

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

інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів приводних систем малогабаритного протруювача насіння

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

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Січкоріз О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Довбуш А.Д.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Гевко Р.Б.

(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

« _____ » _____
(підпис) Гевко Р.Б.
(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 Січкорізу Олегу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів приводних систем
малогабаритного 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 24.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Продуктивність машини за год осн. часу 5,0 т/год, місткість бункера 40 дм³; робоча швидкість 0,5±0,05 м/хв; місткість бака не більше 60 дм³; діапазон подачі робочої рідини дозатором 0,3...1,0 дм³/хв; споживана потужність на більше 2,2 кВт; місткість бункера 40 дм³; робоча швидкість 0,5±0,05 м/хв;

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування.

2. Обґрунтування основних параметрів розробки.

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 шнековий ПНШ-5. СК. 2А1.

Корпус. СК. 1А1.

Шнек вивантажувальний. СК. 1А1.

Деталювання. 2А1.

Реферат

Мета і завдання дослідження – підвищити ефективність та надійність приводного механізму системи вивантаження насіння та на основі цього провести обґрунтування основних параметрів. Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі завдання:

- виконано аналіз базової конструкції протруювача;
- обґрунтовано параметри пристроїв для забезпечення норми внесення робочого препарату;
- проведено вдосконалення і обґрунтовано параметри вивантажувальної системи;
- виконано дослідження роботоздатності приводного фрикційного механізму;
- проведено імітаційне моделювання елементів приводу.

Об'єктом дослідження – малогабаритний протруювач насіння.

Предмет дослідження – системи вивантаження насіння та приводу коліс.

Апробація результатів. Окремі результати роботи доповідались на: Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів: ТНТУ, 2020.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, використаної літератури та додатків. Основний матеріал викладено на 71 сторінці машинописного тексту. Додатки займають 17 сторінок. Графічний матеріал викладено на 6 листах формату А1.

Ключові слова. Шнек, насіння, привод, протруювач, контактний тиск, пасова передача, шпонкове з'єднання.

Зміст

| | |
|--|----|
| Вступ | 5 |
| 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування | 6 |
| 1.1. Протруювання насіння як захід захисту рослин | 6 |
| 1.2. Дослідження конструкції машин-аналогів | 8 |
| 1.3. Будова і робота протруювача шнекового ПНШ-5 | 12 |
| 1.4. Підготовка протруювача до роботи | 17 |
| 1.5. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра | 20 |
| 2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки | 21 |
| 2.1. Технологічні розрахунки | 21 |
| 2.2. Розрахунок вдосконаленого приводу вивантажувального шнеку протруювача | 27 |
| 2.3. Розрахунок шпонкових з'єднань пасової передачі | 34 |
| 2.4. Розрахунок натяжного механізму пасової передачі | 36 |
| 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки | 42 |
| 3.1. Розрахунок на міцність елементів приводу ведучого керованого колеса | 42 |
| 3.2. Розробка моделі дослідження та аналіз результатів | 49 |
| 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 54 |
| 4.2. Розробка інструкції з охорони праці під час виконання робіт із пестицидами та агрохімікатами | 54 |
| 4.2. Захист персоналу від шуму та вібрацій при роботі протруювача | 63 |
| Загальні висновки | 67 |
| Перелік використаних джерел | 69 |
| Додатки | |

ВСТУП

Підготовка насіння – це чи не найважливіший етап у всьому технологічному процесі вирощування будь-якої культури. Виконати посів непридатним насінням означає звести нанівець всі наступні технологічні операції в процесі вирощування культури. Тобто не можна буде далі в технологічному ланцюзі виправити цю ситуацію більш якісною наступною операцією. Підготовка насіння – це одна із ключових операцій технологічного процесу, яка має прямий вплив на кінцевий результат, тобто урожай. В світовій практиці так заведено, що практично насіння всіх культурних рослин проходить певні стадії підготовки. Підготовка починається найперший з очищення насіння, потім його калібрують, на наступному етапі піддають протруюванню як одному з найефективніших способів захисту. Існує кілька способів виконання цієї технологічної операції: сухе протруювання напівсухе чи мокре протруювання. Це основні способи виконання такого захисту. Кожен з цих способів має свої вимоги до машин, які їх реалізують.

Практично в кожному господарстві, що займається вирощуванням сільськогосподарської продукції є протруювач. Залежності від об'ємів посівного матеріалу, який задовольняє потреби в посіві культурних рослин, вибирають відповідної продуктивності протруювач. Для невеликих фермерських чи підсобних господарств цілком достатнім за продуктивністю може бути протруювач ПНШ-5. Його функціональних можливостей цілком достатньо щоби обробити хімічним препаратом насіння основних типів сільськогосподарських культур, які використовуються в господарствах. Крім того, дуже важливим аспектом є те, що це протруювач українського виробника і вдосконалення такої машини підвищить його позиції на ринку машин для хімічного захисту рослин. Якщо покупець будуть задовольняти технічні параметри даної машини, то кошти від його реалізації будуть осідати українським машинобудівникам.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Протруювання насіння як захід захисту рослин

Практика показує, що із-за грибкових хвороб господарник може втратити навіть весь урожай. Цього можна уникнути, використовуючи передпосівне протруювання насіння та своєчасні сучасні хімічні обробки посівів. Тут значну роль відіграє правильно підібрані хімічні препарати, які будуть запобігати такому захворюванню і поширенню хвороби на інші площі.

Якщо глянути статистику, то грибкові хвороби в світі забирають приблизно третину урожаю фермерів. До таких хвороб відносяться різні види іжі (жовта, бура, стеблова).

З якими хворобами потрібно боротися в першу чергу? До таких хвороб, найперше, відноситься стеблова іржа. Її небезпека в тому, що вона може стовідсотково знищити урожай. Небезпечними є жовта і бура іржа, вона може завдати також значної шкоди і навіть знищити до половини врожаю. Але цим переліком не обмежується хвороби, які існують на зернових. Сюди слід ще віднести такі хвороби: борошниста іржа; фузаріоз колоска; карликова іржа для ячменю; різні головневі захворювання; септоріоз листя; різні цвілі, гнилі і т.д.

Хвороби на посівах розповсюджується надто швидко. Особливо легко можна заразити цілу площу хворобами іржі. Збудник хвороби безперешкодно переноситься повітряними потоками на досить великій відстані. Аграрії, які вчасно обробляли свої поля і мали здорові посіви, можуть навіть не підозрювати, що їх площу накрила хмара збудників хвороби. Тому при зростанні зернових культур потрібно регулярно слідкувати за станом посівів, щоб вчасно виявити небезпечну хворобу та запобігти її розвитку.



Рисунок 1.1 – Зернові, що вражені хворобою

Науково доведено, що найефективнішим способом боротьби з патогенними, які вже є на поверхні насінини, боротися шляхом хімічного протруювання насіння. Перед тим як виконувати цю технологічну операцію необхідно чітко дослідити, які саме збудники хвороби оселилися на поверхні насіння. Це необхідно для того аби правильно підібрати хімічний препарат, який їх знешкодить. Що стосується хвороб посівів, яких вони набувають під час зростання, то тут найефективнішим є вчасний контроль та правильно підібраний хімічний препарат, який повинен виявлену хворобу усунути безпосередньо на рослинах, які ростуть. Наприклад, що стосується захворювання іржі, то протруювання насіння тут не буде мати ефекту. З цією хворобою потрібно боротися при розвитку рослин [1].

Якщо говорити про таке захворювання як коренева гниль або фітофтора, то найефективнішим методом боротьби з цими хворобами є саме агротехнічний метод, тобто правильно підібрана сівозміна, правильний обробіток ґрунту, правильно вибрана група добрив і внесена їх оптимальна кількість та пропорція, а також підготовка насіння. Щодо твердої голівешки пшениці і ячменю, то тут шлях боротьби тільки хімічними засобами.

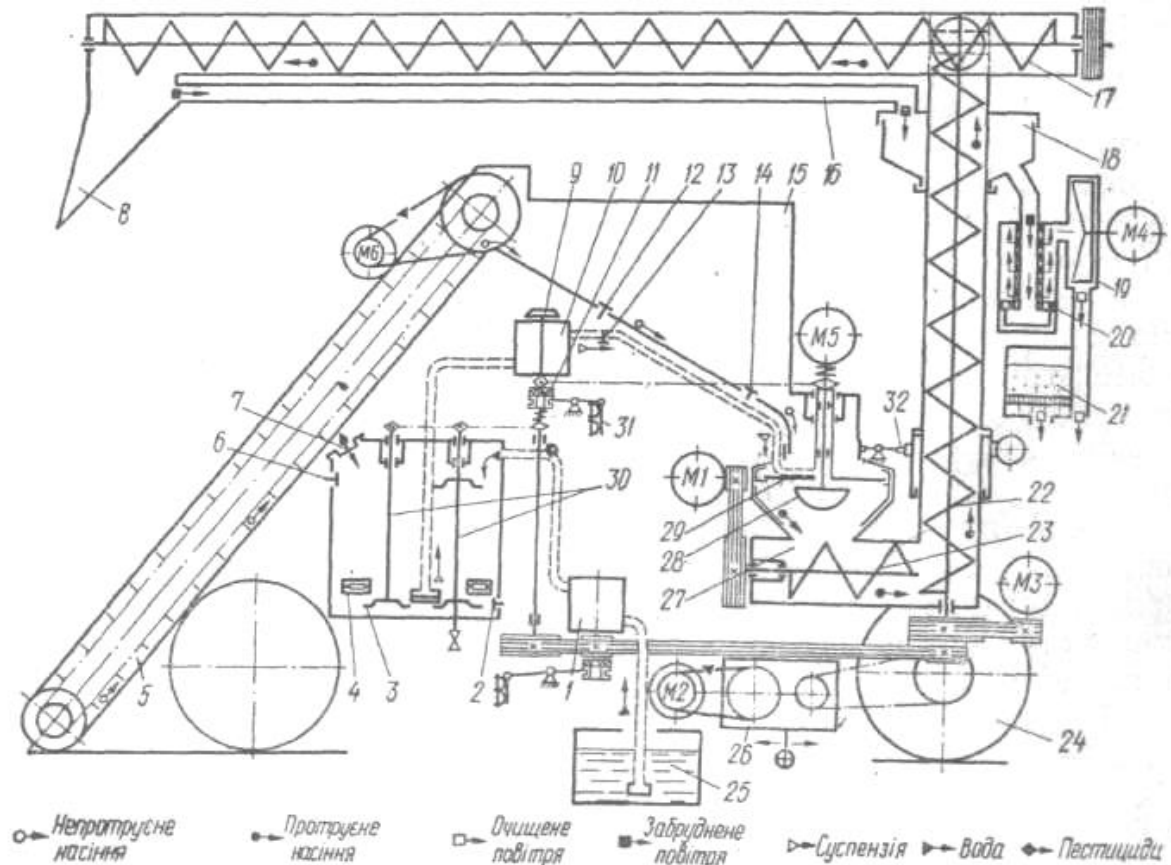
Тому правильно підібрані та якісні хімічні препарати, правильна та своєчасна обробка ними – це запорука здорового насіння і розвиток рослини аж до врожаю.

1.2 Дослідження конструкції машин-аналогів

Зосередимо своє дослідження на вдосконаленні машин для хімічного захисту рослин частині протруювання насіння. Тобто будемо розглядати роботу протруювачі. Такі машини повинні добре перемішувати насіння, рівномірно покриваючи їх робочим препаратом при заданій нормі. Виконуючи даний технологічний процес, такі машини не повинні пошкоджувати насіння, яке поступило на протруювання. Такі машини не повинні чинити шкоди в процесі роботи для обслуговуючого персоналу, конструктивно вони повинні бути виконані простими та доступними в обслуговуванні, а також операції завантажування і розвантажування повинні бути механізованими [2-4].

Розглянемо кілька конструкцій найпоширеніших протруювачів, які є на ринку України. Почнемо з протруювача насіння ПС–10. Це класична конструкція протруювача, яка дуже добре себе зарекомендувала в процесі експлуатації. Такий протруювач призначається для виконання хімічного захисту насіння зернових, зернобобових та інших технічних культур. Конструктивно дана машина представляють собою автоматизовану, самопересувну конструкцію, що живиться від електродвигунів загальною потужністю 4, 6 кВт. Технологічний процес такій машині можна розділити на дві стадії: приготування робочого розчину та безпосереднє виконання протруювання насіння.

Технологічна схема та складові протруювача наведено на рисунку 1.2.



1 – насос; 2, 6, 12, 13 і 14 – датчики; 3 і 25 – резервуари; 4 – електронагрівач; 5 – конвейєр-підбирач; 7 – горловина; 8 – лотік; 9 – регулятор; 10 і 32 – дозатори; 11 – півмуфта; 15 – бункер насіння; 16 – відсмоктувальний патрубков; 17, 22 і 23 – вивантажувальні шнеки; 18 – повітропровід з колектором; 19 – вентилятор; 20 – повітроочисний пристрій; 21 – бункер; 24 – ходове колесо; 26 – механізм пересування; 27 – камера протруювання; 28 – розшилювач; 29 – диск; 30 – мішалки; 31 – електромагніт; M1 – M7 – електродвигуни

Рисунок 1.2 – Технологічна система протруювача ПС-10

Характерною особливістю даного протруювача є те, що він обладнаний спеціальними фільтруючими пристроями повітря. Забруднене пестицидами повітря мінімально розповсюджується в робочій зоні оператора, а, проходячи через фільтруючі пристрої відносно очищеним, виходить назовні. Це дуже важливий фактор, оскільки головною небезпекою для обслуговуючого персоналу є запиленість робочої зони дрібнодисперсними частинками пестицидів, які є отруйними для людського організму [5-7].

