюгового конвеєра, при якому сумарне динамічне зусилля у ланцюгу було б мінімальним.

Повне зусилля F , що діє на ланцюг, складається зі статичної складової F_C , яка є незмінною величиною і не залежить від режиму руху конвеєра та динамічної складової K_d , яка є змінною функцією і залежить від параметрів зірочки та ланцюга і режиму руху приводного механізму [47]

$$F = F_C + F_D. \quad (3.9)$$

Статична складова F_C включає:

- опір на підтримуючих роликах;
- опір від сил тертя в опорах зірочок;
- опір від жорсткості ланцюга під час перегинань.

Ці складові опору визначають за відомими методиками [47] і при практичних розрахунках не викликають сумніву.

Динамічна складова F_D тим більша, чим менша кількість зубців приводної зірочки і чим більша рухома маса вантажу та самого конвеєра. Ці навантаження не тільки збільшують зусилля в тяговому органі, але і в наслідок багаторазового прикладення викликають у ланцюгах втомні явища.

Динамічну складову зусилля в тяговому органі можна визначити залежністю [47]

$$F_D = m \cdot W_L, \quad (3.10)$$

де m – зведена маса рухомих елементів пруткового конвеєра та вантажу;

W_L – лінійне прискорення тягового органа ланцюга.

Згідно з методикою, наведеною в роботі [47], зведену масу m визначають залежністю

$$m = (q_B + \psi \cdot q_0) \cdot L, \quad (3.11)$$

де q_B – погонна маса вантажу;

q_0 – погонна маса рухомих частин конвеєра;

L – довжина конвеєра;

ψ – коефіцієнт зведення маси, який враховує ту обставину, що не вся маса конвеєра рухається з прискоренням W_L , а також враховує вплив пружності та провисання ланцюга.

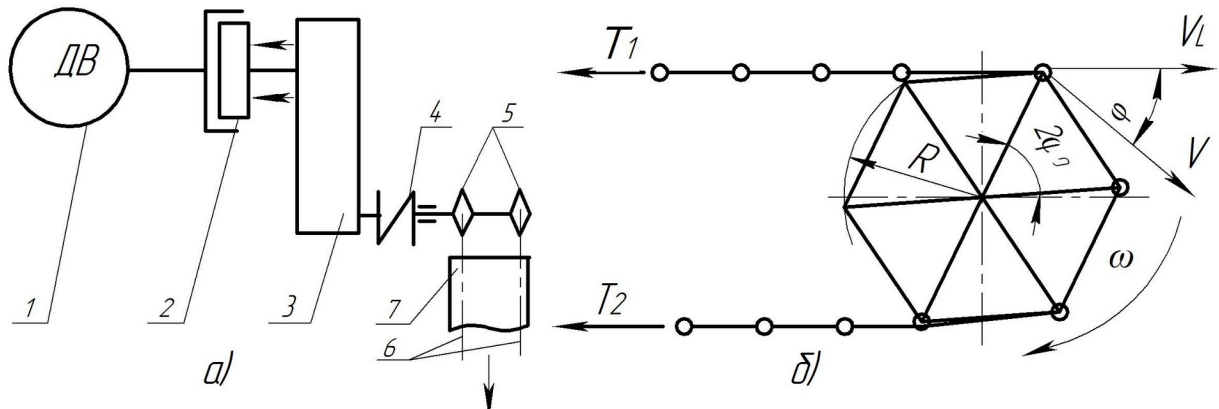
Оскільки пруткові конвеєри бурякозбиральних машин є коротко базовими, довжина транспортування яких не перевищує 25 м, то $\psi = 2$ [47].

Для визначення прискорення ланцюга W_L розглянемо схему взаємодії його із зірочкою (рисунок 3.2). Зірочка 5 повертається з кутовою швидкістю ω , а її колова швидкість визначають так

$$V = \omega \cdot R, \quad (3.12)$$

де R – початковий радіус зірочки;

ω – кутова швидкість зірочки.



1 – двигун; 2 – муфта зчеплення; 3 – редуктор з передаточним числом i ;
 4 – запобіжна муфта; 5 – зірочки з приводним валом; 6 – тягові ланцюги;
 7 – прутковий настил з вантажем.

Рисунок 3.2 – Схема приводу пруткового конвеєра:

Горизонтальна складова швидкості ланцюга змінюється за законом [40]

$$V_L = V \cos \varphi = \omega \cdot R \cos \varphi, \quad (3.13)$$

де φ – кутова координата повороту зірочки між сусідніми зубцями.

Відраховують її від бісектриси кута між зубцями, величина її змінюється в межах від $-\varphi_0$ до φ_0 . Тобто $-\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0$.

Центральний кут між зубцями можна визначити залежністю

$$2\varphi_0 = 2\pi / z,$$

де z – кількість зубців ведучої зірочки. Тоді $\varphi_0 = \pi / z$.

Кутову координату зірочки α розділяють на n ділянок. На нульовій ділянці $0 \leq \alpha < 2\varphi_0$, при цьому $-\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0$. На першій ділянці $2\varphi_0 \leq \alpha < 4\varphi_0$; відповідно $-\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0$. На k -ій ділянці кутові координати α і φ змінюються в таких межах [48, 49]:

$$2k \cdot \varphi_0 \leq \alpha < 2(k+1) \cdot \varphi_0; \quad -\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0; \quad k = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (3.14)$$

Взявши похідну за часом від залежності (3.11), визначимо закон зміни лінійного прискорення ланцюга досліджуваного транспортера [48,49]

$$w_L = \frac{dV_L}{dt} = \frac{d\omega}{dt} \cdot R \cos \varphi - \omega \frac{d\varphi}{dt} R \sin \varphi. \quad (3.15)$$

Оскільки, $\frac{d\varphi}{dt} = \omega$, то залежність (3.15) можна записати у вигляді

$$w_L = R \cdot \left(\frac{d\omega}{dt} \cos \varphi - \omega^2 \sin \varphi \right). \quad (3.16)$$

Аналіз залежності (3.15) показує, що для визначення прискорення ланцюга необхідно знати закон руху ведучої зірочки на всіх ділянках руху в процесі пуску конвеєра.

Для визначення цього закону руху необхідно розв'язати іншу задачу динаміки руху конвеєра. Для цього, у першому наближенні конвеєр розглядаємо як динамічну модель з нелінійною функцією положення ланок (зв'язок кінематичних характеристик ведучої зірочки і ланцюга є нелінійним) і одним ступенем вільності.

За узагальнену координату приймемо координату повороту зірочки між сусідніми зубцями на k -ій ($k = 0, 1, 2, \dots, n$) ділянці повороту зірочки [48].

У цій моделі не враховано пружність та провисання ланцюга, оскільки вони опосередковано враховані коефіцієнтом ψ у зведеній масі рухомих частин конвеєра, яка визначається залежністю (3.11).

Рівняння руху такої динамічної моделі конвеєра для кожної ділянки руху за допомогою теореми про зміну кінетичної енергії

$$T - T_0 = A_p - A_0, \quad (3.17)$$

де T, T_0 – функції кінетичної енергії системи на початку руху та у певний момент часу;

A_p, A_0 – робота рушійних сил приводу та сил опору переміщенню конвеєра на розглянутій ділянці руху.

Функції залежності (3.17) мають такий вигляд [48, 49]:

$$T_0 = \frac{1}{2} I_p(-\varphi_0) \cdot \omega_0^2; \quad T = \frac{1}{2} I_p(\varphi) \cdot \omega^2; \quad (3.18)$$

$$A_p = \int_{-\varphi_0}^{\varphi} M d\varphi; \quad A_0 = \int_{-\varphi_0}^{\varphi} F_0 \cdot R \cos \varphi d\varphi; \quad (3.19)$$

де ω_0 – кутова швидкість зірочки в початковому положенні;

F_0 – сумарний опір статичних сил опору переміщенню полотна;

M – рушійний момент приводу, зведений до осі повороту приводної зірочки;

$I_p(-\varphi_0), I_p(\varphi)$ – зведені до осі повороту приводної зірочки моменти інерції рухомих частин конвеєра у початковому положенні та у довільний момент часу.

Підставивши залежності (3.18) і (3.19) у рівняння (3.17) і взявши від лівої та правої частин такої рівності похідні по координаті φ , отримаємо закон руху пруткового конвеєра бурякозбиральної машини у формі диференціальних рівнянь [43]:

$$I_p \frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{1}{2} \omega \frac{dI_p(\varphi)}{d\varphi} = \frac{1}{\omega} (M - F_0 R \cos \varphi). \quad (3.20)$$

У цьому рівнянні

$$I_p = I_0 + mR^2 \cos^2 \varphi, \quad (3.21)$$

де I_0 – зведений до осі повороту зірочки момент інерції ротора двигуна 1, муфти зчеплення 2, редуктора 3, пружної муфти 4, приводного валу з зірочками 5 (див. рис. 3.2).

Рівняння (3.20) з урахуванням залежності (3.21) є нелінійне диференціальне рівняння першого порядку зі змінними коефіцієнтами і складною правою частиною. Такі рівняння не вдається аналітично проінтегрувати, тому для їхнього розв’язку необхідно використовувати чисельні методи. Для використання методу кінцевих елементів рівняння (3.20) представимо у такому вигляді [43]

$$I_p(\varphi)d\omega + \frac{1}{2} \omega dI_p(\varphi) = \frac{1}{\omega} (M - F_0 \cos \varphi) d\varphi. \quad (3.22)$$

Розіб’ємо інтервал руху конвеєра - $\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0$ на n частин і припустимо, що на кожній частині - $d \cdot \varphi_0 \approx \Delta\varphi = 2\varphi_0/n$. Тоді координата $\varphi_{i+1} = \varphi_i + \Delta\varphi$. Тут i – номер положення приводної зірочки, який змінюється від 0 до n . Для будь-якого положення конвеєра [43] можна записати: $\varphi = \varphi_i$; $I_p(\varphi) = I_p(\varphi_i)$; $\omega = \omega_i$; $M = M_i$; $d \cdot I_p(\varphi) \approx I_p(\varphi_{i+1}) - I_p(\varphi_i)$.

Підставивши ці заміни у рівняння (3.22), отримаємо [43]

$$\omega_{i+1} = \frac{1}{I_p(\varphi_i)} \left[\frac{1}{\omega_i} (M_i - F_0 \cdot R \cos \varphi_i) \Delta\varphi + \frac{1}{2} [3I_p(\varphi_i) - I_p(\varphi_{i+1})] \cdot \omega_i \right]. \quad (3.23)$$

Рух конвеєра у процесі пуску починається з положення $\varphi_i = -\varphi_0$. У цьому положенні $\omega_i = \omega_0 = 0$. Для цього положення визначають $I_p(\varphi_i)$, $I_p(\varphi_{i+1})$, M_i , і підставляють у залежність (3.23), з якої визначають ω_{i+1} . Розрахунки ω_{i+1} проводять до тих пір, поки φ_i не буде дорівнювати φ_0 . Після чого розрахунки здійснюють для наступної ділянки руху $2\varphi_0 \leq \alpha \leq 4\varphi_0$ з повтором усіх процедур,

що здійснювались на попередній ділянці. За початкове значення швидкості ω_0 на цій ділянці приймають значення швидкості, яке було визначене у кінцевій точці попередньої ділянки, тобто $\omega_0 = \omega_{II}$.

3.5. Критерій інтенсивності процесу очищення вороху коренеплодів

Ймовірність процесу сепарації вороху коренеплодів знаходиться в оберненій залежності від товщини сепаруючого шару. Тобто зменшення товщини рухомого сепаруючого шару можна досягти лише розосередженням вороху. Встановимо взаємозв'язок між величинами розосередження компонентів вороху, що рухаються в одному напрямку, та товщиною сепаруючого шару.

Вважаємо, що безперервно поступаючий на робочу поверхню пруткового транспортера з очищувально-передавального вальця ворох коренеплодів має певну товщину шару (висоту), у процесі подальшого руху розосереджується. Висота цього шару зменшується, а ґрунтові домішки інтенсивно відокремлюються (просіваються). В іншому випадку можливе нагромадження вороху коренеплодів на робочій поверхні очисника, порушення технологічного процесу очищення та значне збільшення навантаження робочого органу [34, 35, 40-44].

Для аналізу руху вороху, який безперервно поступає на поверхню очисника, його початкову форму можна умовно прийняти у вигляді прямокутного паралелепіпеда з параметрами: x, y, z – де x – довжина, y – ширина, z – висота (рисунок 3.3).

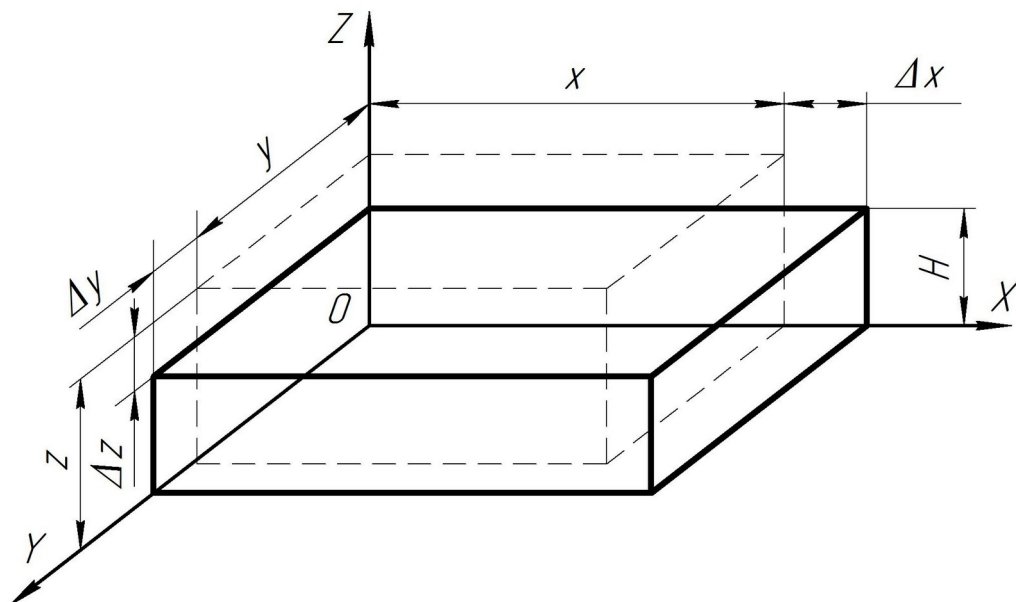


Рисунок 3.3 – Зміна висоти умовного вороху коренеплодів при позитивному прирості Δx та Δy (двох інших сторін паралелепіпеда)

Об'єм вороху коренеплодів на полотні транспортера прийнятий у вигляді паралелепіпеда W є функцією трьох змінних

$$W = x \cdot y \cdot z. \quad (3.24)$$

Повний диференціал цієї функції можна описати виразом

$$dW = \frac{\partial W}{\partial x} dx + \frac{\partial W}{\partial y} dy + \frac{\partial W}{\partial z} dz. \quad (3.25)$$

Якщо прийняти умову дотримання рівновеликого об'єму вороху коренеплодів у вигляді паралелепіпеда на початку надходження на очищувач та після подальшого його просування поверхнею пруткового транспортера, то при деякій зміні сторін цього паралелепіпеда значення повного диференціала функції dW можна вважати таким, що дорівнює нулю. Тобто, зі збільшенням двох сторін паралелепіпеда зменшується його третя сторона. У цьому випадку відстані між окремими компонентами вороху коренеплодів у напрямку горизонтальної поверхні X та Y зростають, а висота зменшується. Обчисливши диференціал (3.25) і прирівнявши його до нуля, отримаємо

$$yzdx + xzdy = xydz, \quad \text{або} \quad z \left(\frac{ydx + xdy}{xy} \right) = dz. \quad (3.26)$$

Перемноживши праву та ліву частину отриманого рівняння на «-1» та додавши до обох частин Z , отримаємо

$$z - z \left(\frac{ydx + xdy}{xy} \right) = z - dz. \quad (3.27)$$

Величину Z можна позначити як початкову висоту H_0 умовного вороху коренеплодів, що поступив на очищувальну поверхню транспортера. Різницю $-z - dz$ можна позначити через H , тобто зміну висоти вороху у зв'язку зі зміною двох інших сторін паралелепіпеда. Відповідно отримаємо таке рівняння [34. 35]

$$H = H_0 \left(1 - \frac{ydx + xdy}{xy} \right). \quad (3.28)$$

При умові руху коренеплодів тільки в одному напрямі, вздовж осі X , тобто вздовж транспортера, можна вважати, що $y = const$, а $dy = 0$, тоді попередній вираз перетвориться до вигляду

$$H = H_0 \left(1 - \frac{dx}{x} \right). \quad (3.29)$$

Якщо диференціал dx у цьому виразі замінити збільшенням шляху Δx , тоді

$$H = H_0 \left(1 - \frac{\Delta x}{x} \right). \quad (3.30)$$

З цього виразу випливає, що висота вороху коренеплодів на полотні пруткового транспортера H прямує до нуля у тому випадку, коли $\Delta x \rightarrow x$. Якщо під час руху коренеплодів початкова відстань по горизонталі між компонентам вороху зростає вдвічі, то висота вороху знижується до нуля. Отже, враховуючи геометричні параметри компонентів вороху коренеплодів та характер їх руху, можна визначити раціональну довжину пруткового очисника.

Довжину очисника зменшують, якщо відсутня початкова швидкість компонентів вороху. Така можливість виникає при певній орієнтації транспортера по відношенню до напрямку руху збирального агрегата.

Перпендикулярне розташування очисника по відношенню до напрямку руху комбайна виключає початкову швидкість руху вороху, дозволяє зменшити довжину очисника та сприяє зниженню металомісткості засобів механізації.

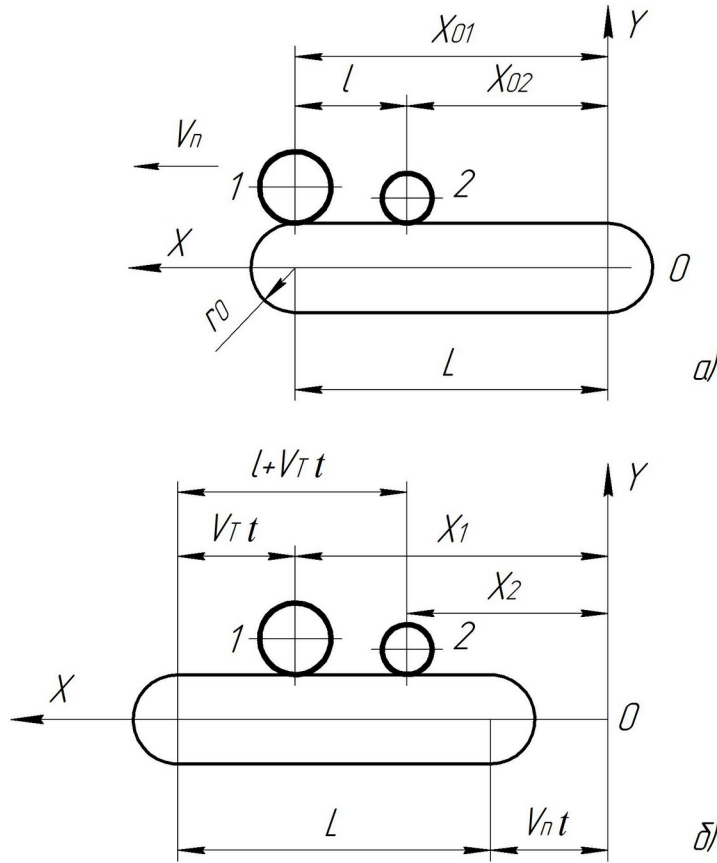
3.6. Розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника

При розосередженні вороху коренеплодів на робочій поверхні очисника створюються умови для ефективного просіювання ґрунту через прутки. Це сприяє якості виконання технологічного процесу очищення. Важливим при транспортуванні коренеплодів прутковою поверхнею очисників є робоча швидкість очисника, яку необхідно знизити до можливо меншої величини, щоб не допускати великих пошкоджень коренеплодів.

У першому розділі дипломної роботи були наведені типові конструкції пруткових очисників бурякозбиральних машин та особливості їх застосування. Відзначено, що найбільш застосовуваними є одно контурні, незалежно від місця їх встановлення у машині. Часто, як поздовжній транспортер, після шнеково-вальцевих очисників, перед бункером комбайна, встановлюють двоконтурний прутковий. У кожному з цих випадків є свої особливості щодо умов транспортування та очищення коренеплодів.

Розглянемо одноконтурний прутковий очисник. На рисунку 3.4 показана схема його руху. У верхній частині рисунка (див. рис. 3.4а) показано початкове положення пруткового очисника у вигляді подовженого замкнутого контура та положення двох тіл вороху, позначених відповідними цифрами. Прийнята нерухома система координат XOY . Початкова відстань тіл відносно початку осі X відповідно дорівнює x_{01} та x_{02} . Прийmemo умову, що прутковий очисник має лінійну швидкість V_T та виконує поступальний рух із сталою швидкістю, яка дорівнює V_n . Через деякий проміжок часу вісь обертання правої приводної зірочки переміститься на величину, яка дорівнює $V_n t$. Відстань між приводною

та натяжною зірочками транспортера дорівнює величині L . Умовно вважатимемо, що обидва тіла вороху, розташовані на прутковій поверхні очисника, мають циліндричну форму з відповідними параметрами r_1 та r_2 . Прослизання тіл вороху не враховують.



а) на початку руху; б) через деякий проміжок часу.

