

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів системи переміщення  
протруювача камерного

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МСм  
спеціальності \_\_\_\_\_

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

	_____	<u>Вовк М.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Бабій А.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	<u>Довбуш А.Д.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	_____	<u>Гевко Р.Б.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра \_\_\_\_\_ технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Гевко Р.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
«    » 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня \_\_\_\_\_ **магістр**  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю \_\_\_\_\_ 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту \_\_\_\_\_ **Вовку Миколі Валерійовичу**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ **Обґрунтування параметрів системи переміщення  
протруювача камерного**

Керівник роботи \_\_\_\_\_ **Бабій Андрій Васильович, к.т.н., доцент**  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » 09 2020 року № 4/7-616

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.12.2020
3. Вихідні дані до роботи Відстань між задніми колесами – 1700 мм; відстань від осі задніх коліс до осі переднього колеса – 1800 мм; вага заправленої машини, 9200 Н; робоча швидкість протруювача  $0,7 \pm 0,1$  м/хв; вертикальна сила від ваги машини, що припадає на передню вісь – 6500 Н;
4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
- Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування.
2. Обґрунтування основних параметрів протруювача.
3. Дослідження параметрів об'єкту розробки.
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
- Протруювач камерний ПК-20-02 (базова модель). СК. 2А1.  
Корпус. СК. 1А1.  
Колесо переднє. СК. 2А1.  
Бак вдосконалений. СК. 1А1.  
Деталювання. 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз особливостей об'єкту проектування	15.10.20	
2.	Обґрунтування основних параметрів протруювача	05.11.20	
3.	Дослідження параметрів об'єкту розробки	25.11.20	
4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.20	
5.	Графічна частина	12.12.20	

Студент \_\_\_\_\_ **Вовк М.В.** \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ **Бабій А.В.** \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

## Реферат

*Мета і завдання дослідження* – провести вдосконалення системи переміщення протруювача при забезпеченні більш комфортних умов керування машиною. Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі завдання:

- виконано аналіз базової конструкції протруювача;
- обґрунтування кінематичних параметрів повороту протруювача;
- розраховано на міцність елементи самокерованої вилки протруювача;
- виконано розрахунок зварних з'єднань самокерованої вилки;
- обґрунтовано параметри підшипників ковзання шарнірів самокерованої вилки;
- проведено проектування підшипників ковзання шасі протруювача з використанням автоматизованих систем;
- виконано імітаційне моделювання самокерованої вилки протруювача.

*Об'єктом дослідження* – протруювач насіння камерний.

*Предмет дослідження* – системи переміщення та повороту протруювача.

*Апробація результатів.* Окремі результати роботи доповідались на : III-й Міжнародній студентській науково-технічній конференції: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2020;. Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів: ТНТУ, 2020.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, використаної літератури та додатків. Основний матеріал викладено на 72 сторінках машинописного тексту. Додатки займають 24 сторінки. Графічний матеріал викладено на 7 листах формату А1.

*Ключові слова.* Протруювач, привод, механізм повороту, упорний підшипник, контактний тиск, напруження.

# ЗМІСТ

<b>Вступ</b>	<b>6</b>
<b>1. Аналіз особливостей об'єкту проектування</b>	<b>7</b>
1.1 Основні методи захисту рослин. Способи протруювання	7
1.2 Огляд функціональних і конструктивних особливостей машин-аналогів	11
1.3. Аналіз базової конструкції протруювача	13
1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	16
<b>2. Обґрунтування основних параметрів протруювача</b>	<b>18</b>
2.1. Обґрунтування кінематичних параметрів повороту протруювача	18
2.2. Розрахунок елементів самокерованої вилки протруювача	23
2.3. Розрахунок поперечної балки самокерованої вилки	29
2.4. Розрахунок зварних з'єднань самокерованої вилки	37
<b>3. Дослідження параметрів об'єкту розробки</b>	<b>40</b>
3.1. Обґрунтування параметрів підшипників ковзання шарнірів самокерованої вилки	40
3.2. Обґрунтування параметрів упорного підшипника ковзання кріплення вилки до рами машини	43
3.3. Використання APM Plain для проектування підшипників ковзання шасі протруювача	47
3.4. Імітаційне моделювання самокерованої вилки протруювача в системі APM Structure 3D	49

<b>4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</b> -----	54
4.1. Заходи охорони праці при роботі на пунктах протруювання насіння -----	54
4.2. Захист персоналу при роботі на протруювальних пунктах -----	61
<b>Загальні висновки</b> -----	67
<b>Перелік використаних джерел</b> -----	70
<b>Додатки</b> -----	73

## ВСТУП

Хімічний захист рослин давно став невід'ємною частиною землеробства. Його необхідність викликана величезною масою хвороб та шкідників, яких зазнають рослини. Протруювання насіння є однією з обов'язкових операцій при підготовці насіння до сівби чи посадки. Ця операція являє собою нанесення пестицидів на насінневий матеріал. Метою є знешкодити існуючі патогени та створити захисний бар'єр, який буде оберігати рослину від шкідливих впливів. Такий підхід застосовують завчасно при підготовці насіння до сівби, перед сівбою за тиждень-два або також практикують виконувати протруювання саме перед посівом.

Звичайно, що технологічну операцію протруювання виконують спеціалізованими машинами, які називаються протруювачі. Такі машини повинні виявити свою високу ефективність, оскільки від якості протруювання насіння залежить дуже багато. Причому робота таких машин на пряму пов'язана з безпекою та комфортом обслуговування їх оператором. Тут мається на увазі, що протруювачі повинні бути технічно справними, легко керованими, а також маневреними при розвантаженні насінневого матеріалу.

Питання маневреності протруювача, легкості його управління з мінімальними конструктивними доробками і присвячена дана робота.

Вдосконалення конструкцій вітчизняних протруювачів має також за мету розвивати внутрішнього українського товаровиробника такої продукції для того щоб протруювачі могли скласти конкуренцію своїм закордонним аналогам

## 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

### 1.1 Основні методи захисту рослин. Способи протруювання

На жаль, стається так, що висаджуючи культурну рослину на площі, разом з її сходами ми отримуємо ще декілька рослин, які не призначалися для вирощування. Це означає, що бур'яни та інша небажана рослинність зростають разом з культурною рослиною. Крім того, дуже часто можна спостерігати, що культурна рослина, яка зростає на площі, пригнічена або хворобою або шкідником. Якщо культурну рослину не захищати, то ми будемо бачити саме таку картину як описано вище. Тому захист рослин залишається одним з найактуальніших питань розвитку процесів вирощування будь-якої культури. Серед методів, які повинні захищати рослину від небажаних "сусідів", шкідників та хвороб виділяють: агротехнічний метод, його завданням є використання в технології вирощування культурної рослини використання обґрунтованих сівозмін, правильного обробітку ґрунту, забезпечення відповідного живлення рослини потрібними компонентами, а також використання таких сортів, які є найбільш стійкими та продуктивними для даних регіонів; біологічний метод передбачає знищення шкідників, хвороб чи бур'янів природними біологічними способами, а саме, використовуючи їх природних ворогів чи використовуючи бактеріальні препарати; фізичний метод має за основу фізичного впливу на насіння і рослини таких явищ як високих чи низьких температур, струмів при різній частоті, ультразвуку тощо; нарешті найбільш рентабельним залишається хімічний захист рослин, основні його використання є застосування хімічних препаратів для знешкодження хвороб, шкідників, а також бур'янів [1].



Хімічний захист рослин здійснюється відповідними машинами хімічного захисту. В якості хімічних препаратів використовують такі основні з них :інсектициди для захисту від шкідників, фунгіциди, що захищають від хвороб, гербіциди знищують бур'яни.

В залежності від об'єкту нанесення хімічного препарату залежить сам спосіб нанесення. Серед способів хімічного захисту розрізняють: протруювання насіння, нанесення аерозолів, обприскування, еміграція, розкидання отруйних принад та ін.

Зосередимо свою увагу на першому способі захисту рослин – протруюванні насіння.

Даний спосіб протруювання насіння можна поділити ще на кілька: сухе протруювання. Цей спосіб передбачає нанесення на поверхню насінини сухих отрутохімікатів, які повинні виконувати свою функцію. Але такий спосіб не знайшов широкого втілення в практику через те, що на поверхні насінини не надто добре втримується цей порошок–отрутохімікат. Тому він діє не завжди такий термін, який передбачений технологією через те, що він осипається. Крім того, використання такого способу нанесення є досить небезпечним для обслуговуючого персоналу, оскільки може бути досить висока запиленість робочої зони. Якщо є необхідність використання саме такого способу, а це може бути в тому випадку, коли отрутохімікати є тільки в такій препараті в ній формі. Тоді для кращого втримання цього порошку застосовують зволоження самого насіння чим покращують прилипання порошку на поверхні насінини.

На противагу сухому способу протруювання, використовують мокре протруювання. За цим способом насіння поміщають в спеціальні камери протруювачів, там наносять робочий апарат у вигляді суспензії , перемішують насіння, вивантажують, утримують в певний час для проникнення препарату в поверхневий шар насіння, підсушують і таким чином насіння готове до посіву. Термічний спосіб передбачає нагрівання насіння до температури приблизно 50 градусів Цельсія, переважно насіння

занурюють в таку воду, це дозволяє знижку дитину певні патогени та збудники різних хвороб. Після цього насіння висушують і воно готове до сівби. Так само ще розрізняють дрібнодисперсний спосіб. За цим способом насіння проходить крізь дрібно розпиленні отрутохімікати в робочому просторі і таким чином осідає на поверхню насінини [2].

Якщо говорити конкретно про хімічні засоби захисту рослин, то кожен з наявних препаратів має свої вимоги щодо способу нанесення його на поверхню насінини. Наприклад, фунгіцидний протруювач, що має в своєму складі кілька компонентів для безпосередньої дії на патогени, що знаходяться на поверхні рослин дозволяє свої використання, застосовуючи найпростіші технічні засоби. Таким простим засобом навіть може бути побутові бетонозмішувач, рисунок 1.1



Рисунок 1.1 – Протруювання невеликих кількостей в бетонозмішувачі

До найпростіших препаративних форм таких отрутохімікатів входять: П–порошки – це сухі протруювачі, які способом безпосереднього змішування наноситься на поверхні насінин; ЗП–протруювачі – їх використання рекомендоване із додатковим зволоженням. ЗП–порошки попередньо розводять, в невеликій кількості рідини, утворюючи таким чином концентрат, який поступово додають до насіння, що в певний спосіб перемішується. Тут допустиме використання бетонозмішувачів.

Але протруювачі ВРК, що є водорозчинними концентратами – ідеальні рідкі протруювачі на водній основі.

Такі препарати дуже добре розчиняються у воді і тим самим, зволожуючи насіння, прилипають до його поверхні. Оптимальна витрата, відповідно до норм, становить приблизно 10 л на т насіння. Для застосування такого препарату дозволяється використання також найпростіших механізмів. Установка для протруювання насіння дискового типу наведена на рисунку 1.2.



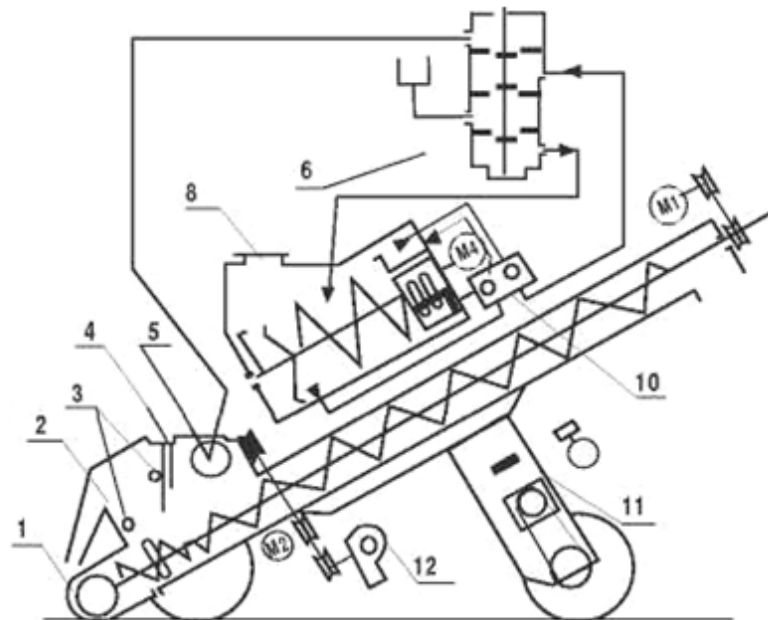
Рисунок 1.2 – Установка для протруювання насіння  
дискового типу

І ще виділимо один тип протруювачів – КС– концентрати. Особливістю такої препаративна форми й те, що вони є готовими суспензіями, концентратами готовими до протруювання в рідкій формі. В їх складі є відповідні прилипачі, що дозволяють якісно заповнювати поверхню насіння.

Підсумовуючи розгляд препаративних форм отрутохімікатів для протруювання, важливим висновком є те, що норма їх витрати на тону насіння повинна складати від 2–х до 10–ти л. На основі цього і потрібно проектувати протруювачі, які би цю норму внесення забезпечення.

## 1.2 Огляд функціональних і конструктивних особливостей машин-аналогів

На ринку протруювачі існує багато конструкції машин, які ефективно справляються з операцією протруювання насіння. До таких машин можна віднести протруювачі: Мобітокс Супер, ПСШ-5, ПС-10(Ф), ПК-20 та інші. Залежності від потреби господарства в протруюванні насіння, використовують протруювачі відповідної продуктивності. На рисунку 1.3 показано принципову схему протруювача ПСШ-5.



1 – шнек; 2 – бункер насіння; 3 – датчик нижнього і верхнього рівня насіння; 4 – заслінка; 5 – дисковий розпилювач; 6 – розпилювач; 7 – бак-змішувач; 8 – гвинтова мішалка; 9 – вивантажний шнек; 10 – насос-дозатор; 11 – механізм пересування; 12 – аспіраційно-очисна система

Рисунок 1.3 – Схема протруювача ПСШ-5

Особливістю роботи такого протруювача є те, що він практично повністю автоматизований. Оператор підводить машину до кагата з насінням, вмикає протруювач і тоді він автоматично переміщується в сторону купити насіння. Завантажувальний шнек заповнює змішувальну

камеру, в якій є датчики верхнього та нижнього рівня. Якщо насіння в змішувальні камери відсутнє, то спрацьовує датчик нижнього рівня – машина пересувається, завантажувальний процес триває. Коли насіння заповнює змішувальна камера, спрацьовує датчик верхнього рівня і процес завантаження насіння припиняється. Змішувальна камера шнекового типу, в якій під тиском через розпилювачі вноситься робочий препарат, що є попередньо дозованим. Після цього, насіння вивантажується шнеком висипається або в мішко–тару або на купу [3].

Розглянемо особливості конструкції протруювача Мобітокс Супер II (Венгрія), рис.1.4.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд протруювача Мобітокс Супер II

Даний протруювач є самохідною машиною, який призначений для протруювання насіння, де використано вологі спосіб протруювання. Дана машина має власний самохід для руху вперед при завантаженні. Завантажений матеріал обробляється отрутохімікатами після чого він

завантажується у відповідну тару чи транспортні засоби. Особливістю конструкції є те, що він виконаний у вигляді зварної рами, яка разом з колесами опорно–приводними складає його шасі [4]. Причому, в даній конструкції передбачене рульове керування та без ступенева зміна швидкості при його русі вперед. При завантаженні не протруєного зерна використано без ступеневе регулювання подачі, яке базується на зміні частоти обертання ротора електродвигуна при частотному перетворенні струму в його колі.