Другою характерною особливістю даної конструкції протруювача є те, що його шасі виконано у вигляді зварної конструкції і має повноцінні передній та задній ведучий мости. Така будова за аналогом транспортного засобу. Ведучий міст має диференціали, які спрацьовують при повороті такої машини. Оператор керує даною машиною, безпосереднього знаходячись на ній з допомогою рульового керування. Такий спосіб управління протруювача має і позитивні і негативні моменти. До позитивних можна віднести те, що оператор може досить точно вести дану машину щодо бурта насіння чи для переїзду у вказане місце, оскільки машина є досить зручною в управлінні. Негативним моментом є те, що даною машиною не можна управляти дистанційно, тобто оператор постійно знаходиться в зоні забору та протруювання насіння. А це означає, що при заборі насіння з бурта виникає значна запиленість робочої зони, а при недостатньо ущільнених елементах протруювальної камери можливе ще і забруднення робочої зони дрібнодисперсними пестицидами. І тому безпосереднє знаходження в цій зоні може викликати певні небезпеки.

Наступною розглянемо конструкцію більш примітивного протруювача, але за проведеними випробуваннями досить продуктивного та ефективного [2].

Протруювач насіння зернових культур малооб'ємний ПЗМ-1 виготовляє його ВАТ «ВІСХОМ», рис. 1.3



Рисунок 1.3 – Протруювач насіння зернових культур малооб’ємний ПЗМ-1

На противагу професійному протруювачу ПС-10 розглянемо більш примітивну конструкцію малооб’ємного протруювача ПЗМ-1. Це протруювач тачкового типу, який необхідно переміщати вручну. Він у своєму складі має агрегат, що призначається для приготування робочої рідини. Сюди входить насосна станція з високонапірною та низьконапірною комунікаціями. Також варто віднести бак, все це монтується на візку. Наступним основним вузлом протруювача є камера. Її характерною особливістю є те, що до конструкції входять розпилювачі та відбивачі, що сполучені спеціальними пластмасовими трубами. Специфікою такого протруювача є те, що він приєднується через спеціальну насадку до зерноавантажувача і в тандемі разом з ним проходить забір матеріалу та його протруювання. Такий протруювач має швидше побутовий характер ніж професійний. Його живлення від мережі 220В. Для невеликих фермерських господарств чи підсобних господарств його продуктивності цілком достатньо. Він є професійнішим пристроєм для протруювання насіння ніж використання бетонозмішувачів.

Щодо принципу його роботи, то подача робочої рідини змінюється завдяки зміні робочого тиску, який міняється при допомозі спеціального

редукційного клапана. А також більш грубі налаштування – це заміна розпилювачів з відповідними поперечними перетинками їх отворів.

Виробник даного протруювача декларує його продуктивність до 60 т/год. Така продуктивність – це продуктивність професійних протруювачів. Тут подача рідини забезпечується тут від 1.5 до 10 літрів на хвилину. Місткість бака для робочого розчину 140 л. Тиск, який може забезпечити напірна магістраль складає до 0,65 МПа.

Аналізуючи дану конструкцію протруювача, варто відмітити те, що він, на наш погляд, має ряд недоліків. Серед яких нездатність само пересуватися для забору зернового матеріалу. Крім того, процес вивантаження насіння не може забезпечити завантаження в мішкотару чи транспортні засоби. Він фактично залишається окремою протруювальною камерою, через яку повинне проходити насіння рівномірним потоком, а його функція лише на цей потік забезпечити необхідну кількість робочого розчину. Через обмежену його функціональність такий протруювач на ринку не є надто популярним серед споживачів такої продукції. Тому враховуючи недоліки наведених конструкцій протруювачі, зосередимо свою увагу на вдосконаленні розглядуваного протруювача за темою роботи.

1.3 Будова і робота протруювача шнекового ПНШ–5

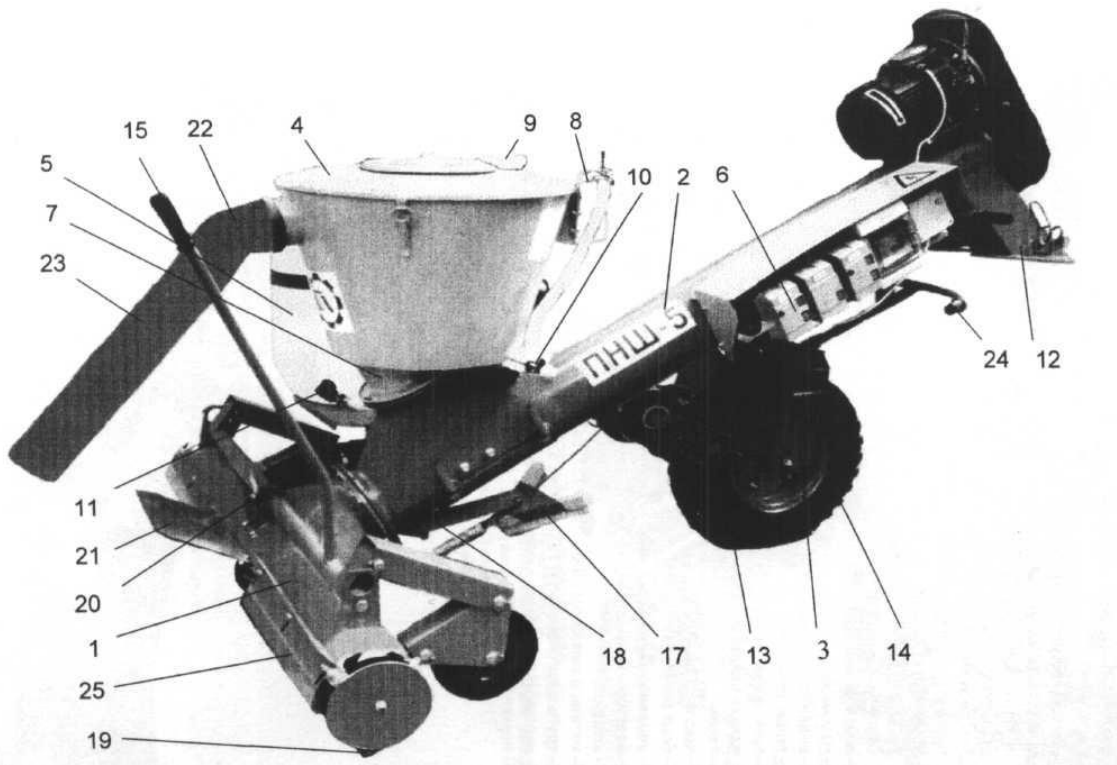
Протруювач призначений для зволоженою методу протруювання насіння зернових культур водними розчинами і суспензіями протруйників, рекомендованих для використання в Україні. Робочі рідини приготавлиються із розрахунку одержання 10л водних розчинів (суспензій). При цьому вологість насіння підвищується не більше 0,8% [8].

Протруювач використовується на підприємствах АПК і фермерських господарствах в осінньо–весняний періоди з посівною площею в сезон до

1000 га.

Будова і робота протруювача

Протруювач с автоматичною, самопересувною, в процесі протруювання, машиною з електроприводом робочих органів і складається із таких основних механізмів (рис. 1.4): завантажувального шнека (1);



1 – шнек завантажувальний; 2– шнек змішувально–вивантажувальний; 3– механізм самохода; 4– бункер насіння; 5– бак робочої рідини; 6– пульт електрообладнання; 7– шнек вертикальний; 8– регулятор робочої рідини; 9– бачок постійного рівня; 10– дозуюча заслінка; 11 – гідромішалка; 12– вивантажувальні горловини для мішків; 13–ролик самохода; 14– колесо самохода; 15– важіль механізму підйому шнека; 16– гачок; 17– чистик; 18– болт регулювальний; 19–ущільнення; 20– болт регулювальний; 21–козирок; 22– кутник пластмасовий з ущільненням; 23– труба пластмасова з ущільненням; 24– механізм керування і вмикання самохода; 25– перегородка шнека

Рисунок 1.4 – Протруювач шнековий ПНШ–5

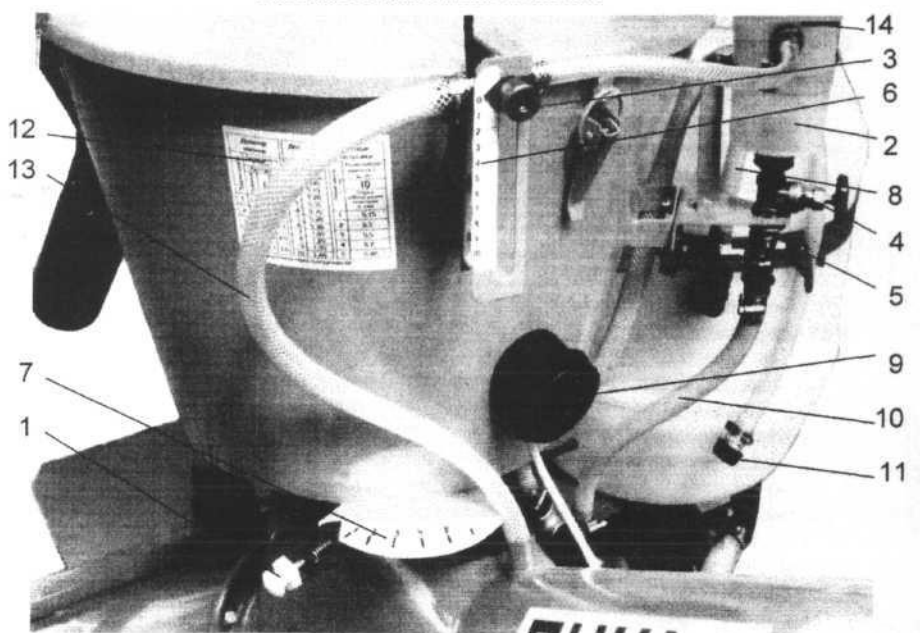
змішувально–вивантажувального шнека (2); механізму самохода (3); бункера насіння (4); бака робочої рідини (5); пульта електрообладнання (6). шнека вертикальною (7); дозатора рідини (8),(9); двох горловин для мішків (12) та насосної установки (рис.1.4).

Протруювач виконує такі операції: завантажування насіння із бурта в бункер; приготування робочих рідин; нанесення протруйників на насіння і вивантаження його в мішки.

Процес протруювання безперервний.

Робоча рідина готується із протруйників в баку (5), де вони перемішуються з водою за допомогою гідромішалки (11) (рис. 1.4).

Настройку протруювача на відповідну продуктивність по насінню проводять, відповідно інструкції з експлуатації.

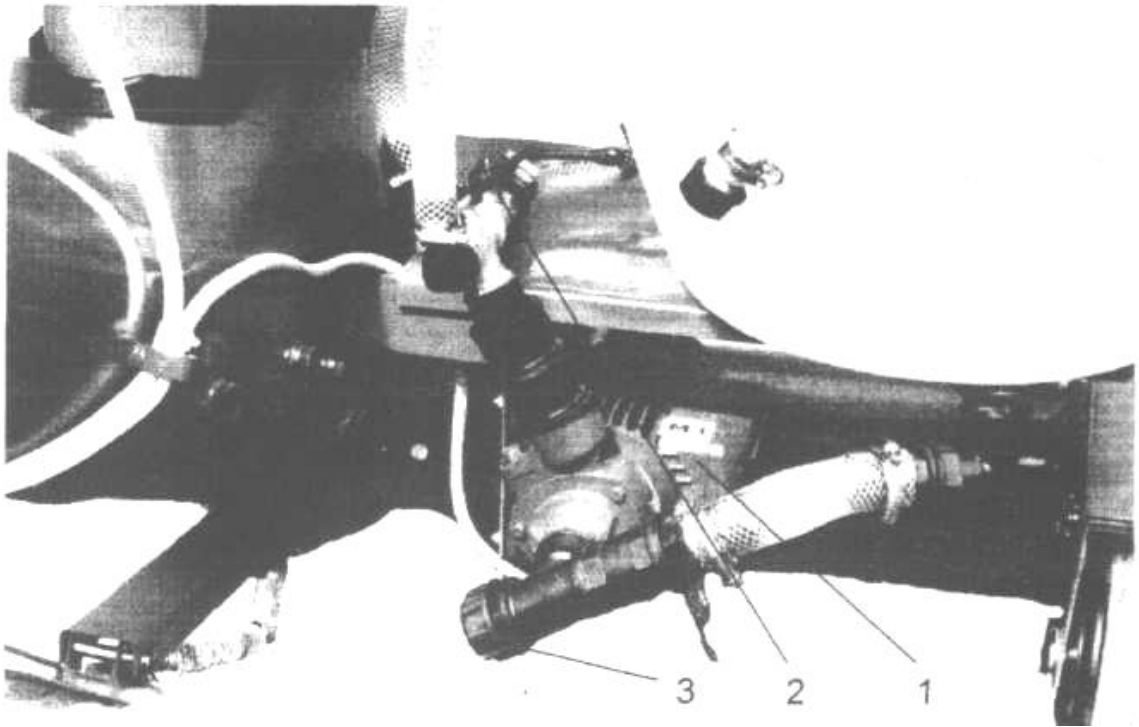


1–дозуюча заслінка; 2–бачок постійного рівня; 3–регулятор робочої рідини; 4–вентиль; 5–кран кульовий; 6–шкала дозатора робочої рідини; 7–шкала дозатора насіння; 8–шланг переливний; 9–датчик керування самоходом; 10–шланг напірний; 11–заглушка; 12–таблиця настройки дозаторів рідини і насіння; 13–шланг; 14–мітка

Рисунок 1.5 – Дозатори робочої рідини та насіння

Процес протруювання виконується в такій послідовності: Насіння із бурта завантажувальним шнеком (1) та вертикальним шнеком (7) подається в бункер протруювача (4). Із бункера насіння поступає в змішувально–вивантажувальний шнек (2), куди подається відповідна кількість робочої рідини. В змішувально–вивантажувальному шнеку насіння перемішується з робочою рідиною та вивантажується в мішки, які під’єднуються до горловин вивантажувального шнека (12) (рис. 1.4). Технологічний процес

протруювання виконується в автоматичному режимі. Для цього в бункері встановлений датчик керування самоходом (9) (рис. 1.5), який контролює рівень насіння в бункері. При заповненні бункера насінням до рівня датчика, вмикається механізм самоходу і пересування протруювача в борт припиняється. При зниженні насіння нижче рівня датчика в роботу вмикається механізм самохода і протруювач пересувається в борт.