Рисунок 3.4 – Положення одноконтурного пруткового очисника та двох тіл, розміщених на ньому:

Параметричні рівняння руху центрів мас двох тіл на поверхні транспортера [36]:

- для першого тіла

$$\begin{aligned} x_{11} &= V_n t + L - V_t t \\ & \quad ; \\ y_{11} &= r_0 + r_1 \end{aligned} \tag{3.31}$$

- для другого тіла

$$x_{12} = V_n t + L - l - V_T t \quad (3.32)$$

$$y_{12} = r_0 + r_2$$

На початку руху відстань між центрами мас двох тіл складала l . Через деякий проміжок часу t після початку руху положення тіл змінилося відносно нерухомої системи координат і відповідно складає x_{11} та x_{12} . Різниця між значеннями цих абсцис буде

$$x_{11} - x_{12} = l. \quad (3.33)$$

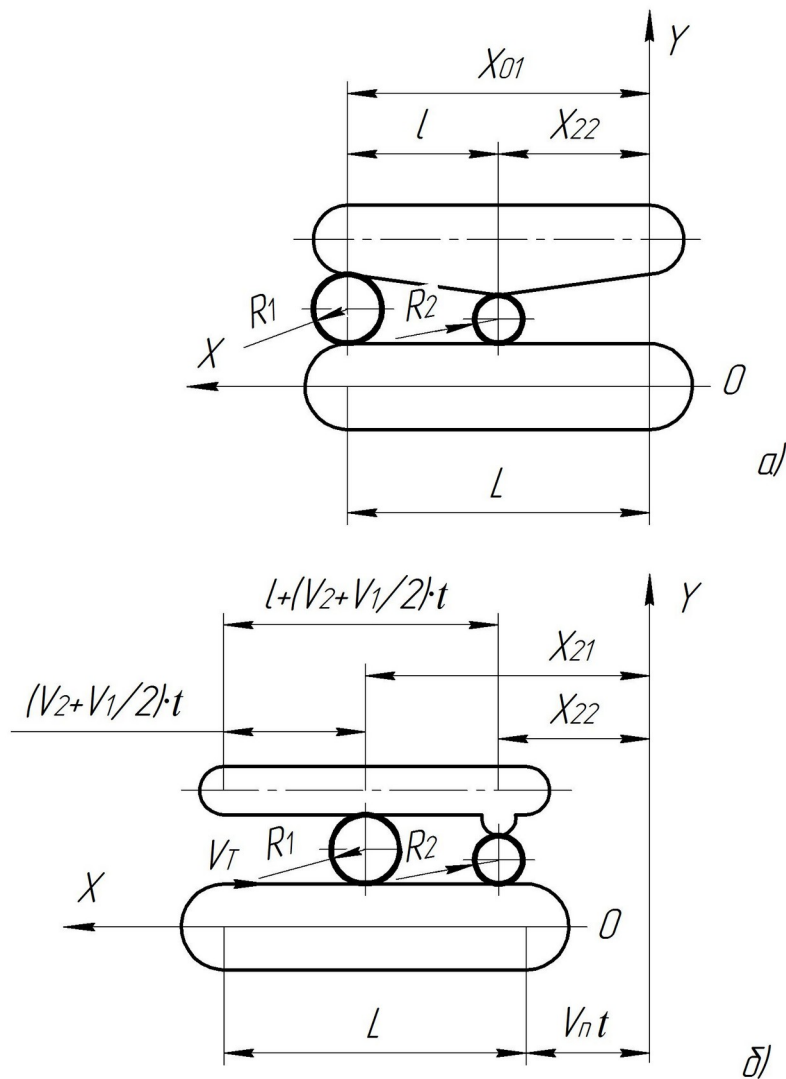
Різниця відстаней між центрами мас двох тіл вздовж осі X після зміни їх положення та початковою відстанню між ними залишається сталою, дорівнює l . Тоді

$$(x_{11} - x_{12}) - (x_{01} - x_{02}) = 0. \quad (3.34)$$

Це свідчить про те, що активна поверхня одноконтурного очисника у досліджуваному варіанті не забезпечує розосередження вороху коренеплодів.

Для кращого очищення коренеплодів від налиплого на них ґрунту застосовують двоконтурні пруткові очисники з робочими гілками, розташованими у два яруси.

На рисунку 3.5 показано положення двоконтурного пруткового очисника і двох тіл на ньому до і після початку руху. Обидва тіла знаходяться між двома робочими гілками. У випадку, що розглядається, робоча швидкість гілки верхнього ярусу V_B перевищує робочу швидкість гілки V_T нижнього ярусу на певну величину, з метою провертання між ними компонентів вороху коренеплодів. Для дослідження приймемо нерухому систему координат XOY , складемо параметричні рівняння руху центрів мас двох тіл, що провертаються між двома робочими вітками.



а) на початку руху; б) через деякий проміжок часу.

Рисунок 3.5 – Положення двоконтурного пруткового очисника і двох тіл, розміщених на ньому

Розміри двох циліндричних тіл, що повертаються на поверхні транспортера, R_1 та R_2 не рівні між собою. Початкова відстань між центрами мас цих тіл $x_{10} - x_{20}$ дорівнює l . При поступальному русі зі сталою швидкістю V_n очисник переміститься відносно початкового положення на величину $V_n t$. Два тіла, затиснуті робочими гілками транспортерів, повернуться і перемістяться на деяку величину.

Параметричні рівняння руху двох тіл на робочій поверхні двоконтурного пруткового очисника [35]:

- для першого тіла

$$x_{21} = V_n t + L - \frac{V_B + V_T}{2} t ; \quad (3.35)$$

$$y_{21} = r_0 + R_1$$

- для другого тіла

$$x_{22} = V_n t + L - l - \frac{V_B + V_T}{2} t . \quad (3.36)$$

$$y_{22} = r_0 + R_2$$

Відстань між центрами мас двох тіл, що повертаються робочими гілками двоконтурного пруткового очисника, буде

$$x_{21} - x_{22} = l . \quad (3.37)$$

Величина приросту шляху між центрами мас двох тіл після і до початку руху дорівнює

$$(x_{21} - x_{22}) - (x_{10} - x_{20}) = 0 . \quad (3.38)$$

Рівняння (3.38) підтверджує, що ворох коренеплодів на двоконтурному прутковому очиснику не розосереджується. Тому необхідно забезпечити умови його повертання між робочими гілками.

3.7. Повертання вороху коренеплодів між робочими гілками двоконтурного пруткового очисника

Розглянемо повертання двох циліндричних тіл, умовно виділених з вороху і затиснутих між двома робочими гілками двоконтурного пруткового

очисника. Прийmemo допущення, що у точках контакту тіл з робочою віткою очисника швидкість направлена горизонтально і відсутні сили опору.

На рисунку 3.6 зображено два циліндричних тіла, які провертаються за рахунок різниці швидкостей робочих гілок двоконтурного пруткового очисника. Розміри двох циліндричних тіл розташованих на прутковій поверхні транспортера R_1 та R_2 , не рівні між собою. Швидкість V_B робочої гілки верхнього контура перевищує швидкість V_T робочої гілки нижнього контура. Кожне тіло провертається відносно власної осі з різною кутовою швидкістю. Ці швидкості визначають з таких рівнянь [35]:

- для першого тіла

$$w_1 = \frac{V_B - V_T}{2R_1}; \quad (3.39)$$

- для другого тіла

$$w_2 = \frac{V_B - V_T}{2R_2}; \quad (3.40)$$

або

$$w_1 \cdot R_1 = \frac{V_B - V_T}{2}; \quad (3.41)$$

$$w_2 R_2 = \frac{V_B - V_T}{2}. \quad (3.42)$$

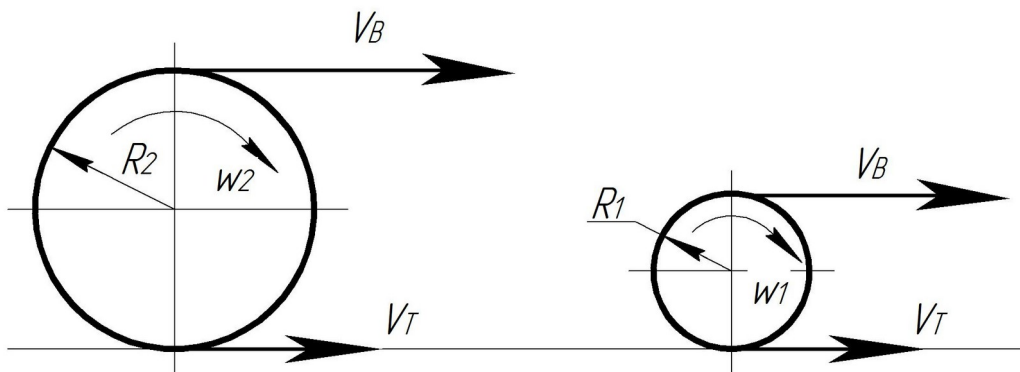


Рисунок 3.6 – Провертання двох тіл робочими гілками двоконтурного пруткового очисника

Помноживши обидві частини рівнянь (3.41) і (3.42) на час отримаємо:

$$2w_1 \cdot t_1 \cdot R_1 = (V_B - V_T) t_1; \quad (3.43)$$

$$2w_2 \cdot t_2 \cdot R_2 = (V_B - V_T) t_2. \quad (3.44)$$

При середній швидкості робочих гілок двоконтурного пруткового очисника центри мас обох тіл за час t перемістяться на величину S , яку можна визначити з такого рівняння [35]

$$S = \frac{V_B - V_T}{2} t. \quad (3.45)$$

Провертання циліндричних тіл між двома робочими гілками на кут повороту, який дорівнює π , відбувається за час, який можна визначити через радіуси цих тіл та швидкості руху гілок транспортерів (3.43) і (3.44):

$$t_1 = \frac{2\pi R_1}{V_B - V_T}; \quad (3.46)$$

$$t_2 = \frac{2\pi R_2}{V_B - V_T}. \quad (3.47)$$

Якщо підставити знайдені з рівнянь (3.46) і (3.47) залежності часу у рівняння (3.45), то одержимо довжину шляху на полотні транспортера центрів мас двох тіл вороху при куті повороту кожного на величину S :

$$S_1 = \frac{(V_B + V_T) \pi R_1}{(V_B - V_T)}; \quad (3.48)$$

$$S_2 = \frac{(V_B + V_T) \pi R_2}{(V_B - V_T)}. \quad (3.49)$$

З аналізу рівнянь (3.48) і (3.49) випливає, що довжину робочих гілок для двоконтурного пруткового очисника та виконання умови повертання необхідно приймати, виходячи із максимального параметра R , тіла, яке очищається, тобто коренеплоду.

Отже, встановлений взаємозв'язок між геометричними параметрами коренеплодів та параметрами двоконтурного пруткового очищувального робочого органу.

Як приклад розглянемо двоконтурний прутковий очисник з такими величинами мінімальних і максимальних параметрів очищуваних коренеплодів $R_{\min} = 0,03$ м; $R_{\max} = 0,08$ м та швидкості робочих гілок відповідно рівні $V_B = 2$ м/с, $V_T = 1,55$ м/с.

Довжина робочої гілки при поверненні на кут π дорівнює:

- для першого тіла
$$S_1 = \frac{(2 + 1,55) \cdot 3,14 \cdot 0,03}{(2 - 1,55)} = 0,732 \text{ м};$$

- для другого тіла
$$S_2 = \frac{(2 + 1,55) \cdot 3,14 \cdot 0,08}{(2 - 1,55)} = 1,954 \text{ м};$$

Довжина робочих гілок двоконтурного пруткового очисника знаходиться у прямій залежності від параметрів очищуваних коренеплодів.

3.8. Коефіцієнт розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника

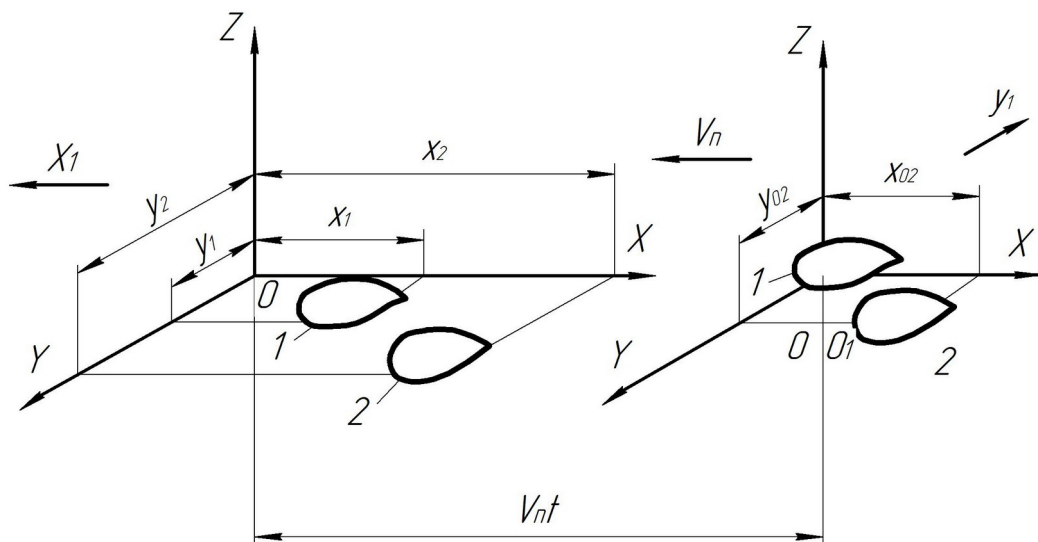
У загальному випадку коефіцієнт розосередження вороху коренеплодів – це відношення проекції шляху рухомого тіла вороху на горизонтальну площину, до шляху, пройденого агрегатом за однакові (з ворохом) проміжки часу. При цьому вважають, що компоненти вороху та збиральний агрегат рухаються у протилежних напрямках. Це можна зобразити на схемі (рисунок 3.7) рухів умовної горизонтальної поверхні очисника (у вигляді площини XOY рухомої системи координат OXY) та двох тіл вороху,

позначених відповідними цифрами. Система координат $O_1X_1Y_1$ вибрана також з напрямом осі O_1X_1 у бік руху агрегату.

У початковий момент часу компоненти вороху 1 і 2 займали положення, показане на рисунку 3.7а. Їх вертикальні осі OZ та O_1Z_1 рухомої та нерухомої систем координат співпадали між собою. Центр мас першого тіла співпадає з віссю OZ , а друге тіло на початку руху було розташоване на відстані x_{02} та y_{02} від осей координат. Через деякий проміжок часу t агрегат переміститься в напрямку осі O_1X_1 на величину $V_n t$, при умові постійної поступальної швидкості V_n . Перше тіло переміститься під впливом активної поверхні очисника на величину x_1, y_1 , друге тіло – поверхнею XOY на величину x_2, y_2 (рис. 3.7б).

Шлях, пройдений першим тілом буде $s_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$. Шлях пройдений другим тілом – $s_2 = \sqrt{(x_2 - x_{02})^2 + (y_2 - y_{02})^2}$. Для того, щоб робоча поверхня очисника забезпечувала пропускну здатність робочого органу і не порушувала виконання технологічного процесу, необхідно, щоб проекція шляху на горизонтальну площину, пройденого компонентом вороху дорівнювала або дещо перевищувала шлях, пройдений збиральним агрегатом за однакові проміжки часу, тобто $s_2 > s_1 \geq V_n \cdot t$.

Виконання цих умов забезпечує розосередження та створює умови для інтенсивного просіювання вороху через щілини в очисній поверхні.



а) до початку руху; б) після початку руху.

Рисунок 3.7 – Схема руху поверхні пруткового очисника та двох тіл на ній:

Відношення проекції шляху на горизонтальну площину рухомого тіла вороху по робочій поверхні очисника до шляху, пройденого за однакові проміжки часу – це коефіцієнт розосередження, який визначають так [36]

$$\eta_i = \frac{S_i}{V_n t} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{V_n t}, \quad (3.50)$$

де S_i – проекція шляху на горизонтальну площину рухомого компонента вороху коренеплодів на робочій поверхні очисника;

$V_n t$ – шлях, пройдений збиральним агрегатом;

V_n – поступальна швидкість збирального агрегата.

Дослідження руху компонентів вороху коренеплодів під впливом активної поверхні пруткових очисників без врахування їх прослизання наведено у [35, 36]. У результаті одержані параметричні рівняння руху компонентів вороху відносно нерухомої системи координат та встановлена можливість дослідження значення величини коефіцієнта розосередження з метою удосконалення пруткових типів очисників.

Рівняння (3.31) та (3.32) були перетворені і отримані нові рівняння компонентів вороху. При цьому активний вплив поверхні був умовний, тобто $V_T = 0$. Тіла, що поступили на поверхню очисника не здійснюють відносного

руху на поверхні очисника, а рухаються разом з ним з певною поступальною швидкістю відносно нерухомої системи координат XOY . З урахуванням усього вище розглянутого, рівняння руху тіл вздовж осі X при відсутній швидкості гілки пруткового очисника мають вигляд [35]:

- для першого тіла

$$X_{13} = V_n t + L; \quad (3.51)$$

- для другого тіла

$$X_{14} = V_n t + L - l. \quad (3.52)$$

Різниця абсцис (3.51) і (3.31) дає проекцію шляху першого тіла вороху, що рухається без ковзання під дією активної поверхні пруткового очисника у такому вигляді:

$$x_{13} - x_{11} = V_T t, \quad (3.53)$$

така ж різниця (3.52) і (3.32) дозволяє отримати такі однойменні значення для другого тіла

$$x_{14} - x_{12} = V_T t. \quad (3.54)$$

Відношення проекції на горизонтальну площину шляху тіла, що рухається на поверхні пруткового очисника до шляху, пройденого агрегатом за однакові проміжки часу – це коефіцієнт розосередження вороху η , який має такий вигляд [35]:

- для першого тіла

$$\eta_{1ПО} = \frac{V_T t_T}{V_n t_A}, \quad (3.55)$$

- для другого тіла

$$\eta_{2ПО} = \frac{V_T t_T}{V_n t_A}. \quad (3.56)$$

З отриманих виразів (3.55) і (3.56) випливає, що коефіцієнти розосередження для першого та другого тіл мають однакові значення. Розосередження відбувається тільки за рахунок різниці швидкостей гілки пруткового очисника V_T і поступальної швидкості руху агрегату [35]

Коефіцієнт розосередження вороху характеризує зустрічні рухи коренеплодів відносно збирального агрегата. Якщо обидві порівнювальні величини дорівнюють одна одній, то коефіцієнт розосередження дорівнює одиниці, однак також може бути більшим чи меншим одиниці [35]

$$\eta = \begin{cases} \leq \\ > \end{cases} 1. \quad (3.57)$$

Для удосконалюваної у даній дипломній роботі системи очищення вороху коренеплодів коренезбиральної машини КБМ-6 коефіцієнт розосередження вороху можна застосувати так, що якщо він більше одиниці, то відбувається збільшення відстані між окремими компонентами вороху та створюються умови для ефективного просіювання ґрунту через щілини в очисній поверхні пруткових транспортерів. Якщо $\eta = 1$, то відстань між компонентами вороху залишається сталою та дорівнює відстані між ними до надходження на активну поверхню очисного конвеєра. Якщо $\eta > 1$, відбувається зменшення відстані між рухомими компонентами, можливе утворення заторів, нагромадження вороху. У цьому випадку просіююча здатність очисного пруткового транспортера погіршується, іноді технологічний процес очищення взагалі не можливий.

Для двоконтурного пруткового очисника, з додатковим вальцем, як це застосовано у даній дипломній роботі, отримано значення коефіцієнта розосередження вороху. В очиснику використані дві робочі гілки – верхня гілка нижнього ярусу та нижня гілка верхнього ярусу (див. рис. 3.5). Умова розосередження – лінійні швидкості робочих гілок V_B та V_T не мають дорівнювати одна одній, а $V_B > V_T$.

Використовуючи попередні залежності, можна визначити величину проекції шляху рухомих тіл вороху, і в результаті отримати рівняння для визначення коефіцієнта розосередження виражене через швидкості руху гілок двоконтурних транспортерів [35]

$$\eta_{3ПО} = \frac{(V_B + V_T) t}{2V_n t}. \quad (3.58)$$

З аналізу (3.31) випливає, що при даному конструктивному виконанні двоконтурного пруткового очисника і наведених вище умовах коефіцієнт розосередження вороху перевищує однойменну величину одноконтурного пруткового очисника. Наприклад, при $V_B = 2$ м/с; $V_T = 1,55$ м/с; $V_n = 1,5$ м/с коефіцієнт розосередження буде $\eta = 1,183$.

Отже, відстань між тілами після надходження вороху на прутковий очисник при вказаних даних, відносно до початкової відстані до надходження зросла у 1,183 рази. У процесі подальшого руху тіл між двома робочими гілками двоконтурного пруткового очисника їх розосередження не відбувається, тобто відстань між ними залишається сталою.

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

4.1. Методи та засоби САПР

САПР – це модельно-технічна система яка лежить в основі підготовки виробу, дозволяє на базі персонального комп'ютера автоматизувати ряд функцій з метою покращення якості проекту, зменшення затрат праці.

Метою та задачею вивчення САПР є : ознайомлення з основами САПР різних класів та тенденцій їх розвитку, засвоєння функціональних можливостей та методів використання цих систем, оволодіння прийомів та навичок з САПР.

Завдання – навчитися орієнтуватися в ринку САПР, засвоїти основні технологічних принципів створення моделей за допомогою системи програмування, засвоїти методику побудови креслень, навчитись визначати шляхи пошуку оптимальних конструктивних рішень.

Основні етапи взаємодії постачальника САПР та споживача наступні:

1. Проведення експрес-аналізу підприємства.
2. Комплексне обстеження підприємства з загальним аналізом основних і виробничих процесів.
3. Виконання технічних проектувань, тобто розробка загальної програми забезпечення.
4. Впровадження комплексної системи.
 - 4.1. Визначення і встановлення повного апаратного забезпечення.
 - 4.2. Тестування апаратного забезпечення.
 - 4.3. Експериментальна експлуатація; включає обов'язкове навчання персоналу.
 - 4.4. Усунення недоліків.
 - 4.5. Промислова експлуатація програмування.

5. Взаємодія постачальника САПР з виробництвом полягає в усуненні недоліків.

Базова платформа САПР повинна мати такі властивості:

- 1) можливість створення багаторівневої системи;
- 2) наявність математичного апарату – геометричного ядра;
- 3) забезпечувати асоціативність на етапі розробки;
- 4) збереження параметризації;
- 5) відкритий програмний інтерфейс;
- 6) наявність інформаційного менеджера проектів;
- 7) можливість візуалізації.

Компоненти єдиного інформаційного середовища підприємства: системи САПР, повний електромаркет виробу, система керування проектними деталями, система технологічної підготовки виробництва, вимірювально-обчислювальної системи керування, систем комп'ютерних моделей.

Для впровадження цих компонентів, необхідне технічне переобладнання підприємства, наявність ліцензованих програм забезпечення, переклад стандартів підприємства, підготовка кадрів.

Критерії вибору і ціна, можливість розвитку , мова інтерфейсу, мова документації та підтримка ЕСКД, рівень супроводу.