Дана конструкція протруювача обладнана відповідною мікропроцесорної технікою, яка в автоматизованому режимі регулює швидкість переміщення машини та подачу зернового матеріалу, а також кількості протруйника. Такий протруювач має шнекову розвантажувальну систему з функцією автоматичного заповнення мішко–тари чи транспортних засобів, висотою подачі не більше 2 м. Є можливість застосування різного роду подовжувачів для збільшення цієї висоти. Продуктивність такого протруювача складає від 6 до 20 тонн на годину готового продукту.

### **1.3 Аналіз базової конструкції протруювача**

Об'єктом нашого дослідження є протруювач камерний ПК–20. Дана машина виробляється вітчизняним виробником машин для хімічного захисту рослин ТДВ Львівагромашпроект. Протруювач призначений для мокрого протруювання насіння різних сільськогосподарських культур [5].

Базова конструкція даного протруювача має у своєму складі такі основні одиниці: завантажувальний шнек, бак для приготування робочих рідин, камера змішування чи протруювання, гідравлічної системи у складі насоса та дозатора рідини, а також вивантажувального шнека. Шасі даного протруювача представляє собою зварну раму, яка обперта на три колеса, причому одне з них ведуче. Основні технічні дані зведено до таблиці 1.1.

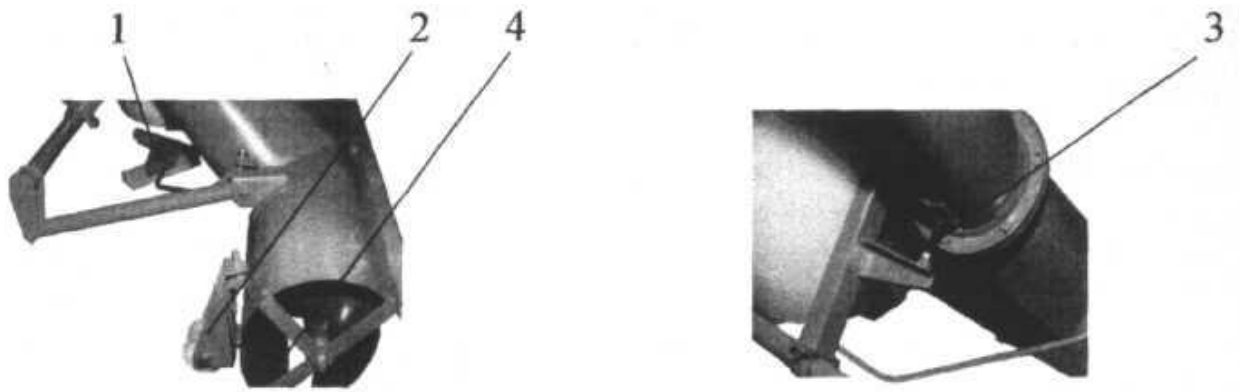
Таблиця 1.1 – Технічна характеристика протруювача

Назва параметра та розміру	Норма
Марка	ПК-20
Тип	самопересувний
Продуктивність за 1 год. (на насінні пшениці): – основного часу – експлуатаційного часу, т/год	3,0 – 20 2,0 – 16
Габаритні розміри у робочому/транспортному положенні, мм: довжина ширина/висота	5120/2620 2980/1940 3050/2200
Місткість бака, л, не менше	240
Подача дозатора, л/хв	0,5...3,5
Робоча швидкість, м/хв	0,5±0,1
Споживана потужність, кВт, не більше	5,5

Підготовка до роботи даного оприскувача включає такі операції. Спочатку необхідно перевірити комплектність протруювача. Якщо комплектність відповідає паспорту чи інструкції, яка додається до протруювача, то наступним кроком є перевірка надійності приєднання складальних одиниць та деталей, різного роду з'єднань та потрібний натяг пасових передач. Крім того, варто перед запуском протруювача перевірити візуально та на надійність (вिसмикуванням) електропроводів у пульті керування. Що стосується приводів шнеків – його редуктора, мотор-редуктора, який використовується для самохода, спеціальної ланцюгової передачі приводу диска насіння не потребують додаткових заходів

обслуговування, оскільки виробник подбав про їх мащення на весь ресурс роботи. Відповідним чином необхідно перевірити тиск повітря в шинах опорних та опорно–приводних коліс, він повинен становити в межах 0,33 МПа. При необхідності тиск довести до норми.

Для початку роботи протруювача необхідно підключити силовий кабель живлення та зафіксувати його. Тоді закріпити відкидні частини шнека завантажувального, при чому їх вали повинні співпасти з отворами, що є на фланцях центральної секції. Всі з'єднання потрібно зафіксувати. Далі необхідно провести регулювання положення роликів та опорного болта, що є в конструкції завантажувального шнека. Цю операцію необхідно виконувати у відповідності до наведених рисунків 1.5.



1 – чистик; 2 – ролик; 3 – упорний болт; 4 – гумовий комір

Рисунок 1.5 – Шнек завантажувальний (підготовка до роботи)

В ідеальному випадку протруювач повинен зі сталою швидкістю рухатись в напрямку кагату насіння, тут не повинно бути ніяких ривків, оскільки це буде впливати на заповнення поперечного завантажувального шнека. Самозавантажувальний шнек повинен вільно опиратись та котитись на роликах, причому гумовий комір повинен торкатись площадки і тим самим підгортати залишки насіння до шнека. Для цього виконують деякі регулювання. Встановлюють положення роликів та регулюють тим самим положення гумового коміра з метою торкання його площадки. В потрібному



положенні все це за фіксують [6-8]. Далі процес проходить в напів автоматизованому режимі з участю оператора, який керує та контролює процес протруювання.

#### **1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи**

Тема дипломної роботи магістра має назву: «Обґрунтування параметрів системи переміщення протруювача камерного».

Недоліком базової протруювача є нездатність маневрено виконувати поворот чи розворот, оскільки задні приводні колеса обертаються з однаковою кутовою швидкістю і при повороті одне з коліс змушене пробуксовувати або в зачепленні з поверхнею, по якій рухається, або в контакті з приводним роликком. Крім того, оператор змушений своєю мускульною силою втримувати кероване колесо під потрібним кутом, що утруднює його роботу керування процесом в цілому.

При повному завантажуванні машини маневрувати нею досить складно, оскільки в зачепленні існують достатньо великі сили тертя, тому необхідно пробуксовувати роликки в зачепленні з шиною, а це руйнує її. В протилежному разі, якщо роликки не пробуксовуватимуть і щеплення з поверхнею буде надійним, то поворот виконати буде практично не можливо, машина просто рухатиметься прямолінійно, а повернуте оператором переднє колесо просто сунутиметься за напрямком руху машини при умові, що оператор втримає його в потрібному положення, важіль керування може взагалі вирвати з рук.

Крім того, базова конструкція системи повороту протруювача передбачає складнішу конструкцію бака.

В роботі пропонується несуттєво змінити конструкцію системи

повороту, але яка забезпечить більш комфортні умови керування машиною та підвищить ресурс роботи системи керування та приводних механізмів, а також спроститься конструкція бака за рахунок відсутності технологічного отвору для важеля керування.

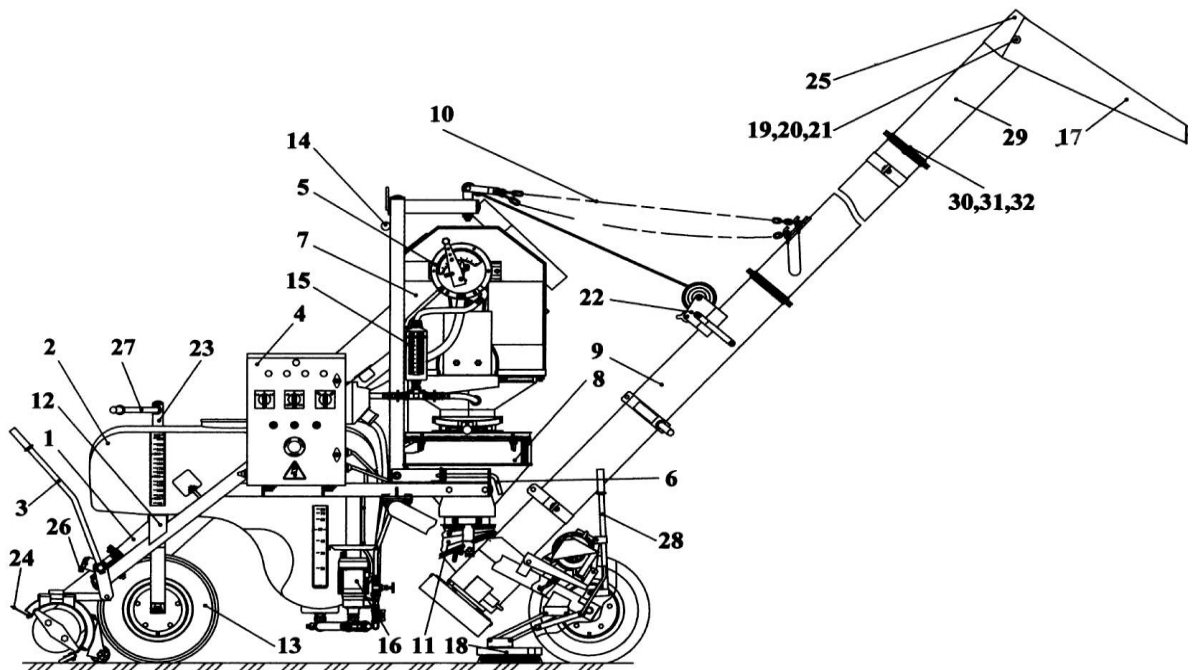
До проведеного вдосконалення віднесемо: роздільне вмикання самоходів задніх приводних коліс, причому зміну частоти обертання ротора електродвигуна будемо виконувати, використовуючи частотні перетворювачі.

Від обертів електродвигунів приводу буде забезпечується різна лінійна швидкість їх осей, що дозволяє створити крутний момент машини в горизонтальній площині при умові шарнірного закріплення керованого колеса на самовстановлюючійся вилці. Крім того, електромеханізмами керування або роздільними вимикачами можливо подавати напругу на електродвигуни для обертання в ту чи іншу сторону. Це може забезпечити розворот протруювача на місці для, наприклад, його переміщення до іншого бурта насіння.

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТРУЮВАЧА

### 2.1 Обґрунтування кінематичних параметрів повороту протруювача

Базова конструкція протруювача передбачає встановлені самоходи на двох задніх колесах, які одночасно вмикаються і рухають машину з однаковими швидкостями на кожному колесі. Поворот здійснюється за рахунок повороту переднього керованого колеса, рисунок 2.1 [5].



1 – шнек завантажувальний; 2 – бак; 3 – важіль підйому шнека завантажувального; 4 – пульт управління; 5 – дозатор робочої рідини; 6 – фіксатор шнека вивантажувального в транспортному положенні; 7 – бункер насіння; 8 – камера протруювання; 9 – шнек вивантажувальний; 10 – ланцюг; 11 – рукав; 12 – рама; 13 – колесо переднє; 14 – втулка; 15 – ємкість мірна; 16 – установка насосна; 17 – лоток; 18 – чистик; 19 – вісь; 20 – шайба 10; 21 – шплінт 3,2x32; 22 – лебідка; 23 – кермо; 24 – козирок; 25 – козирок; 26 – упор; 27 – ручка; 28 – механізм вмикання (вимикання) робочої швидкості; 29 – шнек; 30 – болт М8x25; 31 – гайка М8; 32 – шайба 8

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд протруювача камерного ПК–20

Як було сказано в обґрунтуванні теми, що базова конструкція системи повороту протруювача передбачає складнішу конструкцію бака. Там необхідно виконувати технологічний отвір діаметром 100 мм для проходження важеля повороту, що суттєво ускладнює технологію виготовлення бака та зменшує його корисний об'єм, рис. 2.2.

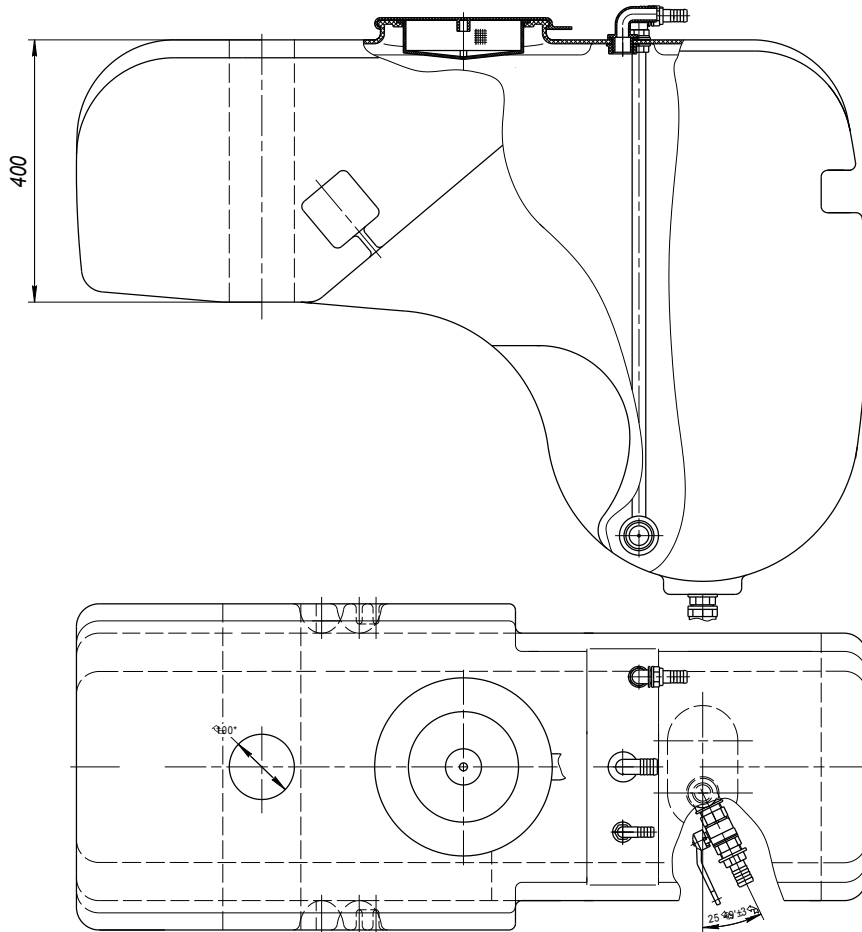


Рисунок 2.2 – Базова конструкція бака протруювача

Визначимо об'єм бака, який втрачається на технологічний отвір [8]

$$V_B = \frac{\pi \cdot (d_o + 2h_c)^2}{4} l_b, \quad (2.1)$$

де  $d_o$  – діаметр технологічного отвору;

$h_c$  – товщина стінки;

$l_b$  – висота утвореного циліндра.