1– насосна установка; 2–кран кульбовий; 3–заглушка насоса

Рисунок 1.5 – Насосна установка

Переміщення протруювача в межах зерносховища здійснюється шляхом його пересування обслуговуючим персоналом.

Підготувавши необхідну кількість мішкотари з відповідною настройкою дозаторів насіння і робочої рідини, протруювач готовий до роботи.

Технічна характеристика протруювача наведена в таблиці 1.1 [8].

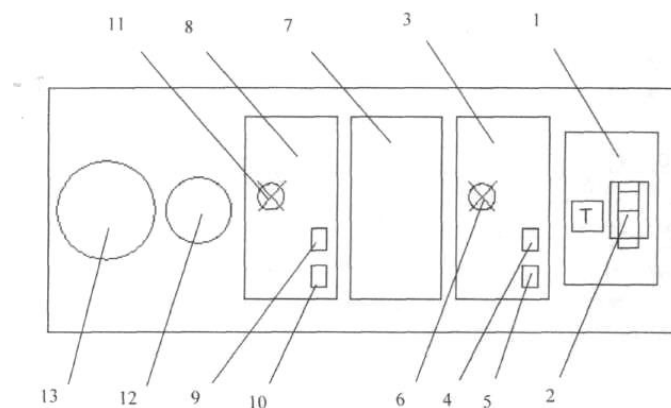
Таблиця 1.1 – Технічна характеристика

| Назва параметра та розміру | Норма |
|--|---------------------------------------|
| Марка | ПНШ–5 |
| Тип | Самопересувний в процесі протруювання |
| Продуктивність (на насінні пшениці), т/год –основного часу –експлуатаційного | 2...5 1,4...3,5 |
| Маса протруювача суха (конструкційна) з повним комплексом робочих органів та пристроїв, не більше кг | 245 |
| Місткість бака, не більше дм ³ | 60 |
| Подача дозатора робочої рідини дм /хв | 0,30...1,0 |
| Робоча швидкість м/хв | 0,5±0,05 |
| Споживана потужність, не більше кВт | 2,2 |
| Кількість персоналу, що обслуговують (при вивантаженні насіння в мішки), не більше люд. | 3 |
| Місткість бункера насіння, не менше дм ³ | 40 |
| Продуктивність насоса дм /хв | 0. .40 |
| Габаритні розміри в робочому і транспортному полож., не більше мм: –довжина –ширина –висота | 2350 1570 1510 |

1.4 Підготовка протруювача до роботи

Органи керування призначені для керування технологічним процесом, а прилади – для контролю за роботою протруювача [9].

До органів керування відносяться кнопки на пускачах і важіль запобіжного вимикача на пульті (рис 1.6), крани, вентиля гідрокомунікації (рис. 1.5), а також механізм підйому шнека (15), керування і вмикання самоходом (24) (рис. 1.4) [8].



1–запобіжний вимикач; 2–важіль запобіжного вимикача; 3–пускач шнеків; 4–кнопка "Пуск" шнеків і самохода; 5–кнопка "Стоп" шнеків і самохода; 6–лампа "Шнеки включені"; 7–пускач самохода; 8–пускач насоса; 9–кнопка "Пуск" насоса; 10–кнопка "Стоп" насоса; 11–лампа "Насос включений"; 12–трансформатор; 13–вилка ВП

Рисунок 1.6 – Пульта керування

5.2 До приладів контролю відносяться – мірна ємкість, шкали дозатора насіння (7) і робочої рідини (6) (рис. 1.5).

5.3 Керування роботою окремих механізмів протруювача здійснюється з пульта (6) (рис.1.4) органами керування, відповідно до принципової електричної схеми протруювача.

Обкатка і налагодження. Перед початком протруювання необхідно провести обкатку і налагодження протруювача.

Протруювач поставляється споживачу в зібраному стані, одним місцем.

Перевірте комплектність протруювача. Перевірте кріплення

складальних одиниць, деталей, шлангових з'єднань і забезпечте необхідний натяг пасової передачі. Перевірте надійність закріплення проводів у пульті.

Механізми протруювача: привод шнеків (редуктор завантажувального шнека та змішувально–вивантажувального шнека), мотор–редуктора самохода, змащуються заводом–виготовлювачем і не потребують додаткового змащення протягом всього терміну служби.

Перевірте тиск повітря в шині самохода і при необхідності доведіть його до норми. Нормальний тиск повітря колеса самохода – $0.2 \pm 0.01 \text{ МПа}$ (2 кгс/см^2).

При зниженому тиску в колесі самохода можливе пробуксовування ролика (13) по шині колеса (14) і зниження продуктивності протруювача та якості протруювання.

Нормальний тиск повітря колеса самохода – $0.2 \pm 0.01 \text{ МПа}$ (2 кгс/см).

Залийте в бак не менше 15л води.

Перед початком роботи, силовий кабель та розетку РШ–32, які комплектуються другим місцем під'єднати до машини та джерела живлення таким чином:

1) Кінець кабеля на якому знаходиться розетка ГП, під'єднати до стаціонарно закріпленого на машині кабеля з вилкою ВП (13) (рис.1.6).

2) Розетку РШ–32 закріпити і під'єднати до джерела живлення по місцю експлуатації, після цього під'єднайте другий кінець кабеля з вилкою ВШ–32 до цієї розетки. Подайте напругу.

Роз'єднання кабеля виконайте у зворотному порядку.

Увімкніть запобіжний вимикач (1) (рис. 1.10) і перевірте його роботу, натиснувши на кнопку "Т". При цьому вимикач повинен вимкнутися.

Увімкніть повторно запобіжний вимикач (1).

Перевірте напрям обертання двигунів шнеків, насоса і самохода на відповідність напрямкам , вказаних стрілками на відповідних приводах, натиснувши кнопку (4) "Пуск шнеків" і кнопку (9) "Пуск насоса" (рис. 1.6)

Перевірте ефективність роботи гідромішалки в баку, натиснувши

кнопку (9). Струмінь води з гідромішалки повинен бути направлений по дотичній до поверхні бака в горизонтальній площині для уникнення "воронки" у всмоктуючому отворі. Інтенсивність роботи мішалки визначається кількістю подачі на неї води і регулюється краном (2).

Проведіть обкатку протруювача на холостому режимі протягом 5...7 хв. При роботі протруювача не повинно бути різких стуків, шумів. Перевірте ступінь нагріву електродвигунів і корпусів підшипників. Температура їх нагріву не повинна перевищувати 60–70^оС.

Підготовка до роботи. Встановіть протруювач завантажувальним шнеком до бурта (кучі) насіння, що підлягає протруюванню.

Переведіть шнек завантажувальний (1) (рис.1.4) за допомогою важеля (15) механізму підйому в робоче положення і знявши гачок (16), опустіть чистик (17) на землю. Чистик призначений для запобігання попаданню насіння під час роботи під шину самохода.

За допомогою регулювального болта (18) відрегулюйте положення чистика таким чином, щоб він щільно прилягав до землі.

Торкання ущільнення (19) в поверхню площадки (току) не допускається. Необхідну віддасть між ущільненням завантажувального шнека та площадкою відрегулюйте болтом регулювальним (20).

Встановіть на завантажувальному шнеку козирок (21), закріпивши його двома болтами М8, гайками і шайбами та трубу пластмасову (23) з коліном (22) (з комплекту протруювача) встановіть на патрубок бункера (4)

Переведіть важіль (24) самохода в робоче положення (вверх до упора), при цьому ролик (13) повинен увійти в зачеплення з шиною колеса (14) на глибину 10... 15 мм і не пробуксовувати по шині колеса.

Увімкніть вилку штепсельну кабелю живлення в розетку електромережі напругою – 380В.

1.5 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра

Тема кваліфікаційної роботи магістра „Обґрунтування параметрів приводних систем малогабаритного протруювача насіння”.

Вдосконалення існуючих вітчизняних конструкцій машин є пріоритетними завданнями конструкторів. Це пов'язано з багатьма причинами. Серед них можна виділити і фінансові, тому що споживач робитиме капіталовкладення у внутрішній ринок, а не спонсоруватиме закордонних виробників. А для того щоб так відбувалося, то машини, які виробляються на внутрішньому ринку повинні бути ефективними в плані технологічного процесу та надійними в роботі, зручними в керуванні і т.д, але поряд з цим їх ціна повинна бути нижчою від закордонних аналогів.

В даній роботі зосереджено увагу на вдосконаленні шнекового протруювача, а саме на вдосконаленні приводу вивантажувального шнека, колісному приводі, який випускається ТДВ „Львівагромашпроект”.

Базова конструкція приводу вивантажувального шнека складається з двох прямозубих циліндричних коліс. Матеріал зубчастих коліс - текстоліт. При експлуатації такої конструкції виявлено ряд недоліків, які у вигляді рекламацій поступили на завод. Серед них виділяємо такі: втрата надійності шпонкового з'єднання, особливо, коли не дотримано при виготовленні посадки із розрахованим натягом (розбивається посадочне місце); дана передача вимагає жорсткої плити при кріпленні електродвигуна для забезпечення високої точності зубчастого зачеплення; зустрічався випадок, коли потрапив сторонній предмет між зуби і призвів до руйнування зуба та заклинювання передачі.

Після цього було поставлено завдання замінити дану передачу пасовою, причому, основні конструктивні елементи залишити базовими.

Саме ці питання і є розвинутими в даній роботі.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1 Технологічні розрахунки

Приготування робочих рідин [6, 8].

Для протруювання використовуються водні розчини або суспензії протруйників рекомендованих для використання в Україні, різних препаративних форм: водорозчинні рідини, пасти і змочуючі порошки.

Рекомендовану кількість протруйників на одну тонну насіння необхідно перемішувати з водою для одержання 10л робочого розчину (q_p), який наноситься на одну тонну насіння.

При протруєнні насіння з нормою витрати порошкоподібних препаратів більше 2 кг/т, робочі рідини необхідно приготувати із розрахунку 5л води на 1 кг протруйника.

Приготування робочих рідин на повний об'єм бака проводиться в залежності від препаративних форм і норм їх внесення на одну тонну насіння – згідно табл. 2.1.

Для приготування робочих рідин з нормами витрат не передбачених в табл. 2.1, необхідну кількість протруйника на повний об'єм бака визначаємо

$$Q = \frac{U_6 \cdot q}{q_p} = \frac{50 \cdot q}{10} = 5q, \text{ л(кг)}, \quad (2.1)$$

де Q – кількість протруйника на об'єм бака, (л., кг);

q – норма витрати протруйника на одну тонну насіння (кг, л.);

U_6 – об'єм бака, $U_6=50$ л.;

q_p – витрата робочої рідини на одну тонну насіння, $q_p = 10$ л/т.

Наприклад, необхідно приготувати повний бак робочої рідини при

нормі витрати протруйника, $q = 2.5$ л/т.

Таблиця 2.1 – Норми протруйника

| Форма протруйника | Норма витрати протруйника q , л (кг)/т | Кількість протруйника Q (кг, л) на об'єм (50л) |
|-------------------|--|--|
| Рідини | 0.2 | 1.0 |
| | 0.4 | 2.0 |
| | 0.5 | 2.5 |
| | 1.0 | 5.0 |
| | 1.5 | 1.5 |
| | 2.0 | 10.0 |
| | 3.0 | 15.0 |
| Порошки | 1.0 | 5.0 |
| | 1.5 | 7.5 |
| | 2.0 | 10.0 |
| | 3.0 | 15.0 |

Визначаємо необхідну кількість протруйника Q .