При забезпеченні існують певні вимоги:

- системні;
- функціональні;
- технічні;
- організаційно-експлуатаційні.

Технічне забезпечення буває:

- загального призначення;
- спеціалізоване;
- базове.

Розглянемо вимоги до програмного забезпечення САПР:

- адаптованість (можливість функціонувати в різних умовах);
- гнучкість (здатність легко реагувати на зміни);
- компактність (мінімізація ресурсів);
- мобільність (здатність функціонувати на різних машинах);
- надійність (забезпечення одержаних достовірних значень);
- реактивність (швидкодія);
- еволюційність (можливість удосконалення, доповнення).

Умовно всі системи діляться на три класи: вищого, середнього, легкого. Цей поділ досить умовний. До систем вищого класу належать: Unit Graphics, Pro Engineer, CATIA, Euclid.

Системи вищого класу – це модуль.

Система:

1. Модуль моделювання.
2. Модуль підготовки конструкторської документації.
3. Модуль створення фотореалістичних моделей в просторі.
4. Розрахункові модулі (тепловий, силовий, кінематичний).
5. Модуль імітації процесу обробки.
6. Модуль технологічної підготовки виробництва.
7. Модуль створення прес-форм та штампів.
8. Модуль переходу до інших систем.

Системи важкого класу мають дві характерні особливості:

- парамет;
- асоціативність.

Системи важкого класу дають можливість повністю автоматизувати виробництво. До систем важкого класу належать : “Solid Edge” і “Solid Works”. Ці системи мають однакові можливості, але різних виробників.

Система “Solid Edge” – нова система автоматизованого конструювання розроблена фірмою “Юнітед Графік”, призначена для розробки і конструювання складних вузлів, має трьохвимірну графіку, інтерактивна.

Система “Solid Works” – повністю русифікована. Розроблена під середовище WINDOWS, але дещо пізніше і тому відстає, підтримує твердотіле параметричне проектування. Дає можливість працювати з листовими матеріалами, має дерево побудов, можливість працювати з поверхнями.

До систем легкого класу належить система “КОМПАС” – комплект автоматизованих систем. Але вона є обмеженою в можливостях.

Критерії виробу: ціна, можливість поетапного розвитку, мова інтерфейсу і документації ЕСКД.

Комплексна оцінка САПР.

$$C = K_1 V_1 + K_2 V_2 + \dots + K_n V_n$$

де C – комплексний критерій оцінки системи;

K – значимість критерію, $K=0 \dots 10$;

V – вагомість критерію.

Етапи вибору САПР та основні властивості інтегрованих систем.

1. Проведення експрес-аналізу підприємства.
2. Комплексне обстеження підприємства з загальним аналізом основних технологічних і виробничих бізнес-процесів.
3. Використання технічного проектування.
4. Впровадження комплексної системи САПР.

Етапи взаємодії постачальника системи САПР та споживача.

1. Встановлення програм і апаратного забезпечення.
2. Тестування.
3. Експериментальна експлуатація.
4. Усунення недоліків.
5. Промислова експлуатація системи.
6. Взаємодія компанії поставника САПР з виробником.

4.2. Розробка моделі об'єкту проектування

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану цапфи вала очищувально-передавального вальця від крутного моменту, що діє на неї.

За допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks створюємо твердотільну модель цапфи вала очищувально-передавального вальця (рисунок 4.1).

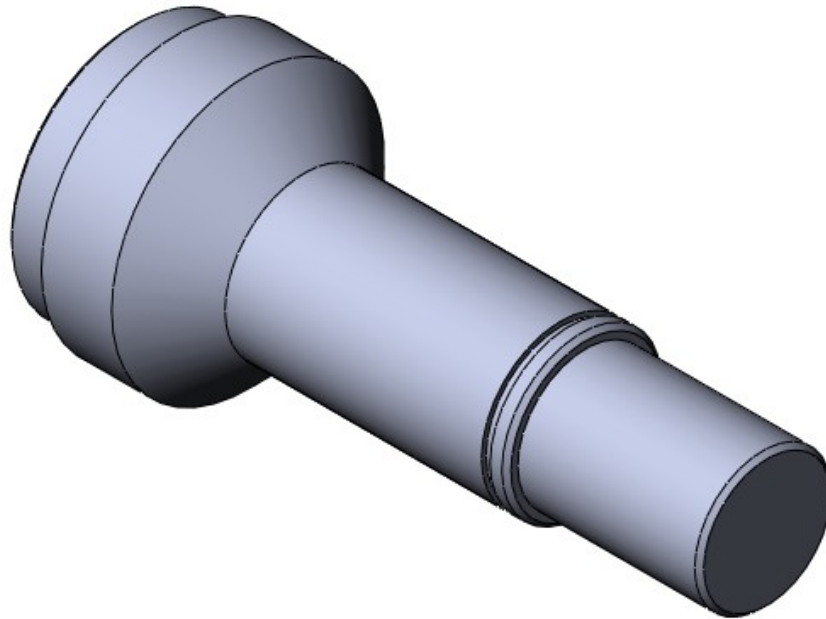
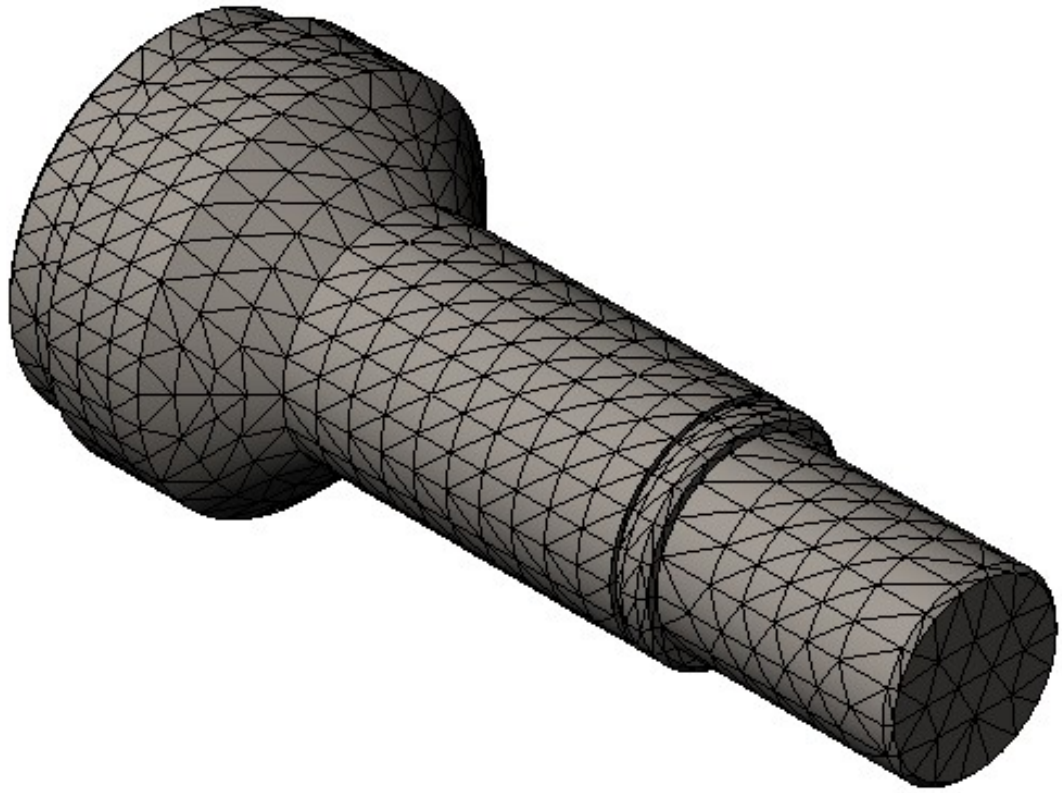


Рисунок 4.1 – Твердотільна модель цапфи вала очищувально-передавального вальця

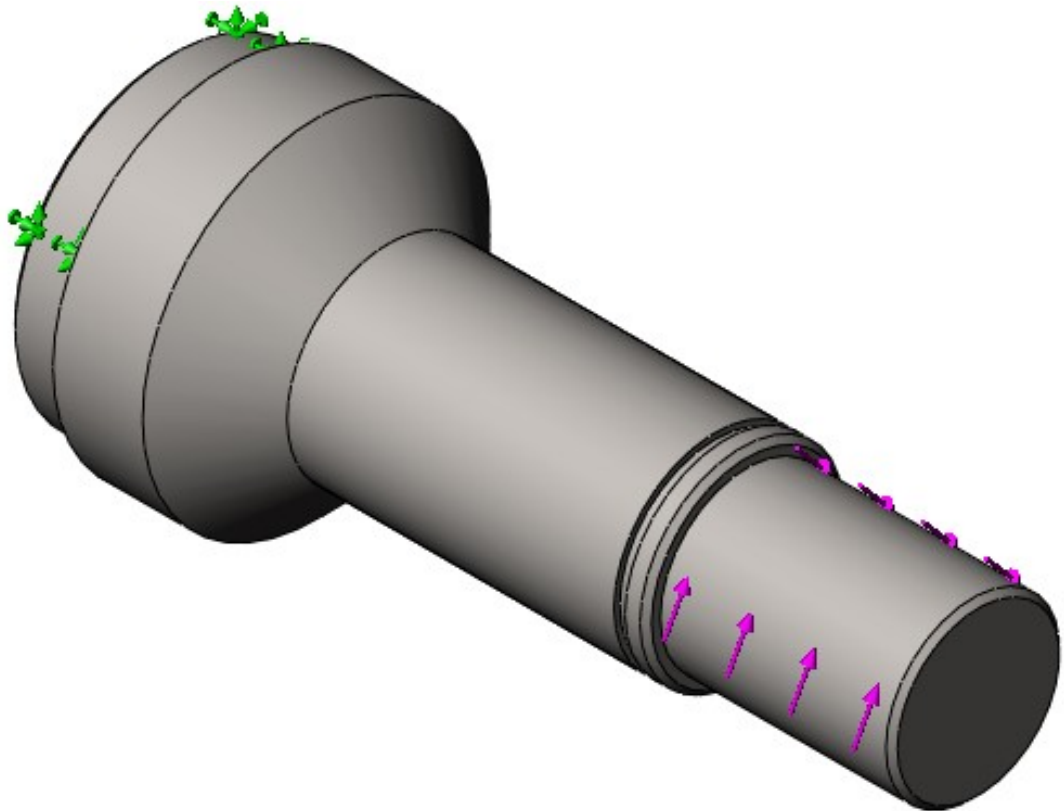
За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо аналіз напружено-деформівного стану цапфи вала очищувально-передавального вальця.

Для цього створюємо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі цапфи вала очищувально-передавального вальця (рисунок 4.2а).

Задаємо умови закріплення цапфи вала очищувально-передавального вальця – защемлення на торці кріплення цапфи до вала, – та навантаження на цапфу – крутний момент $T=250$ Нм (див. рис. 2.6) прикладений до кінцевика цапфи у місці кріплення приводної зірочки (рисунок 4.2б).



a)

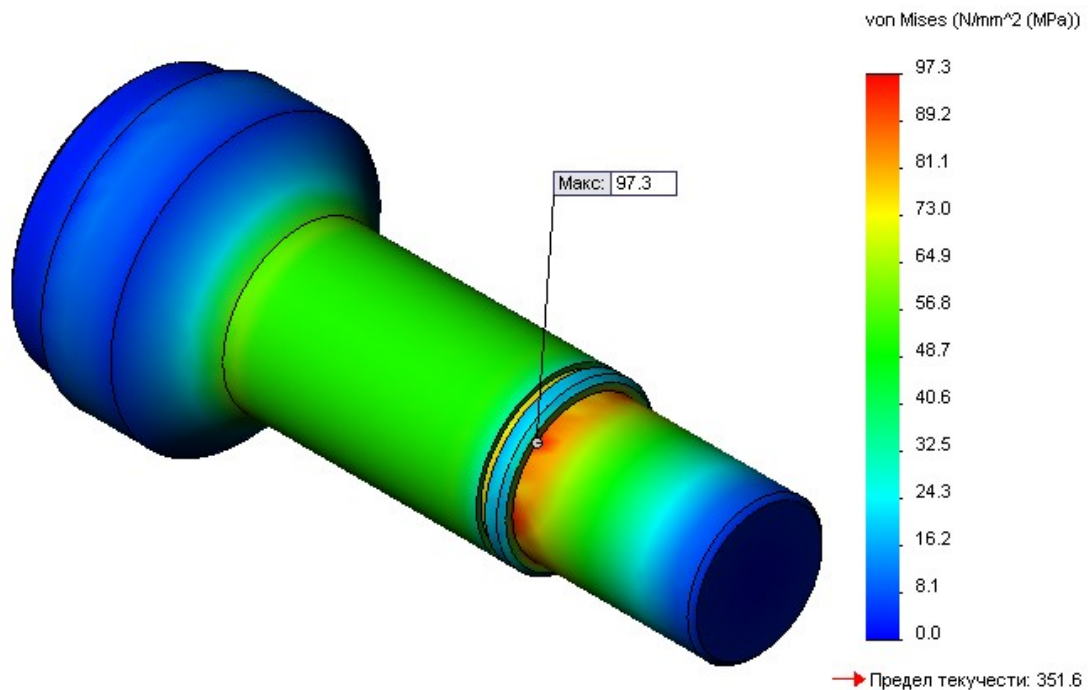


б)

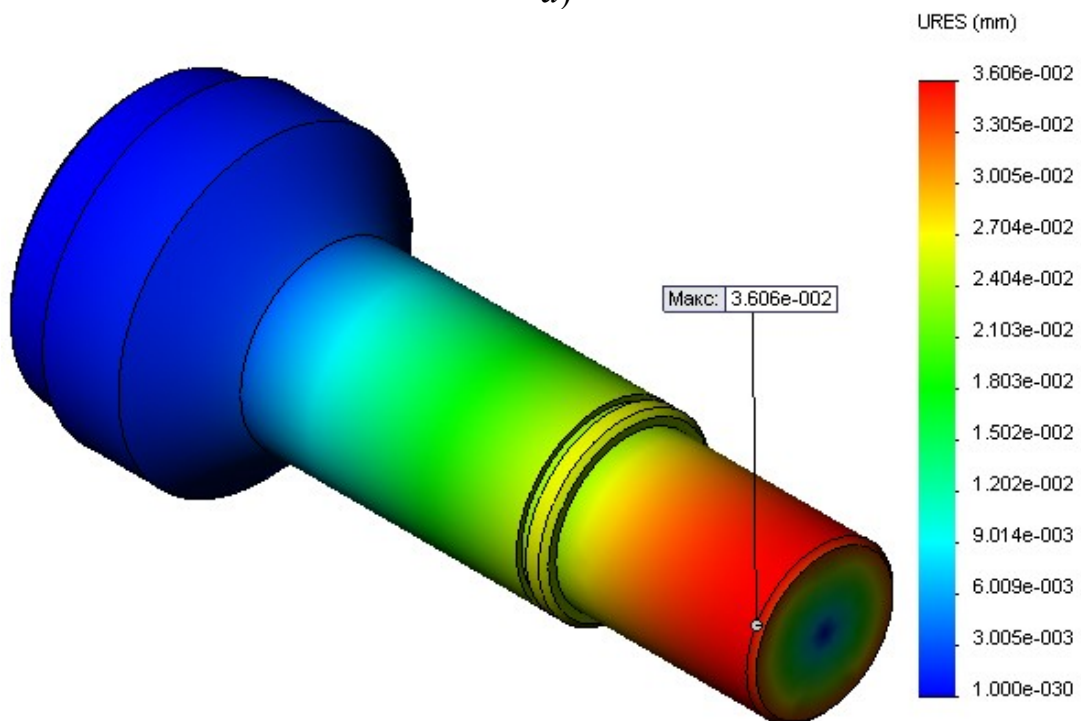
Рисунок 4.2 – Моделювання цапфи вала очищувально-передавального вальця

4.3. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання

Результати розрахунку НДС цапфи вала за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation подано на рисунку 4.3.



a)



б)

Рисунок 4.3 – Результати розрахунку НДС цапфи вала:

a – напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса); *б* – деформація, мм.

Як бачимо за результатами розрахунку, максимальні напруження в поперечному перетині цапфи вала очищувально-передавального вальця становлять ≈ 97 МПа.

Максимальні деформації цапфи вала очищувально-передавального вальця складають $\approx 0,036$ мм.

На рисунку 4.4 показано розподіл запасу міцності по довжині цапфи вала очищувально-передавального вальця.

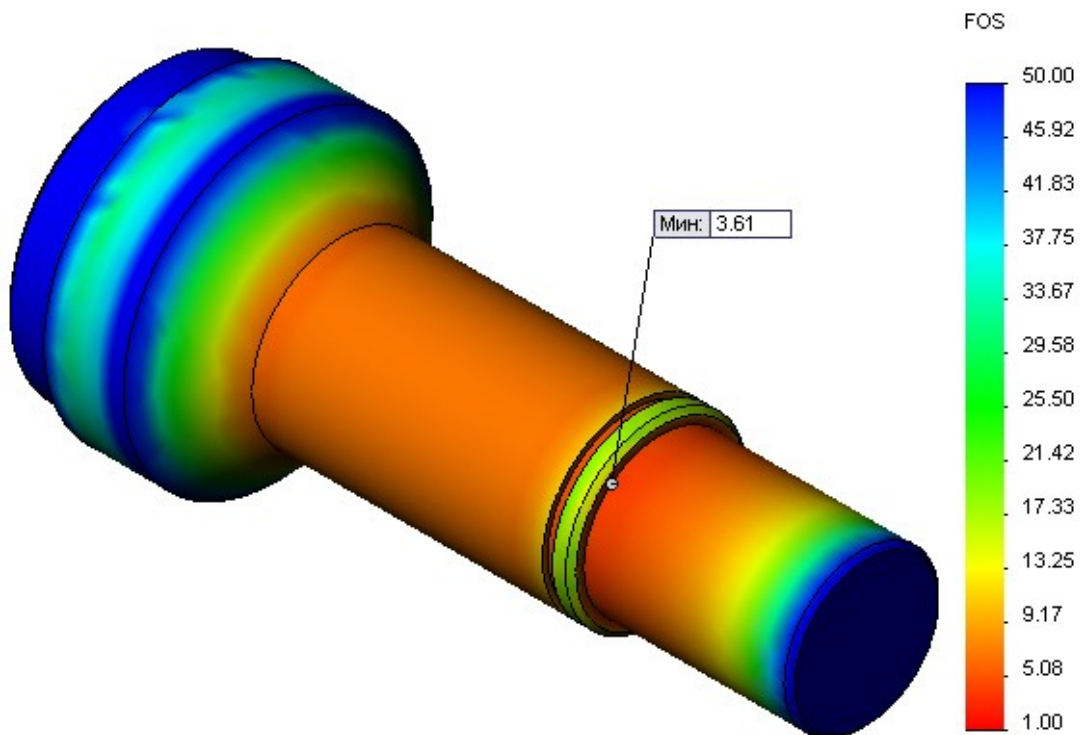


Рисунок 4.4 – Розподіл коефіцієнтів запасу міцності по цапфі вала очищувально-передавального вальця

Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності становить ≈ 3.6 .

5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі

Опис призначення та конструкції деталі. Аналіз технічних умов. Деталь КБМ-20.015 (рисунок 5.1), для якої розробляється технологічний процес, є маточиною колеса машини КБМ-6. Ця деталь призначена для забезпечення руху колеса полем. Ступиця вмонтована у корпус за допомогою підшипників, які закріплені з однієї сторони стопорним кільцем і закріплені у корпусі кришкою, з допомогою різьби.

Маточна з колесом, на опорах знаходиться у корпусі, який герметично закритий і заповнений змащувальною рідиною, приварений до вертикальної стійки колеса. Стійка за допомогою хомутів закріплена до рами машини.

Поверхні А, Б, В, Ж, М, Я (див. рис. 5.1) є основними робочими поверхнями, на яких встановлюються підшипникові опори, за допомогою яких рухається колесо, по цих же поверхнях встановлюється також і робочий орган. Поверхні Е, Н, Ц, Є є допоміжними поверхнями, по яких кріпиться деталь. Всі інші поверхні другорядні (вільні) і ніякого відношення до механізму не мають.