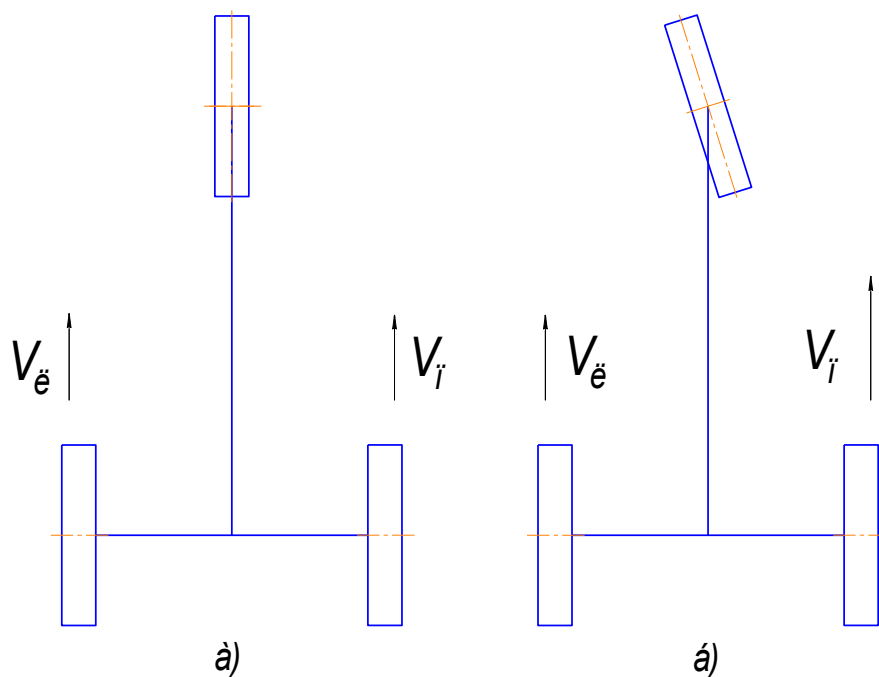
Підставляємо значення

$$V_B = \frac{3.14 \cdot (0.1 + 2 \cdot 0.006)^2}{4} \cdot 0.4 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Отже, даремно затрачається 4 л корисного об'єму бака.

До проведеного вдосконалення віднесемо: роздільне вмикання самоходів задніх приводних коліс із системою зміни частоти обертання приводних електродвигунів.

Такий підхід дозволить забезпечити без зупинки виконувати технологічний процес завантаження зерновою масою при русові машини по криволінійній траєкторії. Наприклад, при повороті машини наліво необхідно зменшити частоту обертання лівого колеса, зменшуючи напругу перетворювачем частоти на даному електродвигуні, рис. 2.3.



а – прямолінійний рух; б – поворот наліво.

Рисунок 2.3 – Схеми руху протруювача

Розворот чи поворот під великим кутом можна здійснювати, забезпечивши обертання одного електродвигуна вперед, а іншого назад, при цьому кероване колесо самовільно займе необхідне положення.

Якщо використовувати реостати для керування електродвигунами, то вони зможуть змінювати частоту обертання мотор-редуктора в невеликому діапазоні, для таких цілей промисловістю випускаються універсальні перетворювачі частоти.

Дані пристрої мають широке використання в плані енергозбереження. Застосування перетворювачів частоти в парі з асинхронними електродвигунами – це одне з перспективних та економічно обґрунтованих рішень.

Загальний вигляд таких перетворювачів показано на рис. 2.4.



а – перетворювачі типу ARR; б – перетворювачі типу AMD  
Рисунок 2.4 – Універсальні перетворювачі частоти, які можна використовувати для електродвигунів змінного струму

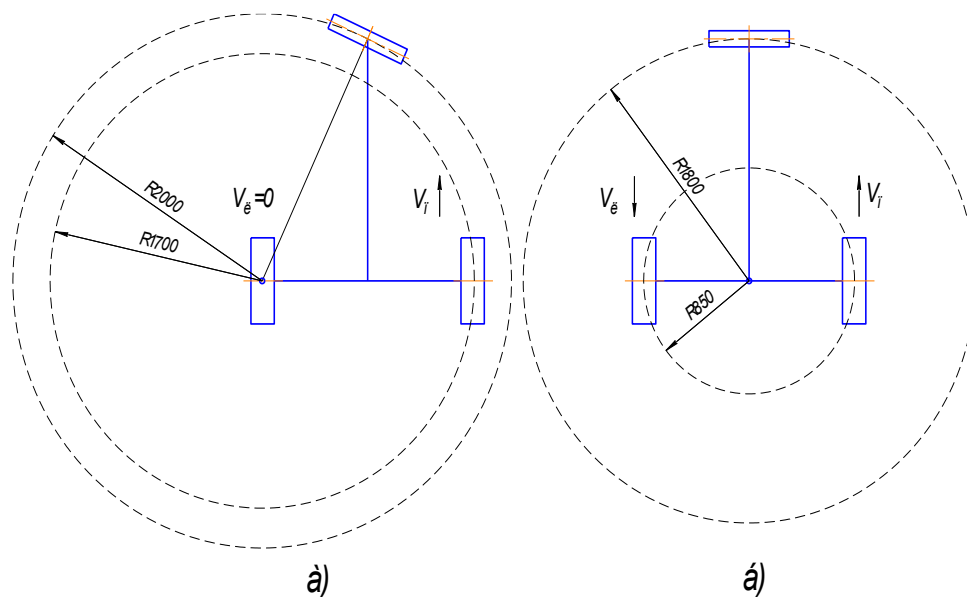
Потужності таких перетворювачів сягають від 0,75 кВт до 11 кВт, що цілком може задовольнити потреби в регулюванні частоти обертання роторів електродвигунів основних типів сільськогосподарських машин з приводами такого типу.

Отже, реалізувати зміну частоти і регулювання робочої швидкості розділених приводних коліс можна забезпечити одним з наведених пристроїв. Дана пропозиція буде відмічена на заводі–виробнику, рішення буде за провідними конструкторами та економістами підприємства. Але майже такий самий ефект тільки з меншим комфортом можна забезпечити при жорсткому пускові та відмиканні електродвигунів, а також вимикачем змінювати фазу для зміни напрямку обертання двигуна, оскільки приводні колеса протруювача рухаються в діапазоні швидкості 0,7 м/хв [6].

Далі розглянемо кінематичні параметри повороту протруювача при реалізації ідеї роздільного вмикання приводних електродвигунів та колеса на самовтановлюючійся вилці.

Перше, плавний поворот можливий при зміні частоти обертання ведучих коліс за одним із способів, рис. 2.3. Або це можна реалізувати тимчасовим зупиненням одно із двигунів колеса, тоді інше буде його обганяти і таким чином здійснюватиметься криволінійний рух машини в сторону забігання колеса.

Друге, різкий поворот при повній зупинці одного із коліс. Розглянемо радіуси повороту, рис. 2.4.



а – при зупинці одного з коліс; б – при обертанні коліс у зворотні боки

Рисунок 2.4 – Схеми мінімальних поворотів протруювача

За наведеним варіантом (а) мінімальний радіус повороту по осі коліс становитиме 2 м, а за варіантом (б), коли ведучі колеса рухаються у зворотні боки – 1800 м.

## 2.2. Розрахунок елементів самокерованої вилки протруювача

Як було відмічено вище, що проведені зміни конструкції є несуттєвими, але несуть достатній позитивний ефект, який, якраз досягається за рахунок зміни конструкції передньої вилки. Її зміни полягають у наступному. Для забезпечення ефекту самокерованості, необхідно щоб вертикальна вісь обертання вилки у підшипниковому вузлі була зміщеною від вертикальної осі колеса. Конструктивно виконуємо її у наступному вигляді, рис. 2.5.

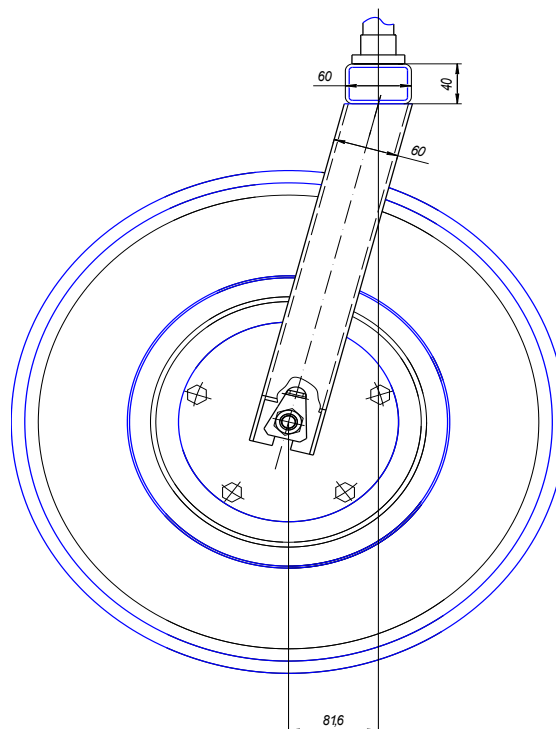


Рисунок 2.5 – Конструкція вдосконаленої самокерованої передньої вилки



Аналізуючи її видно, що вертикальна вісь обертання зміщена від осі колеса на 81.6 мм. Це дозволить їй при дії обертового моменту від повороту рами машини займати необхідне положення і утримувати його безперешкодно виконуючи поворот. Але з іншої сторони це несе за собою додаткові навантаження на деталі конструкції вилки. Для виконання їх розрахунку встановимо такі навантаження.

Вертикальна сила від ваги машини, що припадає на передню вісь, з розгляду компоновочної схеми машини, при повному експлуатаційному навантаженні складає приблизно  $P_b = 6500$  Н в статиці [9–14]. Звичайно для розрахунку потрібно врахувати той момент, що машину переміщують при повному експлуатаційному навантаженні до місця безпосередньої роботи і траплялося так, що при наїзді на вибоїни чи виступи при таких переїздах фіксували динамічне перевантаження майже в два рази, іншими словами потрібно в розрахунках використовувати коефіцієнт динамічності, що рівний 2 [11]. Крім вертикального навантаження на вісь колеса ще діє і навантаження від перекочування машини. Встановимо його значення за елементарною формулою в найбільш критичних умовах переміщення машини горизонтально ділянкою [12]

$$P_r = fG', \quad (2.1)$$

де  $f$  – коефіцієнт перекочування,  $f = 0.2$ ;

$G'$  – вага машини, що припадає на передню вісь колеса в статиці,  
 $G' = 6500$  Н.

Підставляємо значення

$$P_r = 0.2 \cdot 6500 = 1300 \text{ Н.}$$

Якщо скористатися практичним досвідом, то динамічні

перевантаження у вертикальній площині сягають дворазового перевантаження, тобто можна прийняти, що  $P_b = 13000$  Н. Тоді формула (2.2) прийме наступний вигляд

$$P_r = fkG', \quad (2.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт динамічності у вертикальній площині,  $k = 2$ .

Тоді

$$P_r = 0.2 \cdot 2 \cdot 6500 = 2600 \text{ Н.}$$

Н Отримані значення прийемо за кінцеві і за ними будемо вести розрахунок. Варто відмітити, що в горизонтальній площині динамічних перевантажень не враховуємо, оскільки рух є відносно рівномірним.

На першому етапі розрахуємо на міцність поздовжні елементи вилки, рис. 2.5 [9–11]

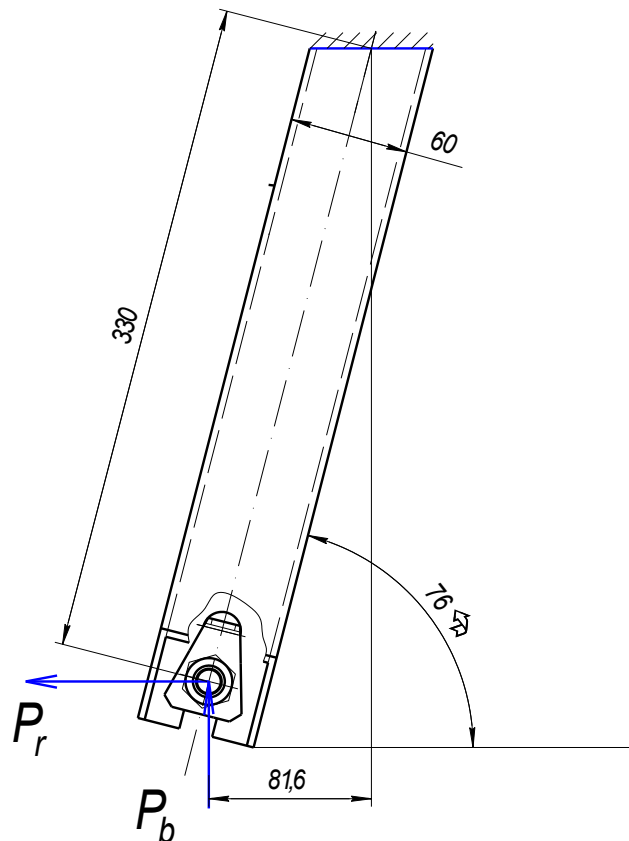


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема поздовжнього елемента вилки

Найбільш небезпечним перетином буде той який зварочним швом буде приєднано до поперечини вилки. В цьому перетині на нього діятимуть стискуюча сила від складових вертикального і горизонтального навантаження та згинні моменти від цих сил. Для даного розрахунку дією стискуючих сил нехтуємо, а згинні моменти розглядатимемо в повній мірі.

Отже, згинний момент від вертикальної складової вили становитиме

$$M_1 = P_b \cdot a, \quad (2.4)$$

де  $a$  – плече дії сили,  $a = 0.0816$  м.

Підставляємо значення у вираз (2.4)

$$M_1 = 13000 \cdot 0.0816 = 1060.8 \text{ Н м.}$$

Момент від горизонтальної складової сили (сили опору перекочуванню)

$$M_2 = P_r \cdot b, \quad (2.5)$$

де  $b$  – плече дії сили,  $b = 0.330 \cdot \sin 76^\circ$  м.

Тоді маємо

$$M_2 = 2600 \cdot 0.330 \cdot \sin 76^\circ = 832.5 \text{ Н м}$$

Оскільки дії моментів співпадають і діють вони в одній площині, то їх можна додати

$$M = M_1 + M_2. \quad (2.6)$$

Отримаємо

$$M = M_1 + M_2 = 1893.3 \text{ Н м}$$

Далі визначимо необхідний осьовий момент опору перетину та порівняємо із запропонованим.

Умова міцності на згин має вигляд [9, 14]

$$\sigma = \frac{M}{nW_0} \leq [\sigma], \quad (2.7)$$

де  $n$  – кількість перетинів,  $n = 2$ , оскільки дане навантаження сприймають дві стійки.

Звідки

$$W_0 = \frac{M}{2[\sigma]},$$

де  $[\sigma]$  – допустиме напруження балки, матеріал балки Ст4сп, для якого  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

Визначимо числове значення

$$W_0 = \frac{1893.3}{2 \cdot 160 \cdot 10^6} = 5.92 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Сортамент на прямокутні труби регламентується ГОСТ 8645–68. Даний стандарт розповсюджується на сталеві безшовні гарячекатані, холоднотягнуті і електрозварювання прямокутні труби.

Труби виготовляють із сталей марок Ст2сп, Ст2пс, Ст2кп, Ст4сп, Ст4пс, Ст4кп по ДСТУ 2651:2005 і марок 10, 10пс, 20, 35, 45, 08кп – по ГОСТ 1050. Труби виготовляють термічно обробленими або без термічної обробки.

За таблицями сортаменту [8] значення осьового моменту опору перетину є найближчим до профільної труби перетином 60x40x3 мм, для якого  $W_0 = 10,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ .

Перевіримо фактичні напруження

$$\sigma = \frac{1893,3}{2 \cdot 10,8 \cdot 10^{-6}} = 87,65 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Таким чином, за цим критерієм запропонований профіль повністю задовольняє вимоги. Запас міцності обумовлений тим, що не завжди вдається врахувати випадкові процеси, що часто призводять до підвищення навантаження на даний вузол. Крім того, тут не враховано напружень від стиску, але у порівнянні з напруженнями згину, вони будуть на порядок нижчими.

Тепер виконаємо перевірку обраних елементів на жорсткість [10].

Максимальний момент, що діє в перетині приєднання елементів визначений вище і становить  $M = 1893,3 \text{ Нм}$ .

$$f = -\frac{Ml^2}{2EJ_x}, \quad (2.8)$$

де  $J_x$  – осьовий момент інерції перетину;

$l$  – довжина балки,  $l = 0.33 \text{ м}$ ;

$E$  – модуль Юнга першого роду, для матеріалу балки  $E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ .

Осьовий момент інерції перетину визначається

$$J_x = \frac{\delta \cdot H^3}{6} \left( 3 \frac{B}{H} + 1 \right), \quad (2.9)$$

тут  $\delta$  – товщина стінки профільної труби,  $\delta = 0.003$  м;

$H$  – висота профілю,  $H = 0.06$  м;

$B$  – висота профілю,  $B = 0.04$  м.

Підставляємо значення

$$J_x = \frac{0,003 \cdot 0,06^3}{6} \left( 3 \frac{0,04}{0,06} + 1 \right) = 3,27 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4.$$

Тоді прогин кінця балки становитиме

$$f = -\frac{\frac{1893.3}{2} \cdot 0,33^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,27 \cdot 10^{-7}} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Прогин в межах одного міліметра при максимальному навантаженні є цілком припустимим для такої конструкції. Це означає, що для поздовжніх елементів самокерованої вилки протруювача можна використати прийнятий профіль – прямокутна труба 60x40x3 мм.

### 2.3. Розрахунок поперечної балки самокерованої вилки

Для розрахунку поперечної балки самокерованої вилки протруювача приймемо профільну трубу того ж перетину, що і для поздовжніх елементів, тобто 60x40x3 мм та перевіримо її міцність та жорсткість [16-22].

Приведемо розрахункову схему та визначимо діюче навантаження,

рис. 2.6.

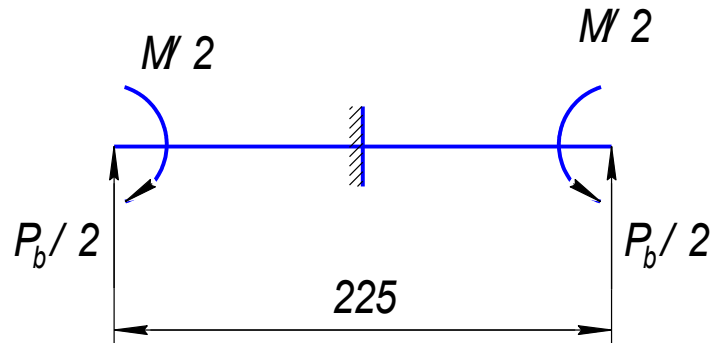


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема поперечної балки

Аналізуючи дану схему, видно, що вона є симетричною, а тому розрахунок можна вести за її половиною, оскільки посередині прольоту є защемлення.

За принципом незалежності дії сил визначмо напруження від кожного навантаження окремо.

Визначимо нормальні напруження від дії вертикальних сил

$$\sigma = \frac{\frac{P_b \cdot 0,225}{2}}{W_y}, \quad (2.10)$$

де  $W_y$  – момент опору перетину ,

$$W_y = \frac{\delta \cdot B^2}{3} \left( 3 \frac{H}{B} + 1 \right). \quad (2.11)$$

Визначаємо числові значення

$$W_y = \frac{0,003 \cdot 0,04^2}{3} \left( 3 \frac{0,06}{0,04} + 1 \right) = 8,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Знаходимо напруження

$$\sigma = \frac{\frac{13000 \cdot 0,225}{2} \cdot \frac{2}{8,8 \cdot 10^{-6}}}{8,8 \cdot 10^{-6}} = 0,831 \cdot 10^8 \text{ Па.}$$

З даного розрахунку видно, що балка працює в допустимих межах навантаження.

Знайдемо ще дотичні напруження від крутного моменту, що створюється переміщенням поздовжніх елементів вилки,

$$M' = \frac{1893,3}{2} = 946,7 \text{ Нм.}$$

$$\tau = \frac{M'}{W_k}, \quad (2.12)$$

де  $W_k$  – момент опору перетину при крученні.

Момент опору перетину при крученні для одержання напружень по більшій та меншій стороні труби, оскільки товщини полок однакові [13–14]

$$W_{k1} = 2h_0b_0\delta, \quad (2.13)$$

де  $h_0$  – серединна лінія по більшій стороні труби,

$$h_0 = H - \delta, \quad (2.14)$$



де  $b_0$  – серединна лінія по меншій стороні труби,  
тоді

$$h_0 = 0,06 - 0,003 = 0,057 \text{ м.}$$

$$b_0 = B - \delta, \quad (2.15)$$

розрахункове значення

$$b_0 = 0,04 - 0,003 = 0,037 \text{ м.}$$

Підставляємо значення для моменту опору

$$W_{k1} = 2 \cdot 0,057 \cdot 0,037 \cdot 0,003 = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Напруження в обидвох полках труби

$$\tau = \frac{946,7}{12,65 \cdot 10^{-6}} = 74,8 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Значення напружень є також достатньо вагомими.

Зайдемо сумарне напруження за четвертою теорією міцності при сумарній дії згину з крученням [10]

$$\sigma_{IV} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}. \quad (2.16)$$

Встановимо значення напруження

$$\sigma_{IV} = \sqrt{83,1^2 + 4 \cdot 74,8^2} = 171,13 \text{ МПа.}$$

Отже, даний профіль труби не буде задовольняти поставлені вимоги по міцності. Еквівалентні напруження лежать за межею допустимого напруження.

Поступимо наступним чином, залишимо профіль тих самих зовнішніх розмірів тільки із більшою товщиною стінки. Візьмемо трубу 60x40x4 мм та перевіримо її міцність та жорсткість.

При згині.

Момент опору перетину

$$W_y' = \frac{\delta' \cdot B^2}{3} \left( 3 \frac{H}{B} + 1 \right), \quad (2.17)$$

де  $\delta'$  – товщина стінки труби,  $\delta' = 0.004$  м,  
підставляємо значення

$$W_y' = \frac{0,004 \cdot 0,04^2}{3} \left( 3 \frac{0,06}{0,04} + 1 \right) = 11,73 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Знаходимо напруження за формулою (2.10)

$$\sigma = \frac{\frac{13000}{2} \cdot \frac{0.225}{2}}{11,73 \cdot 10^{-6}} = 0,623 \cdot 10^8 \text{ Па.}$$

Балка працює в межах допустимого навантаження.

Дотичні напруження від крутного моменту.

$$\tau' = \frac{M'}{W_k'}, \quad (2.18)$$

де  $W_k'$  – момент опору перетину при крученні.

Момент опору перетину при крученні для одержання напружень по більшій та меншій стороні труби, оскільки товщини поллок однакові

$$W_{k1}' = 2h_0' b_0' \delta', \quad (2.19)$$

де  $h_0'$  – серединна лінія по більшій стороні труби,

$$h_0' = H - \delta' \quad (2.20)$$

де  $b_0'$  – серединна лінія по меншій стороні труби,

тоді

$$h_0' = 0,06 - 0,004 = 0,056 \text{ м};$$

$$b_0' = B - \delta', \quad (2.21)$$

визначаємо

$$b_0' = B - \delta' = 0,04 - 0,004 = 0,036 \text{ м};$$

тоді момент опору

$$W_{k1}' = 2 \cdot 0,056 \cdot 0,036 \cdot 0,004 = 16,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Дотичні напруження

$$\tau' = \frac{946,7}{16,13 \cdot 10^{-6}} = 58,7 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Сумарні напруження за четвертою теорією міцності

$$\sigma_{IV}' = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{62.3^2 + 4 \cdot 58.7^2} = 133 \text{ МПа.} \quad (2.22)$$

Звідси видно, що балка буде працюватиме в допустимих межах по міцності.

Перевіримо жорсткість даної балки в цих умовах.

Прогин вільного кінця балки [9]

$$f' = -\frac{P_b \left(\frac{l}{2}\right)^3}{3 \cdot E \cdot J_y}, \quad (2.24)$$

де  $J_y$  – момент інерції перетину,

$$J_y = \frac{\delta \cdot B^3}{6} \left(3 \frac{H}{B} + 1\right) = \frac{0.004 \cdot 0.04^2}{3} \left(3 \frac{0.06}{0.04} + 1\right) = 23.47 \cdot 10^{-6}. \quad (2.25)$$

Прогин становитиме

$$f' = -\frac{6500 \cdot \left(\frac{0.225}{2}\right)^3}{3 \cdot 2.1 \cdot 10^{11} \cdot 23.47 \cdot 10^{-6}} = 0.6 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Значення прогину є нікчемно малим і профіль балки повністю за цим критерієм підходить.

Перевіримо жорсткість балки від дії крутного моменту. Для цього скористаємося формулою [10]

$$\varphi = \frac{\frac{M \cdot 0,225}{2}}{GJ_k}, \quad (2.26)$$

де  $\frac{M}{2}$  – діючий крутний момент,  $\frac{M}{2} = 946,7$  Нм;

$J_k$  – момент інерції при крученні для некруглого перетину,

$$J_k = \frac{h^2 \cdot b^2 \cdot \delta_1 \delta_2}{H\delta_2 + B\delta_1 - \delta_1^2 - \delta_2^2}. \quad (2.27)$$

Числове значення моменту інерції

$$J_k = \frac{0,056^2 \cdot 0,036^2 \cdot 0,004 \cdot 0,004}{0,06 \cdot 0,004 + 0,04 \cdot 0,004 - 0,004^2 - 0,004^2} = 1,767 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

Кут повороту вільного кінця розглядуваної балки

$$\varphi = \frac{946,7 \cdot \frac{0,225}{2}}{8,1 \cdot 10^4 \cdot 1,767 \cdot 10^{-7}} = 0,0074 \text{ рад.}$$

Переведемо отримано значення повороту в градуси

$$\varphi = \frac{0,0074 \cdot 180}{3,14} = 0,424^\circ.$$

Отже, кут повороту при такому критичному навантаженні задовольняє технічні вимоги і в цілому можна констатувати, що запропонований профіль труби-балки за всіма поставленими критеріями задовольняє вимоги.

## 2.4. Розрахунок зварних з'єднань самокерованої вилки

Для з'єднання поздовжніх елементів самокерованої вилки до поперечної балки протруювача скористаємося ручним електродуговим зварюванням як найпростішим.

Для проведення розрахунку важливо знати, яке зварне з'єднання в нас утвориться.

До основної класифікації зварних з'єднань належать такі: напусткові, таврові та кутові, а також стикові [14].

В нашому випадку умова міцності має вигляд [10]

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_{Fb}^2} \leq [\tau], \quad (2.28)$$

де  $\tau_M$  – напруження, що виникає в зварному шві від дії згинного моменту;

$\tau_{Fb}$  – напруження, що виникає в зварному шві від дії вертикальної сили.

Знайдемо ці складові. На рис. 2.7 представлена схема такого з'єднання.

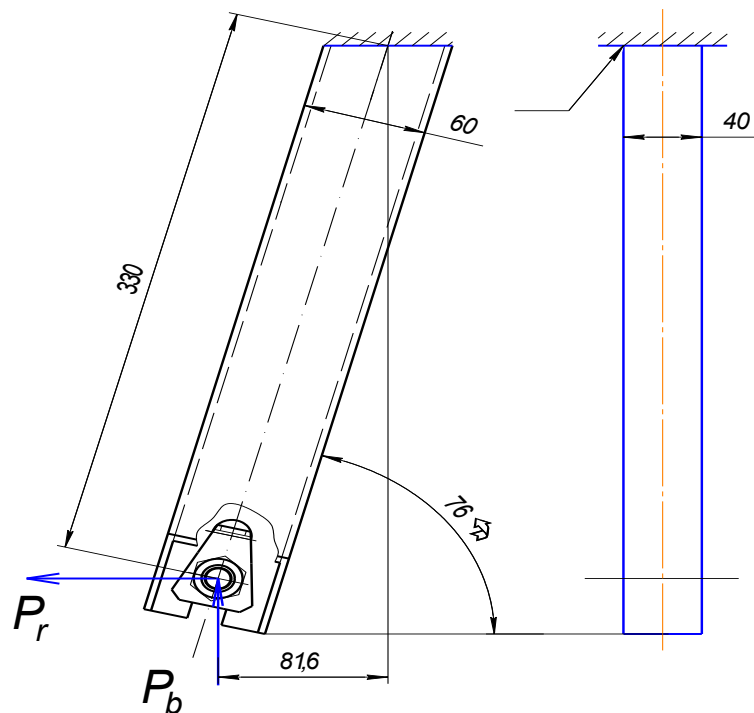


Рисунок 2.7 – Схема до визначення параметрів зварного з'єднання

Сили та моменти від тих сил, що представлені на рис. 2.7, визначені вище. Приведемо їх значення до розрахунку зварного з'єднання одного з поздовжніх елементів до поперечної балки самокерованої вилки протруювача [23-25].

Отже, умову міцності швів від дії стискуючої сили запишемо у вигляді

$$\tau_{Fb} = \frac{F}{2 \cdot 0.7k(B+H)} \leq [\tau], \quad (2.29)$$

де  $F$  – стискуюча сила,

$$F = \frac{P_b}{2} = \frac{1300}{2} \text{ Н},$$

оскільки таких елементів два;

$k$  – катет шва, в першому наближенні приймаємо  $k = 0,003$  м;

$[\tau]$  – допустиме напруження зрізу для зварного шва [13],  $[\tau] = 84$  Н.

Визначимо дане напруження

$$\tau_{Fb} = \frac{6500}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.003(0.04 + 0.06)} = 15.5 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq [\tau].$$

Отже, зварний шов має достатню міцність за даним навантаженням.

Розглянемо напруження від другої складової.

$$\tau_M = \frac{M/2}{W_0} \leq [\tau], \quad (2.30)$$

де  $M/2$  – значення діючого моменту (визначено вище),  $\frac{M}{2} = 946.7$  Нм;

$W_0$  — осьовий момент опору перерізу швів у площині їхнього руйнування,

$$W_0 = \frac{0.7k(2B + 2H)^2}{6} \text{ м}^3. \quad (2.31)$$

Визначасмо осьовий момент

$$W_0 = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot 0.003(2 \cdot 0.04 + 2 \cdot 0.06)^2}{6} = 1.4 \cdot 10^{-5}$$

Тоді напруження

$$\tau_M = \frac{946.7}{1.4 \cdot 10^{-5}} = 67.6 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq [\tau].$$

Тут видно, що напруження від цієї складової навантаження також не перевищують допустимі.

Перевіримо сумарні напруження при дії двох складових навантаження

$$\tau_{\max} = \sqrt{67,6^2 + 15,5^2} = 69,35 \text{ МПа} \leq [\tau].$$

З цього випливає, що катет шва 3 мм виконаний ручним електродуговим зварюванням може забезпечити надійність з'єднання [29, 30].



### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ**

#### **3.1. Обґрунтування параметрів підшипників ковзання шарнірів самокерованої вилки**

Для зменшення тертя в опорі керованого колеса скористаємося підшипниковим вузлом на основі підшипника ковзання.

Щоб підшипник ковзання відпрацював заданий термін служби необхідно щоб він був досить стійким проти спрацювання, а також мав достатній ресурси щодо втомного руйнування. Спрацювання таких підшипників, в основному, викликане попаданням між третью поверхні абразивних частинок. Причиною таких попадань є недостатньою щільність підшипника, невідповідне або взагалі його відсутність

Ще один негативний фактор – це коли є достатня кількість твердого мастила в такому підшипникові, але разом з мастилом туди попали абразивні частинки, спрацювання тоді в рази зростає.

Для підшипників ковзання основними розрахунками є ті, які направлені на встановлення чи забезпечення рідинного тертя, де основною умовою є те, щоб мастильний матеріал сприймав все навантаження. Якщо така умова буде виконана ,то такий підшипник при рідному терті буде досить стійким проти спрацювання та заклинювання [29].