При нормі протруйника 2,5 л/т, його кількість для приготування повного об'єму (50л) бака складає

$$Q = 5 \cdot q, \quad (2.2)$$

Тоді

$$Q = 5 \cdot 2,5 = 12,5 \text{ л.}$$

В бак заливаємо (засипаємо) 12,5 (л, кг) протруйника і доливаємо води до мітки "50" л на шкалі.

При необхідності протруєння кількості насіння, для якої непотрібно

приготовлювати повний об'єм бака робочої рідини, необхідна кількість води в таких випадках визначається за залежністю

$$H = M(q_p - q), \text{ л}, \quad (2.3)$$

де H – необхідна кількість води, л;

M – кількість насіння для протруєння, т;

q_p – витрата робочої рідини на одну тону насіння, л;

q – норма витрати протруйника на одну тону насіння, л/т.

Наприклад, необхідно протруїти 4 т насіння, при витраті протруйника – 0,2л/т.

Необхідна кількість протруйника

$$Q = 4 \cdot 0.2 = 0.8 \text{ л.}$$

Необхідна кількість для цього води

$$H = 4(10 - 0.2) = 39.2 \text{ л.}$$

В бак доливаємо води до відмітки 39л по шкалі і заливаємо 0,8л протруйника.

Після приготування робочої рідини натиснувши на кнопку (9) (рис. 1.6), вмикаємо в роботу насос (1) і при цьому відкривши кран (2) (рис. 1.9), та перекривши кран (5) (рис. 1.5), весь потік рідини від насоса поступає на мішалку (11) (рис. 1.4)

При застосуванні рідких протруйників необхідний час перемішування для одержання однорідного розчину – 2...3 хв, при застосуванні порошкоподібних препаратів – 3...7 хв.

Одержавши однорідну концентрацію робочої рідини, необхідно

перевірити відповідність фактичної витрати робочої рідини витраті, яка наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Перевірка витрати робочої рідини

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-----|-----|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Поділка шкали дозатора робочої рідини | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Витрата робочої рідини, л/хв. | 0 | 0,1 | 0,2 | 0.55. | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1,00 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |

Для проведення перевірки необхідно відкрити кран (5) і вентилем (4) встановити рівень робочої рідини в бачку постійного рівня (2) до мітки (14) так, щоб ніпель, через який подається рідина у вивантажувальний шнек, був постійно закритий рідиною, при цьому регулятор робочої рідини (3) повинен знаходитись в положенні „0” по шкалі дозатора робочої рідини (6) (рис. 1.5).

Після цього потрібно виймати шланг (13) із змішувально-вивантажувального шнека і користуючись таблицями 2.2 і 2.3 регулятор (3) встановити по шкалі (6) на необхідну подачу робочої рідини в залежності від встановленої продуктивності протруювача і при ввімкненому насосі взяти проби за 30 с у мірну ємність. Кількість проб – не менше 3.

Таблиця 2.3 – Параметри налаштування

| Витрата робочої рідини від продуктивності | | | |
|--|------|------|------|
| Продуктивність протруювача, P_f , т/год. | | | |
| 2 | 3 | 4 | 5 |
| Витрата робочої рідини, P , л/хв. | | | |
| 0,30 | 0,50 | 0,70 | 0,85 |

Фактична подача робочої рідини може відрізнятись від витрати наведеній в таблиці 2.2, тому при відхиленні фактичної витрати від норми більше 5% потрібно провести повторне встановлення регулятора (3) по висоті і взяти проби.

При відхиленні фактичної P_{ϕ} продуктивності протруювача відносно даних табл. 2.4 необхідно від коректувати кількість подачі робочої рідини по формулі

$$P = \frac{P_{\phi} \cdot q_p}{60}, \text{ л/хв}, \quad (2.4)$$

де P – необхідна продуктивність дозатора робочої рідини, л/хв.;

q_p – норма витрати робочої рідини на одну тонну насіння, кг(л)/т;

P_{ϕ} – фактична продуктивність протруювача, т/год.

Після встановлення дозатора рідини на необхідну витрату потрібно перекрити кран (5) (рис 1.5) і вимкнути насос кнопкою (10) рис. 1.6.

Вентиль (4) відкривати на величину подачі, при якій робоча рідина зливається через переливний шланг (8) в бак.

Регулювання дозатора насіння [5]

Орієнтовна продуктивність протруювача по насінню приведена в табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Орієнтовна продуктивність протруювача

| Поділка шкали дозатора насіння | Продуктивність протруювача, П , т/год. | | |
|--------------------------------|--|--------|------|
| | Пшениця | Ячмінь | Овес |
| 1 | 1.0 | 0.8 | 0.5 |
| 2 | 2.0 | 1.5 | 1.0 |
| 3 | 3.0 | 2.5 | 1.5 |
| 4 | 4.0 | 3.0 | 2.0 |
| 5 | 5.0 | 3.5 | 3.0 |

Фактична продуктивність протруювача може значно відрізнятись від даних в табл. 2.4 із-за різних фізичних властивостей насіння, його чистоти та ін. Тому фактичну продуктивність протруювача необхідно перевірити на кожній культурі шляхом взяття проб і їх зважування.

Встановити дозуючу заслінку (4) в положення "О" по її шкалі (7) і (рис. 1.5).

Потрібно поставити протруювач перед буртом насіння і увімкнути в роботу механізм самоходу (3) та перевести важіль (15) в робоче положення (вверх до упору).

В залежності від вибраної продуктивності по насінню, встановіть перегородки шнека (25) (рис. 1.4) у відповідне положення: при максимальній продуктивності – в крайнє верхнє положення, а при мінімальній – в крайнє нижнє положення.

Під'єднайте два мішки до горловин шнека (12). Для подачі насіння в бункер (4) (рис. 1.4), увімкніть кнопку (4) пускача шнеків (3) (рис 1.6).

При досягненні насінням в бункері рівня датчика, встановіть дозуючу заслінку (1) (рис. 1.5) на вибрану продуктивність і візьміть в один із мішків проби за 15...30 с для визначення фактичної продуктивності протруювача P_{ϕ}

$$P_{\phi} = 3.6 \frac{m_1 + m_2 + m_3}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad \text{т/год}, \quad (2.5)$$

де 3,6 – перевідний коефіцієнт;

m_1, m_2, m_3 – вага проби насіння, кг;

t_1, t_2, t_3 – час взяття відповідної проби, с.

Вага кожної проби не повинна відхилитися більше ніж $\pm 5\%$ від даних в табл. 2.4.

При розбіжності одержаної продуктивності від вказаної в табл. 2.4, перемістіть у відповідне положення дозуючу заслінку (1) і знову визначіть фактичну продуктивність.

Після визначення фактичної продуктивності по насінню необхідно провести повне вивантаження насіння з протруювача. Для цього потрібно відвести протруювач від бурта перевівши при цьому важіль включення самохода (24) (рис. 1.4) у нейтральне положення і важіль механізму підйому (15) у транспортне положення.

2.2 Розрахунок вдосконаленого приводу вивантажувального шнеку протруювача

Базова конструкція приводу вивантажувального шнека складається з двох прямозубих циліндричних коліс:

- ведучого колеса $d_1 = 120$ мм;
- веденого – $d_2 = 300$ мм;
- модуль зубів $m = 3$ мм;
- міжосьова віддаль $a_w = 210$ мм.

Матеріал зубчастих коліс – текстоліт. При експлуатації такої конструкції виявлено ряд недоліків, які у вигляді рекламаций поступили на завод. Серед них виділяємо такі: втрата надійності шпонкового з'єднання, особливо, коли не дотримано при виготовленні посадки із розрахованим натягом (розбивається посадочне місце); дана передача вимагає жорсткої плити при кріпленні електродвигуна для забезпечення високої точності зубчастого зачеплення; зустрічався випадок, коли потрапив сторонній предмет між зуби і призвів до руйнування зуба та заклинювання передачі.

Після цього було поставлено завдання замінити дану передачу пасовою, причому, основні конструктивні елементи залишити базовими.

При визначенні типу паса, міжцентрової відстані і натягуючого зусилля, що забезпечує нормальне натягнення паса, керуємося методикою і рекомендаціями [10-13].

При виборі типу паса беремо до уваги, що головним чинником служать вимога уніфікації клинопасових передач, які використовуються на підприємстві.

Перетин паса клинопасової передачі повинен бути Б.

Для приводу механізмів протруювача встановлено асинхронний електродвигун: АИР90L6, для якого $n = 1000$ об/хв, з врахуванням проковзування $n' = 930$ об/хв і потужністю $N = 1.5$ кВт.

Момент, що передається валом електродвигуна визначимо з формули [11]

$$N = M\omega, \quad (2.6)$$

де M – момент, що передається електродвигуном;

ω – кутова швидкість вала електродвигуна,

$$\omega = \frac{\pi n'}{30};$$

тоді

$$\omega = \frac{3.14 \cdot 930}{30} = 97.3 \text{ с}^{-1},$$

звідки

$$M = \frac{1.5 \cdot 10^3}{97.3} = 15.4 \text{ Нм.}$$

Швидкість паса визначається за формулою

$$V = \frac{D_1 \omega}{2}, \quad (2.7)$$

де V – швидкість паса, м/с ;

D_1 – прийнятий діаметр малого шківа, $D_1 = 0.1$ м ;

ω – кутова швидкість обертання вала електродвигуна, $\omega = 97.3$ с⁻¹.

Визначаємо швидкість

$$V = \frac{0,1 \cdot 97,3}{2} = 4,9 \text{ м/с.}$$

З метою уніфікації клинопасової передачі приймаємо пас профілю Б.

Згідно [11] розміри перетину профілю Б наступні:

b_p – робоча ширина паса, $b_p = 0,014$ м ;

W – загальна ширина паса, $W = 0,017$ м;

h – товщина паса, $h = 0.0105$ м.

При такій швидкості паса він може передавати потужність не більше 1,6 кВт, що достатньо для нашої передачі.

Частота обертання веденого валу.

За частотою обертання веденого валу визначаємо діаметр веденого шківа:

- передаточне число

$$i = n'_1 / n_2, \quad (2.8)$$

де n_2 – частота обертання вала вивантажувального шнека, $n_2 = 372$ об/хв.,

тоді

$$i = \frac{930}{372} = 2,5;$$

- діаметр веденого шківа

-

$$D_2 = D_1 \cdot i, \quad (2.9)$$

D_1 – діаметр меншого шківа, $D_1=0,1$ м;

D_2 – діаметр більшого шківа, $D_2=0,25$ м.

Значення

$$D_2 = 0.1 \cdot 2.5 = 250 \text{ м.}$$

Міжцентрова відстань.

Найменша міжцентрова відстань визначається за формулою

$$A'_{\min} = 0.55(D_1 + D_2) + h, \quad (2.10)$$

де A'_{\min} – найменша міжцентрова відстань, м,

$$A'_{\min} = 0.55(0.1 + 0.25) + 0.0105 = 0.203 \text{ м.}$$

Найбільша міжцентрова відстань, що рекомендується, визначається за формулою

$$A'_{\max} = 2(D_1 + D_2), \quad (2.11)$$

$$A'_{\max} = 2(0,1 + 0,25) = 0,7 \text{ м.}$$

Виходячи з габаритів передачі міжцентрову відстань приймаємо $A=0,210$ м.

По вибраній орієнтовній міжцентровій відстані визначаємо розрахункову довжину паса

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}, \quad (2.12)$$

$$L = 2 \cdot 0.21 + \frac{\pi}{2}(0.1 + 0.25) + \frac{(0.25 - 0.1)^2}{4 \cdot 0.21} = 0.997 \text{ м.}$$

Вибираємо найближчу стандартну довжину паса $L = 1.0$ м.

З урахуванням цієї довжини остаточно міжцентрова відстань визначається по формулі

$$A = 0.25 \left[(L - W) + \sqrt{(L - W)^2 - 8y} \right], \quad (2.13)$$

$$\text{де } W = \pi \left(\frac{D_2 + D_1}{2} \right) = \pi \left(\frac{0,25 + 0,1}{2} \right) = 0,55 \text{ м};$$

$$y = \left(\frac{D_2 - D_1}{2} \right)^2 = \left(\frac{0,25 - 0,1}{2} \right)^2 = 0,0056 \text{ м.}$$

Підставивши значення, отримаємо

$$A = 0.25 \left[(1 - 0.55) + \sqrt{(1 - 0.55)^2 - 8 \cdot 0.0056} \right] = 0.212 \text{ м.}$$

Найменша міжцентрова відстань, необхідна для вільного надягання паса на шків з урахуванням мінусового допуску 2 % по довжині паса, визначуваний по формулі (2.13)

$$A = 0.25 \left[0.98(1 - 0.55) + \sqrt{(1 - 0.55)^2 - 8 \cdot 0.0056} \right] = 0.210 \text{ м.}$$

Найбільшу міжцентрову відстань, потрібну для компенсації витягування паса і врахування плюсового допуску 5,5% по довжині паса [10], визначаємо за формулою (2.26):

$$A = 0.25 \left[1.055(1 - 0.55) + \sqrt{(1 - 0.55)^2 - 8 \cdot 0.0056} \right] = 0.218 \text{ м.}$$

Кут обхвату ременем шківа.