Маточина виготовлена із чавуну КЧ33-8 ГОСТ 1215-59. Ковкий чавун – в'язкий, добре протистоїть розриву і ударному навантаженню. Чавун цієї марки призначений для виготовлення деталей машин високої міцності і пластичності. Отримання структури ґрунтується на спеціальному відпалі відливок, що мають в литому стані структуру білого чавуну. Механічні характеристики матеріалу деталі наведені у таблицях 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1 – Механічні властивості ковкого чавуну

Марка чавуну	Механічні властивості		
	Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Відносне видовження δ , %	Твердість по Бринелю, НВ
КЧ33-8	>330	>8	<163

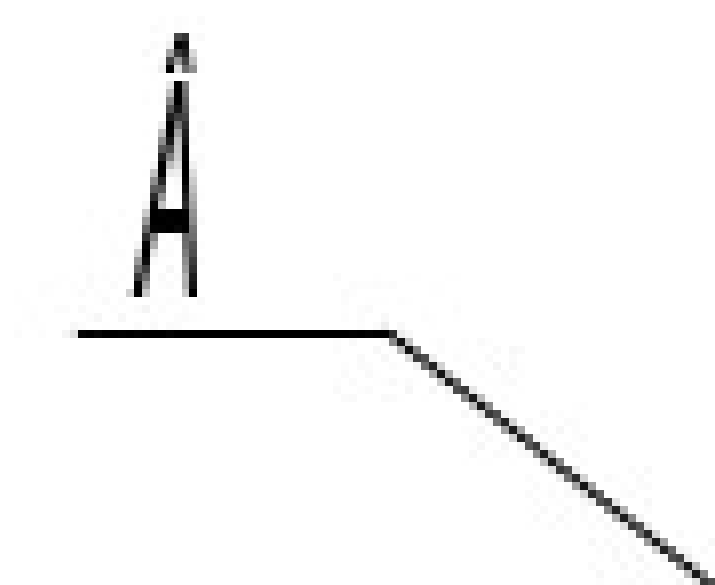


Рисунок 5.1 – Основні поверхні деталі маточина колеса КБМ-20.015

Таблиця 5.2 – Хімічний склад ковкого чавуну

Марка чавуну	Приблизний хімічний склад					
	Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка	Хром
КЧ33-8	2,5..2,9	0,8..1,2	0,3..0,6	0,18	0,12	0,2

На основі ознайомлення і аналізу робочого креслення і технічних вимог до деталі визначають методи і засоби, якими можна виконати відповідні вимоги і методи контролю в умовах даного виробництва (див. табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Технічні вимоги, методи їх виконання і контролю

Позначення поверхонь	Технічна умова або вимога	Методи виконання	Метод контролю
А, Б, В, Д, П, Р, С, Н, Е, Ж	Забезпечити точність виготовлення поверхонь	Чорнове і чистове точіння на токарному верстаті	Пробка Ø 99ПР8136-4079 Пробка Ø 99НЕ8136-4080 Шаблон 42,5±0,2 8709-4058 Шаблон 22,5±0,5 8709-4059 Скоба Ø 120 8113-0357 ГОСТ 16117-71 Штангенциркуль ШЦ-1-125. ГОСТ 166-73
О, Щ	Забезпечити точність нарізання фаски і різьби	Точіння на токарно-гвинторізному верстаті	Пробка М76х1,5 ПР 8221-0224 ГОСТ 17756-72 Пробка М76х1,5 НЕ 8221-1224 ГОСТ 17757-72 ШЦ-1-125 ГОСТ 166-73
Р, С	Забезпечити точність розточування отворів Ø 100 Р7 на довжину 42,5±0,2	Розточування на розточному верстаті	Приспосіблення для настройки різців Ø100 Р7 8701 ГОСТ 179-68 Пробка Ø100 Р7: ПР 8140-6029 НЕ 8140-6030 Приспосіблення для контролю співвісності
Ю	Забезпечити точність сверління 6-ти отворів Ø15 ^{+0,43} на прохід	Сверління на вертикально-свердлильному верстаті	ШЦ-11-250х0,05 ГОСТ 166-73
Ю, Я	Забезпечити точність зенкерування 6-ти отворів Ø16,3 ^{+0,1} і фасок 2х45 ⁰ Ø16,3 і розверстування 6 отв. до Ø 16,4 а потім до Ø16,5 ^{-0,025} _{-0,050}	Зенкерування на вертикально-свердлильному верстаті і розверстування на тому ж верстаті	Пробка Ø16,5 ^{-0,025} _{-0,050} 8133-6019 Калібр для розміщення 6 отв. 8419-4056

	- 0.025 - 0.050		
--	--------------------	--	--

Технологічний контроль креслення деталі. На кресленні деталь зображена у трьох проекціях, що дає змогу уявити деталь у просторі і розташування її основних частин, показати всі її розміри. Для розмірів загального призначення встановлений загальний допуск і квалітет точності. Для поверхонь загального призначення встановлений загальний показник шорсткості поверхні. На робочі поверхні і відповідальні поверхні встановлено допуск і квалітет точності згідно ГОСТів або розраховано з допомогою формул. Аналогічно на робочі і відповідальні поверхні встановлено спеціальні показники шорсткості. Також вказано основні базові поверхні відносно яких встановлюють деталь і відносно яких визначають поверхні відхилення: биття; паралельності; співвісності; перетин осей; розміщення отворів відносно центру отвору або валу та інші показники.

Аналіз технологічності конструкції деталі. Технологічний аналіз конструкції забезпечує підвищення техніко-економічних показників розробленого технологічного процесу. Тому аналіз технологічності – один із найважливіших етапів технологічної розробки.

Основні задачі, які розглядають при аналізі технологічності конструкції і металомісткості, зводяться до можливого зменшення обробки деталі високопродуктивними методами. Таким чином, покращення технологічності конструкції дозволяє зменшити собівартість її виготовлення.

Проробка конструкції на технологічність – це комплекс заходів із забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції за встановленими показниками, направлених на підвищення продуктивності праці шляхом обробки деталі високопродуктивними методами, зниження затрат за рахунок зменшення її виготовлення при збереженні необхідної якості.

Деталь – ступиця є достатньо технологічною: форма розміщення отворів дозволяє обробити їх на прохід з однієї сторони; отвори обробляють на багатошпindelному верстаті з одним установом; доступ інструменту до оброблюваних зовнішніх поверхонь є вільним, а внутрішніх ні; оброблювані

площини розміщені паралельно і перпендикулярно одна до одної; шорсткість деталей не обмежує режимів різання; базові поверхні доступні по розмірах.

Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі. Заготовку для одержання даної деталі виливають із ковкого чавуну КЧ-33-8 у земляні форми, що повинно забезпечити вимоги міцності і точності литва. Але процес виготовлення у цеху маломеханізований і тому такі деталі- відливки мають відхилення по допусках згідно креслень і нестабільність по твердості.

Бази для операцій механічної обробки вибрані в основному правильно. Спочатку базування здійснюють по чорновій поверхні, яка по кресленню не обробляється і приводиться обробка поверхонь, які є чистовими технологічними базами на подальшу обробку поверхонь. При цьому не порушується вимога єдності конструкторських і технологічних баз, на які задані технічні вимоги. Обладнання базового технологічного процесу забезпечує точність виготовлення деталі, але можна вибрати обладнання більш раціонально: зенкерувальні операції проводять на вертикально-свердлильному верстаті 2Н150 при послідовній обробці кожного отвору і фаски, хоча це можна проводити на верстаті 2Н135 при одночасному зенкеруванні всіх отворів і фасок. При цьому збільшиться продуктивність та економія часу.

Всі операції у технологічному процесі забезпечені спеціальними приспособленнями та інструментом ріжучим і вимірювальним, стандартним або спеціальним. У зв'язку з більшим допуском і нестабільністю твердості для досягнення потрібної якості виготовленої деталі на окремих операціях виникає необхідність відхилень від технологічного процесу, додаткові переходи обробки, зміна режимів різання.

5.2. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

Визначення типу та організаційної форми виробництва. При проектуванні можна вважати, що тип виробництва залежить від двох факторів, а саме від заданої програми випуску і трудомісткості виготовлення виробу.

Річна програма випуску $N = 10000$ шт. Кількість деталей на виріб $m = 1$.
 Процент запчастин $\beta = 5\%$. Режим роботи підприємства – 1 зміна за добу.

Річна програма:

$$N = N_1^* \cdot m \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) = 10000 \cdot 1 \left(1 + \frac{5}{100} \right) = 10500 \text{ шт.} \quad (5.1)$$

Дійсний річний фонд часу робочого обладнання $F_d = 2025,4$ год.

Такт випуску деталей

$$t_g = \frac{F_d \cdot 60}{N} = \frac{2025,4 \cdot 60}{10500} = 11,57 \text{ хв.} \quad (5.2)$$

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій за формулою

$$K_z = \frac{O}{R}, \quad (5.3)$$

де O – число різних операцій;

R – число місць із різними операціями.

Коефіцієнт закріплення операцій приймають для планового періоду який дорівнює одному місяцю. Число операцій, закріплених за одним робочим місцем розраховують за формулою

$$O_n = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_g \cdot \eta_M}{T_{um} \cdot N_M}, \quad (5.4)$$

де F_M – місячний фонд часу роботи обладнання при однозмінному режимі роботи

$$F_M = \frac{F_d}{12} = \frac{2025,4}{12} = 168,74 \text{ год.} \quad (5.5)$$

K_g – середній коефіцієнт виконання норми, $K_g = 1,3$;

η_M – коефіцієнт завантаженості верстата, $\eta_M = 0,8$;

N_M – місячна програма випуску:

$$N_M = \frac{N}{12} = \frac{10500}{12} = 875 \text{ шт.}$$

$T_{ум}$ – штучний час виконання операцій на даному верстаті

$$T_{ум} = \varphi_k \cdot T_0, \quad (5.6)$$

де φ_k – коефіцієнт даної операції

T_0 – основний технологічний час, хв.

Для токарної обробки:

точіння чорнове $T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l$; точіння чистове $T_0 = 0,00017 \cdot d \cdot l$.

Для підрізання торця:

чорнове $T_0 = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2)$, чистове $T_0 = 0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$.

Для розточування отворів $T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l$.

Для обточування поверхні $T_0 = 0,00017 \cdot d \cdot l$.

Для свердлильної обробки:

свердління отворів $T_0 = 0,00052 \cdot d \cdot l$; зенкерування $T_0 = 0,00021 \cdot d \cdot l$.

Розвертування: чорнове $T_0 = 0,00043 \cdot d \cdot l$; чистове $T_0 = 0,00086 \cdot d \cdot l$.

Розточування канавок $T_0 = 0,0004 \cdot l$.

Нарізання різьби $T_0 = 0,0004 \cdot d \cdot l$.

Для токарних станків $\varphi_k = 1,36$; розточних $\varphi_k = 1,45$; свердлильних $\varphi_k = 1,3$.

Операція 005. Підрізання торців $D_1 = 142$ мм, $D_2 = 198$ мм, $d_1 = 99$ мм, $d_2 = 142$ мм, $\varphi_k = 1,36$.

$$T_{01} = 0,000037 \cdot (D_1^2 - d_1^2) = 0,000037 \cdot (142^2 - 99^2) = 0,37;$$

$$T_{02} = 0,000037 \cdot (D_2^2 - d_2^2) = 0,000037 \cdot (198^2 - 142^2) = 0,7;$$

$$T_{ум1} = 1,36 \cdot 0,37 = 0,51; \quad T_{ум2} = 1,36 \cdot 0,7 = 0,97.$$

Розточування отвору $d = 99$ мм; $l = 42,5$ мм; $\varphi_k = 1,36$.

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l = 0,00018 \cdot 99 \cdot 42,5 = 0,75; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,75 = 1,03.$$

Точіння поверхні $d = 198$ мм; $l = 16$ мм; $\varphi_k = 1,36$

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l = 0,0001 \cdot 198 \cdot 16 = 0,31; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,31 = 0,43.$$

Точіння канавки $l = 100,5$ мм; $\varphi_k = 1,36$

$$T_0 = 0,0004 \cdot l = 0,0004 \cdot 100,5 = 0,04; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,04 = 0,054.$$

Підрізання торців $D_1 = 198$ мм, $D_2 = 100,5$ мм, $d_1 = 120$ мм, $d_2 = 75$ мм
 $\varphi_k = 1,36$.

$$T_{01} = 0,000037 \cdot (D_1^2 - d_1^2) = 0,000037 \cdot (198^2 - 120^2) = 0,91;$$

$$T_{02} = 0,000037 \cdot (D_2^2 - d_2^2) = 0,000037 \cdot (100,5^2 - 75^2) = 0,16;$$

$$T_{ум1} = 1,36 \cdot 0,91 = 1,25; \quad T_{ум2} = 1,36 \cdot 0,16 = 0,22.$$

Точіння отвору $d = 71$ мм; $l = 22,5$ мм; $\varphi_k = 1,36$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l = 0,00018 \cdot 71 \cdot 22,5 = 0,28; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,28 = 0,39.$$

Точіння поверхні $d = 120$ мм; $l = 28$ мм; $\varphi_k = 1,36$.

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l = 0,0001 \cdot 120 \cdot 28 = 0,03; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,03 = 0,45.$$

Точіння канавки $l = 72$ мм; $\varphi_k = 1,36$.

$$T_0 = 0,0004 \cdot l = 0,0004 \cdot 72 = 0,03; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,03 = 0,04.$$

Операція 010

Розточування отвору $d = 74,4$ мм; $l = 11$ мм; $\varphi_k = 1,36$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l = 0,00018 \cdot 74,4 \cdot 11 = 0,14; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,14 = 0,20.$$

Нарізання різьби $d = 76$ мм; $l = 11$ мм; $\varphi_k = 1,36$

$$T_0 = 0,0004 \cdot d \cdot l = 0,0004 \cdot 76 \cdot 11 = 0,33; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,33 = 0,45$$

Операція 015

Розточування отвору $d = 100$ мм; $l = 42,5$ мм; $\varphi_k = 1,36$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l = 0,00018 \cdot 100 \cdot 42,5 = 0,76; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,76 = 1,1$$

Розточування отвору $d = 72$ мм; $l = 35$ мм; $\varphi_k = 1,36$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l = 0,00018 \cdot 72 \cdot 35 = 0,45; \quad T_{ум} = 1,36 \cdot 0,45 = 0,65.$$

Операція 020

Свердління отвору $d = 15$ мм; $l = 16$ мм; $\varphi_k = 1,3$

$$T_0 = 0,00052 \cdot d \cdot l = 0,00052 \cdot 15 \cdot 16 = 0,12; \quad T_{ум} = 1,3 \cdot 0,12 = 0,16.$$

Операція 025

Зенкерування отвору $d = 16,3$ мм; $l = 16$ мм; $\varphi_k = 1,3$

$$T_0 = 0,00021 \cdot d \cdot l = 0,00021 \cdot 16,3 \cdot 16 = 0,054; \quad T_{ум} = 1,3 \cdot 0,054 = 0,07.$$

Розвертування отвору $d = 16,4$ мм; $l = 16$ мм; $\varphi_k = 1,3$

$$T_0 = 0,00043 \cdot d \cdot l = 0,00043 \cdot 16,4 \cdot 16 = 0,11; \quad T_{ум} = 1,3 \cdot 0,11 = 0,15.$$

Розвертування отвору $d = 16,5$ мм; $l = 16$ мм; $\varphi_k = 1,3$

$$T_0 = 0,00086 \cdot d \cdot l = 0,00086 \cdot 16,5 \cdot 16 = 0,22; \quad T_{ум} = 1,3 \cdot 0,22 = 0,29.$$

$$O_1 = \frac{60 \cdot 168,74 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{5,33 \cdot 875} = 2,26; \quad O_2 = \frac{10529,4}{0,65 \cdot 875} = 18,5;$$

$$O_3 = \frac{10529,4}{1,74 \cdot 875} = 6,87; \quad O_4 = \frac{10529,4}{0,51 \cdot 875} = 23,6;$$

$$K_3 = \frac{2,26 + 18,5 + 6,87 + 23,6}{4} = 12,8.$$

Тип виробництва середньо серійний згідно ГОСТ 3.1108-74

Визначимо середній штучний час ($T_{шт.сер}$), хв.

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum T_{шт.}}{R} = \frac{5,33 + 0,65 + 1,75 + 0,51}{4} = 2,06. \quad (5.7)$$

Розрахункова кількість деталей в партії (n), шт.

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{10500 \cdot 5}{253} = 207 \text{ шт.} \quad (5.8)$$

де a – число днів, на які необхідно мати запас деталей. Прийmemo $a = 55$

F – число робочих днів в році. Прийmemo $F = 253$ дні.

Розрахункове число змін на обробку деталей на дільниці

$$C_{np} = \frac{T_{шт.сер} \cdot n}{480 \cdot 0,8} = \frac{2,06 \cdot 207}{480 \cdot 0,8} = 1,3. \quad (5.9)$$

Прийmemo $C_{np} = 1$

Прийняте число деталей в партії

$$n_{np} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{шт.сер}} = \frac{1 \cdot 480 \cdot 0,8}{2,06} = 186,4. \quad (5.10)$$

Прийmemo $n_{np} = 187$ шт.

Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки. Метод виконання заготовок для деталей машин визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, серійністю випуску, а також економічністю виконання. Вибрати заготовку – означає встановити спосіб її отримання, намітити допуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати допуски на неточність виготовлення.

Заготовку ступиці колеса виготовляють на заводі із ковкого чавуну КЧ33-8, призначеного для відповідальних деталей, які вимагають міцності і в'язкості, методом лиття в земляній формі.

Другим методом отримання заготовки може бути штампування на горизонтально-ковочних машинах (ГКМ).

Питання доцільності використання одного з методів отримання заготовок може бути вирішене тільки після розрахунку технологічної собівартості по порівняльних варіантах.

Якщо ж співставлені варіанти за собівартостю будуть рівноцінними, то доцільним вважається виготовлення заготовки з вищим коефіцієнтом використання матеріалу.

Вартість заготовок, отриманих такими методами, як литво у звичайні земляні форми, гаряча штамповка на молотах-пресах, ГКМ визначають за формулою

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_{\tau} \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}. \quad (5.11)$$

де C_i – базова вартість однієї тони заготовок;

$k_{\tau} \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II}$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок;

Q – маса заготовки; q – маса деталі; $S_{відх}$ – вартість 1т відходів.

Дані з вибору заготовки наведені у таблиці 5.4.

I Метод. Заготовку отримують литвом у земляні форми.

Матеріал КЧ 33-8 ГОСТ 1215-59

$C_i=2900$ грн; $Q=8,08$ кг; $q=5,15$ кг; $S_{відх}=14400$ грн.

$k_{\tau}=1,1$; $k_c=0,83$; $k_M=1,15$; $k_B=0,91$; $k_{II}=0,76$. Тоді

$$S_{заг} = \left(\frac{2900}{1000} \cdot 8,08 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1,15 \cdot 0,76 \right) - (8,08 - 5,15) \cdot \frac{14400}{1000} = 73,4 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4 – Дані для розрахунку вартості заготовки

Найменування показників	I варіант	II варіант
-------------------------	-----------	------------

Вид заготовки	Литво	Штамповка
Клас точності	2	2
Група складності	3	2
Маса заготовки Q , кг	8,08	7,8
Вартість 1т заготовок прийнятих за базу C_i , грн	2900	3150
Вартість 1 т стружки $S_{відх}$, грн	14400	14400

II Метод. Заготовку отримують штампуванням

Матеріал Ст 20 ГОСТ 1050-74

$C_i=3150$ грн; $Q=7,8$ кг; $q=5,15$ кг; $S_{відх}=14400$ грн; $k_\tau=1,05$;

$k_c=0,83$; $k_M=0,87$; $k_B=1,0$; $k_{II}=1,0$. Тоді

$$S_{заг} = \left(\frac{3150}{1000} \cdot 7,8 \cdot 1,05 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \right) - (7,8 - 5,15) \cdot \frac{14400}{1000} = 83,6 \text{ грн.}$$

Економічний ефект співставлених методів отримання заготовки рахуємо за формулою:

$$E_{заг} = (S_{заг2} - S_{заг1}) \cdot N, \quad (5.12)$$

де N – річна програма випуску, шт.

Тоді

$$E_{заг} = (83,6 - 73,4) \cdot 1050 = 107,8 \text{ тис. грн.}$$

Отже, при використанні литої заготовки одержуємо річний економічний ефект 107,8 тис. грн.

Вибір технологічних баз. Одним із найбільш складних і принципових розділів проектування технологічних процесів механічної обробки є визначення технологічних баз. Від правильності вирішення цього питання у значній мірі залежить:

- фактична точність виконання лінійних розмірів, заданих конструктором; правильність розміщення оброблюваних поверхонь;
- точність обробки, яку повинен витримати робітник при виконанні запроєктованої технологічної операції;
- ступінь складності і конструкція необхідних пристроїв, ріжучих і вимірювальних інструментів;
- загальна продуктивність обробки заготовок.

При автоматизації виробництва значення правильності вибору технологічних баз ще більше виростає, тому, що всі ці види обробки базуються на принципі автоматичного отримання розмірів, в якому технологічна база є одним із основних складових елементів.

У зв'язку з цим питання про вибір технологічних баз вирішується технологом на самому початку проектування технологічного процесу одночасно з питанням про послідовність і види обробки окремих поверхонь заготовки. При цьому призначення технологічних баз починається з вибору

технологічної бази для виконання першої операції. Схеми базування деталі наведені у таблиці 5.5.

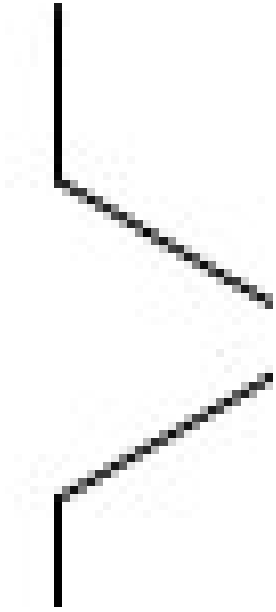
Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки. Для визначення доцільності вибраного технологічного маршруту необхідно провести техніко-економічні порівняння двох варіантів обробки.

Складено таблиці, у першій з яких вкажемо маршрут першого варіанту обробки (базового) (таблиці 5.6), у другій вкажемо маршрут другого варіанту обробки (проектного) (таблиці 5.7).

Таблиця 5.5 – Схеми базування деталі, та оброблювані при цьому поверхні

№ операції	Назва операції	Схема базування
1	2	3
005	Токарна	

Продовження таблиці 5.5

1	2	3
010	Токарно-гвинторізна	
015	Алмазно-розточна	

Закінчення таблиці 5.5

1	2	3
020	Вертикально-свердлильна	
025	Вертикально-свердлильна	

Таблиця 5.6 – Маршрут обробки І-го варіанту (базового)

№ операції	Назва операції	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Верстат
005	Токарна	А, Б, В, Д, Е, Ш, Р, С, Ц, Ж	Д, Ж	1К282
010	Токарна	Ц, О, Ш, Щ	Р, В, Е	1К62
015	Розточна	Р, С, Ц, Х	В, Е, Ж	ОС5367
020	Свердлильна	Ю	Н, Ц	2Н150
025	Свердлильна	Ю, Я	Н, Ц	2Н150

Таблиця 5.7 – Маршрут обробки II-го варіанту (проектного)

№ операції	Назва операції	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Верстат
005	Токарна	А, Б, В, Д, Е, Ш, Р, С, П, Ж		1К282
010	Токарна	Ц, О, Ш, Щ	Р, В, Е	1К62
015	Розточна	Р, С, Ц, Х	В, Е, Ж	ОС5367
020	Свердлильна	Ю	Н, Ц	2Н150
025	Свердлильна	Ю, Я	Н, Ц	2Н135

Проведемо порівняння собівартості для операцій, що відрізняється, тобто операція 025.

Визначимо величину годинних приведених витрат C_{np} , що характеризує економічність обладнання, коп/год.

$$C_{np} = \frac{C_3}{M} + C_4 + E_n \cdot (K_c + K_3), \quad (5.13)$$

де C_3 – основна і допоміжна зарплата, коп/год.

$$C_3 = C_m \cdot 1,53 \cdot k, \quad (5.14)$$

де C_m – годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду, коп/год. для двох відмінних операцій, що відповідають третьому розряду роботи $C_m=479$ коп/год;

k – коефіцієнт, що враховує заробітну плату наладчика, якщо наладка проводиться самим робітником, то $k=1$

$$C_3 = 479 \cdot 1,53 \cdot 1 = 733 \text{ коп/год,}$$

M – коефіцієнт багатостатності, якщо використовується універсальне обладнання, то $M=1$;

C_4 – години витрати по експлуатації робочого місця, коп/год;

$$C_4 = C_{4c} \cdot k_m, \quad (5.15)$$

де $C_{чс}$ – практичні скоректовані годинні витрати на базовому робочому місці, для серійного виробництва $C_{чс}=363$ коп;

k_m – машинний коефіцієнт, який показує у скільки разів витрати пов'язані з роботою даного верстату більші ніж аналогічні витрати з базового верстату.