Якщо говорити про ресурс роботи таких підшипників, то вони є досить вразливими, якщо конструкції машини, де вони встановлені діють знакозмінні динамічні навантаження. Крихке руйнування переважно спостерігається при використанні маломіцних матеріалів у підшипниковий парі. Це можуть бути пластмаси, бабіти та інші не досить міцні матеріали.

Виконаємо досить критичний розрахунок, який вказує на те, що рідинне тертя не може бути забезпеченим вповні.

Тут може спостерігатися підвищене йог спрацювання. розглядуваний нами вузол самокерованої вилки є досить навантаженим та тихохідним.

Тому нам необхідно розрахувати граничні значення тиску  $p$  у підшипнику та параметра  $pv_s$ .

Критеріями тут будуть умови:

$$p = F / (dl) \leq [p], \quad (3.1)$$

$$pv_s \leq [pv_s], \quad (3.2)$$

де  $F$  – радіальне навантаження;  $F = P_b = 13000$  Н;

$d$  – діаметр осі ;  $d = 0,025$  м;

$l$  – довжина підшипника ковзання;  $l = 0,06$  м;

$v_s$  – колова швидкість цапфи,

$$v_s = 0.5\omega d, \quad (3.3)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання колеса,

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (3.4)$$

де  $n$  – частота обертання колеса, що відповідає максимальній швидкості транспортування протруювача (7 км/год),

$$n = \frac{s}{l_k}, \quad (3.5)$$

де  $s$  – шлях пройдений машиною за одну хвилину при швидкості (7 км/год),

$$s = 116.7 \text{ м};$$

тут  $l_k$  – довжина колеса,

$$l_k = \pi d, \quad (3.6)$$

тоді

$$l_k = 3,14 \cdot 0,5 = 1,57 \text{ м};$$

частота обертання колеса

$$n = \frac{116.7}{1.57} = 74.3 \text{ об/хв.}$$

Кутова швидкість обертання колеса

$$\omega = \frac{\pi n}{30},$$

тоді

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 74,3}{30} = 7,78 \text{ с}^{-1}.$$

Швидкість ковзання за формулою (3.3)

$$v_s = 0.5 \cdot 7.78 \cdot 0.025 = 0.1 \text{ м/с.}$$

Перевіримо розрахункові умови:

$$p = \frac{13000}{0,025 \cdot 0,06} = 8,7 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq [p], \quad (3.7)$$

де  $[p]$  – допустимий контактний тиск для матеріалу підшипника поліамід АК-7,  $[p]=15-20$  МПа [14, 16].

Умова міцності виконується.

Друга умова за (3.2)

$$8,7 \cdot 10^6 \cdot 0,1 = 0,87 \cdot 10^6 \text{ МПа м/с} \leq [pv_s],$$

де  $[pv_s]$  – швидкісний параметр,  $[pv_s]=20$  МПа м/с.

Умова виконується.

Отже, прийнятий матеріал підшипника поліамід АК-7 і конструктивні розміри діаметр 25 мм та довжина 60 мм повністю задовольняють поставлені умови роботи.

### **3.2 Обґрунтування параметрів упорного підшипника ковзання кріплення вилки до рами машини**

Використання опорних підшипників ковзання в сільськогосподарському машинобудуванні є досить поширеним. Їх переважно використовують у тихохідних не відповідальних вузлах. Такі підшипникові вузли компонують переважно для таких механізмів, які мають певну нерегулярність використання, тобто машинах, які тривалий час можуть простоювати, потім якийсь час працювати тоді знову простій і тд.

Упорні підшипники ковзання є одним з найпростіших елементів. На рисунку нижче покажемо основні типи найпростіших упорних підшипників ковзання. Переважно вони відрізняються один від одного опорною частиною, а точніше її конструктивним виконанням. На рисунку 3.1, *а* показано підшипниковий вузол у вигляді підшипника ковзання, який має суцільні опорні поверхні. Такі підшипникові вузли існують, але їх використання є досить таки рідкісним. Їх переважно використовують в тих вузлах, де швидкість ковзання є досить-таки малою. Недоліком таких підшипників ковзання є те, що невідомий до кінця механізм перерозподілу питомого тиску, що може призвести в окремих частинах, які будуть перекошеними, до пришвидшеного зношування. На рисунку 3.1 *б* і *в* показано підшипники ковзання, які мають розділено по колу опорну поверхню. Вони подібні до першого типу, але відрізняються тим, що опорна поверхня може забезпечити більш рівномірний розподіл контактного тиску по всіх опорній поверхні.

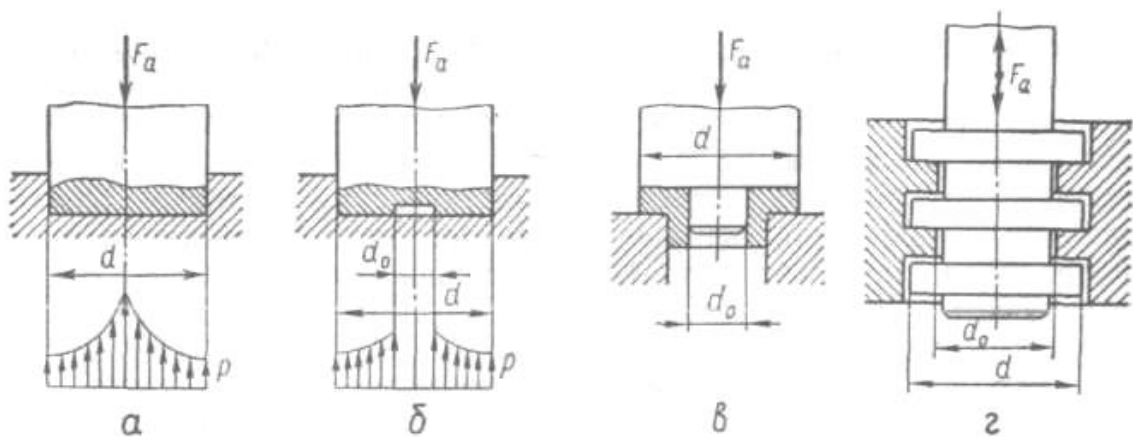


Рисунок 3.1 – Основні типи упорних підшипників ковзання

Для таких підшипників  $d_0 = (0,6...0,7)d$ .

Якщо є можливість щоб одна із опорних поверхонь могла бути гребінчастою, використовують ще один тип підшипників ковзання у вигляді гребінчастої п'ятки, рисунок 3.1, *г*. Для них беруть  $d_0 = (0,7...0,8)d$

У представлених конструкціях підшипників тертя не завжди можна забезпечити в повній мірі повноцінного рідинного тертя. Це пов'язано з тим, що тут притаманні малі швидкості обертання, часті або навпаки нерегулярні пуски та зупинки та інші чинники. Відмінне тертя, тобто, коли шар мастильного матеріалу повністю на себе сприймає навантаження, можна забезпечити лише у високошвидкісних конструкціях підшипникових вузлів. Тому для опорного підшипника повороту самокерованої вилки ми виконуємо розрахунок на стійкість щодо абразивного спрацювання та заклинювання. Відповідно будемо визначати тиск  $p$  та параметр  $pv_s$ .

Для плоскої кільцевої п'яти маємо такі розрахункові умови:

$$p' = 4F_a / [\pi(d'^2 - d_0'^2)] \leq [p'], \quad (3.8)$$

$$p'v'_s \leq [p'v'_s], \quad (3.9)$$

$F_a$  – осьове навантаження на підшипник,  $F_a = 13000$  Н;

$d'$  – зовнішній діаметр основи,  $d' = 0,048$  м;

$d'_0$  – внутрішній діаметр основи,  $d'_0 = 0,032$  м;

$v'_s$  – швидкість ковзання,

$$v'_s = 0.5\omega'd_m, \quad (3.10)$$

де  $\omega'$  – кутова швидкість ковзання, яка визначається по умовному колу середнього діаметру п'ятки,  $\omega' = 4.1$  с<sup>-1</sup>;

$d_m$  – середній діаметр вала,

$$d_m = 0.5(d' + d'_0) = 0.5(0.048 + 0.032) = 0.04 \text{ м}, \quad (3.11)$$

Визначимо швидкість ковзання, що виникає в тертьовій парі

$$v'_s = 0.5 \cdot 4.1 \cdot 0.04 = 0.082 \text{ м/с.}$$

Перевіряємо чи виконуються умови

$$p' = 4 \cdot 13000 / [3.14(0.048^2 - 0.032^2)] = 12,9 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq [p'],$$

де  $[p']$  – допустимий тиск для матеріалу (сталь по сталі) упорного підшипника [16],  $[p'] = 12 - 15$  МПа.

Умова міцності виконується.

Друга умова (3.9)

$$12,9 \cdot 10^6 \cdot 0,082 = 1,06 \cdot 10^6 \text{ МПа м/с} \leq [p'v'_s],$$

де  $[p'v'_s]$  – швидкісний параметр,  $[p'v'_s] = 11$  МПа м/с.

Дана умова також повністю виконується.

Таким чином для повороту самокерованої вилки в її шарнірі цілком достатньо виконати підшипник ковзання у вигляді тертьової пари сталь по сталі розрахованих розмірів.

### 3.3 Використання APM Plain для проєктування підшипників ковзання шасі протруювача

Розглянемо можливість автоматизованого розрахунку та проєктування підшипника ковзання самокерованої вилки шасі протруювача. З цією метою скористаємося програмою APM Plain.

Спочатку потрібно вибрати тип підшипника, рис. 3.2.

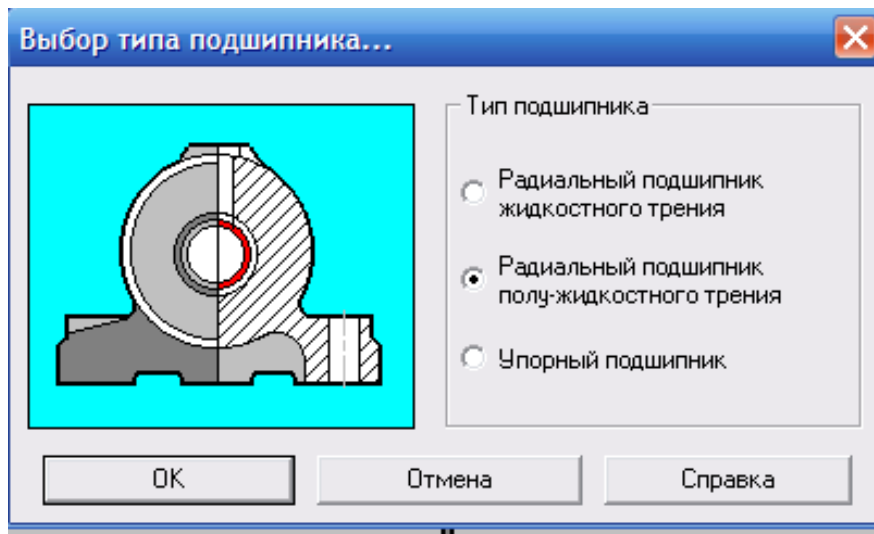


Рисунок 3.2 – Вибір типу підшипника

Після цього потрібно задати геометрію пари ковзання, рис. 3.3

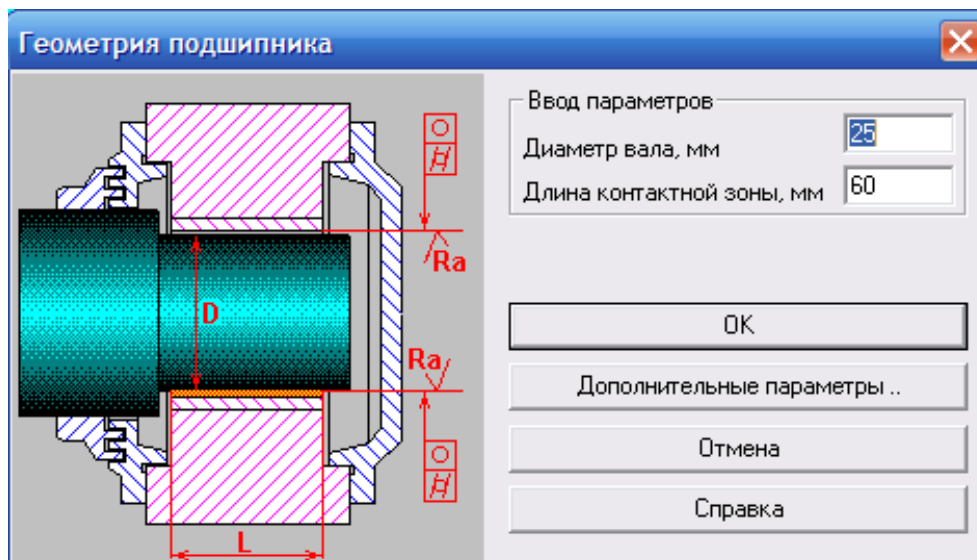


Рисунок 3.3 – Геометрія підшипника



Після вибору геометрії підшипника потрібно задати умови його роботи для матеріалу підшипника поліамід АК-7, рис. 3.4

Ввод параметров	
Радиальная сила, Н	13000
Скорость вращения, об/мин	74.3
Темп. окружающей среды, °С	17
Площадь корпуса, м <sup>2</sup>	0.02
Модуль Юнга, МПа	210000
Теплопроводность, Вт/м·°С	200
Коэффициент трения	0.01
Мин. толщина пленки масла, мм	0.5

Рисунок 3.4 – Умови роботи підшипника

Далі задаємо фактичні параметри масла, яке використовується для мащення тертьової пари, рис. 3.5.

Основные параметры	
Теплоемкость масла, Дж/(кг·°С)	1200
Плотность масла, кг/м <sup>3</sup>	1200

Значения вязкости	
Вязкость масла при темп. 1, Па·сек	0
Вязкость масла при темп. 2, Па·сек	0
Температура 1, град. С	0
Температура 2, град. С	0

Рисунок 3.5 – Введення параметрів мастильного матеріалу

Тоді проводимо процедуру автоматизованого розрахунку та отримуємо кінцевий результат, рис. 3.6

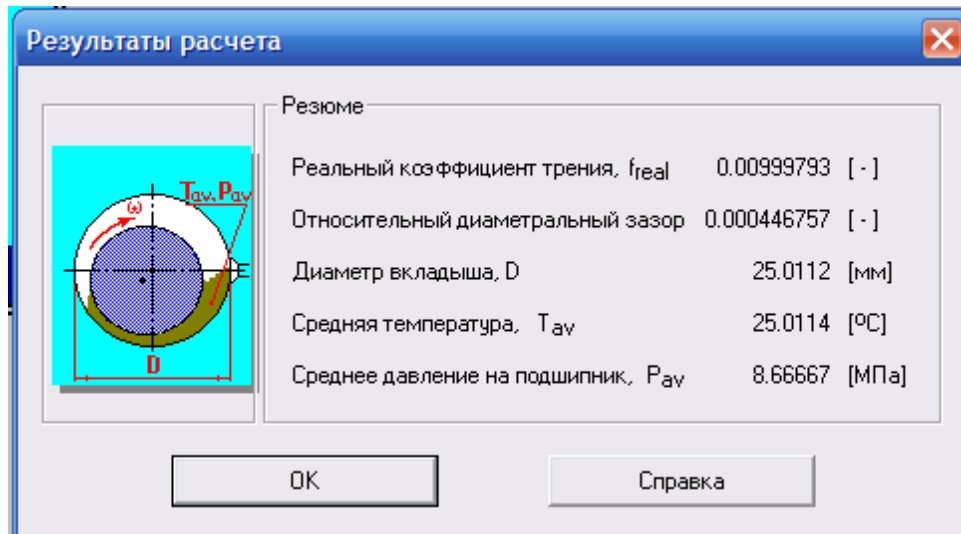


Рисунок 3.6 – Вивід результатів проектування

З рис. 3.6 можна бачити, що знайдений питомий тиск становить 8,66667 МПа, що лежить в допустимих межах для матеріалу поліамід АК-7, для якого допустиме значення становить 15 МПа.