Кут обхвату ременем шківів при роботі на двох шківів обчислюється за формулою

$$\alpha = 180^{\circ} - 60^{\circ} \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right), \quad (2.14)$$

$$\alpha = 180^{\circ} - 60^{\circ} \left(\frac{0,25 - 0,10}{0,212} \right) = 137,5^{\circ}$$

Натягнення паса.

Згідно [9] загальний натяг пасів профілю Б

$$2S_0 = 294H.$$

Натягнення, що рекомендується, необхідно зменшити, оскільки передача недовантажена по потужності.

Натягнення гілки паса S_0 визначається по формулі

$$S_0 = \frac{K_u \cdot N_n}{V \cdot K_1 K_2 K_3} + 2\Theta V^2, \quad (2.15)$$

де K_u – чисельний коефіцієнт, рівний $K_u = 84$ [11];

N_n – потужність що споживається шнеком, $N_n = 1,5$ кВт;

V – швидкість паса, $V = 4,9$ м/с;

K_1 – коефіцієнта, залежного від кута обхвату;

K_2 – коефіцієнт, що враховує характер навантаження і режим роботи передачі;

K_3 – коефіцієнт враховує швидкість паса;

Θ – коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил.

Згідно [11] приймаємо :

$$K_1=0,87; K_2=0,87; K_3=1.04; \Theta=0,008.$$

Підставивши значення у формулу (2.15), отримаємо

$$S_0 = \frac{84 \cdot 1.5}{4.9 \cdot 0.87 \cdot 0.87 \cdot 1.04} + 2 \cdot 0.008 \cdot 4.9^2 = 33 \text{ Н.}$$

Натягнення паса контролюють, визначаючи зусилля Q , необхідне для відтягування гілки паса на величину, рівну 1,55 мм на кожних 100 мм міжцентрової відстані.

Для припрацьованого паса

$$Q = \frac{S_0 + c_0}{16},$$

тоді

$$Q = \frac{33 + 6 \cdot 9,81}{16} = 5,7 \text{ Н.}$$

де Q – натягуюче зусилля, Н

c_0 – коефіцієнт, залежний від жорсткості паса, для профілю Б рівний 58,9.

Для нового паса

$$Q = \frac{1.4S_0 + c_0}{16}, \quad (2.16)$$

тоді

$$Q = \frac{1,4 \cdot 33 + 6 \cdot 9,81}{16} = 6,6 \text{ Н}$$

Прогин гілки паса визначуваний за формулою

$$f = 1,55 \frac{A}{100} = 1,55 \frac{0,212}{100} = 0,003 \text{ м,} \quad (2.17)$$

A – міжцентрова відстань, $A=0,212$ м ;

Виходячи з розрахунку для приводу вивантажувального шнека будемо використовувати пас профілю Б довжиною 1 м.

Міжцентрова відстань буде дорівнювати 0,212 м.

Для натягу паса потрібне зусилля: нового – 5,7 Н, припрацьованого – 6,6 Н.

2.3 Розрахунок шпонкових з'єднань пасової передачі

Розміри перерізу шпонки, пазу і довжини шпонки вибираємо згідно ГОСТ 23360 – 78 [10].

Матеріал шпонок – сталь 45 нормалізована.

Напруження зминання з умови міцності [14-17]

$$\sigma_{3M}^{\max} \cong \frac{2M}{d_B(h-t_1)(l-b)} \leq [\sigma_{3M}], \quad (2.18)$$

де, $[\sigma_{3M}] = 100$ МПа – допустимі напруження зминання при сталій маточині шківів і сталюму валові.

Розрахункова схема шпонкового з'єднання показана на рис. 2.1.

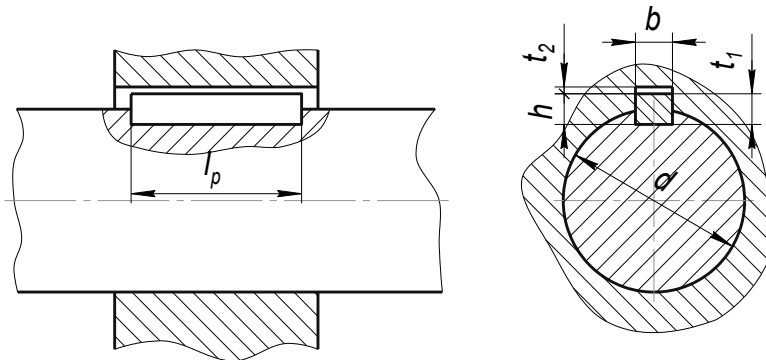


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема шпонкового з'єднання

Відповідно до діаметра вала у місцях посадки шківів, підберемо розміри шпонки: $d_B = 22$ мм; $b = 8$ мм; $h = 7$ мм; $t_1 = 4,0$ мм; $l = 25$ мм.

Момент, який передаватиме з'єднання вала електродвигуна із ведучим шківом, становить $M = 15,4$ Нм.

Тоді напруження зминання буде становити

$$\sigma = \frac{2 \cdot 15,4 \cdot 10^3}{22(7-4)(25-8)} = 27,5 \text{ МПа} < [\sigma_{3M}].$$

Умова міцності виконується. З'єднання надійне, навіть, двократному перевантаженні.

Перевіримо міцність з'єднання – вал шнека-ведений шків.

Момент, який передає з'єднання

$$M' = \eta M_i,$$

тоді

$$M' = 0,95 \cdot 15,4 \cdot 2,5 = 36,6 \text{ Нм}$$

η – к.к.д. пасової передачі, $\eta = 0,95$.

Вибираємо параметри шпонки в залежності від діаметра вала шнека $d_B = 25$ мм; $b = 8$ мм; $h = 7$ мм; $t_1 = 4,0$ мм; $l = 28$ мм.

Тоді напруження зминання за формулою (2.18) буде становити

$$\sigma = \frac{2 \cdot 36,6 \cdot 10^3}{25(7-4)(28-8)} = 48,8 \text{ МПа} < [\sigma_{3M}].$$

Умова міцності виконується, з'єднання достатньо міцне.

2.4 Розрахунок натяжного механізму пасової передачі

Для забезпечення нормальної роботи пасової передачі необхідно забезпечити розрахунковий натяг паса, максимальне значення якого складає 6.6 Н.

Натяжний пристрій виконуємо у вигляді болтового з'єднання, яке переміщує (натягуючи) електродвигун зі шківом, рис. 2.2.

Такому натяжному пристроєві необхідно забезпечити зусилля, яке складається із необхідного натягу 6.6 Н плюс вага електродвигуна з кріпленнями, що становить для асинхронного електродвигуна АИР90L6 245 Н та дотичної сили на ведучому шківі 308 Н, а при перевантаженнях 616 Н, тобто

$$F_0 = 6.6 + 245 + 616 = 867.6 \text{ Н.}$$

Отримане осьове зусилля повинна передати гвинтова пара, яку приймаємо у вигляді болта М10х80 з гайкою, перевіримо їх міцність.

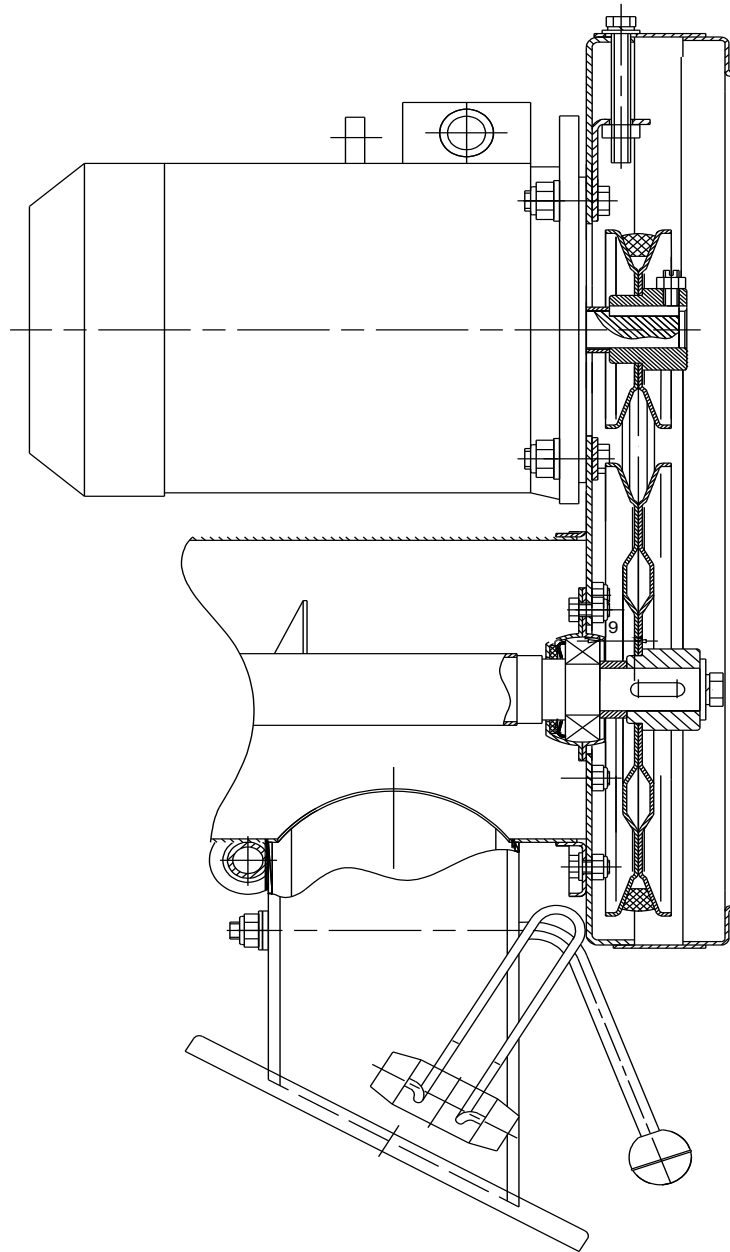


Рисунок 2.4 – Пасова передача з розробленим натяжним пристроєм

Умова міцності болта на розтяг має вигляд [13]

$$\sigma_p = \frac{F_0}{A} \leq [\sigma]_p, \quad (2.19)$$

де F_0 – осьова сила, яку потрібно забезпечити, $F_0 = 251.6$ Н;

A – площа поперечного перетину стержня болта

$$A = \frac{\pi d_1^2}{4},$$

тут d_1 – найменший діаметр стержня болта, $d_1 = 8.16$ мм,

тоді площа

$$A = \frac{3,14 \cdot 8,16^2}{4} = 52,27 \text{ мм}^2;$$

$[\sigma]_p$ – допустиме напруження розтягу болта, $[\sigma]_p = 70$ МПа.

Підставляємо значення у формулу (2.19)

$$\sigma_p = \frac{867}{52.27} = 16.6 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності виконується.

Стержень болта не тільки розтягується, він і сприймає крутний момент від затягування гайки

$$T = T_{sp} + T_{sT}, \quad (2.20)$$

де T_{sp} – крутний момент від затягування гайки виникає через тертя в різьбі він визначається як

$$T_{sp} = \frac{F_0 d_2 \operatorname{tg}(\psi + \varphi')}{2}, \quad (2.21)$$

де d_2 – середній діаметр різьби, $d_2 = 9.03$ мм;

φ' – зведений кут тертя між профілями різьби;

ψ – кут підйому витків різьби. Він визначається за її середнім діаметром, тобто

$$\operatorname{tg} \psi = Pz / (\pi d_2), \quad (2.22)$$

тут P – крок різьби, $P = 1,5$ мм;

z – кількість заходів різьби.

Визначимо кут підйому витків різьби [9]

$$\psi = \operatorname{arctg} \left(\frac{Pz}{\pi d_2} \right),$$

$$\psi = \frac{1,5 \cdot 1}{3,14 \cdot 9,03} = 0,053 \text{ рад або } \psi = 3,04^\circ.$$

Тоді зведений кут тертя φ' буде становити

$$\operatorname{tg} \varphi' = F_s / (F_n \cos \delta) = f / \cos \delta, \quad (2.23)$$

де $\delta \approx 0,5\alpha$;

F_s – сила тертя,

$$F_s = F_n f, \quad (2.24)$$

де F_n – нормальна сила;

f – коефіцієнт тертя між матеріалами профілів різьби, $f = 0,08$.

Тоді з формули (2.23) зведений кут тертя становитиме

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \left(\frac{f}{\cos \delta} \right),$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,08}{\cos 30^{\circ}}\right) = 0,092 \text{ рад},$$

або

$$\varphi' = 5,27^{\circ}.$$

Звідки визначаємо момент сили тертя в різьбі T_{sp}

$$T_{sp} = \frac{251,6 \cdot 9,03 \operatorname{tg}(3,04^{\circ} + 5,27^{\circ})}{2} = 166 \text{ Нмм.}$$

Крім того, до сили тертя додається момент тертя в торці гайки. Він визначається так

$$T_{sT} = 251,6 \cdot 0,08 \frac{1 \cdot 17^3 - 10,5^3}{3 \cdot 17^2 - 10,5^2} = 141 \text{ Нмм,}$$

де D – діаметр кола, що вписане в шестикутник профілю гайки, $D=17$ мм;

d_0 – діаметр отвору під болт, $d_0=10,5$ мм.