Для вертикально-свердлильного верстату 2Н150 $k_{m1}=1,2$;

$$C_{ч1} = C_{чс} \cdot k_{m1} = 363 \cdot 1,2 = 433,6 \text{ коп/год.}$$

Для вертикально-свердлильного верстату 2Н135 $k_{m2}=0,7$

$$C_{ч2} = C_{чс} \cdot k_{m2} = 363 \cdot 0,7 = 254,1 \text{ коп/год.}$$

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, для машинобудування $E_n=0,2$;

k_c – питомі годинні капітальні вкладення у верстат, коп/год

$$\text{для серійного виробництва } k_c = \frac{Ц \cdot 100}{3200},$$

$Ц$ – балансова вартість верстату, грн.

Для вертикально-свердлильного верстату 2Н150, $Ц_1=3200$

$$k_{c1} = \frac{3200 \cdot 100}{3200} = 100 \text{ коп/год;}$$

для вертикально-свердлильного верстату 2Н135, $Ц_1=2150$

$$k_{c2} = \frac{2150 \cdot 100}{3200} = 67,2 \text{ коп/год;}$$

k_3 – питомі годинні капітальні вкладення у будівництво, коп/год

для серійного виробництва

$$k_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \quad (5.16)$$

де F – виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів:

$$F = f \cdot k_f, \quad (5.17)$$

де f – виробнича площа, що займається верстатом, м²;

k_f – коефіцієнт, що враховує додаткові виробничі площі (проходи, проїзди)

Для вертикально-свердлильного верстату 2Н150

$$f_1 = 1,29 \cdot 0,875 = 1,13 \text{ м}^2.$$

Для вертикально-свердлильного верстату 2Н135

$$f_2 = 1,24 \cdot 0,81 = 1 \text{ м}^2.$$

Для вертикально-свердлильного верстату 2Н150 і вертикально-свердлильного верстату 2Н135 $k_f=4,0$;

для першого випадку, (F_1) буде $F_1 = f_1 \cdot k_f = 1,13 \cdot 4 = 4,52 \text{ м}^2$.

для другого випадку, (F_2) буде $F_2 = f_2 \cdot k_f = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м}^2$.

Мінімальна виробнича площа, що приймається для розрахунків $F=6\text{м}^2$, тому $F_1 = F_2 = F = 6 \text{ м}^2$.

Питомі годинні капітальні вкладення у будівництво для обох випадків будуть:

$$k_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200} = \frac{6 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 14 \text{ коп/год.}$$

Величина годинних приведених витрат, що характеризує економічність обладнання буде:

- для вертикально-свердлильного верстату 2Н150 (C_{np1})

$$\begin{aligned} C_{np1} &= \frac{C_3}{M} + C_{c1} + E_n \cdot (K_{c1} + K_3) = \\ &= \frac{733}{1} + 435,6 + 0,2 \cdot (100 + 14) = 1191,4 \text{ коп/год;} \end{aligned}$$

- для вертикально-свердлильного верстату 2Н135 (C_{np2})

$$\begin{aligned} C_{np2} &= \frac{C_3}{M} + C_{c2} + E_n \cdot (K_{c2} + K_3) = \\ &= \frac{733}{1} + 254,1 + 0,2 \cdot (67,2 + 14) = 1003,3 \text{ коп/год.} \end{aligned}$$

Визначимо річний економічний ефект (E), грн.

$$E = \frac{(C_{np1} - C_{np2}) \cdot N}{100}, \quad (5.18)$$

де N – річна програма випуску, $N=10000$ шт.

Тоді
$$E = \frac{(1191,4 - 1003,3) \cdot 10000}{100} = 1881 \text{ грн.}$$

З приведених розрахунків очевидно, що економічнішим є другий варіант технологічного процесу. Його і обираємо для подальших розрахунків.

Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технологічного 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 верстату. При виборі ріжучого інструменту потрібно якнайповніше використовувати стандартний інструмент, де неможливо, або не вигідно використання стандартного інструменту – використовується спеціальний ріжучий інструмент. Для перевірки розмірів оброблюваних поверхонь, їх шорсткості, окремих пунктів технічних вимог, потрібно використовувати засоби технологічного контролю, стандартизовані, нормалізовані, або спеціальні.

Виберемо ріжучий і вимірювальний інструмент для кожної операції, і дані занесемо у таблицю 5.8.

Розрахунок режимів різання на операції. Проведемо розрахунок режиму різання розрахунково-аналітичним методом для свердлильної операції 020 (свердління одночасно шести наскрізних отворів $\varnothing 15^{+0,43}$), виконується на вертикально-свердлильному верстаті 2Н150. Для виконання цих отворів обираємо свердло $\varnothing 15$ згідно ГОСТ 10903-64.

Таблиця 5.8 – Вибір різального та вимірювального інструменту

№ з/п	Назва операції	Інструмент	
		Різальний	Вимірювальний
005	Токарна	Різець 2103-1014 ВК6ММ3899-62 Державка 6500-4333 Різець 2142-0020 ВК6	Пробка $\varnothing 99$ ПР8136-4079 Пробка $\varnothing 99$ НЕ8136-4080 Шаблон 42,5±0,2 8709-4058

		ГОСТ 9795-75	Шаблон 22,5±0,5 8709-4059 Скоба Ø 120 8113-0357 ГОСТ 16117-71 Штангенциркуль ШЦ-1-125. ГОСТ 166-73
010	Токарно-гвинторізна	Різець 2141-0007 ВК8 ГОСТ 18883-73 Різець 2102-0183 ВК8 ГОСТ 21151-75 Різець 2662-0005 ГОСТ 18885-73	Пробка М76х1,5 ПР 8221-0224 ГОСТ 17756-72 Пробка М76х1,5 НЕ 8221-1224 ГОСТ 17757-72 ШЦ-1-125 ГОСТ 166-73
015	Алмазно-розточна	Різець 2128-4078 Борштанга 6339-4022 Борштанга 6339-4025	Приспосіблення для настройки різців Ø100 Р7 8701 ГОСТ 179-68 Пробка Ø100 Р7: ПР 8140-6029 НЕ 8140-6030 Приспосіблення для контролю співвісності
020	Вертикально-свердлильна	Свердло Ø15 ГОСТ 10903-64	ШЦ-11-250х0,05 ГОСТ 166-73
025	Вертикально-свердлильна	Зенкер Ø16,3 2320-6007 Зенківка Ø22 2353-0012 ОСТ 23-5 633-68 Розвертка Ø16,4 2363-6006	Пробка Ø16,5 ^{-0.025} _{-0.050} 8133-6019 Калібр для розміщення 6 отв. 8419-4056

Визначимо глибину різання t , мм за формулою:

$$t = 0,5 \cdot D, \quad (5.19)$$

де D – діаметр свердла, $D = 15$ мм;

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ мм.}$$

При свердлінні отворів без обмежуючих факторів, вибираємо максимально допустиму по міцності свердла подачу S , мм/об.

$$S = 0,55..0,66 \text{ мм/об.}$$

Уточнюємо подачу з паспорта верстата $S = 0,56$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв. визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{\partial}}{T^m \cdot S^y} k_v, \quad (5.20)$$

де C_v, ∂, m, y – коефіцієнти швидкості різання при свердлінні:

$$C_v=25,3; \quad \partial=0,25; \quad m=0,125; \quad y=0,4;$$

T – період стійкості свердла, $T=60$ хв.

k_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{ev}, \quad (5.21)$$

де k_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал

$$k_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v}, \quad (5.22)$$

тут HB – твердість оброблювального матеріалу. Прийmemo твердість ковкого чавуну $HB=150$;

n_v – показник степеня, $n_v=1,3$.

Тоді

$$k_{mv} = \left(\frac{150}{150} \right)^{1,3} = 1,$$

k_{nv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал, $k_{nv}=1$;

Відповідно

$$k_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Отже,

$$V = \frac{25,3 \cdot 15^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,56^{0,4}} \cdot 1 = 37,6 \text{ м/хв.}$$

Визначимо розрахункове число обертів n , об/хв верстату для свердління за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D \cdot i}, \quad (5.23)$$

де i – передаточне відношення свердлильної головки, $i=1$;

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D \cdot i} = \frac{1000 \cdot 37,6}{3,14 \cdot 15 \cdot 1} = 798,3 \text{ об/хв.}$$

Скоректуємо число обертів шпинделя з паспорту верстату $n=710$ об/хв.

Число обертів свердла $n_{св}$ визначимо

$$n_{\dot{n}a} = n \cdot i = 710 \cdot 1 = 710 \text{ об/хв.}$$

Уточнимо дійсну швидкість різання V , м/хв.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\dot{n}a}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 710}{1000} = 33,4 \text{ м/хв.} \quad (5.24)$$

Визначимо крутний момент на одне свердло $M_{кр}$, Нм

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (5.25)$$

де C_m, q, y – коефіцієнти формули крутного моменту:

$$C_m = 0,021; q = 2; y = 0,8;$$

k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $k_p = k_{mp}$;

k_{mp} – коефіцієнт,

$$k_{mp} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n, \quad (5.26)$$

де n – показник степеня, $n = 0,6$

$$k_p = k_{mp} = \left(\frac{150}{150} \right)^{0,6} = 1.$$

Тоді

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 15^2 \cdot 0,56^{0,8} \cdot 1 = 29,7 \text{ Нм.}$$

Осьову силу P_o , Н на одне свердло визначимо за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (5.27)$$

де C_p, q, y – коефіцієнти формули осьової сили: $C_p = 43,3; q = 1; y = 0,8;$

k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки. Визначається аналогічно, як і при визначенні крутного моменту на свердлі, $k_p = 1$.

$$P_o = 10 \cdot 43,3 \cdot 15^1 \cdot 0,56^{0,8} \cdot 1 = 4084,4 \text{ Н.}$$

Потужність різання (N), кВт для одного свердла визначимо за формулою:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{св}}{9750}, \quad (5.28)$$

отже,

$$N = \frac{29,7 \cdot 710}{9750} = 2,1 \text{ кВт.}$$

Для шести свердел потужність N_6 , кВт буде

$$N_o = N \cdot 6 = 2,1 \cdot 6 = 12,6 \text{ кВт.}$$

Оскільки необхідна потужність не забезпечується, то візьмемо меншу подачу S таку як у техпроцесі 0,28 мм/об. Тоді

$$N = \frac{10000 \cdot 0,021 \cdot 15^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 253 \cdot 15^{0,25} \cdot 1 \cdot 1}{9750 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 60^{0,125} \cdot 0,28^{0,4}} = 1,175 \text{ кВт.}$$

Тоді $P_o = 10 \cdot 43,3 \cdot 15^1 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 1 = 2345,9 \text{ Н.}$

Для шести свердел потужність N_6 , кВт буде

$$N_6 = N \cdot 6 = 0,61 \cdot 6 = 3,7 \text{ кВт.}$$

Для шести свердел осьова сила буде P , Н буде

$$P_6 = P_o \cdot 6 = 2345,9 \cdot 6 = 14075,4 \text{ Н.}$$

Перевіримо чи достатня потужність приводу верстата N_{max} і осьова сила P_{max}

$$N_{max} = N_o \cdot \eta, \quad (5.29)$$

де N_o – потужність двигуна, $N_o = 7,5 \text{ кВт};$

η – ККД двигуна, $\eta = 0,8;$

$$N_{max} = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт.}$$

З [, ст. 422] $P_{max} = 24000 \text{ Н}; N_{max} = 6 \text{ кВт} > N_6 = 3,7 \text{ кВт};$

$P_{max} = 24000 \text{ Н} > P = 14075,4 \text{ Н.}$

Із розрахунків видно, що потужність верстата достатня для обробки деталі. Основний технологічний час (T_o), хв визначимо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (5.30)$$

де L – величина ходу свердла, мм

$$L = l + y + \Delta, \quad (5.31)$$

де l – товщина заготовки, $l = 16$ мм;

y – величина врізання, мм. При одинарній заточці

$$y = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 15 = 4,5 \text{ мм.}$$

Δ – величина виходу інструменту. Прийmemo, $\Delta = 3$ мм;

тоді

$$L = 16 + 4,5 + 3 = 23,5 \text{ мм.}$$

відповідно

$$T_o = \frac{23,5}{710 \cdot 0,2} = 0,165 \text{ хв.}$$

Решту операцій нормуємо за таблицями режимів різання і всі отримані і результати заносимо в таблицю 5.9.

Таблиця 5.9 – Режими різання на операції

№ операції	Назва операції	Довжина різання L , мм	Глибина	Кількість	Подача S , мм/об	Число обертів n , об/хв.	Швидкість	Основний час	Потужність різання N , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

005	Токарно-гвинторізна								
	1. підрізати торець	32	3	1	0,25	144	92	1,6	1,7
	2. розточити отвір	48	3	1	0,25	144	41		0,77
	3. розточити фаску	48	2	1	0,25	144	42		0,53
	4. точити поверхню	21	3	1	0,25	144	92		1,7
	5. розточ. канавку	8	3	1	0,25	144	44		0,83
	6. підрізати торці	44	3	1	0,25	144	92		1,7
	7. розточити отвір	42	3	1	0,25	144	38		0,72
	8. точити поверхню	36	3	1	0,25	144	67		1,26
9. розточ. канавку	8	3	1	0,25	144	69	1,3		
010	Токарно-гвинторізна								
	1. розточити отвір	15	3	2	0,23	315	72	0,41	1,36
	2. розточити фаску	8	3	1	руч	315		0,06	
	3. розточити фаску	5	3	1	руч	315		0,05	
015	Алмазно-розточна								
	1. розточити отвір	45	3	1	0,05	450	142	2,0	0,2
	2. розточити отвір	26	3	1	0,05	450	102	1,16	0,14
	4. нарізати різьбу	17	3	6	1,5	63	15	1,08	0,2
020	Вертикально свердлильна:								
	свердлити одночасно 6 отв.	23,5	7,5	1	0,2	710	33,4	0,16 5	0,26

Кінець таблиці 5.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
025	Вертикально свердлильна:								
	1. зенкерувати одночасно 6 отв.	20	0,6	6	0,56	355	18	0,61·6	0,84
	2. зенкерувати послідовно фаски	4	2	6	руч	355	20	0,07·6	0,31
	3. розверстувати одночасно 6 отв.	28	2	6	1,12	125	6,4	1,20	2
	4. розверстувати послідовно 6 отв.	28	2	6	1,12	125	6,4	1,20	0,334

Потужність різання N , кВт для токарної операції визначаємо із залежності

$$N = \frac{P \cdot V}{6120}, \quad (5.32)$$

де P – сила різання,

$$P = P_{табл} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (5.33)$$

де $P_{табл}$ – таблична величина сили різання, Н

k_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу

k_2 – коефіцієнт, що залежить від швидкості різання

V – швидкість різання, м/хв.

Для першого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

Тоді $P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5$ кГ; $N = \frac{115,5 \cdot 92}{6120} = 1,7$ кВт.

Для другого технологічного переходу:

$P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5$ кГ; $N = \frac{115,5 \cdot 41}{6120} = 0,77$ кВт.

Для третього технологічного переходу: $P_{табл} = 140$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$P = 140 \cdot 0,55 \cdot 1 = 77$ кГ; $N = \frac{77 \cdot 42}{6120} = 0,53$ кВт.

Для четвертого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$

$$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5 \text{ кГ}; \quad N = \frac{115,5 \cdot 92}{6120} = 1,7 \text{ кВт.}$$

Для п'ятого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5 \text{ кГ}; \quad N = \frac{115,5 \cdot 44}{6120} = 0,83 \text{ кВт.}$$

Для шостого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5 \text{ кГ}; \quad N = \frac{115,5 \cdot 92}{6120} = 1,7 \text{ кВт.}$$

Для сьомого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$

$$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5 \text{ кГ}; \quad N = \frac{115,5 \cdot 38}{6120} = 0,72 \text{ кВт.}$$

Для восьмого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5 \text{ кГ}; \quad N = \frac{115,5 \cdot 67}{6120} = 1,26 \text{ кВт.}$$

Для дев'ятого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5 \text{ кГ}; \quad N = \frac{115,5 \cdot 69}{6120} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Для операції 010

Для першого технологічного переходу: $P_{табл} = 210$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 210 \cdot 0,55 \cdot 1 = 115,5 \text{ кГ}; \quad N = \frac{115,5 \cdot 72}{6120} = 1,36 \text{ кВт.}$$

Для другого технологічного переходу: $P_{табл} = 145$ кГ; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 145 \cdot 0,55 \cdot 1 = 79,75 \text{ кГ}; \quad N = \frac{79,75 \cdot 15}{6120} = 0,2 \text{ кВт.}$$

Потужність різання для алмазно-розточної така сама як і для токарної

Для першого технологічного переходу: $P_{табл} = 15 \text{ кГ}$; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 15 \cdot 0,55 \cdot 1 = 8,25 \text{ кГ}; \quad N = \frac{8,25 \cdot 142}{6120} = 0,20 \text{ кВт.}$$

Для другого технологічного переходу: $P_{табл} = 15 \text{ кГ}$; $k_1 = 0,55$; $k_2 = 1$.

$$P = 15 \cdot 0,55 \cdot 1 = 8,25 \text{ кГ}; \quad N = \frac{8,25 \cdot 102}{6120} = 0,14 \text{ кВт.}$$

Потужність різання (N), кВт для вертикально-свердильної

$$N = N_{табл} \cdot k \cdot \frac{V}{100}, \quad (5.34)$$

де $N_{табл}$ – таблична величина потужності різання, кВт;

k – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу.

Для операції 020: $N_{табл} = 0,87 \text{ кВт}$; $k = 0,9$; $V = 33,4 \text{ м/с}$;

$$N = 0,87 \cdot 0,9 \cdot \frac{33,4}{100} = 0,26 \text{ кВт.}$$

Для операції 025

Для першого технологічного переходу: $N_{табл} = 0,85 \text{ кВт}$; $k = 0,9$; $V = 18 \text{ м/с}$;

$$N = 0,85 \cdot 0,9 \cdot \frac{18}{100} = 0,84 \text{ кВт.}$$

Для другого технологічного переходу: $N_{табл} = 1,7 \text{ кВт}$; $k = 0,9$; $V = 20 \text{ м/с}$.

$$N = 1,7 \cdot 0,9 \cdot \frac{20}{100} = 0,31 \text{ кВт.}$$

Для третього технологічного переходу: $N_{табл} = 5,8 \text{ кВт}$; $k = 0,9$; $V = 6,4 \text{ м/с}$.

$$N = 5,8 \cdot 0,9 \cdot \frac{6,4}{100} \cdot 6 = 2 \text{ кВт.}$$

Для четвертого технологічного переходу: $N_{табл} = 5,8 \text{ кВт}$; $k = 0,9$; $V = 6,4 \text{ м/с}$.

$$N = 5,8 \cdot 0,9 \cdot \frac{6,4}{100} = 0,334 \text{ кВт.}$$

Вибір обладнання та визначення його кількості. Побудова графіків завантаженості та використання обладнання.

Правильний вибір обладнання визначає його раціональне використання у часі. Попередній вибір верстатів рекомендується ГОСТ 14.404-73, і проводиться під час призначення методу обробки поверхні.

Для кожного верстату у технологічному процесі повинні бути підраховані коефіцієнти завантаження і коефіцієнт використання верстату по основному часу. Розрахуємо коефіцієнт завантаженості верстату (η_z):

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n}, \quad (5.34)$$

де m_p – розрахункова кількість верстатів зайнятих на одній операції, шт.

$$m_p = \frac{T_{um}}{t_{\sigma}}, \quad (5.35)$$

де t_{σ} – величина такту випуску, $t_{\sigma} = 11,57$ хв/шт.

Визначимо розрахункову кількість верстатів на кожну операцію.

Операція 005 токарно-гвинторізна $m_p = \frac{18,1}{11,57} = 1,56$ шт.

Операція 010 токарно-гвинторізна $m_p = \frac{4,2}{11,57} = 0,36$ шт.

Операція 015 алмазно-розточна $m_p = \frac{5}{11,57} = 0,43$ шт.

Операція 020 вертикально-свердлильна $m_p = \frac{0,45}{11,57} = 0,04$ шт.

Операція 025 вертикально-свердлильна $m_p = \frac{6,259}{11,57} = 0,54$ шт.

Залежно від розрахункової кількості верстатів прийmemo:

- на токарно-гвинторізних 005 і 010 операціях

$$m_p^T = m_p^{005} + m_p^{010} = 1,56 + 0,36 = 1,92 \text{ шт.},$$

приймемо $m_n = 2$ шт.

Операція 015 алмазно-розточна – $m_n = 1$ шт.

На вертикально-свердильних 020 і 025 операціях можемо прийняти $m_i = 1$ шт, оскільки

$$m_p^{c6} = m_p^{020} + m_p^{025} = 0,04 + 0,54 = 0,58 \text{ шт.}$$

Визначимо коефіцієнт завантаженості.

Операції токарно-гвинторізні 005 і 010

$$\eta_3^T = \frac{m_p^T}{m_n} = \frac{1,92}{2} = 0,96. \quad (5.36)$$

Операція 015 алмазно-розточна

$$\eta_3^{015} = \frac{m_p^{015}}{m_n} = \frac{0,43}{1} = 0,43.$$

Операції вертикально-свердильні 020 і 025

$$\eta_3^{c6} = \frac{m_p^{c6}}{m_n} = \frac{0,58}{1} = 0,58.$$

Визначимо середнє завантаження верстатів $\eta_{з.сер}$

$$\eta_{з.сер} = \frac{\eta_3^T + \eta_3^{015} + \eta_3^{c6}}{3} = \frac{0,96 + 0,43 + 0,58}{3} = 0,66. \quad (5.37)$$

За даними значеннями побудуємо графік завантаження верстатів (рисунок 5.2).