Крім того, цікавим буде той факт, що отримане тут значення фактичного тиску в тертьовій парі повністю збігається з розрахунковим, що становить 8,7 МПа за аналітичним розв'язком поставленої задачі в пункті 3.1.

### 3.4 Емітаційне моделювання самокерованої вилки протруювача в системі APM Structure 3D

Використовуючи сучасні технології в сільськогосподарському машинобудуванні, доцільно скористатися доступними програмами, що дозволяють проводити імітаційне моделювання. Для дослідження

напруженого стану самокерованої вилки протруювача використано пакет прикладних програм APM Structure 3D. Для досягнення мети – визначення НДС вилки, спочатку потрібно створити твердотільну модель, рис. 3.7.

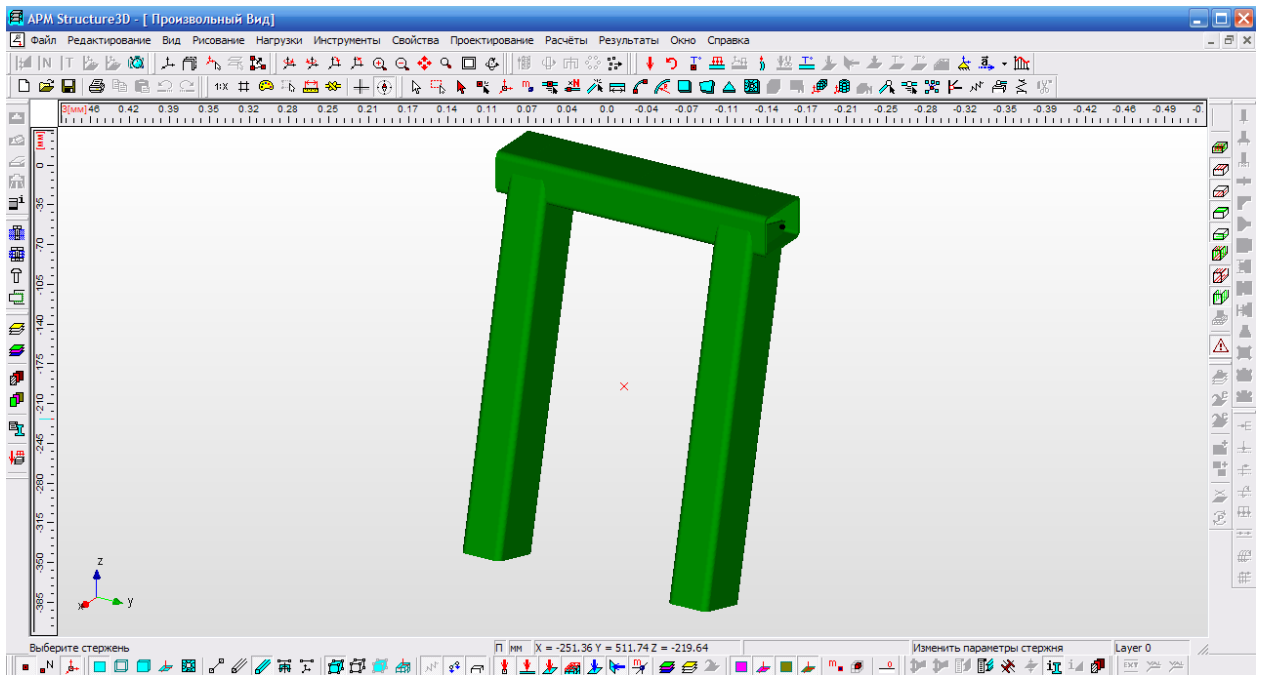


Рисунок 3.7 – Твердотільна модель самокерованої вилки

Для можливості виконання розрахунку потрібно задати профіль матеріалу, з якого вона має бути виготовлена. Відповідно до попередньо виконаних розрахунків та креслень, для її виготовлення приймемо профільну трубу, її характеристики наведено нижче на рис. 3.8.

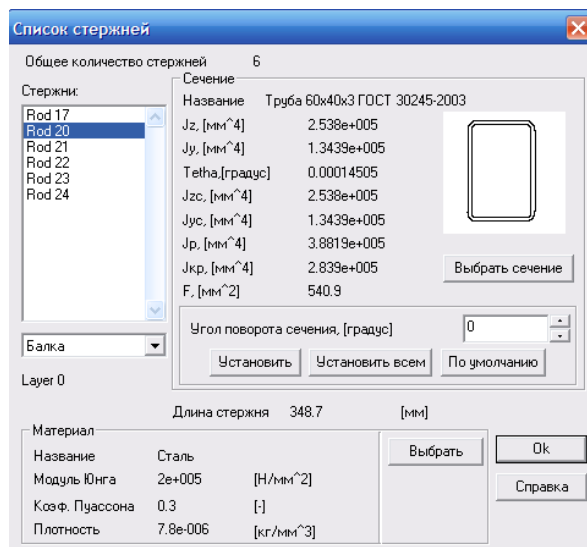


Рисунок 3.8 – Вибираємо і задаємо матеріал для самокерованої вилки

Далі задаємо навантаження (відповідно до розрахункового) та встановлюємо опори. Після цього слідує процедура розрахунку.

Результатом є отриманні карти результатів, рис. 3.9.

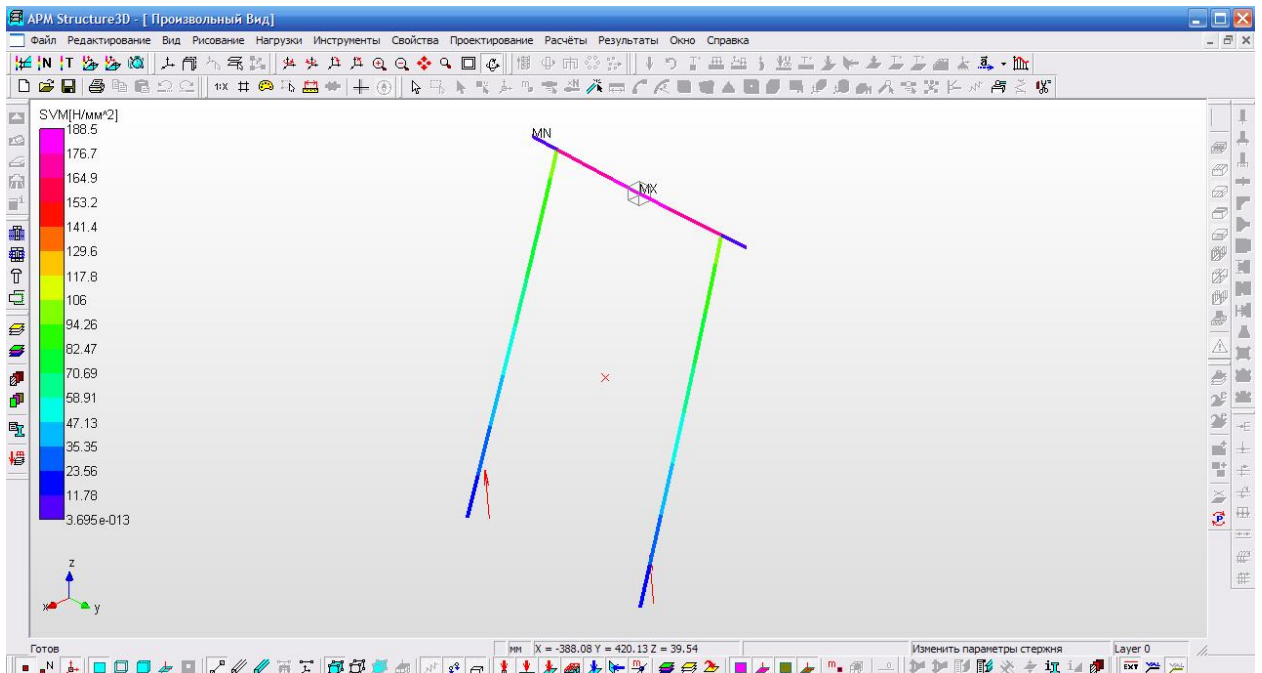


Рисунок 3.9 – Карта результатів напруженого стану самокерованої вилки

Для співставлення результатів, що знайдені теоретично та в результаті імітаційного моделювання, покажемо напруження в характерних перетинах вилки, рис. 3.10.

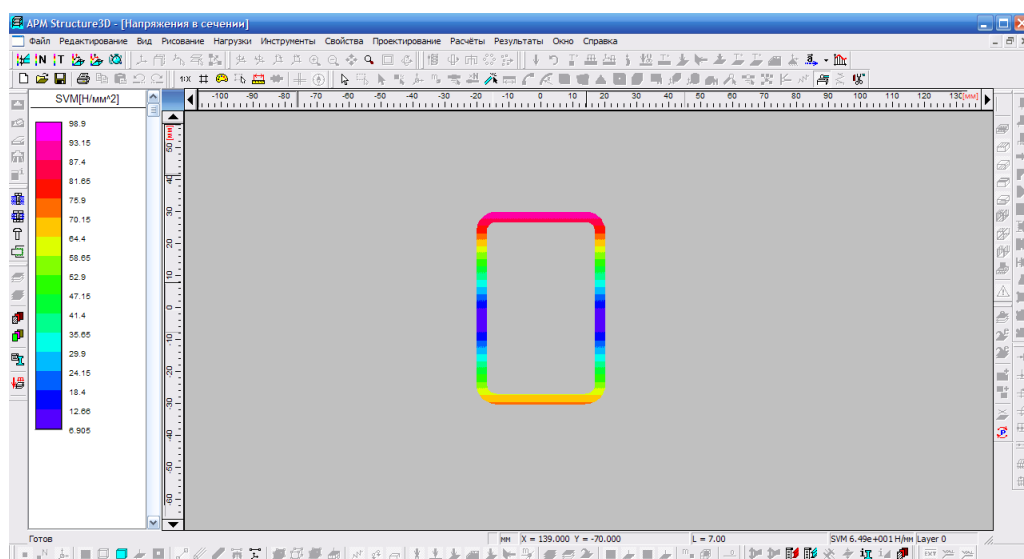


Рисунок 3.10 – Напруження в перетині профільної труби вилки на відстані 7 мм від закріплення

Якщо порівняти знайдені максимальні напруження теоретично (87,7 МПа) та в результаті імітаційного моделювання (92 МПа), то їх розбіжність складає 4,7%, що цілком допустимо для такого роду розрахунків.

Аналогічно напруження в перетинах поперечної балки самокерованої вилки, рис. 3.11.

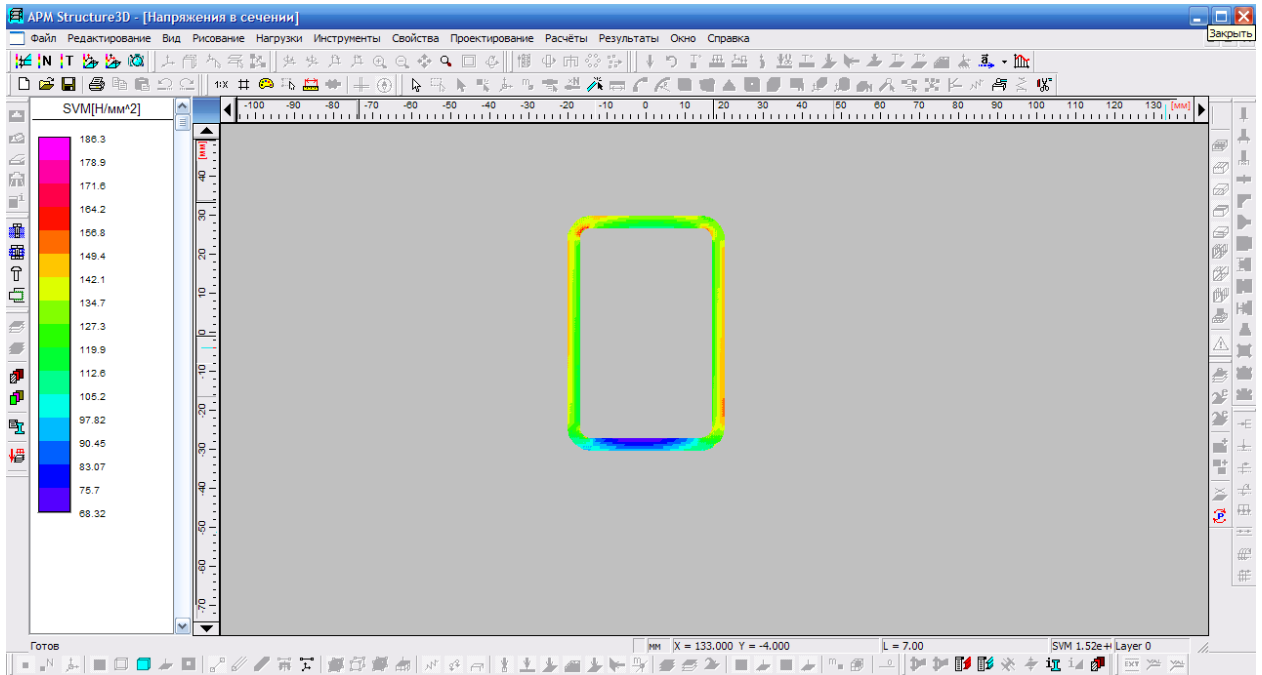


Рисунок 3.11 – Напруження в перетинах поперечної балки

Максимальні напруження тут складають 168 МПа, а розраховані значення за четвертою теорією міцності – 171,1 МПа. Їх розбіжність складає 1,8%, що є добрим результатом.

І проаналізуємо ще переміщення, що переміщення, що виникають в елементах самокерованої вилки при її робочому навантаженні, рис. 3.12.