Звідси знаходимо загальний момент (2.32)

$$T = 166 + 141 = 307 \text{ Нмм.}$$

Оскільки є крутний момент, до дотичні напруження, які виникають при загвинчуванні гайки будуть становити [17-21]

$$\tau = \frac{T}{W_p}, \quad (2.25)$$

де W_p – полярний момент опору поперечного перетину стержня болта з найменшим діаметром

$$W_p = \frac{\pi d_1^3}{16} = \frac{3.14 \cdot 8 \cdot 16^3}{16} = 106.63 \text{ мм}^3, \quad (2.26)$$

тоді дотичні напруження

$$\tau = \frac{307}{106,63} = 3 \text{ МПа.}$$

Міцність болта оцінюється третьою теорією міцності

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_p^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma], \quad (2.27)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження, прийmemo не більшим від допустимого напруження при розтягу, тобто $[\sigma]=70$ МПа.

Підставляючи значення, отримаємо

$$\sigma_E = \sqrt{16.6^2 + 4 \cdot 3^2} = 17.7 \text{ МПа.}$$

Звідси видно, що умова міцності повністю виконується. Недонапруження даного пристрою пояснюється динамічним характером навантаження, який вимагає деякого запасу міцності. Остаточno приймаємо для натяжного пристрою болт М10х80.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1 Розрахунок на міцність елементів приводу ведучого керованого колеса

В доповнення до вдосконалення системи вивантаження протруювача пропонується його обладнати ведучим керуючим колесом, яке крутний момент отримуватиме через розроблений ролик, утворюючи фрикційну передачу, рис. 3.1.

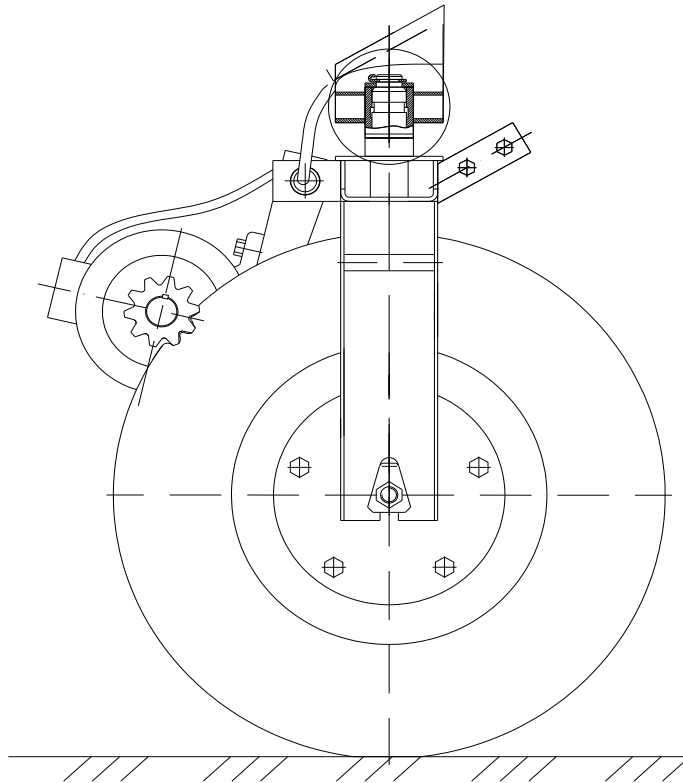


Рисунок 3.1 – Схема приводу ведучого керованого колеса протруювача

Відповідно до технічного завдання маємо отримати поступальну швидкість $0,5 \pm 0,05$ м/хв.

В конструкції протруювача ПНШ–5 використано колесо діаметром 560 мм.

Ведучий ролик повинен за одну хвилину пройти робочий шлях $0,5 \pm 0,05$ м/хв в контактi з колесом. Для приводу колеса (ведучого ролика) використано мотор-редуктор МВзП80-2,2-150 Сп ТУ 2-056-007-81, $n'_1=2,2$ об./хв, потужністю 0,37 кВт. Тепер виходячи з цього, необхідно визначити діаметр d_1 ролика

$$d_1 = \frac{0.5}{\pi \cdot n_1}, \quad (3.1)$$

тоді

$$d_1 = \frac{0,5}{3,14 \cdot 2,2} = 0,07 \text{ м.}$$

В кінцевому варіанті діаметр ролика $d_1 = 70$ мм.

Відповідно до цього міжосьова відстань між осями ролика та колеса становиме [11]

$$a = 0.5(d_1 + d_2) = 0.5d_1(u + 1), \quad (3.2)$$

де d_2 – відстань від осі обертання колеса до точки контакту ролик, з врахуванням деформації шини, $d_2 = 540$ мм;

u – передаточне число фрикційної передачі

$$u = d_2 / d_1,$$

$$u = 540 / 70 = 7,7$$

після розрахунку отримаємо

$$a = 0,5(0,07 + 0,54) = 0,305 \text{ м.}$$

Аби фрикційна передача була роботоздатною, потрібно витримати умову

$$F_s > F_t, \quad (3.3)$$

де F_s – сила тертя, що виникає у контакті ролик-колесо; F_t – тангенційна сила чи її ще називають коловою.

Тоді сила тертя визначається за відомою залежністю

$$F_s = Qf,$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання матеріалів котків;

Q – нормальна сила притиску котків, а колова –

$$F_t = 2T_1 / d_1$$

визначається через момент, що передається мотор-редуктором. Крім того, потрібно забезпечити надійність такого зчеплення, тому з врахуванням зміни коефіцієнта тертя (волога, стан поверхонь ролика і шини тощо) тому введемо коефіцієнт запасу зчеплення K , тоді умову передачі крутного моменту (3.3) перепишемо так

$$Qf = 2T_1K / d_1, \quad (3.4)$$

де T_1 – крутний момент, що передається ведучим роликом до веденого колеса. таким чином з рівності (2.21) можна визначити необхідну нормальну силу притискування Q двох котків.

$$Q = 2T_1K / (d_1f). \quad (3.5)$$

За таких умов дана фрикційна передача повинна працювати без проковзування.

Зрозумілим є те, що коефіцієнт тертя f вибирають в залежності від контактуючої пари матеріалів котка і колеса. В нашому випадку такими контактуючими матеріалами є сталь (коток) і гума (шина колеса). За таблицями цей коефіцієнт приблизно становить $f = 0.6$.

Щодо коефіцієнта запасу зчеплення, то його встановимо як для силової фрикційної передачі – $K = 1,3 \dots 1,5$. Прийmemo менше значення $K = 1,3$, оскільки передача не енергоємка.

Потрібний крутний момент на ведучому валу визначимо з умови забезпечення максимальної штовхаючої сили, яка знайдена експериментально і становить близько $F'_n = 500 \text{ Н}$.

Тоді відповідно така ж і повинна бути і дотична сила на ведучому колесі, а від того момент на ведучому колесі

$$T_2 = F'_n \frac{d_2}{2},$$

тоді

$$T_2 = 500 \frac{0,54}{2} = 135 \text{ Нм.}$$

Звідси легко знайти крутний момент на ведучому валі

$$T_1 = \frac{T_2}{u},$$

$$T_1 = \frac{135}{7,7} = 17,5 \text{ Нм.}$$

Отже, сила притиску котків Q за (3.5)

$$Q = 2 \cdot 17.5 \cdot 1.3 / (0.07 \cdot 0.6) = 1083 \text{ Н.}$$

Колова сила на котках становитиме

$$F_t = \frac{2 \cdot 17.5}{0.07} = 500 \text{ Н.}$$

Відповідно сила тертя в контактi котків

$$F_s = 1083 \cdot 0.6 = 649.8 \text{ Н.}$$

Сумарна сила, яка передається на вали даної передачі, рівна геометричній сумі відповідно нормальної сили притиску котків Q та дотичної сили колеса F_t

$$F = \sqrt{Q^2 + F_t^2}, \text{ Н.} \quad (3.6)$$

$$F = \sqrt{1083^2 + 649,8^2} = 1263 \text{ Н.}$$

Далі постає питання зробити передачу міцною та надійною [22-27].

Якщо би обидва котки (ролик та колесо) були металевими, то їх розрахунок можна було б вести тільки за контактною міцністю обох тіл, тобто

$$\sigma_H \leq [\sigma]_H. \quad (3.7)$$

Тоді, згідно формули Герца [11], та при лінійному контакті котків їх максимальне контактне напруження становитиме

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{q / (2\rho_{np})}. \quad (3.8)$$

В нашому випадку ролик металевий, а колесо має гумову шину. Тому тут потрібно виконати розрахунок на предмет пришвидшеного зношування шини, за контактним тиском

$$q \leq [q]. \quad (3.9)$$

Запишемо розрахунковий тиск вздовж лінії контакту котків

$$q = QK_\beta / b = 2T_1 K K_\beta / (d_1 f b), \quad (3.10)$$

де b – ширина котка;

$K_\beta = 1,1 \dots 1,3$ – коефіцієнт нерівномірності. Його менше значення вибирають, коли передача точно виготовлена та змонтована, тобто лінія контакту котків паралельна до осі обертання котків.

Тоді приведена кривизна котків в місці контакту

$$\frac{1}{\rho_{np}} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} = \frac{2}{d_1} + \frac{2}{d_2} = \frac{2}{d_1} \left(1 + \frac{1}{u}\right) = \frac{2}{d_1} \frac{u+1}{u}. \quad (3.11)$$

Далі запишемо остаточно умови міцності для двох типів котків

– металеві

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{[QK_\beta / (bd_1)](u+1)/u} \leq [\sigma]_H; \quad (3.12)$$

– неметалеві

$$q = QK_\beta / b \leq [q]. \quad (3.13)$$

Скористаємося другою умовою (3.13), колесо з пневматичною шиною – неметалевий коток

$$q = 1083 \cdot 1,1 / 0,112 = 10636,6 \text{ Нм} = 10,6 \text{ Нмм} \leq [q],$$

де прийнято $b = 0,112$ м – ширина котка; допустимий контактний тиск за [11] – $[q] = 18 \text{ Нмм}$.

Отже, умова міцності виконується і така фрикційна передача є роботоздатною, вона може переміщати машину при даному опорі.

За даним розрахунком виконуємо робоче креслення ролика фрикційної передачі, рис. 3.2

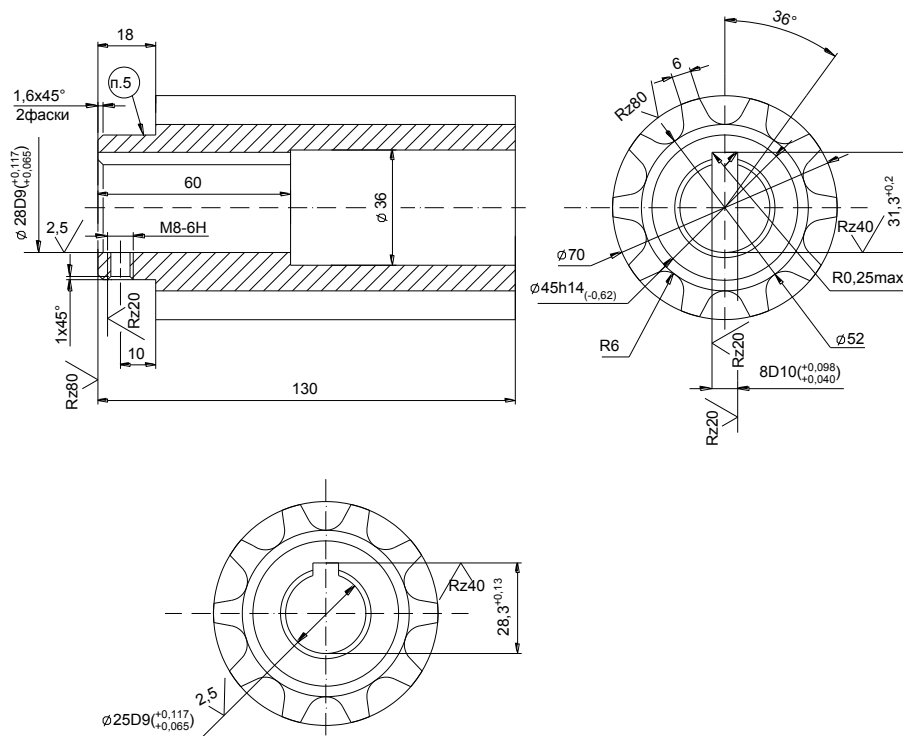


Рисунок 3.2 –Робоче креслення розробленого ролика

Робоча поверхня даного ролика виконана «зубчастою» для більш ефективного щеплення з шиною колеса. Через те, що стан поверхні колеса може бути різним, тобто прийнятий в розрахунках коефіцієнт тертя зміниться і для запобігання пробуксовування було запропоновано таку поверхню.