Визначимо коефіцієнт використання обладнання за основним часом η_o :

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шк}}. \quad (5.38)$$

Операції токарно-гвинторізні 005 і 010

$$\eta_o^{005} = \frac{T_o^{005}}{T_{шк}^{005}} = \frac{4,8}{18,23} = 0,26;$$

$$\eta_o^{010} = \frac{T_o^{010}}{T_{шк}^{010}} = \frac{2,6}{4,33} = 0,61;$$

$$\eta_o^T = 0,26 + 0,61 = 0,87.$$

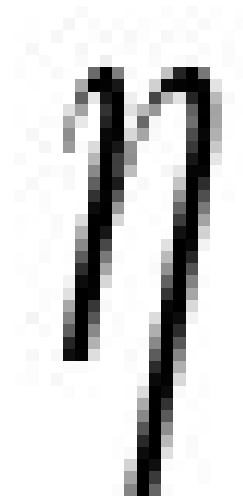


Рисунок 5.2 – Графік завантаженості обладнання

Операція 015 алмазно-розточна

$$\eta_o^{015} = \frac{T_o^{015}}{T_{шк}^{015}} = \frac{3,16}{5,18} = 0,61.$$

Операції вертикально-свердлильні 020 і 025

$$\eta_o^{св} = \frac{T_o^{св}}{T_{шк}^{св}} = \frac{0,165 + 3,08}{0,685 + 6,387} = 0,46.$$

Визначимо середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом $\eta_{o,сеп}$:

$$\eta_{o,сеп} = \frac{\eta_o^T + \eta_o^{015} + \eta_o^{св}}{3} = 0,65. \quad (5.39)$$

За даними значеннями побудуємо графік використання обладнання за основним часом (рисунок 5.3).

Рисунок 5.3 – Графік використання обладнання за основним часом

Визначимо коефіцієнт використання верстату за потужністю η_m ,

$$\eta_m = \frac{N_{np}}{N_{cm}}, \quad (5.40)$$

де N_{np} – необхідна потужність на приводі верстату, кВт;

N_{cm} – потужність двигуна встановленого на верстаті, кВт.

Операція 005 токарно-гвинторізна $N_{cm} = 16,5$ кВт

$$\eta_m = \frac{1,7 + 0,77 + 0,53 + 1,7 + 0,83 + 1,7 + 0,72 + 1,26 + 1,3}{16,5} = 0,64.$$

Операція 010 токарно-гвинторізна $N_{cm} = 8$ кВт

$$\eta_m = \frac{1,36 + 0,2}{8} = 0,2.$$

Операція 015 алмазно-розточна $N_{cm} = 1,5$ кВт

$$\eta_m = \frac{0,2 + 0,14}{1,5} = 0,23.$$

Операція 020 вертикально-свердлильна $N_{cm} = 6$ кВт

$$\eta_m = \frac{0,26}{6} = 0,043.$$

Операція 025 вертикально-свердлильна $N_{cm} = 3,2$ кВт

$$\eta_m = \frac{0,84 + 0,31 + 2 + 0,034}{3,2} = 0,995.$$

Визначимо середній коефіцієнт використання верстату за потужністю $\eta_{m.сep}$:

$$\eta_{m.сep} = \frac{0,64 + 0,2 + 0,23 + 0,043 + 0,995}{5} = 0,43.$$

За отриманими значеннями будемо графік використання верстату за потужністю (рисунок 5.4)



Рисунок 5.4 – Графік використання верстату за потужністю

5.3. Розробка спеціальних верстатних пристроїв

Опишемо пристосування – кондуктор, який призначений для базування деталі КБМ-20.015 при свердлінні 6-ти отворів $\varnothing 16,25$ мм.

Пристосування (див. графічну частину) складається із корпусу 7, на якому встановлені по боках дві скалки 5. У центрі розміщений фіксатор 1 з допомогою якого кріплять деталь. Фіксатор з допомогою двох гвинтів 12 і штифтів 15 кріплять до корпусу 7. На двох скалках 5, що встановлені на корпусі 7 піднімається і опускається свердлильна головка з допомогою пружин 9. Зверху деталь кріплять з допомогою фіксатора 3 і втулок 19, 20, які кріплять до плити 6 з допомогою шести гвинтів 18. Плита 6 не рухається при свердлінні, що дає можливість витримати технічні вимоги до розміщення оброблюваних отворів $\varnothing 16,25$ мм.

Аналіз конструкції пристосування, як правило дає можливість виявити недоліки конструкції. Вдосконалення конструкції можна виконувати різними шляхами і у кожному випадку ці шляхи повинні визначатися на основі аналізу роботи пристосування. Запропоноване рішення з вдосконалення існуючої конструкції повинно бути обумовлено як техніко-економічними, так і експлуатаційними показниками.

Слід врахувати, що перекреслювання заводських конструкцій пристосувань без внесення цілеспрямованих змін не допускається, тому можна вибрати іншу існуючу конструкцію, або спроектувати нову конструкцію пристосування для даного технологічного процесу.

Щоб розрахувати величину сили затиску, необхідно мати схему установки і закріплення деталі у пристосуванні, місце прикладання і напрямки сил і їх моменти (рисунок 5.5).

При виконанні свердлильної операції на оброблювану деталь діють сили і моменти. У даному випадку на деталь діють осьові зусилля подачі (від шести свердел), що співпадають з силою затиску і крутні моменти від них.

Рисунок 5.5 – Розрахункова схема сил при свердлінні у приспособленні

При такому базуванні деталі у приспособленні всі сили зрівноважуються, але враховуючи несприятливі фактори, визначимо необхідну силу затиску з умови не прокручування деталі навколо осі:

$$Q_o = \frac{2 \cdot k \cdot M \cdot R}{d \cdot f \cdot r} - P_o, \quad (5.41)$$

де k – коефіцієнт запасу $k=1,15$;

M – крутний момент, викликаний одним свердлом, $M=29,7$ Нм;

R – радіус від осі свердла до осі деталі, $R=81$ мм;

d – діаметр свердла, $d=16,25$ мм;

f – коефіцієнт тертя, $f=0,3$;

r – найбільша відстань бази заготовки від осі деталі, $r=50$ мм;

P_o – зусилля подачі на одне свердло, $P_o=4084,4$ Н.

Підставивши дані, отримаємо

$$Q_o = \frac{2 \cdot 1,15 \cdot 29,7 \cdot 0,081}{0,01625 \cdot 0,3 \cdot 0,05} - 4084,4 = 18615,54 \text{ Н} = 18,6 \text{ кН}.$$

При даній силі затиску, виходячи з проведених розрахунків, можна сказати, що дана заготовка не прокрутиться при свердлінні 6-ти отворів.

РОЗДІЛИ

6. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Економічне обґрунтування інженерних рішень

Найважливішими техніко-економічними показниками агрегату чи технологічного процесу, що розробляється або удосконалюється, є: продуктивність машини, матеріалоємність процесу, енергоємність процесу, енергонасиченість та ін. Техніко-економічні показники безпосередньо залежить від технічних параметрів машини. Матеріалоємність машини, капіталовкладення споживача на її придбання в основному залежать від витрати на її виготовлення.

Машина, яка розробляється, повинна забезпечувати отримання продукції вищої якості, у результаті чого ціна реалізації її може бути підвищена; нова машина повинна сприяти підвищенню врожайності або зниженню витрат сільськогосподарської продукції.

Економічне обґрунтування інженерних рішень щодо удосконалення конструкції машин чи технологічних процесів проводиться з врахуванням таких вимог і умов:

- великомасштабні інженерні рішення мають міжгалузевий чи галузевий характер. Тому необхідно детально скласти схему їх міжгалузевих зв'язків для визначення загальної суми одноразових та поточних витрат нових організації, пов'язаних кожним проектом;

- важливе значення для підвищення точності економічних розрахунків має облік динамічності проведення витрат у часі на створення виробничих потужностей, чи продукції, на експлуатацію всіх комунікацій, формування колективів нових підприємств та їх структурних підрозділів;

- економічне обґрунтування інженерних рішень не повинно обмежуватися розрахунками ефекту, який буде отримано у рік завершення

впровадження всього проекту. Такі розрахунки необхідно виконувати щорічно за тривалий період та визначити інтегральний ефект;

- розрахунок очікуваного ефекту вимагає прогнозування рівня відповідних економічних показників на тривалий період, використовуючи методи екстраполяції даних;

- кожне інженерне рішення має свої особливості за обсягом впровадження, географією розміщення, структурою зв'язків, тощо.

Тому важливо підбирати аналоги для співставлення економічних показників при обґрунтуванні доцільності використання інвестицій. Практичнішим є порівняння різних варіантів конкретного інженерного рішення та вибору оптимального;

- визначення економічної ефективності варіанту інженерного рішення доцільно виконувати за допомогою спеціального балансового розрахунку, де капітальні вкладення відображаються у часовому аспекті, поступовому переході в основні фонди з метою прискореного отримання доходу.

6.2. Оцінка технічного рівня виробу

Науково-технічний прогрес машинобудування у 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 обладнання, впровадженням принципово нових технологічних процесів, їхньою автоматизацією.

При розробці і постановці на виробництво нових виробів широко застосовують принципи уніфікації, методи автоматизованого проектування, проводять усебічне відпрацьовування конструкцій виробів на технологічність і контрольні дослідження експериментальних зразків та їх елементів. Однак сформовані методи і практика технологічної підготовки виробництва на більшості підприємств машинобудування і приладобудування не відповідають

різко зрослим сучасним вимогам технічного прогресу і потребам розвитку народного господарства. Головний напрям підвищення економічної ефективності сільськогосподарської техніки полягає у підвищенні її надійності шляхом покращення конструкторських і науково-дослідних робіт.

Від темпів впровадження нових чи модернізованих машин значно залежить ефективність капіталовкладень у створення, виробництво і використання сільськогосподарських машин, а також ріст продуктивності праці.

Економічну ефективність нових машин визначають, як правило, порівняно із машинами аналогами, що мають подібне призначення. Вона залежить від цілого ряду факторів: продуктивності машини, річного обсягу робіт, затрат коштів та праці при виконанні технологічного процесу, вартості машини, нормативних відрахувань, тощо.

Економічну ефективність коренезбиральної машини, у конструкції якої удосконалено очищувальну систему, тобто введено додатковий очищувально-передавальний валець на забірній частині поздовжнього транспортера, досягнуто за рахунок збільшення інтенсивності очищення вороху коренеплодів при збиранні цукрових буряків в умовах, коли рівень засміченості поля перевищує норми, встановлені агротехнічними вимогами і при збиранні в умовах підвищеної вологості ґрунту без погіршення якісних показників засміченості вороху коренеплодів. Продуктивність удосконаленої машини середньо сезонна підвищилась на 1,5 % порівно з базовою машиною. Враховуючи, що машина з удосконаленою системою очищення має додатковий очищувально-транспортуючий валець, її ціна на 5000 грн вища від ціни базової машини.

6.3. Визначення показників порівняльної економічної ефективності базової і нової машин

Економічну оцінку ефективності внесених конструктивних змін у машину при виконанні нею технологічної операції збирання коренеплодів цукрових буряків розрахуємо за заводськими даними і результатами

порівняльних випробувань базової і нової машин за методикою згідно ГОСТ 23728-88. «Методи економічної оцінки. Техніка сільськогосподарська», порівнявши затрати при використанні базової і вдосконаленої машин.

Приведені затрати на одиницю наробітку – на 1 га визначаємо за формулою [31, 62, 64]

$$\Pi = I + KE, \quad (6.1)$$

де I – прямі експлуатаційні затрати на одиницю наробітку;

K – капітальні вкладення на одиницю наробітку;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю наробітку визначаємо за формулою [31, 62, 64]

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \quad (6.2)$$

де Z – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу;

Γ – затрати на паливно-мастильні матеріали;

P – затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт;

A – затрати на реновацію;

Φ – інші затрати (при наявності).

Затрати праці у люд.год на одиницю наробітку при виконанні машиною виробничого процесу визначаємо за формулою [31]

$$T = \frac{L}{W}, \quad (6.3)$$

де L – кількість виробничого персоналу на обслуговуванні техніки;

W – продуктивність машини.

Затрати на реновацію машини на одиницю наробітку визначаємо за формулою [31]

$$A = \frac{B \cdot a}{W \cdot T_3}, \quad (6.4)$$

де a – коефіцієнт відчислення на реновацію;

T_3 – річне завантаження технічних засобів;

B – балансова ціна машини.

Капітальні вкладення на машину на одиницю наробітку визначаємо за формулою [31]

$$K = \frac{B}{W \cdot T_3} \quad (6.5)$$

Затрати на технічне обслуговування і ремонти поточний і капітальний визначаємо за формулою [31]

$$P = \frac{B(\chi_T + \chi_K)}{W_{\text{експ}} \cdot T_3} \quad (6.6)$$

де χ_T – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування;

χ_K – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$W_{\text{експ}}$ – продуктивність агрегату за 1 годину експлуатаційного часу.

Затрати на паливно-мастильні матеріали на одиницю наробітку визначаємо за формулою [31]

$$Г = q \cdot Ц, \quad (6.7)$$

де q – розхід паливно-змащувальних матеріалів на одиницю наробітку;

$Ц$ – ціна одного кілограма палива.

Балансова ціна машини

$$B = Ц \cdot K, \quad (6.8)$$

де $Ц$ – оптова ціна машини;

K – коефіцієнт переводу з оптової ціни на балансову.

Проводимо розрахунки економічної ефективності на базову і нову машину.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності коренезбиральної машини зведемо у таблиці 6.1.

Розрахунок затрат праці, експлуатаційних витрат і приведених затрат комплексу машини при збиранні коренеплодів з розрахунку на один гектар оброблюваної площі наведений у таблиці 6.2.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності базової і нової коренезбиральних машин

Показники		Базовий варіант	Новий варіант
	1.1 Машини, що порівнюються	КС-6Б	КБМ-6
	1.2 Оптова ціна, тис.грн.:	846	851
	1.3 Продуктивність за 1 годину основного часу, га/год	1,3–2,9 1,5 розр.	1,3–2,9 1,5 розр.
	1.4 Продуктивність за 1 годину змінного часу, га/год	1,2	1,35
	1.5 Продуктивність за 1 годину експлуатаційного часу, га/год	0,98	1,15
	1.6 Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
	1.7 Витрати пального машиною за змінним часом, кг/га	15,8	15,8
2. Урожайність коренеплодів, ц/га		300	300
	3.1 Коефіцієнт переводу оптової ціни у балансову	1,1	1,1
	3.2 Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	0,15	0,15
	3.3 Процент відчислень на реновацію по основній роботі для с/г машини, %	14,2	14,2
	3.4 Процент відчислень на поточний ремонт і техогляд, %	- для основної роботи	10
		- на капітальний ремонт	5
	4. Річне завантаження по основній роботі для с/г машин, год	300	300
	5. Розряди обслуговуючого персоналу по основній роботі	VI	VI
	6. Погодинна ставка (з врахуванням всіх видів доплат) по основній роботі, грн.	22,4	22,4
	8. Строк служби машини, років	7	7

Таблиця 6.2 – Розрахунок затрат праці, експлуатаційних витрат і приведених затрат з розрахунку на один гектар оброблюваної площі у гривнях

Базовий варіант (КС-6Б)	Новий варіант (КБМ-6)	Різниця
$T = \frac{1}{1,2} = 0,83 \text{ люд/га}$	$T = \frac{1}{1,35} = 0,74 \text{ люд/га}$	$T_P = 0,09 \text{ люд/га}$
$z = \frac{22,4}{1,2} = 18,7 \text{ грн/га}$	$z = \frac{22,4}{1,35} = 16,6 \text{ грн/га}$	$z_P = 2,1 \text{ грн/га}$
$A = \frac{1,1 \cdot 846000 \cdot 14,2}{100 \cdot 0,98 \cdot 300} = 431 \text{ грн/га}$	$A = \frac{1,1 \cdot 851000 \cdot 14,2}{300 \cdot 1,15 \cdot 100} = 382 \text{ грн/га}$	$A_P = 49 \text{ грн/га}$
$P = \frac{1,1 \cdot 846000 \cdot (10 + 5)}{300 \cdot 0,98 \cdot 100} = 473 \text{ грн/га}$	$P = \frac{1,1 \cdot 851000 \cdot (10 + 5)}{300 \cdot 1,15 \cdot 100} = 402 \text{ грн/га}$	$P_P = 71 \text{ грн/га}$
$\Gamma = 25 \cdot 15,8 = 395 \text{ грн/га}$	$\Gamma = 25 \cdot 15,8 = 395 \text{ грн/га}$	$\Gamma_P = 0 \text{ грн/га}$
$I = 18,7 + 431 + 473 + 395 \approx 1317,7 \text{ грн/га}$	$I = 16,6 + 382 + 402 + 395 \approx 1195,6 \text{ грн/га}$	$P_P = 122 \text{ грн/га}$
$K = \frac{1,1 \cdot 46000}{0,98 \cdot 300} = 3165 \text{ грн/га}$	$K = \frac{1,1 \cdot 851000}{1,15 \cdot 300} = 2690 \text{ грн/га}$	$K_P = 475 \text{ грн/га}$
$\Pi_B = 0,15 \cdot 3165 + 1317,7 = 1793 \text{ грн/га}$	$\Pi_H = 0,15 \cdot 2690 + 1195,6 = 1599 \text{ грн/га}$	$\Pi_P = 194$

6.4. Розрахунок економічного ефекту від впровадження удосконаленої системи очищення машини

Річний економічний ефект ε_P від впровадження нової машини порівняно з базовою визначаємо за формулою [31]

$$\varepsilon_P = Z_P (P_B - P_H + \varepsilon), \quad (6.9)$$

де P_B – приведені затрати на одиницю наробітку на базову машину;

P_H – приведені затрати на одиницю наробітку на нову машину;

ε – економічний ефект від вивільнення робочої сили, знайдемо з виразу

$$\varepsilon = Z_B - Z_H = 18,7 - 16,2 = 2,1 \text{ грн/га};$$

Z_P – річне завантаження машини, $Z_P = 300$ га.

Тоді

$$\varepsilon_P = 300(1793 - 1599 + 2,1) = 58\,830 \text{ грн/га}.$$

Економічний ефект порівняно з базовою машиною за строк служби машини визначаємо за формулою [31]

$$\varepsilon_{C.C} = \frac{\varepsilon_P}{a_H + E}, \quad (6.10)$$

де a_H – коефіцієнт відчислення на реновацію;

E – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень, прийmemo $E = 0,15$.

Тоді

$$\varepsilon_{C.C} = \frac{58\,830}{0,142 + 0,15} = 201\,473 \text{ грн}.$$

Проведені розрахунки підтверджують економічну доцільність розробленої у дипломній роботі системи очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1. Роль керівника підприємства й відділу охорони праці в організації роботи з охорони праці

У сучасних умовах ринкових відносин в Україні створюється, реконструюється і функціонує велика кількість малих, середніх і великих підприємств виробничого, будівельного, сільськогосподарського, транспортного призначення, підприємств громадського харчування, сфери послуг та ін. Роботодавці таких підприємств несуть повну відповідальність за створення безпечних і здорових умов праці для робітників і службовців, попередження випадків травматизму, професійних захворювань, аварій і пожеж.

Закон України «Про охорону праці» встановив основні принципи державної політики в галузі охорони праці: пріоритет життя і здоров'я працівників відносно до результатів виробничої діяльності, повної відповідальності роботодавця за створення безпечних і здорових умов праці, комплексного розв'язання завдань охорони праці, соціального захисту працівників, повного відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань, використання економічних методів управління, виконання нормативів охорони праці незалежно від форм власності і видів діяльності підприємства.

Обов'язки роботодавця визначені ст.13 Закону України «Про охорону праці».

На першого керівника організації покладається:

- створення на кожному робочому місці умов праці, що відповідають нормативно-правовим актам;
- забезпечення дотримання вимог законодавства про права працівників в області охорони праці;

- контроль за діяльністю посадових осіб структурних підрозділів відповідно до їхніх функціональних обов'язків з охорони праці;
- забезпечення підприємства кваліфікованими кадрами: найкраще використання їхніх знань і досвіду при створенні безпечних умов праці для працюючих на підприємстві;
- забезпечення розробки і виконання колективного договору, комплексних планів поліпшення умов охорони праці і санітарно-оздоровчих заходів;
- забезпечення фінансуванням, матеріальними ресурсами й устаткуванням, виконання планованих заходів;
- забезпечення умов виконання посадових обов'язків з охорони праці, передбачених у посадових і функціональних інструкціях для фахівців підприємства.

На керівників служб покладається:

- організація контролю за дотриманням технологічної дисципліни, виконанням будівельних норм і правил, вимог з охорони праці;
- постійне підвищення рівня інженерної підготовки для безпечного виконання робіт на всіх ділянках підприємства;
- організація робіт з підготовки і впровадження стандартів безпеки праці й інших нормативних документів, а також з атестації робочих місць і технологічних процесів відповідно вимогам охорони праці;
- організація розробки і затвердження проектів виконання робіт і технологічних карт на виробництво вантажно-розвантажувальних і монтажних робіт;
- укладання договорів з науково-дослідними і проектними організаціями на розробку заходів щодо організації безпеки праці, контроль за виконанням цих угод;
- організація розробки інструкцій з охорони праці, виробничих інструкцій з виконання функціональних обов'язків керівника і виконавців.

На інженера з охорони праці покладається:

- контроль за організацією безпечних і нешкідливих умов праці на підприємстві, проведення заходів у цьому напрямку;
- контроль за виконанням розпоряджень органів державного нагляду, пропозицій уповноважених трудових колективів і профспілок з питань охорони праці;
- контроль за дотриманням діючого законодавства, правил і норм з охорони праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки;
- контроль за наданням працівникам установлених пільг і компенсацій з охорони праці;
- розробка положень, інструкцій та інших нормативних актів з охорони праці, що діють у межах підприємства;
- участь у розробці і впровадженні досконаліших конструкцій, захисної техніки й інших засобів колективного захисту;
- участь у розробці перспективних і річних планів поліпшення умов праці;
- контроль за складанням кошторисів, виконанням зазначених заходів і витратою асигнувань на проведення цих заходів;
- участь у розслідуванні й аналізі причин виробничого травматизму і професійних захворювань, а також розробці заходів щодо їхнього попередження й усунення;
- контроль за станом і застосуванням засобів індивідуального і колективного захисту, забезпечення виробничих ділянок плакатами і знаками безпеки, програмами навчання й інструктажу працюючих;
- організація лекцій, кіносеансів та екскурсій, обладнання кабінетів і стендів з охорони праці;
- проведення вступного інструктажу робітників і фахівців з охорони праці;
- участь у роботі комісій з перевірки знань інженерно-технічними працівниками, правил і норм охорони праці і пожежної безпеки;

- розгляд листів, заяв і скарг працівників з питань охорони праці;
- здійснення зв'язку з медичними установами, науково-дослідними інститутами й іншими організаціями з питань охорони праці і застосування заходів з впровадження їхніх рекомендацій;
- координація діяльності структурних підрозділів з питань безпеки праці і забезпечення складання звітності з охорони праці.