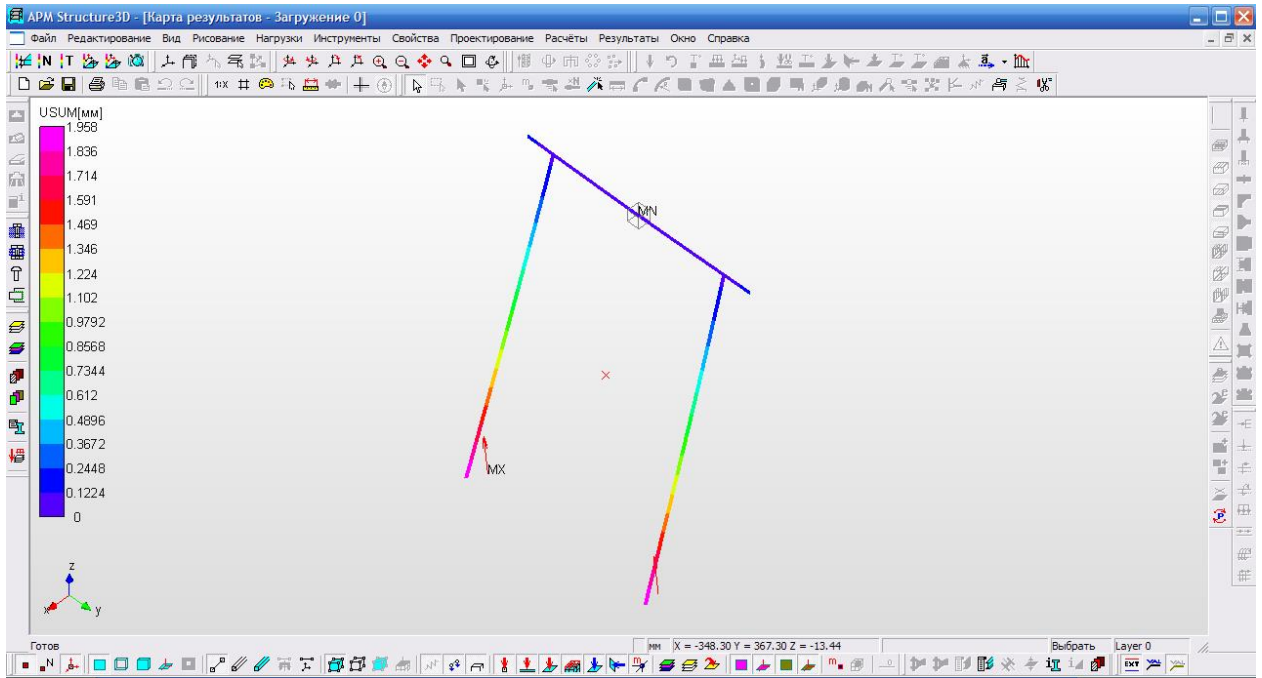


Рисунок 3.11 – Переміщення в елементах самокерованої вилки

Тут вказані переміщення, наприклад, з врахуванням кута закручування горизонтальної з'єднувальної балки. Виконуючи аналітичні розрахунки, послідовність переміщень чи впливу з'єднаних між собою конструктивних елементів врахувати досить проблематично і досить складно. Проте, при використанні спеціалізованих прикладних програм це зробити досить просто. Але, з іншого боку, аналітичні розрахунки дозволяють нам перевірити правильність самої моделі, адекватність отриманих результатів.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Заходи охорони праці при роботі на пунктах протруювання насіння**

У цеху протруювання насіння цукрового буряка формуються несприятливі умови праці в результаті забруднення устаткування, спецодягу, шкірних покривів, повітря робочої зони фураданом. Рекомендується використовувати матеріал ОП-1 ОЗК для виготовлення стаціонарних і знімних накладок на передню частину брюк, нарукавників, фартухів тих, що проявляють стійкість до дії концентрованих і робочих розчинів фурадану.

Одним з важливих прийомів в технології обробітку цукрового буряка, що забезпечує захист сходів від шкідників і хвороб, є протруювання насіння пестицидами у складі плівкотвірних з'єднань. При централізованому протруюванні насіння цукрового буряка на насінних заводах з метою виключення контакту працюючих з сильно отруйними пестицидами використовується спеціалізоване устаткування [26, 28]. Проте в процесі експлуатації, унаслідок його розгерметизації і неефективної роботи вентиляції, спостерігається надходження пестицидів в повітря робочої зони, забруднення устаткування, а також розповсюдження з потоком повітря по приміщеннях через відсутність воріт, що герметично закриваються, і дверей. Серед безлічі небезпечних і шкідливих чинників, що негативно впливають на стан здоров'я, особливе місце займають пестициди [28]. В зв'язку з цим особливої значущості набувають дослідження умов праці, підбір ефективних засобів захисту, направлених на профілактику негативного впливу протруювачів на здоров'я працівників.

Оцінка умов праці була проведена на насінних заводах. Вимірювання досліджуваних параметрів (температура, відносна вологість і швидкість руху

повітря, шум, чинники світлового середовища, тяжкість і напруженість трудового процесу, залишкові кількості пестицидів в змивах з виробничого устаткування, спецодягу, шкірних покривів, зміст препаратів в повітрі робочої зони) визначали загальноприйнятими методами.

Специфіка роботи насінних заводів пов'язана з сезонною підробкою насіння цукрового буряка в холодну і перехідну пору року, табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Умови праці на робочих місцях

Технологічна операція	Зміст пестицидів в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>		Температура повітря, °С	Рухливість повітря, м/с	Віднесення. волог. повітря %	Шум, дБА
	фурадан	ТМТД				
Приготування робочого розчину	0,01-0,13	0,3-7,2	6-7	0,1	70-89	-
Централізоване протруювання насіння	0,01-0,06	0,83-3,3	9-10	0,1-0,5	75-82	83-92
Заповнення, зважування, зашивання мішків з протравленим насінням	сліди	1,6-3,3	10-14	0,1-0,2	75-83	85-94
Вантаження мішків з протруєним насінням	сліди	-	3-13	0,1-1,0	76-80	75-80
ГДК, ПДУ	0,05	0,5	15-22/ 16-27*	0,2-0,5	15-75	80

\* для не опалювальних приміщень від -15,9 до +27 °С

До несприятливих показників мікроклімату відносяться перепади температури повітря (7 – 10 °С) при переміщенні мішків з протравленим насінням з складу готової продукції на естакаду для вантаження в транспорт. Значна частка ручної праці на важких навантажувально-розвантажувальних



роботах, штабелюванні мішків з протравленими пестицидами насінням. Основним несприятливим чинником виробничого середовища було забруднення пестицидами технологічного устаткування і виробничих приміщень цеху протруювання насіння, табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вміст фурадану в змивах з устаткування

Місце відбору проб	Зміст фурадану мг/см <sup>2</sup>
Ізольоване приміщення вузла розчину	
Підлога	5,11-7,86
Стіни	1,28-2,94
Ємність з робочою суспензією	4,27-6,24
Завантажувальний пристрій	4,82-8,24
Лінія протруювання насіння	
Підлога	3,22-3,76
Стіни	0,37-0,64
Камера протруювання	2,74-3,02
Пульт управління	0,84-1,42
Сходи	2,07-3,15
Підлога майданчика	3,92-4,15
Барабан змішувача	4,07-5,15
Лінія по заповненню і зашивання мішків з протравленим насінням	
Підлога	0,86-0,94
Секційний пульт управління	0,18-0,25
Стрічка транспортера зашивання мішків	0,11-0,18
Склад готової продукції	
Стрічка транспортера (основна)	0,09-0,15
Стрічка транспортера (бічна)	0,06-0,08
Паперові мішки	Сліди

Найбільші концентрації протруювачів відмічені в приміщенні вузла розчину, що перевищували ГДК в 2,6 - 14,4 разів. Максимальний вміст фурадану в змивах із забруднених ділянок підлоги, стенів, устаткування, порожньої тари було визначено в ізолюваному приміщенні вузла розчину. Концентрація фурадану в змивах з підлоги склала (5,11-7,86 мг/см<sup>2</sup>). Високі рівні забруднення приміщення і устаткування пов'язані з потоками концентрованих розчинів фурадану при виконанні ручних операцій по розчину тари, подальшому завантаженню водорозчинної пасти фурадану в ємність з робочою суспензією. В результаті розгерметизації устаткування на лінії централізованого протруювання насіння підвищені рівні фурадану були знайдені в змивах з підлоги майданчика (3,92-4,1 мг/см<sup>2</sup>) і барабана змішувача (4,07-5,15 мг/см<sup>2</sup>).

Небезпека для організму представляє надходження пестицидів через шкірні покриви особи, що адсорбують токсичні з'єднання в 2...6 разів більше, ніж інші ділянки тіла людини [26]. Забруднення повітря робочої зони, виробничого устаткування фураданом приводило до забруднення шкірних покривів, спецодягу і СИЗОД тих, що працюють, табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вміст фурадану в змивах

Ділянка виробництва / професія	Вміст фурадану мг/см <sup>2</sup>
Лінія протруювання насіння (вузол розчину) оператор	
шкірні покриви рук	0,02-0,04
взуття	3,92-4,59
спецодяг	0,26-0,80
респіратор	0,01-0,02
Лінія упаковки і зашивання мішків з протравленим насінням (пакувальник)	
шкірні покриви рук	0,01-0,02

## Закінчення таблиці 4.3

взуття	0,10-0,20
спецодяг	0,05-0,10
респіратор	0,005-0,01
Лінія протруювання насіння (слюсар – ремонтник)	
шкірні покриви рук	0,02-0,05
взуття	1,2-2,3
спецодяг	0,06-0,5
респіратор	0,01-0,02

З даних таблиці видно, що найбільш інтенсивне забруднення фураданом наголошувалося в змивах з шкірних покривів обличчя (0,02-0,03 мг/см<sup>2</sup>) оператора лінії протруювання насіння і долонних поверхонь рук (0,02-0,05 мг/см<sup>2</sup>) слюсара-ремонтника. Ще у великих кількостях забруднено взуття (3,92-4,59 мг/см<sup>2</sup>) і (1,2-2,3 мг/см<sup>2</sup>) проток концентрованих і робочих розчинів фурадану, що працюють в результаті, розсипання на підлогу протравленого фураданом насіння цукрового буряка. Забруднення устаткування, підлоги, сходів, свідчило про можливість занесення з взуттям, спецодягом фурадану в інші приміщення насінного заводу.

Із загальної чисельності робітників, що працює в цеху протруювання, близько половини складають жінки, причому велика їх частина із стажем роботи до 15 років. Поєднання виробничої діяльності з веденням домашнього господарства створює істотні навантаження на жіночий організм. У зміну на лінії працювали 4 жінки, які контролювали операції заповнення, зважування мішків з протравленими пестицидами насінням і їх зашиванню. Основні і допоміжні операції виконувалися жінками на лінії упаковки і зашивання мішків, в позі сидячи, або стоячи з нахилом вперед, що пов'язане з регіональним фізичним навантаженням переважно м'язів плечового поясу. В результаті несправностей устаткування відбувався розрив мішків, розсип

протравленого насіння і забруднення залишковими кількостями фурадану поверхні підлоги, устаткування і стрічки транспортера. При дослідженні повітря робочої зони на лінії упаковки і зашиванні протравленого насіння, концентрація фурадану була визначена в кількостях слідів, ТМТД перевищувала ГДК в 3,2-6,6 разів. На лінії упаковки шкірні покриви особи і долонні поверхні рук що працюють були забруднені фураданом в кількості 0,01-0,02 мг/см<sup>2</sup>.

Жінки, зайняті обслуговуванням лінії по упаковці протруєного насіння, страждають захворюваннями кістково-м'язової системи (артроз, артрити, поперекові радикуліти), органів дихання (ГРЗ, ангіни, інфекційні захворювання), шкіри і підшкірної клітковини (алергічний дерматит, абсцеси), серцево-судинної системи, крові (залізодефіцитна анемія), а також захворюваннями залоз внутрішньої секреції і обміну речовин. Це обумовлює необхідність більш поглибленої розробки проблеми безпеки праці, питань соціальних гарантій, заборони виконання робіт з пестицидами жінками до 35 років [28].

Безпечні умови праці в цеху протруювання насіння повинні, в основному, забезпечуватися за рахунок автоматизації технологічного процесу, що виключає контакт тих, що працюють з пестицидами, протравленим насінням. У умовах, що склалися, основний засіб захисту - підбір спецодягу і відповідність її захисних властивостей з урахуванням забруднень приміщень, устаткування фураданом. Використовувана в цеху протруювання насіння спецодяг оператора не володів необхідними захисними властивостями і не задовольняв вимогам експлуатації. Специфічні умови його праці висувають особливі вимоги до якісних показників матеріалів для тканин спецодягу. Використовувані матеріали повинні володіти необхідними гігієнічними властивостями, що проявляють стійкість до дії концентрованих розчинів фурадану. Для підбору спеціальних тканин був використаний прогумований матеріал тканини з плаща ОП-1 загальновійськового захисного комплексу - ОЗК. Результати досліджень

показали, що випробовуваний матеріал тканини протягом 3 - 7 діб зберігав захисні властивості по відношенню до фурадану, володів високою міцністю, еластичністю і його можна використовувати для виготовлення стаціонарних і знімних накладок на передню частину брюк, нарукавників, фартухів. Використання накладок пов'язане із специфікою забруднень, оскільки більшому забрудненню піддається передня частина костюма при проведенні ручних операцій після завантаження пестицидів, вантаження, перенесення мішків з протравленим насінням. При виконанні операцій у відділенні упаковки і зашивання протравленого насіння в мішки можна рекомендувати використання комбінезонів Tyvek Classic. В процесі експлуатації вони зарекомендували себе позитивно: забезпечували захист від проникнення фурадану в підодежний простір. Для захисту рук можуть використовуватися технічні гумові рукавички або рукавички з дисперсії бутилкаучука. Рукавички слід застосовувати в комплекті з трикотажними, використовуваними як вкладиші. При вантаженні мішків з протравленим насінням рекомендується використовувати рукавиці з бавовняних тканин з плівковим покриттям. Для захисту очей необхідно використовувати герметичні окуляри ПО-2, захисні окуляри ЗФ-2 і захисні окуляри, що фільтрують, з непрямою вентиляцією типу ЗН. Для захисту органів дихання, потрібні універсальні або протигазові респіратори з патронами марки А.

Одним з важливих питань, пов'язаних з вирішенням проблеми оздоровлення умов праці і профілактики захворювань, слід зазначити розробку нормативних документів, що регламентують безпечно проведення робіт. З урахуванням умов праці що склалися на насінних заводах розроблені нормативно-правові документи «Правила по охороні праці на післяжнивній підробці насіння цукрового буряка» [28]. У правилах викладені, вимоги охорони праці до виробничих процесів, до виробничих, складських приміщень, майданчиків і території, виробничого устаткування і тари; початковим матеріалам, способам зберігання і транспортуванню пестицидів і протравленого насіння, застосуванню засобів захисту, режими праці і

відпочинку. Для надання допомоги працедавцеві розроблені інструкції по охороні праці для основних професій робочих насінних заводів, зайнятих на післяжнивній підробці насіння цукрового буряка.

#### **4.2 Захист персоналу при роботі на протруювальних пунктах**

Пил – основний шкідливий фактор на багатьох промислових підприємствах, зокрема пунктах протруювання насіння. Це обумовлено недосконалістю технологічних процесів.

Природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах мешкання людини в межах концентрацій 0,1-0,2 мг/м<sup>3</sup>, в промислових центрах, де діють великі підприємства, він не буває нижче 0,5 мг/м<sup>3</sup>, а на робочих місцях запиленість повітря іноді сягає 100 мг/м<sup>3</sup>. Значення ГДК для нейтрального пилу, що не має отруйних властивостей, дорівнює 10 мг/м<sup>3</sup>.

Основні фізико-хімічні властивості пилу: хімічний склад, дисперсність (ступінь подрібнення), будова частинок, розчинність, щільність, питома поверхня, нижня та верхня концентраційна границя вибуховості суміші пилу з повітрям, електричні властивості та ін. Знання усіх цих показників дає можливість оцінити ступінь небезпеки та шкідливості пилу, його пожежо- та вибухонебезпечність.

Промисловий пил може бути класифікований за різними ознаками:

- за походженням - органічний (рослинний, тваринний, штучний пил) і неорганічний (мінеральний, металевий пил) та змішаний (присутність часток органічного та неорганічного походження);

- за способом утворення - дезінтеграційний (подрібнення, різання, шліфування і т. п.), димовий (сажа та частки речовини, що горить) та конденсаційний (конденсація в повітрі пари розплавлених металів);

- за токсичною дією на організм людини - нейтральний (нетоксичний для людини пил) та токсичний (отруюючий організм людини).

Дисперсний склад характеризує пилові частки за розміром і значною мірою обумовлює властивості пилу. Для організму людини найбільш небезпечний пил, що складається з часток розміром до 0,015 мкм, тому що погано затримується слизовими оболонками верхніх дихальних шляхів і потрапляє далеко в легеневу тканину. Також має значення форма частинок пилу.