3.2 Розробка моделі дослідження та аналіз результатів

Конструюючи машини, ми часто не задумуємося над тим, а яким чином можна використовувати менше матеріалу. Хоча одне із пріоритетних завдань конструктора є якраз економія матеріалів при конструюванні та виготовленні машини. Брак часу на оптимізацію вузлів, наприклад за матеріалу місткістю, призводить до того, що окремі елементи конструкції мають в багато раз перевищений запас міцності. На заводах в більшій мірі керуються технологічністю виготовлення тої чи іншої деталі, нехтуючи критеріям матеріаломісткості. Якщо говорити про приводний механізм завантажувального шнека протруювача, конструкцію якого ми вдосконалюємо, то можна зупинитися на одному моменті, який дозволить нам запропонувати рішення для часткової економії металу. Розглянемо цапфу, яка з'єднана з валом завантажувального шнека. Вона є завареною в вал завантажувального шнека далі на одній ступені утворений діаметр для ущільнення підшипникового вузла, на другій ступені діаметра підшипника підшипникового вузла і на третій ступені ми утворюємо посадочне місце для веденого шківів, який ми пропонуємо в роботі на заміну зубчатого колеса.

Аналізуючи напружений стан цапфи, бачимо що вона на в десятки разів є недовантаженою. Тому пропонуємо виконати цей елемент пустотілим, використовуючи для цієї мети товстостінну трубу відповідного

діаметра. Для цього, використовуючи пакет прикладних програм АРМ WinMachine виконуємо аналіз напруженого стану пустотілої цапфи. Першим етапом такого дослідження є побудова твердотільної моделі, рис.3.3.

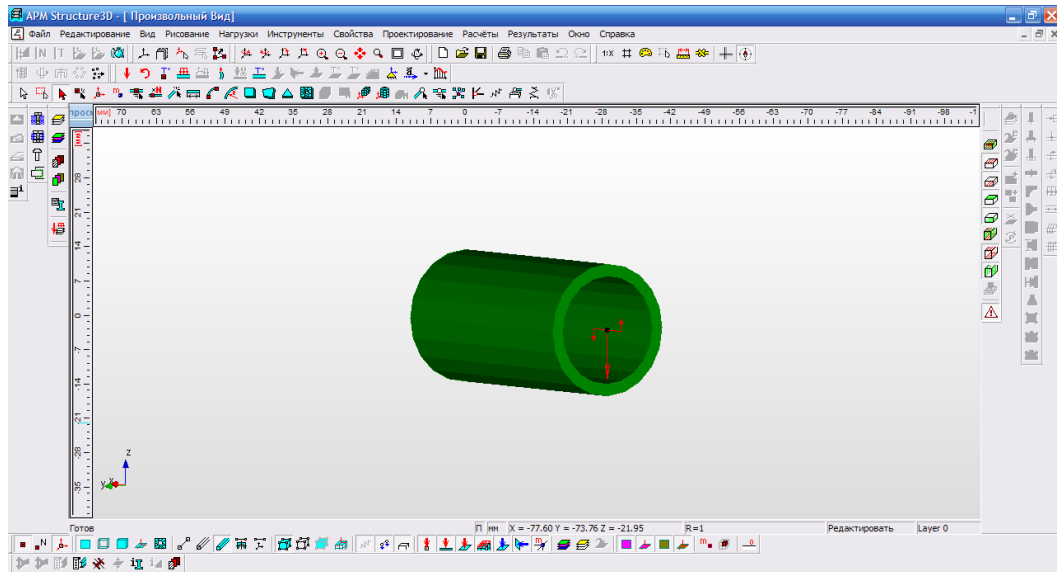


Рисунок 3.3 – Твердотільна модель частина цапфи

Для розрахунку видрано найбільшу ділянку цапфи, довжиною 52 мм, фона буде утворювати посадочне місце під посадку веденого шківа вивантажувального шнека протруювача.

Для цієї мети використовуємо трубу, параметри якої представимо на рис. 3.4.

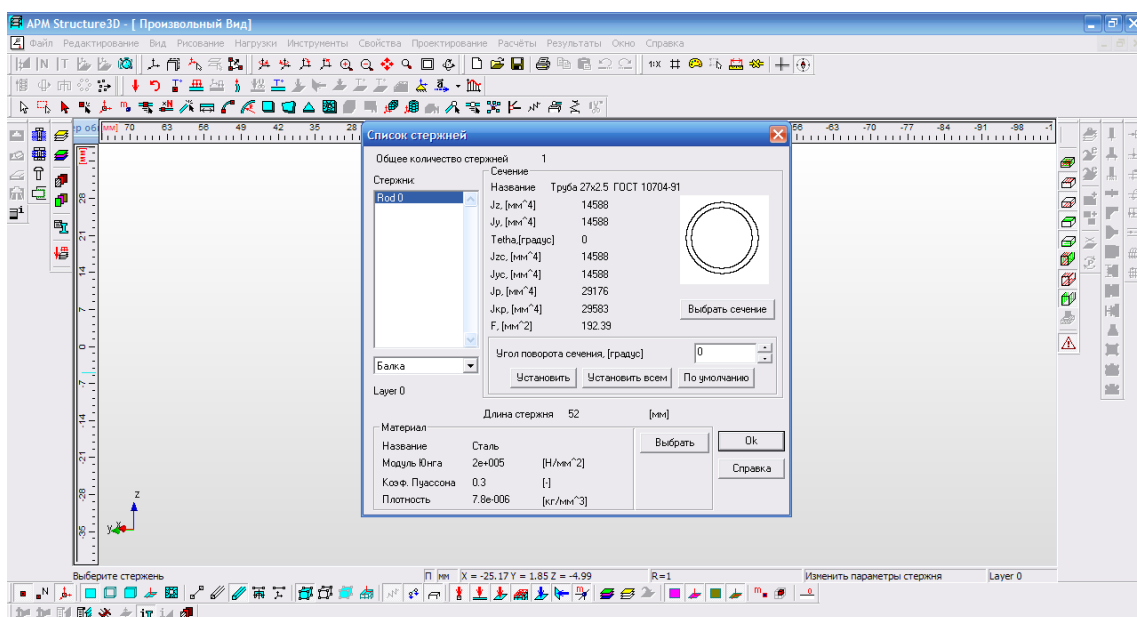


Рисунок 3.4 – Параметры выбранного профиля

Навантаження, що сприймає даний елемент відповідає навантаженню від натягу паса (294 Н) та крутного моменту (38,5 Нм), що прикладається для приводу вивантажувального шнека.

Враховуючи це отримаємо картину розподілу напружень у відповідних перетинах цього елемента при статичному розрахунку, рис. 3.5.

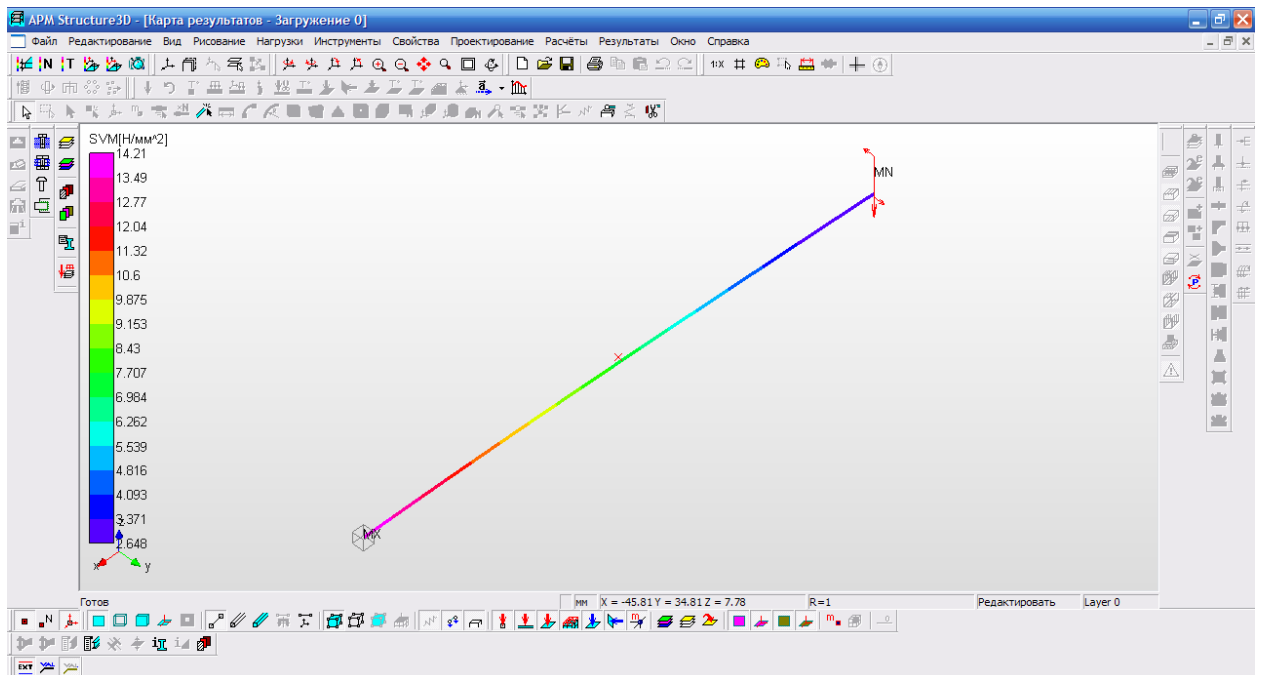


Рисунок 3.5 – Розподіл напружень в елемента цапфи при статичному розрахунку

Звідси чітко видно, що такий елемент, навіть пустотілий є недонапруженим майже в 10 разів.

Дана програма дозволяє досить детально дослідити вибраний елемент. Покажемо власні частоти та її форму, що виникають при діючому навантаженні, рис. 3.6.

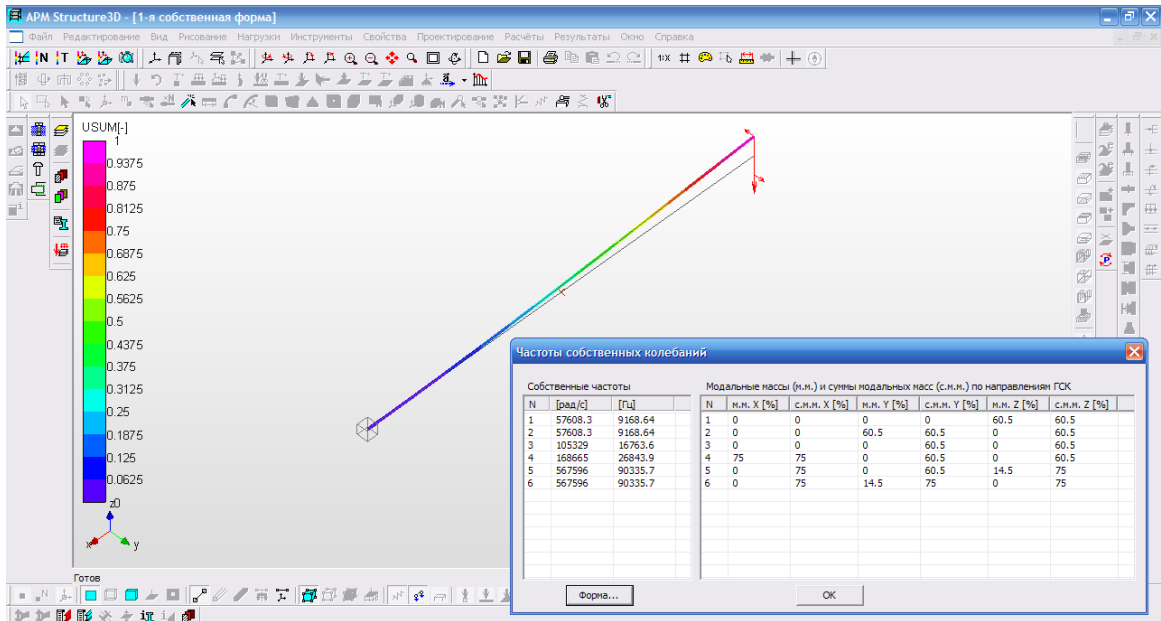


Рисунок 3.6 – Власні частоти коливань та їх форма

Покажемо яке переміщення можуть мати точки даного елемента цапфи, рис. 3.7

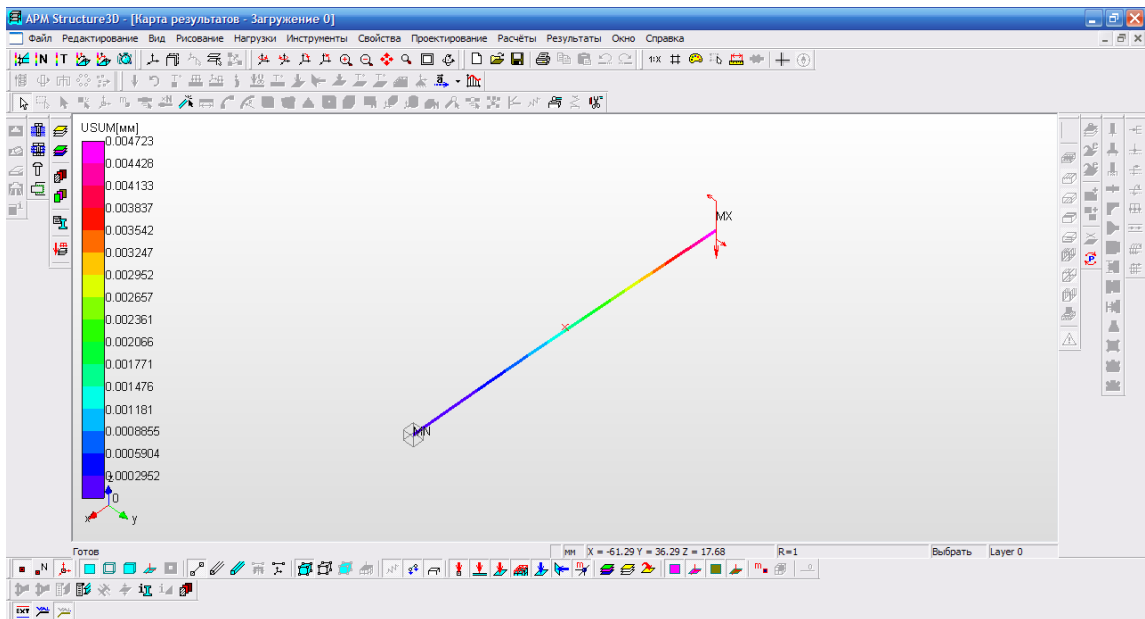


Рисунок 3.7 – Переміщення

І приведено ще один розрахунок – визначення коефіцієнта запасу міцності по границі текучості, рис. 3.8.