Аналогічні функціональні обов'язки з охорони праці покладаються на усіх фахівців і керівників.

Досвід сучасних підприємств показує, що підвищення ефективності охорони праці досягається забезпеченням функціонування системи управління охороною праці, щорічної паспортизації цехів з охорони праці, атестації робочих місць за умовами праці, застосування морального і матеріального стимулювання керівників підрозділів і працівників, проведення щомісячно «Днів охорони праці» і оцінки профілактичної роботи керівників всіх рівнів управління, модернізації виробництва, уважного, сумлінного ставлення роботодавця до питань охорони праці, з якого беруть приклад керівники структурних підрозділів і працівники [2, 6].

7.2. Вимоги техніки безпеки при експлуатації машини КБМ-6

Загальні положення можна визначити згідно [15].

До робіт з технічного обслуговування, транспортування, обкатування і використання машини допускають осіб, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку, інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки при наявності відповідного посвідчення.

Кабіна машини повинна бути обладнана плафоном внутрішнього освітлення з автономним включенням, вентилятором, обігрівачем, очисником скла, сонцезахисним пристроєм, дзеркалом заднього виду та підресорним

сидінням, що регулюється у горизонтальному і вертикальному положеннях та згідно маси оператора.

Для входу на робоче місце оператора машина повинна бути обладнана трапом. Запуск двигуна повинен здійснюватись з кабіни оператора.

Машина має бути обладнана такими зовнішніми світловими приладами: вказівниками повороту; габаритними вогнями; стоп-сигналом; робочими фарами; транспортними фарами з лампами ближнього та дальнього світла; світловідбивачами; аварійно-попереджувальною сигналізацією зі світловим сигналом оранжевого або жовтого кольору.

На машині встановлюють дві транспортні і не менше двох робочих фар, а також має бути передбачено освітлення вивантажувального елеватора.

Підтікання охолоджувальної рідини у з'єднаннях системи охолодження, палива у з'єднання паливної системи, масла у з'єднаннях гідросистеми, а також мастила через сальники, прокладки, пробки не допускається.

Механізм блокування коробки переключення діапазонів швидкостей повинен при натисканні на педаль блокування забезпечити переключення діапазонів і при відпущенні педалі виключити можливість включення або виключення діапазону.

На видних місцях машини, місцях обслуговування або поблизу небезпечних місць повинні бути нанесені написи, знаки або таблички: табличка правил протипожежної безпеки; табличка строповки; напис «регулювання та очистку машини проводити тільки при непрацюючому двигуні»; напис «не стій під елеватором»; знак обмеження швидкості; знаки місць установки домкратів; знаки місць строповки; знаки попередження про небезпеку; знак обмеження габариту за шириною. Місця їх розміщення відповідно до вимог креслення.

При натисканні на педаль заднього ходу повинен загоратися «стоп-сигнал»; при поверненні педалі у нейтральне положення «стоп-сигнал повинен відключатися.

Фіксатор ручного сигналу повинен надійно фіксувати важіль гальма у загальному стані.

Нахили агрофону при роботі машиною не повинні перевищувати 2°.

При одночасному обслуговуванні, ремонті машин кількома виконавцями необхідно призначити старшого групи, доручивши йому контроль за дотриманням правил техніки безпеки (черговості робіт).

У машині повинна бути аптечка з необхідними медикаментами.

Працювати потрібно у зручному одязі, щоб не допустити його попадання у рухомі частини машини.

Інструменти, прилади і обладнання для технічного обслуговування і ремонту повинні використовуватись тільки за своїм призначенням, бути справними і забезпечити безпечність проведення робіт.

Не допускається перевезення вантажів у бункері.

Роботи перед запуском та у процесі запуску машини.

Перед запуском потрібно впевнитися у справності механізму блокування запуску.

Перед запуском двигуна ручка переключення діапазонів повинна бути у нейтральному положенні, а педаль керування гідронасосом в одній площині.

Важіль керування гідронасосом повинен знаходитися у вертикальному положенні.

Муфта приводу робочих органів повинна бути виключена.

Перед включенням передачі, а також початком руху, водій повинен впевнитися у відсутності сторонніх осіб на машині або біля неї і дати попереджувальний звуковий сигнал.

Необхідно систематично перевіряти справність і надійність роботи гальм рульового керування механізму переключення діапазонів. Категорично забороняється працювати з несправним рульовим керуванням, гальмівною системою, електроосвітленням і сигналізацією [15].

Вимоги до безпеки у процесі роботи машини і переїздах. При русі машини водій повинен знаходитися на сидінні. Забороняється перебування сторонніх осіб на працюючій машині або біля неї.

Забронюється очищати, ремонтувати або регулювати вузли під час руху машини.

Забороняється експлуатувати машину без запобіжних кожухів й огорож карданних, пасових і ланцюгових передач.

Надівати паси на шківи і ланцюги на зірочки, а також змащувати підшипники під час роботи машини забороняється.

Забороняється працювати на машині при ослаблених кріпленнях вузлів і агрегатів. Забороняється торкатися руками робочих органів машини при працюючому двигуні.

При роботі машини металеві труби гідроприводу на ходову частину можуть нагріватися до 80...100⁰С. Беретися опіків.

При переведенні навантажувального транспортера з робочого у транспортне положення (або навпаки) попередньо необхідно впевнитися у наявності вільного простору, відсутності ліній електропередач та інше, оскільки габаритний розмір транспортера за висотою при переведенні перевищує 4 м.

Швидкість руху машини при значних нахилах дороги повинна бути до 4 км/год, з поздовжнім кутом нахилу до 7 %. При поворотах і розворотах швидкість потрібно зменшити до 3 км/год.

При тривалих переїздах машини (більше 15...20 км) паси приводу робочих органів потрібно зняти.

Рух дорогами загального користування проводиться відповідно до «Правил дорожнього руху» і при включених безперервних маячках оранжевого або білого кольорів.

Транспорт, швидкість якого дорівнює або перевищує максимальну швидкість руху машини, обганяти забороняється особливо з настанням темноти.

Переїжджати у тунелях, через греблі, мости (якщо дозволяють габарити і вантажопідйомність) потрібно тільки на пониженій швидкості при включених безперервних маячках [15].

Вимоги безпеки після зупинки машини.

Після зупинки машини необхідно обов'язково перевести ручку переключення діапазонів у нейтральне положення.

При заміні мастила у перші 20...30 хв після зупинки двигуна, необхідно бути обережним, щоб уникнути опіків.

Щоб уникнути випадкового руху машини з місця, водій повинен перед виходом із кабіни при працюючому двигуні заблокувати педаль керування гідронасосом засувкою і загальмувати машину стоянковим гальмом. Необхідно систематично перевіряти надійність роботи рульового керування та гальм [15].

Вимоги безпеки при технічному обслуговуванні та ремонтах.

Всі види регулювань і технічного обслуговування виконують при виключеному двигуні (крім деяких регулювань двигуна і діагностики).

Забороняється що-небудь робити під машиною, якщо копачі підняті і під колеса не підставлені упори-клини.

При м'якому ґрунті під домкрат кладуть міцну дошку. Якщо при проведенні технічних оглядів або ремонті потрібно підняти одну із сторін машини, користуються домкратом вантажопідйомністю не менше 5 т. Не можна знаходитись під машиною, яка піднята на домкрат. Місця встановлення домкрата і опор для піднімання різних частин машини вказано на машині.

Особливості буксирування машини

Буксирування машини здійснюється тільки при жорсткому зчеплюванні з включеною передачею коробки діапазонів згідно з «Правилами дорожнього руху».

Гальмування машини під час руху проводять зміною подачі основного насоса гідростатичної передачі трансмісії за допомогою педаль керування.

7.3. Захист виробничого персоналу при виникненні надзвичайних ситуацій

Сучасний стан розвитку машинобудування забезпечує зростання технічного прогресу у сільському господарстві, що вимагає організації випуску нової високопродуктивної техніки. У галузі сільськогосподарського машинобудування особливу увагу приділяють безпеці життєдіяльності та цивільній обороні на виробництвах із небезпечними умовами роботи.

Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки населення і територій, зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризики надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру невпинно зростають.

Забезпечення безпеки та захисту населення в Україні, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатися як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій органів виконавчої влади як центральних, так і місцевих.

Стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення і виробничого об'єкту, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру та реагування на них передбачені існуючою законодавчою базою держави. Вона визначає організаційні та правові основи захисту громадян України, захисту об'єктів виробничого і соціального призначення, довкілля від надзвичайних ситуацій [13, 32].

Формуванням цивільної оборони (ЦО) на підприємствах агропромислового комплексу (АПК) чи інших підприємствах і народногосподарських об'єктах у випадку виникнення надзвичайної ситуації (НДС) доводиться виконувати великий обсяг рятувальних та інших

невідкладних аварійно-відновлювальних робіт у складних умовах, обмеженості часу для порятунку людей у завалених притулках і укриттях, у палаючих будинках, районах зараження.

Основними принципами, що забезпечують успішне виконання робіт з порятунку постраждалих у разі виникнення НДС, є [13, 32]:

1. Швидкість розгортання сил і засобів для проведення рятувальних робіт. З цією метою усі формування ЦО і насамперед рятувальні, аварійно-технічні, протипожежні, медичні негайно приступають до порятунку потерпілих. Першими включаються у рятувальні роботи формування, що прибувають на об'єкти агропромислового комплексу у першій зміні. Потім темп ведення робіт нарощується за рахунок введення наступних змін і, якщо необхідно, формувань сільської місцевості.

2. Порятунок потерпілих у найкоротший термін забезпечується тим, що формування, що прибули на об'єкт, негайно приступають до робіт, діють рішуче, швидко, виявляючи при цьому ініціативу. Необхідно у перші години подати повітря у завалені чи ушкоджені будівлі, а також надати першу медичну допомогу основній масі потерпілих. Тому роботи ведуться безупинно (вдень і вночі), з великою напругою сил і у високих темпах.

3. Використання сил і засобів для надання допомоги на головних ділянках території міста чи об'єкта, де можуть знаходитися основні маси потерпілих, що опинилися у тяжких умовах.

4. Роботи ведуться із широким використанням засобів механізації і тільки при їхній відсутності – вручну. Необхідно вжити всіх заходів, щоб технічні засоби були підтягнуті до місця роботи і забезпечені паливом, тому що тільки при максимальному використанні техніки можливе проведення великого обсягу робіт у короткий термін.

5. Формування ЦО використовуються з урахуванням їх спеціальності, для того, щоб кожний підрозділ міг виконувати звичні для нього роботи. Таке використання формувань може забезпечити високу продуктивність і

якнайшвидше завершення робіт. Виконання робіт не за фахом допускається тільки у крайніх випадках.

6. Тривалість роботи змін встановлюється начальником ЦО об'єкта і командиром формування, виходячи з обстановки, яка склалася.

7. При роботі строго дотримуються заходів безпеки.

8. Рятувальні і невідкладні аварійно-відбудовні роботи розгортаються масово і проводяться до повного їхнього завершення.

7.4. Підвищення стійкості роботи об'єкта при виникненні надзвичайних ситуацій

Локалізація аварій на газових мережах підприємства. Руйнування газової мережі веде до небезпеки отруєння людей, виникнення пожеж і вибухів. Тому аварії газових мереж необхідно усувати у першу чергу.

Газові мережі, так само як і водопровідні, можуть бути зруйновані чи ушкоджені у випадку аварії. При цьому відбувається повне або часткове руйнування труб. Ушкодження газопроводу визначають фахівці за допомогою газоаналізатора чи за специфічним запахом. Газ, що виходить з ушкодженого трубопроводу може легко загорятися від випадкової іскри, тому користуватися відкритим вогнем забороняється, а район ушкодження газової мережі повинен бути оточений [13, 32].

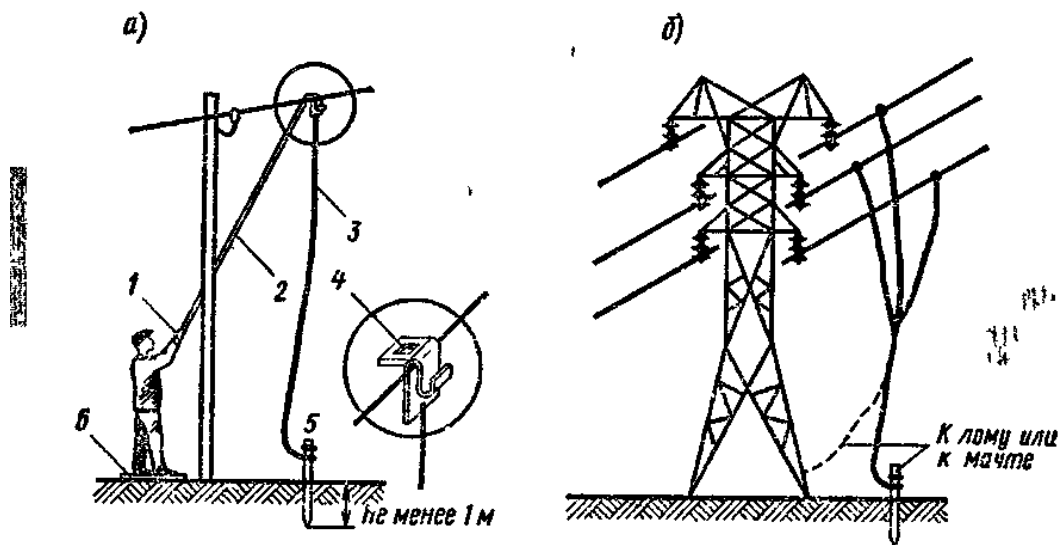
Основний спосіб локалізації аварій на газових мережах – відключення ушкоджених ділянок і чи усього району, якщо це не викликає зупинки роботи збережених підприємств. Роботи з локалізації аварій на газових мережах проводяться в ізолюючих протигазах, тому що звичайні фільтруючі протигази не захищають від проникнення газу через протигазову коробку.

Локалізація аварій на енергетичних мережах підприємства.

Руйнування електромереж може призвести до короткого замикання, виникнення пожеж і ураження людей електричним струмом.

Локалізація аварій на електромережах високої напруги – це роботи, виконання яких може бути доручено головним чином фахівцям-електрикам. Ця робота складається: із знеструмлення мереж і влаштування найпростіших

заземлень при дерев'яних опорах (рисунок 7.1а) і при металевих опорах (рисунок 7.1б) у районі ведення рятувальних робіт, у розбиранні металевих і дерев'яних опор для найшвидшого відновлення тимчасових ліній електропередач до найбільш відповідальних об'єктів підприємства. На мережах низької напруги ця робота складається: з відключення від мережі ушкодженої ділянки рубильником, роз'єднанні запобіжників чи відрізання проводів від мережі, із підбирання проводів із землі і підвішування їх до тимчасових опор [13, 32].



а – на дерев'яних опорах; б – на металевих опорах; 1 – гумові рукавички; 2 – палка; 3 – заземлюючий провід; 4 – отвір для палки; 5 – лом; 6 – дерев'яна суха прокладка

Рисунок 7.1 – Пристрій заземлення ушкоджень мережі електропостачання при:

Локалізація аварій на водопровідних мережах підприємства. Під час аварій, можуть бути зруйновані водопроводи, прокладені під землею, оглядові колодязі, що може призвести до затоплення укриттів і підвалів, до обвалення вцілілих від вибуху будинків і споруд у результаті підмивання фундаментів.

Основним способом локалізації аварій на водогінних мережах є відключення зруйнованих ділянок у цехах, на дільницях, для чого використовуються засувки у збережених оглядових колодязях і запірні вентиля.

У випадку місцевих аварій і неможливості використання пристроїв, що відключають ділянки водопровідної мережі (при завалах оглядових колодязів) поступають так: за зовнішніми ознаками визначають місце аварій (поява мокрих плям, джерело на поверхні); відкопують траншею чи котлован до виявлення труб водопроводу; воду відкачують насосами. Встановивши характер аварій, їх усувають, потім влаштовують обвідні лінії, що дозволяють використовувати водопровід для гасіння пожеж (рисунок 7.2).

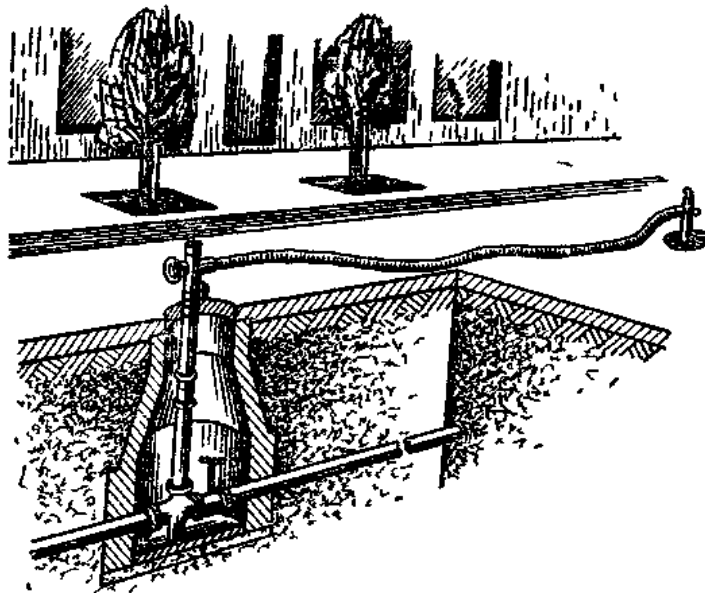


Рисунок 7.2 – Усунення аварій на мережах водопроводу влаштуванням обвідної лінії

У випадку розриву водопроводу трубу на обох кінцях забивають дерев'яними пробками. При утворенні поздовжніх тріщин ставлять пластирі, що складаються з гумової прокладки, прикритою зверху металевою смугою і скріпленої по периметру труби хомутами через кожні 20...30 см [32].

Характер ушкоджень і локалізація аварій на мережах тепlopостачання подібні усуненню аварії на водогінних мережах. Однак, слід враховувати наявність у трубопроводі гарячої води (до 130°C при підвищеному тиску) – це додаткова небезпека для людей. Інші заходи здійснюються так само, як на мережах водopостачання.

Зміцнення чи обвалення конструкцій, що загрожують обвалом і перешкоджають безпечному руху і веденню рятувальних робіт.

У процесі рятувальних робіт необхідно попередити можливу небезпеку обвалення пошкоджених споруд, цехів на проїзну частину чи прилеглі території, де здійснюється рух чи рятувальні роботи. Для цього тимчасово зміцнюють чи звалюють споруди, що загрожують обвалом.

Після огляду аварійного будинку і окремих конструкцій укріплення їх залежно від висоти проводиться у такий спосіб: стіни висотою до 6 м зміцнюють встановленням простих дерев'яних чи металевих підкосів під кутом 45...60° до горизонту.

Стіни будинку висотою 12 м і більше зміцнюють подвійними підкосами. В обох випадках кількість підкосів визначається стійкістю будинку, Підкоси встановлюють у кожному простінку будинку.

Для укріплення можуть використовувати елементи зруйнованих будинків і конструкцій (металеві і дерев'яні балки, бруси, дошки і колоди). Стіни будинку і окремих конструкцій можуть зміцнювати за допомогою розтяжок на тросах. У випадках, коли можливе обвалення частин будинку, що загрожують завалом, їх звалюють за допомогою лебідки і троса чи трактором. Для цього обстежують конструкцію, що загрожує обвалом, і вибирають спосіб робіт. Звалення споруд можливо також способом підриву [13, 32].

Тимчасове відновлення і ремонт ушкоджених ліній зв'язку.

Зв'язок має важливе значення для керування силами ЦО під час проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відбудовних робіт. Тому

поряд із проведенням рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт здійснюється відновлення ушкоджених ліній зв'язку.

Відновлювальні роботи організовуються начальником служби зв'язку, що використовує для цієї мети наявні формування зв'язку.

До відновлення ушкоджених ліній зв'язку для керувань використовуються радіо і дротові засоби зв'язку, прокладені за допомогою польового кабелю [13, 32].

При надзвичайних обставинах у військових умовах чи мирний час перед силами цивільної оборони постає ряд задач з рятування людей та проведення аварійно-відновлювальних робіт на підприємствах та житлових районах населених пунктів. Це грає велику роль у збереженні людських і матеріальних ресурсів, збереженні бойової готовності у військовий час, а також виробничих потужностей та рівня виробництва у мирний час.

Великі аварії на виробництві, як і стихійні лиха, призводять до ураження людей, порушення виробничого процесу і наносять великі збитки господарству країни.

Для проведення рятувальних та інших невідкладних аварійно-відновлювальних робіт на підприємстві створюються формування сил ЦО з працівників і службовців даного об'єкта господарювання.

Для успішної ліквідації наслідків аварій, стихійних лих, а також військового нападу велике значення має навчання формувань ЦО способів ведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах їх виникнення.

8. ЕКОЛОГІЯ

8.1. Актуальність охорони навколишнього середовища

Проблема забруднення навколишнього середовища не випадково стала однією із найбільш злободенних проблем сучасності.

Сучасні технології – це потужний інструмент, за допомогою якого людство споживає набагато більше, ніж природа може продукувати і водночас викидає у довкілля стільки відходів, скільки природа не спроможна нейтралізувати.

Україна є однією з найнебезпечніших в екологічному відношенні країн Європи. Основною причиною цього є те, що Україна отримала у спадщину від минулого страшні наслідки забруднення навколишнього середовища.

За кількістю промислового бруду на душу населення Україна посідає одне з перших місць у Європі і має найнижчу тривалість життя. Страшні наслідки (не регіонального, а планетарного масштабу) має аварія на Чорнобильській АЕС.