Частинки зазубреної колючої форми небезпечніші за сферичні, бо подразнюють шкіру, легеневі тканини та слизові оболонки, даючи змогу просмоктуватися в організм інфекційним мікроорганізмам, що супроводжують пил або знаходяться у повітрі. Це призводить до атрофічних, гіпертрофічних, гнійних, виразкових та інших змін слизових оболонок, бронхів, легень, шкіри; веде до катару верхніх дихальних шляхів, виразковому захворюванню носової перетинки, бронхіту, пневмонії, кон'юнктивіту, дерматиту та інших захворювань. Довготривале вдихання пилу, що потрапляє в легені, викликає пневмоконіоз. Найбільш небезпечна його форма - силікоз - розвивається при систематичному вдиханні пилу, що містить вільний діоксид кремнію  $\text{SiO}_2$ . Борошняний, зерновий пил та деякі інші можуть спричинити хронічний бронхіт.

Деякі види пилу (свинцевий, миш'яковий, марганцевий і т.п.) обумовлюють отруєння і ведуть до функціональних змін ряду органів і систем. Отрути, що надходять до організму через дихальні шляхи, створюють підвищену небезпеку, тому що безпосередньо потрапляють у кров.

Побічна дія пилу на людину полягає в тому, що при підвищеній запиленості повітря змінюється спектр інтенсивності сонячної радіації (поглинання та розсіювання ультрафіолетового випромінювання), знижується освітленість.

Пилові частки здатні сприймати електричний заряд безпосередньо із газового середовища (пряма адсорбція іонів із повітря), так і в результаті тертя частинок пилу між собою або безпосереднього контакту з якою-небудь зарядженою поверхнею. Встановлено, що із загальної кількості пилових частинок, які заносяться з повітрям в дихальні шляхи, затримуються слизовими оболонками переважно заряджені частки.

Задимленість повітря робочої зони несе особливу загрозу здоров'ю людини за рахунок того, що в легені потрапляють, окрім димового пилу, ще й токсичні гази CO та CO<sub>2</sub>, про небезпеку яких зазначалося вище.

Небезпека пилу може бути для людини дуже великою, якщо пил містить радіоактивне забруднення, яке можна встановити тільки вимірюванням спеціальними приладами. Запиленість повітря шкідлива також для обладнання, яке швидко спрацьовується і виходить із ладу.

Методи нормалізації складу повітря робочої зони [28].

Існує багато різних способів та заходів, призначених для підтримання чистоти повітря виробничих приміщень у відповідності до вимог санітарних норм. Всі вони зводяться до конкретних заходів:

1. Запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу.

2. Видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів.

3. Застосування засобів захисту людини.

Герметизація та ущільнення є основними заходами із вдосконалення технологічних процесів, у яких використовуються або утворюються шкідливі речовини. Застосування автоматизації дає змогу вивести людину із забрудненого приміщення в приміщення з чистим повітрям. Удосконалення технологічних процесів дозволяє замінювати шкідливі речовини нешкідливими, відмовлятися від застосування пилоутворюючих процесів,



замінювати тверде пальне на рідке або газоподібне, встановлювати газо-, пилоуловлювачі в технологічний цикл та ін.

При недосконалості технології, коли уникнути проникнення шкідливих речовин в повітря не вдається, застосовують їх інтенсивне видалення за допомогою вентиляційних систем (газ, пара, аерозолі) або аспіраційних систем (тверді аерозолі). Встановлення кондиціонерів повітря в приміщеннях, де є особливі вимоги до його якості, створює нормальні мікрокліматичні умови для працюючих.

Особливі вимоги висуваються до приміщень, де проводяться роботи зі шкідливими речовинами, що пилять. Так, підлога, стіни, стеля повинні бути гладкими, легко митися. В цехах, де виділяється пил, регулярно роблять вологе або вакуумне прибирання.

В приміщеннях, де не можна створити нормальні умови, що відповідають нормам мікроклімату, застосовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Всі ЗІЗ, в залежності від призначення, поділяються на такі класи: ізолюючі костюми, засоби захисту органів дихання, одяг спеціальний захисний, засоби захисту ніг, засоби захисту рук, засоби захисту голови, засоби захисту обличчя, засоби захисту очей, засоби захисту органів слуху, засоби захисту від падіння з висоти та інші запобіжні засоби, захисні дерматологічні засоби, засоби захисту комплексні.

Ефективне застосування ЗІЗ залежить від їх правильного вибору і умов експлуатації. При виборі необхідно враховувати конкретні умови виробництва, вид та тривалість впливу шкідливого фактора, а також індивідуальні особливості людини. Тільки правильне застосування ЗІЗ може максимально захистити працюючого. Для цього працівники повинні бути ознайомлені з асортиментом та призначенням ЗІЗ.

Для роботи з отруйними і забруднювальними речовинами користуються спецодягом - комбінезонами, халатами, фартухами та ін.; для захисту від кислот та лугів - гумовим взуттям та рукавичками. Для захисту

шкіри, рук, обличчя, шиї застосовують захисні креми та пасти: антитоксичні, водостійкі, жиростійкі. Очі від можливих опіків та аерозолей захищають окулярами з герметичною оправою, масками, шоломами.

До засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) належать респіратори, промислові протигази та ізолюючі дихальні апарати, які застосовуються для захисту від шкідливих речовин (аерозолів, газів, пари), що знаходяться в оточуючому повітрі.

За принципом дії ЗІЗОД поділяються на фільтруючі (застосовуються за наявності у повітрі вільного кисню не менше 18% і обмеженого вмісту шкідливих речовин) та ізолюючі (при недостатньому для дихання вмісту в повітрі кисню та необмеженої кількості шкідливих речовин).

За призначенням фільтруючі ЗІЗОД поділяються на:

протипилові - для захисту від аерозолів (респіратори ШБ-1, "Лепесток", "Кама", "Снежок", У-2К, РП-К, "Астра-2", Ф-62Ш, РПА та ін.);

протигазові - для захисту від газопароподібних шкідливих речовин (респіратори РПГ-67А, РПГ-67В, РПГ-67КД, протигази марок А, В, КД, Г, Е, СО, М, БКФ та ін.);

газопилозахисні - для захисту від парогазоподібних та аерозольних шкідливих речовин одночасно (респіратор фільтруючий газопилозахисний РУ-60М, "Снежок ГГ", "Лепесток-Г");

ізолюючі апарати - бувають шлангові та автономні.

Ізолюючі шлангові апарати призначені для роботи в атмосфері, що містить менше 18% кисню. Вони мають довгий шланг, по якому подається повітря для дихання із чистої зони. Недоліки їх у тому, що дихальний шланг заважає працювати, не дає змогу вільно рухатися (протигаз шланговий ППШ-1 без примусової подачі повітря, Довжина шланга 10 м; ПШ-2 з повітродувкою - забезпечує працю двох осіб одночасно, довжина шлангів 20 м; респіратор для малярів РМП-62; пневмошоломи ЛІЗ-4, ЛІЗ-5, МІОТ-49 - працюють від компресорної повітряної лінії).

Ізолюючі автономні дихальні апарати працюють від автономного

хімічного джерела кисню або від балонів з повітрям чи дихальною сумішшю. Вони призначені для виконання рятувальних робіт або евакуації людей із загазованої зони.

Саморятівник шахтний малогабаритний ШСМ-1. Має хімічне джерело кисню. Термін користування 20-100 хвилин в залежності від інтенсивності витрачання кисню (енерговитрат), вага 1,45 кг.

Респіратор ізолюючий допоміжний РВЛ-1. Має балон зі стисненим киснем і регенеративний хімічний патрон для регенерації кисню. Працює 2 години, вага 9 кг.

Респіратор "Урал-7". Принцип дії такий самий, як у респіратора РВЛ-1, але він більш габаритний. Діє 5 годин, важить 14 кг. Носиться за плечима, має амортизаційні пристрої для зручності носіння.

Респіратор Р-30 має таку саму систему життєзабезпечення, що і наведений вище. Розрахований на 4 години дії, важить 11,8 кг.

Дихальний апарат АСВ-2 складається з 2-х повітряних балонів, маски або загубника, шланга, редуктора, має манометр для контролю за тиском повітря, запобіжний клапан та ін. Призначений для захисту органів дихання в умовах забрудненої атмосфери.

Отже, проблема забрудненості як повітря робочої зони та і довкілля пилюкою, що виділяється в результаті виконання технологічного процесу при протруюванні зерна справді існує. Мінімізувати вплив та запропонувати заходи щодо захисту від такого забруднення довкілля та робочого персоналу можна, використовуючи вище наведені рекомендації.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Недоліком базової протруювача є нездатність маневрено виконувати поворот чи розворот, оскільки задні приводні колеса обертаються з однаковою кутовою швидкістю і при повороті одне з коліс змушене пробуксовувати або в зачепленні з поверхнею, по якій рухається, або в контакті з приводним роликом. Крім того, оператор змушений своєю мускульною силою втримувати кероване колесо під потрібним кутом, що утруднює його роботу керування процесом в цілому.

При повному завантажуванні машини маневрувати нею досить складно, оскільки в зачепленні існують достатньо великі сили тертя, тому необхідно пробуксовувати роликові в зачепленні з шиною, а це руйнує її. В протилежному разі, якщо ролики не пробуксовуватимуть і щеплення з поверхнею буде надійним, то поворот виконати буде практично не можливо, машина просто рухатиметься прямолінійно, а повернуте оператором переднє колесо просто сунутиметься за напрямком руху машини при умові, що оператор втримає його в потрібному положення, важіль керування може взагалі вирвати з рук.

Крім того, базова конструкція системи повороту протруювача передбачає складнішу конструкцію бака.

Запропоновані зміни конструкції системи повороту забезпечують більш комфортні умови керування машиною та підвищують ресурс роботи системи керування та приводних механізмів, а також спрощують конструкцію бака за рахунок відсутності технологічного отвору для важеля керування.

До проведеного вдосконалення віднесено: роздільне вмикання самоходів задніх приводних коліс, причому напруга на ці електродвигуни подається через перетворювачі частоти відповідної потужності, що дозволяє змінювати їх частоту обертання (до межі забезпечення нормальної роботи електродвигуна), а від того і забезпечується різна лінійна швидкість їх осей, що дозволяє створити крутний момент машини в горизонтальній площині

при умові шарнірного закріплення керованого колеса на самовстановлюючійся вилці. Крім того, перемикачами або роздільними вимикачами можливо подавати напругу на електродвигуни для обертання в ту чи іншу сторону. Для досягнення поставленої мети в роботі зроблено ряд розрахунків, в результаті яких встановлено:

- після спрощення конструкції бака його корисний об'єм збільшився на 4 л;

- реалізувати зміну частоти і регулювання робочої швидкості (поворот) розділених приводних коліс можна забезпечити перетворювачами частоти, що наведені в роботі чи просто відмиканням одного з коліс;

- плавний поворот можливий при зміні частоти обертання ведучих коліс за одним із способів: це можна реалізувати тимчасовим зупиненням одно із двигунів колеса, тоді інше буде його обганяти і таким чином здійснюватиметься криволінійний рух машини в сторону забігання колеса;

- різкий поворот при повній зупинці одного із коліс або при різнонаправлених обертаннях ведучих коліс. За наведеним першим варіантом мінімальний радіус повороту по осі коліс становитиме 2 м, а за другим варіантом, коли ведучі колеса рухаються у зворотні боки – 1800 м;

- вертикальна вісь обертання самокерованої вилки зміщена від осі колеса на 81.6 мм, що дозволяє їй самовстановлюватися;

- за параметрами міцності і жорсткості для поздовжніх елементів самокерованої вилки протруювача можна використати прийнятий профіль – прямокутна труба 60x40x3 мм;

- при розрахунку поперечної балки самокерованої вилки спочатку було прийнято таку ж профільну трубу, що й для поздовжніх елементів, але розрахунок показав недостатню її міцність і перерахунок вівся для труби 60x40x4 мм, яка задовольняє поставленим вимогам;

- зварне з'єднання елементів вилки забезпечиться швом із катетом 3 мм;

– прийнятий матеріал підшипника ковзання колеса поліамід АК-7 і конструктивні розміри - діаметр 25 мм та довжина 60 мм повністю задовольняють поставлені умови роботи;

– для повороту самокерованої вилки в її шарнірі цілком достатньо виконати підшипник ковзання у вигляді третьової пари сталь по сталі розрахованих розмірів - зовнішній діаметр основи,  $d' = 0.048$  м, внутрішній діаметр основи,  $d'_0 = 0.032$  м.

– виконано перевірку аналітичних розрахунків з допомогою пакету прикладних програм АРМ WinMashine. Розбіжність результатів складає до 5 %.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Степановских А.С., Нечаева А.В., Панфилова А.Н., Кузнецов П.И. Интегрированная защита сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней при интенсивной технологии возделывания в Зауралье. Омск, 1988.
2. Пушкарев Б.В. и др. Установки для протравливания семян. Журнал Защита и карантин растений № 8, 1999.
3. Сушко И.И. и др. Протруйовач ПК-20: настройка и регулировка. Журнал Защита и карантин растений, № 1, 1999.
4. Протравливание семян зерновых культур. (Рекомендации ВНИИ защиты растений). Журнал Защита и карантин растений, № 2, 1999.
5. Протруйовач камерний ПК-20. Керівництво з експлуатації ПК-20.
6. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1989. 527 с.
7. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
8. Справочник по сопротивлению материалов. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. К.: Наук. думка, 1988. 736 с.
9. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.
10. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1979. 560 с.
11. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. М: Машиностроение, 1980. 565 с.
12. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.
13. Детали машин и механизмов. Курсовое проектирование: Учеб. пособие/ Д.В. Чернилевский. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. 328с.
14. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 1991. 383 с.

15. Анурьев В.Н. Справочник конструктора машиностроителя: В 3-х т. М.: Машиностроение, 1982. Т.1. 736.; Т.2. 584.;Т.3. 576.

16. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.

17. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Сільськогосподарські машини та знаряддя для рослинництва» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього рівня «бакалавр» / А.В. Бабій. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. Частина 1, 2018. 48 с.

18. Andreikiv O.E, Lysyk A.R., Shtayura N. S., Babii A. V. Evaluation of the Residual Service Life of Thin-Walled Structural Elements with Short Corrosion-Fatigue Cracks // Materials Science. 2017. 53, No 4. P. 514-521.

19. Rybak T. I., Babii A. V., Bortnyk I. M., Tsion G. B., and Konovalenko S. I. Estimation of resource of frame steel sections of barbell field sprinklers // Materials Science. 2019. 55, No 6. P. 68–74.

20. Babii A. (2020) Important aspects of the experimental research methodology / Andrii Babii // Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2020. Vol 97. No 1. P. 77–87.

21. Babii A. (2020) Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection / Andrii Babii // Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2020. Vol 98. No 2. P. 99–109.

22. Babii A. (2019) Parameters investigation for independent pendular suspension of sprayer boom. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 96, no 4, pp. 90–100.



23. Babii A., Babii M.(2019) Taking impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 95, no 3, pp. 97-104. .

24. Бабій А., Лещак Р., Барна Р. Корозійна тривкість сталі рами штангових обприскувачів у рідинному середовищі агрохімікатів // Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: спец. вип. журналу „Фізико-хімічна механіка матеріалів”. № 13. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2020. С. 356–360.

25. 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.

26. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.

27. Автухов А.Г., Гряник Г.В. Охорона праці в сільському господарстві. К.: Урожай, 1972. 216 с.

28. Врочинский К. К., Маковский В. Н. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. Киев: Вища школа, 1979. 208 с.

29. Вовк М, Петраш В. Дослідження нерівномірності подачі робочого препарату у протруювачі / Матеріали III Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2020. С.27-28.

30. А.В. Бабій, О.В. Січкоріз, М.В. Вовк. Дослідження способу підвищення маневреності машини для хімічного захисту / Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 37-38.

31. 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. Терноп.: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.

# Додатки