Актуальність захисту навколишнього середовища від забруднень викликана тим, що у народному господарстві використовують і випускають тисячі хімічних сполук (і їх кількість зростає), багато з яких не розкладаються на більш прості нешкідливі продукти, а накопичуються в атмосфері, воді чи ґрунті і перетворюються у ще токсичніші продукти.

Забруднення навколишнього світу впливає на всі сторони життя – зменшується кількість сонячних днів, гине рослинність, руйнуються будівельні матеріали, змінюється хімічний склад повітря, води і ґрунту.

Усе це є серйозною загрозою для здоров'я людини і призводить до підвищеної захворюваності, передчасного старіння, виникнення важких віддалених наслідків і можливих незворотних змін у майбутніх поколіннях. Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

8.2. Аналіз забруднення довкілля, що виникає у результаті виготовлення коренезбиральної машини КБМ-6

При виготовленні призначеної для збирання цукрових буряків коренезбиральної машини КС-6Б, що удосконалюється у даній дипломній роботі, необхідно задіяти основні виробництва машинобудівного підприємства-виробника. А саме, термічне, гальванічне, зварювальне. Розглянемо детальніше джерела забруднення у результаті діяльності термічного та гальванічного виробництв.

Термічне виробництво – це складне комплексне виробництво, що об'єднує у технологічний ряд різні процеси, які супроводжуються виділенням в атмосферу значної кількості шкідливих речовин.

Основні забруднюючі речовини термічного виробництва – це відходи, а саме, окалина, металевий пил, оксиди вуглецю, оксиди азоту, абразиви, зольні речовини, мінеральні масла, дими.

Технологічний процес термічної обробки супроводжується виділенням теплоти, що теж є енергетичними відходами виробництва і впливають на навколишнє середовище.

Окалина, яка є наслідком нагрівання металу при термічній обробці, також є видом технологічних втрат металу. При нагріві у полум'ї втрати металу складають до 3 % маси заготовки.

Для зниження втрат металу і зменшення появи окалини ефективним є впровадження нагріву у захищеному безокислювальному середовищі, а також контактний та індукційний нагрів, що дозволить знизити втрати металу до 0,5 %.

При нагріві сталевих деталей у печах для запобігання виникненню окалини можливим є використання захисних паст короткотривалої дії.

Для закалки деталей з легованих сталей ефективно застосовувати нове середовище для закалки – ЗСП-1, при цьому не виділяється дим і шкідливі випаровування.

Виробничі операції, що забезпечують нанесення на поверхню виробів покриття, можна поділити на три групи: механічна підготовка, обробка поверхні виробів у розчинниках (травлення), обезжирювання, промивання та нанесення гальванічного покриття.

Обробку деталей у розчинниках використовують з метою видалення з їх поверхні забруднень, мастила, продуктів корозії. Для цього використовують лужні, кислотні миючі розчини. У їх склад входять концентровані луги, кальцинована сода, сірчана, соляна, азотна кислоти.

Процеси нанесення покриття на поверхні металевих виробів пов'язані з проходженням електрохімічних реакцій. Це електролітичне осаджування цинку, нікелю, хрому. При цьому застосовують концентровані розчини кислот: сірчаної, соляної, азотної, хромової, а також їх солей.

На дільниці гальванопокрить є викиди в атмосферу парів лугу, сірчаної, азотної, соляної, фосфорної кислот, хромового ангідриду, солей нікелю.

Стоки гальванічних цехів, у першу чергу травильних відділень – концентровані відпрацьовані відходи кислот (в основному сірчаної), лугів, солей і промислових вод, що є відходами при процесах хімічної і електрохімічної обробки.

Такі стоки мають кислу (рідше лужну реакцію), яка перед скидом стічних вод у водойми доводиться до нейтральної ($\text{pH}=6,5-8,5$), що забезпечується нейтралізацією. При виконанні цієї операції у стічні води добавляють реагенти, під впливом яких наявні у стоках кислоти і луги нейтралізуються, а інші забруднення випадають в осад [12, 20].

Установки нейтралізації стічних вод є обов'язковими для всіх підприємств.

Електрохімічні методи очистки, в основі яких лежить використання електричного струму для окислення і відновлення речовин, які є у стічних водах, використовують в основному для знезараження хромо- і ціановмісних стоків гальванічних цехів.

8.3. Утилізація відходів виробництва

У процесі машинобудівного виробництва одержується велика кількість різних відходів, які можна розбити на дві групи – основні і побічні.

Основні – відходи твердих матеріалів, які використовуються безпосередньо для виготовлення деталей машин. Це металічні відходи всіх видів, а також металомісткі відходи (окалина, шлаки, шлами), також неметалеві (дерево, пластмаси, гума).

Побічні відходи – це речовини, які використовуються у технологічних процесах (попіл, абразиви, відходи дерева, мінеральна масла, ЗОР, відпрацьовані травильні розчини і електроліти, а також відпрацьовані гази).

Технологічні процеси супроводжуються виділенням тепла, що теж є енергетичними відходами виробництва.

Використання вторинних сировинних ресурсів виробництва є важливим напрямом підвищення ефективності виробництва і зниження забруднення навколишнього середовища.

Відомі у наш час методи дозволяють у принципі утилізувати практично всі названі відходи. На жаль, далеко не всі методи поєднують у собі ефективність з економічністю і універсальністю. Тому у передових країнах ведуть інтенсивні роботи з удосконалення процесів переробки відходів виробництва.

Металеві відходи – металолом і стружка металева є головними відходами машинобудування. Процент використання металу виробництвом складає $\approx 70\%$. Є два шляхи утилізації метало відходів – повторне використання ділових відходів і переплавка стружки і лому, що не підлягає використанню [12, 20].

На виробництві широко застосовують різні мінеральні масла, які використовують для змащування механізмів, у гідросистемах, а також у технологічних процесах як ЗОР.

Регенерацію відпрацьованих масел проводять різними способами: рідинною екстракцією, термообробкою, ультрафільтрацією через мембрану.

Для регенерації розчинів, які використовують у гальванічному виробництві використовують хімічні, фізичні, іонообмінні та електрохімічні методи.

Для очищення виробничих стоків використовують механічні методи, хімічні, коагуляція, флокуляція і фізико-хімічні (флотация, віддувка, електрохімічні методи). Для очищення води від твердих домішок використовують гідроциклони. Для виділення із стічних вод високодисперсних мінеральних домішок і легких органічних речовин, які знаходяться у зваженому стані застосовують відстійники і нафтоловушки. Раціонально впровадити методи регенерації ЗОР; безреагентні методи обробки і регенерації електролітів, які містять соляну, азотну, фосфорну кислоти. Ефективність відстоювання забруднених стоків можливо підвищити, виконуючи його двічі у каскадних відстійниках [12, 20].

На даний час на виробництвах машинобудівної галузі важливими є наступні задачі: зменшення розходу водопостачання і водовідведення; створення безстічних схем очищення виробничих вод з метою максимального використання водооборотних систем і відходів виробництва для одних і тих же технологічних процесів; недопущення попадання у стічні води забруднюючих речовин; визначення науково-обґрунтованих і економічно доцільних границь застосування очищення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі відзначено вимоги до агрофону при вирощуванні цукрових буряків та виконано аналіз технологій їх збирання. Описано вимоги до бурякозбиральних машин і проведено огляд машин-аналогів для збирання цукрових буряків.

Сучасні виробничо-технологічні вимоги до бурякозбиральних машин визначаються загальними тенденціями виробництва цукрових буряків на промисловій основі, специфічними агробіологічними властивостями та особливостями механізованого вирощування цієї культури, обумовленими зміною сортів, точним висівом, застосуванням хімічних засобів боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами.

Значні розбіжності умов роботи бурякозбиральних машин і недостатня пристосованість існуючих конструкцій гичкозрізаючих, викопуючих та очисних робочих органів до їх зміни не дозволяють отримувати стійких агротехнічних показників, особливо при високій врожайності, а також при сухому чи перезволоженому ґрунті, нерівномірному розташуванні коренеплодів у рядку, незадовільному стані гички, засміченості посівів.

Очищення коренеплодів цукрових буряків від ґрунту та інших домішок – одна із важливих технологічних операцій при їх викопуванні незалежно від способу збирання. Це сприяє отриманню кондиційних коренеплодів, що має вирішальне значення для їх зберігання при кагатуванні, а отже, і для подальшої переробки та отримання продукції високої якості.

Процес очищення коренеплодів від ґрунту при їх механізованому збиранні має здійснюватися з мінімальними втратами дрібних коренеплодів та відбитих частин, мінімальною кількістю пошкоджених коренеплодів при ударному впливі внаслідок завищених швидкостей елементів робочих органів.

Для транспортування і сепарації коренеплодів цукрових буряків всередині коренезбиральних машин, для завантаження їх у бункер і на

транспортний засіб як робочий орган використовують поздовжні та вивантажувальні пруткові транспортери.

Система очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6 складається з ряду послідовно розташованих транспортерів. Передача коренеплодів з викопуючого пристрою на поздовжній транспортер виконується безпосередньо крайнім вальцем викопуючого пристрою на пруткове полотно транспортера поздовжнього.

При роботі коренезбиральної машини в умовах підвищеної вологості ґрунту і на полях, засміченість яких рослинними рештками перевищує допустиму за агротехнічними вимогами, кількість домішок у воросі зібраних коренеплодів у вигляді налиплого ґрунту і рослинних залишків перевищує допустимі вимоги. Тому виникає необхідність підвищення інтенсифікації очищення коренеплодів на очищувально-транспортуючих органах коренезбиральної машини.

Для рівномірного заповнення коренеплодами поздовжнього транспортера, а також зменшення забруднення вороху запропонована система очищення, основною складовою якої є очищувально-передавальний валець, виконаний у вигляді циліндричного барабана з навареними на його поверхні поздовжніми прутками.

Очищувально-передавальний валець складається зі сталюого обробленого барабана, у торцях якого вварені дві цапфи, на яких встановлено у спеціальних опорах підшипники. Підшипниковими вузлами валець опирається на рамну конструкцію поздовжнього транспортера.

Привод на валець здійснюється від останнього вальця викопуючого пристрою за допомогою ланцюгової передачі до проміжної підшипникової опори, на якій встановлюється запобіжна муфта. Пікове навантаження на вальці виникає при забиванні вальця під час роботи, тобто у момент спрацювання запобіжної муфти.

У конструкцію очищувально-передавального вальця входить передаточний вал, який виготовляють зварюванням. Головними складовими передаточного вала є труба і цапфи.

Найбільш навантаженими складовими елементами передаточного вала є цапфи, які опираються на підшипники. Цапфи вварені у трубу, на якій зверху наварені прутки.

У роботі виконано розрахунок технологічних і кінематичних параметрів поздовжнього транспортера; розрахунок ланцюгової передачі приводу очищувально-передавального вальця; розрахунок вала очищувально-передавального вальця на міцність; розрахунок підшипників вала очищувально-передавального вальця; розрахунок зварного шва приварки приводної цапфи вала очищувально-передавального вальця та розрахунок болтового з'єднання опори підшипника кріплення вальця.

Удосконалена система очищення вороху коренеплодів машини КБМ-6, яка складається з поздовжнього транспортера і очищувально-передавального вальця дає можливість збільшення інтенсивності очищення вороху при збиранні цукрових буряків в умовах підвищеної вологості ґрунту та значної засміченості поля рослинними рештками. Використання такої системи очищення сприяє підвищенню продуктивності машини і вигідне економічно.

У роботі встановлений взаємозв'язок між геометричними параметрами транспортованих коренеплодів та параметрами двоконтурного очищувального робочого органу. А саме, довжина робочих гілок двоконтурного пруткового очисника знаходиться у прямій залежності від діаметра очищуваних коренеплодів.

Проведеним аналізом роботи пруткових очисників встановлено, що при відповідному конструктивному виконанні можливим є зростання коефіцієнта розосередження у міру просування вороху та створення тим самим умов для ефективного просіювання ґрунту через щілини у робочій поверхні очисника.

У дипломній роботі з допомогою САПР змодельований навантажений стан цапфи передавального вальця, для якого виконано міцнісний розрахунок, визначено коефіцієнти запасу міцності небезпечних перетинів.

У роботі також описано показники ефективності сільськогосподарських машин; вплив режимів руху на динаміку процесів пруткових транспортерів бурякозбиральних машин; критерії оцінки режимів руху пруткових транспортерів; аналіз режимів руху пруткових транспортерів бурякозбиральних машин; критерій інтенсивності процесу очищення вороху коренеплодів; розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника; повертання вороху коренеплодів між робочими гілками двоконтурного пруткового очисника; визначено коефіцієнт розосередження вороху коренеплодів при роботі пруткового очисника.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі – маточина колеса, спроектовані спеціальні верстатні пристосування.

У дипломній роботі розроблено заходи з техніки безпеки при експлуатації коренезбиральної машини та заходи з підвищення стійкості роботи об'єктів при виникненні надзвичайних ситуацій.

Відзначено актуальність охорони навколишнього середовища, проаналізовано забруднення довкілля, що виникає у результаті виготовлення коренезбиральної машини КБМ-6 та запропоновано заходи утилізації відходів виробництва.

Розроблені конструктивні рішення відображені у графічній частині роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аванесов Ю.Б., Бессарабов В.И., Русанов И.И. Свеклоуборочные машины. – М.: Колос, 1979.– 351 с.
2. Автухов І.В., Гряник Г.М. Охорона праці в сільському господарстві. – К.: Вища школа, 1970. – 216 с.
3. Бабук В.В.Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: 1979. – 461 с.
4. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1988. – 384 с.
5. Гапоненко В.С., Моцак А.О., Моцак В.З. Сільськогосподарські машини і технологія механізованих робіт. – К.: Радянська школа, 1978. – 230 с.
6. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. – Львів: Новий світ, 2000. – 230 с.
7. Горбацевич А.Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск.: Высшая школа, 1983. – 298 с.
8. Горошкин А.К. Приспособления для металорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979.
9. Гузенков П.Г. Детали машин. – М: Высшая школа, 1982. – 351 с.
- 10.Данилевский В.В., Справочник молодого машиностроителя. – М.: Высшая школа, 1973. – 647 с.
- 11.Ицкович Г.М., Кузьмин Г.М, Чернин И.И. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Машиностроение, 1980. – 560 с.
- 12.Кучерявий В.П. Екологія. Підручник. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.
- 13.Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. – Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000. – 188 с.
- 14.Мартиненко В.А. Перспективные конструкции свеклоуборочной техники //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – № 12. – С. 15–16.
- 15.Машина корнеуборочная самоходная КС-6. Руководство по эксплуатации. – Тернополь, 1987. – 291 с.

16. Нефедов И.М., Осипов М.К. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1978.
17. Опір матеріалів /Під заг. ред. акад. АН УРСР Г.С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1986. – 775 с.
18. ОСТ 23.2.472–84. Цепи приводные роликовые для сельхозмашин, расчет приводной роликовой цепи.
19. Солошенко О.В. Основы агрономії: навчальний посібник /О.В. Солошенко, Б.С. Носко, Н.Ю. Гаврилович, А.А. Богачов, В.І. Солошенко; За ред. О.В. Солошенка. – Харків: Торнадо, 2003. – 368 с.
20. Основы екології: Підручник /Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
21. Погорілий М.Л. Перспективна бурякозбиральна техніка і шляхи її розвитку //Техніка АПК. – 1998 – № 4. – С. 21–23.
22. Погорілий М.Л. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки //Техніка АПК. – 2000 – № 9. – С. 14–18.
23. Прогноз розвитку бурякозбиральних машин та обґрунтування альтернативної валкової технології збирання цукрових буряків /Погорілий Л., Татянюк М., Погорілий М., Кузьмінов В., Куліш В. //Техніка АПК – 2002. – № 7–9. – С. 18–23.
24. Режимы резания. Справочник /Под.ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972.
25. Рослинництво з основами землеробства /М.А. Білоножка, І.С. Руденко, В.І. Мойсеєнко та ін.; за ред. М.А. Білоножка, І.С. Руденка. – К.: Урожай, 1986. – 224 с.
26. Свеклоуборочные машины. (Конструирование и расчет) /Л.В. Погорельый, Н.В. Татянюк, В.В. Брей и др. –К.:Техніка, 1983. –168 с.
27. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х томах под ред. А.Г. Косиловой., Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.1. – 656 с.

28. Татьянако Н.В., Золотарева Т.С. Определение эмпирических формул производительности скребковых транспортеров для свекловичных корней // Исследование и изыскание новых схем и конструкций рабочих органов сельхозмашин: Сб. науч. тр. – М.: ВИСХОМ. – Выпуск IV, 1980. – С. 7–14.
29. Ткаченко І., Гевко Р., Павелчак О. Підвищення якісних показників роботи транспортерів-сепараторів коренезбиральних машин // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2000. – Т. 5, № 4. – С. 67-70.
30. Ткаченко І., Федорчук Я. Тенденції розвитку бурякозбиральної техніки бункерного типу // Вісник ТДТУ. – 1999. – Т. 4, № 2. – С. 64-69.
31. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.
32. Цивільна оборона. Підручник / За редакцією В.С. Франчука. – Київ: Знання, 2001. – 256с.
33. Цымбал А.Г., Татьянако Н.В. Басин В.С. Машины для свекловодства. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
34. Шабельник Б.П. Конвейеры-очистители коренуборочных машин. – К.: Міносвіта, 1988. – 243 с.
35. Шабельник Б.П. Теорія і практичне обґрунтування параметрів робочих органів бурякозбиральних машин. – Харків, 2001. – 314 с.
36. Шейблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Высшая школа, 1991.
37. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Навчальний посібник. – Тернопіль, 2002. – 332 с.
38. Грошев Л.М., Дмитриченко Н.Ф., Рибак Т.И. Надежность сельскохозяйственной техники. – К.: Урожай, 1990. – 192 с.
39. Бабко И.П., Мишин М.А., Долбиев И.С. К вопросу обоснования схемы и основных параметров свеклоуборочного комбайна. В научн. сборнике тр.:

- Исследование системы автоматизации и обоснование и обоснование схем и рабочих органов с/х машин УкрНИИСХОМ, Харьков 1991, С. 3-15.
40. Буханько Н.В. Влияние параметров и режимов работы пруткового элеватора корнеклубнеуборочной машины на процесс сепарации: Автореф. диссертации кандидата технических наук: 05.20.01 – Харьков, 1984. – 20 с.
41. Дреза О.О. Обґрунтування режиму роботи пруткових транспортерів овочезбиральних машин. Дисертація кандидата технічних наук: 05.05.11. – Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь: 2006. – 170 с.
42. Дудка В.В. Разработка и обоснование параметров рабочих органов для уборки ботвы сахарной свеклы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.04 / НПО ВИСХОМ. – М., 1987. – 19 с.
43. Коробко М.М. Обґрунтування параметрів та режимів руху пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. – Київ, 2007. – 200 с.
44. Хомик Н.І. Дослідження пруткових транспортерів бурякозбиральних машин з врахуванням особливостей навантаження. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. – Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль: 2002. – 170 с.
45. Спиваковский А.О. Общая теория конвейеров. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1964. – 690 с.
46. Динамика машин и управление машинами: Справочник /В.К. Асташев, В.И. Бабинский, И.И. Вульфсон и др. Под редакцией Г.В. Крейнина. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
47. Корнев Г.В. Підйомно-транспортні машини безперервної дії, застосовувані у сільському господарстві. – К.: Урожай, 1968. – 152 с.
48. Комаров М.С. Динамика механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 300 с.
49. Иванченко Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин /Ф.К. Иванченко, В.С. Бодарев, Н.П. Колесник, В.Я. Барабанов. – К.: Выща школа, 1978. – 760 с.

- 50.Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
- 51.Стецюк А.А., Аношкін І.В. Розширення функціональних можливостей пруткових транспортерів коренезбиральних машин //Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей, том I VIII міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 27-28 листопада 2019). – Тернопіль. – ТНТУ, 2019. – С. 138-139.
- 52.Рубінець Н.А. Удосконалення системи очищення вороху коренеплодів коренезбиральної машини КБМ-6 //Рубінець Н.А, Хомик Н.І. – VI Всеукраїнська студентська н.-т. конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання.» Збірник тез. Том 1. – Тернопіль. – ТНТУ, 2013. – С.149.
- 53.Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 191 с.
- 54.Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Основи агрономії. Курс лекцій Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. – 300 с.
- 55.Рубінець Н.А. Удосконалення пруткового транспортера коренезбиральної машини //Рубінець Н.А., Хомик Н.І. Збірник тез доповідей XVIII наукової конференції ТНТУ імені Івана Пулюя, Том I «Природничі науки та інформаційні технології». – Тернопіль, 2014. – С.87-88.
- 56.Гевко Р.Б. Удосконалення транспортера-сепаратора для коренебульбоплодів // Гевко Р.Б., Павелчак О.Б., Ткаченко І.Г., Фльонц І.В. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. – Луцьк. 2007. № 16. – С. 168-172.

- 57.Гевко Р.Б. Шляхи покращення очистки коренеплодів бурякозбиральними машинами // Гевко Р.Б., Гандзюк М.О., Ткаченко І.Г., Осуховський В.М., Павлов Я.А. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. «Механізація сільськогосподарського виробництва». – Київ: НАУ. – 2000. – Том 9. – С. 162-166.
- 58.Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки // Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Синій С.В., Булгаков В.М., Рогатинський Р.М., Павелчак О.Б. Луцьк: ЛДТУ, 1999. – 168 с.
- 59.Nevko R. B., Tkachenko R. I., Synii S. V., Flonts I. V. *Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters. INMATEH: Agricultural engineering. Bucharest, Romania. 2016. Vol. 49. № 2. P. 53-60.*
- 60.Nevko R., Brukhanskyi R., Flonts I., Synii S., Klendii O. *Advances in methods of cleaning root crops. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II. Transilvania University Press Brasov, Romania. 2018. Vol. 11(60). № 1. P. 127-138.*
- 61.Гевко Р.Б., Гарькавий А.Д., Гладич Б.Б., Павх І.І., Павелчак О.Б. Оцінка ринкової вартості та конкурентоспроможності машин і технологій. – Тернопіль: ТДПУ, 2004. – 199с.
- 62.Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. *Машини сільськогосподарського виробництва. – Тернопіль, 2005. – 228 с.*
- 63.Данильченко М.Г., Гладич Б.Б., Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г. *Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. – Тернопіль: Економічна думка, 2001. – 61 с.*

ДОДАТКИ