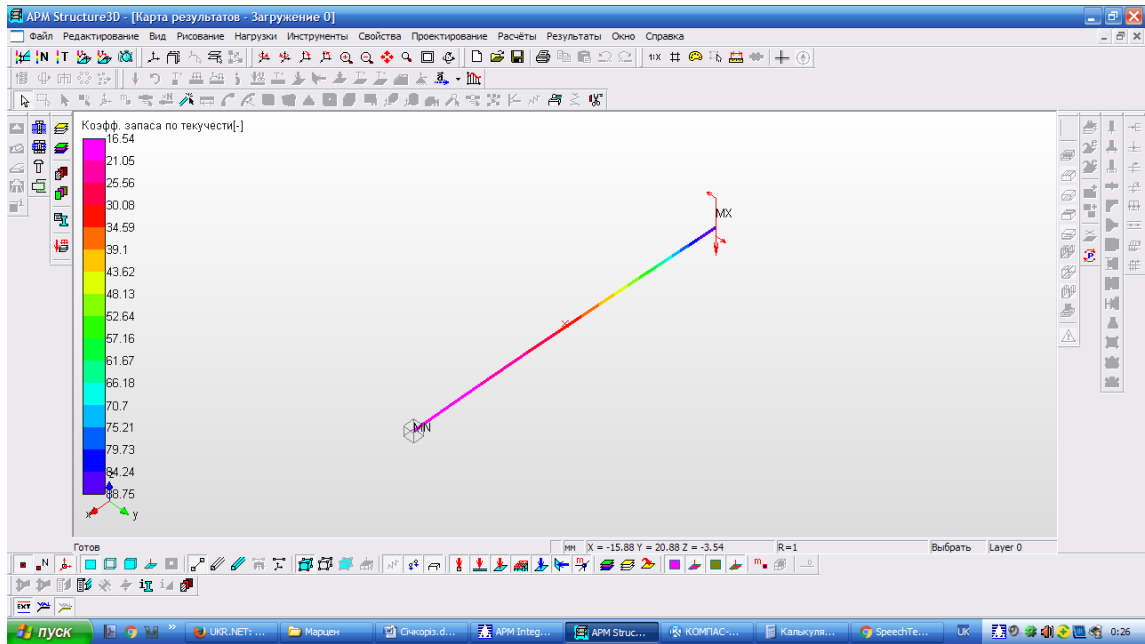


Рисунок 3.8 – Коефіцієнт запасу міцності

Таким чином, з проведеного аналізу видно, що елемент має мінімальний 16-ти кратний запас міцності за границею текучості матеріалу. А тому можна для таких цілей використовувати товстостінну трубу та формувати на ній відповідні посадочні місця.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Розробка інструкції з охорони праці під час виконання робіт із пестицидами та агрохімікатами

На основі нормативних документів та основних положень охорони праці розроблено інструкцію з охорони праці при виконання робіт пестицидами та агрохімікатами, куди входить і операція протруювання насіння [28-32].

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. В Інструкції викладені вимоги безпеки під час виконання робіт із пестицидами та агрохімікатами.

1.2. До роботи з пестицидами й агрохімікатами допускаються особи, що пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку та мають відповідні посвідчення, допуск та наряд на виконання робіт із пестицидами.

До роботи з пестицидами й агрохімікатами не допускаються вагітні жінки, жінки-годувальниці, особи пенсійного віку, молодше 18 років та ті, що мають медичні протипоказання.

1.3. Під час виконання робіт працівники, що працюють із пестицидами й агрохімікатами, повинні мати при собі посвідчення на право роботи з пестицидами й агрохімікатами, медичну книжку й наряд на виконання робіт і пред'являти їх на вимогу представників державного нагляду та відомчого контролю.

1.4. Усі роботи з пестицидами слід проводити при температурі не вище 24 град. С при мінімальних висхідних повітряних потоках. При похмурій погоді дозволяється проводити роботи з пестицидами при температурі не нижче +10 град. С. Тривалість роботи з пестицидами першого й другого класів небезпеки не повинна перевищувати 4 години

(із обов'язковим допрацюванням 2 годин на операціях, не пов'язаних з застосуванням пестицидів).

1.5. Виконуйте тільки ту роботу, яка Вам доручена відповідним нарядом (крім екстремальних та аварійних ситуацій), не допускайте на робоче місце сторонніх осіб і не передоручайте свою роботу іншим особам.

1.6. Погодьте з безпосереднім керівником робіт чітке визначення меж Вашої робочої зони.

1.7. До роботи приступайте у спецодязі, упевнившись, що він не має пошкоджень, елементів, що звисають, не прилягають, а також у необхідних засобах індивідуального захисту, що відповідають виду виконуваних робіт.

1.8. Перевірте наявність засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). До ЗІЗ повинні входити: спецодяг, спецвзуття, рукавиці, рукавички гумові, захисні окуляри, респіратори або протигази.

1.9. При роботі з малолеткими речовинами необхідно користуватись респіраторами при обприскуванні - типу Ф-62Ш, "Астра-2", "Кама".

1.10. При роботі з леткими сполуками необхідно користуватися універсальними або протигазовими респіраторами типу РУ-60М або РПГ-67 із протигазовими патронами або протигазами, що фільтрують. Для захисту від ртутьорганічних препаратів використовуються патрони марки "РГ" від хлор- і фосфороорганічних пестицидів - марки А і В, кислих парів і газів - марки В, аміаку й сірководню - марки КД.

1.11. При роботі з розчинами пестицидів для захисту рук використовуйте гумові рукавички з трикотажною основою, для захисту ніг гумові чоботи з підвищеною стійкістю до дії пестицидів і дезінфекційних засобів. Для захисту очей від попадання пестицидів використовуйте герметичні окуляри типу "Г" або захисні окуляри герметичні - ПО-2.

1.12. Під час контактування з розчинами пестицидів і агрохімікатів застосовуйте спецодяг, що виготовлений зі спеціальних

тканин із просоченням, а також додаткові засоби індивідуального захисту шкірних покривів - фартухи, нарукавники з плівкових матеріалів.

1.13. Під час фумігації приміщення і ручному обприскуванні ранцевими обприскувачами рослин використовуйте ізолюючі ЗІЗ шкіряних покривів або спеціальний одяг із плівкових матеріалів.

1.14. Не приступайте до роботи в голодному стані, у стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, у хворобливому або стомленому стані.

1.15. Протягом зміни слідкуйте за самопочуттям. При настанні стомленості, сонливості, раптового болю не примушуйте себе продовжувати роботу, а залишіть роботу, використайте медичні препарати з аптечки або зверніться по допомогу до присутніх осіб.

1.16. Ознайомтесь із місцем для відпочинку й вживання їжі. Перевірте наявність у місці відпочинку бачка з питною водою, рукомийника і медичної аптечки. Місце відпочинку повинне знаходитись не ближче 200 м від робочої зони.

1.17. Огляньте засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) і переконайтесь, що вони не мають пошкоджень і відповідають вимогам захисту при роботі із застосовуваними пестицидами, агрохімікатами й консервантами, а також у тому, що строк придатності патронів респіраторів і коробок протигазів не минув.

1.18. Під час роботи з пестицидами дотримуйтесь вимог особистої гігієни.

1.19. На ділянках, оброблених пестицидами, проводьте роботи після закінчення терміну, що гарантує безпеку робітників у відповідності нормативних документів.

1.20. Під час роботи з пестицидами не вживайте їжу, не пийте, не куріть. Перед вживанням їжі, питтям та курінням покиньте зону дії пестицидів, вимийте руки та обличчя водою з милом, прополощіть рот водою.

2. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

2.1. Приготування робочих розчинів і сумішей

2.1.1. До початку приготування робочого розчину або сумішей перевірте відповідність препаратів їхньому найменуванню й призначенню.

2.1.2. Перед початком роботи огляньте робоче місце, переконайтеся, що у робочій зоні відсутні сторонні особи, тварини, непотрібні машини й механізми, проїзди й проходи вільні, небезпечні місця (ями, колодязі тощо) огорожені, а територія не захаращена сторонніми предметами, тарою тощо.

2.1.3. Огляньте обладнання, переконайтеся у наявності огорожень приводів і обертових частин машин і механізмів.

2.1.4. Перевірте наявність та справність засобів механізації для приготування робочих розчинів пестицидів і заправки обприскувачів (насоси, мішалки, герметичні ємності, шланги, помпи).

2.1.5. Переконайтеся в герметичності з'єднань магістралей у машинах, що використовуються для приготування робочих розчинів і сумішей. Через з'єднання не повинно бути просочувань та краплепадінь рідини.

2.1.6. На машинах, які працюють під тиском, перевірте справність манометрів. На манометрі повинна бути пломба або клеймо з датою перевірки, скло повинно бути цілим, на шкалі повинна бути червона риска або припаяна до корпусу металева пластинка червоного кольору, яка показує дозволений тиск, стрілка манометра повинна повертатися в нульове положення при з'єднанні внутрішньої порожнини приладу з атмосферою, переконайтеся, що строк їх чергової перевірки не минув.

2.1.7. Перевірте наявність і надійність контакту заземлюючого проводу електрифікованих машин і обладнання.

2.2. Протруювання й зберігання протруєного насіння.

2.2.1. Перевірте робоче місце. Протруювання повинно проводитись у спеціально призначених приміщеннях (складах, механізованих протруювальних пунктах) при наявності в них вентиляції або на

огорожених відкритих спеціальних майданчиках, в дощову погоду - під навісом. На робочому місці повинні бути: машина для протруювання, інвентар для зважування (дозування) пестицидів, машина для зашивання мішків.

2.2.2. Перевірте наявність і справність транспортерів подачі отрутохімікатів до протруювальної машини, наявність інвентарю для зважування (дозування) пестицидів, а також засоби для знешкодження пестицидів (вода для технічних цілей, хлорне вапно і марганцевокислий калій).

2.2.3. Перед початком роботи перевірте технічний стан машин і агрегатів для протруювання зерна пестицидами (АПЗ-10, АПС-4А, ПСШ-5, ПС-10 А, КПС-10 "Мобітокс-Супер" тощо): герметичність з'єднувальних шлангів і ємностей, стан ежектора на резервуарі. Усуньте виявлені недоліки, відрегулюйте норму витрати пестицидів і зволожуючої рідини.

2.2.4. Установіть протруювач у відповідності з напрямом вітру, незалежно від характеру і стану місця його розташування на відкритому майданчику.

2.2.5. Перевірте наявність та справність спеціальних пристосувань (лопаток, чистиків тощо).

3. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ

3.1. Приготування робочих розчинів і сумішей.

3.1.1. Робочі розчини готуйте на спеціальних розчинних вузлах або пунктах із використанням засобів механізації виробничих процесів і під контролем спеціалістів. На пунктах необхідно мати: апаратуру для приготування робочих розчинів, резервуари з водою, баки з герметичними кришками і пристрої для наповнення резервуарів обприскувача (насос, ежектор, шланги), вагу, дрібний інвентар, метеорологічні прилади, а також аптечку, мило, рушник, умивальник.

3.1.2. Кількість препаратів, які знаходяться на майданчику, не повинна перевищувати норму одноденного використання. Крім тари з препаратами, на майданчику повинні знаходитися ємності з водою та гашеним вапном.

3.1.3. Не допускайте сторонніх осіб у місця приготування робочих розчинів і сумішей пестицидів, рідких комплексних агрохімікатів і хімічних консервантів і в місця їхнього внесення.

3.1.4. Для приготування робочих розчинів пестицидів, агрохімікатів використовуйте пересувні агрегати або стаціонарні станції для заправки типу СЗС-10. Не допускайте приготування робочих розчинів пестицидів вручну.

3.1.5. Під час заповнення резервуарів обприскувачів знаходьтеся з навітряного боку. Не допускайте попадання пестицидів на взуття, одяг і відкриті частини тіла. При випадковому попаданні пестициду на відкриті частини тіла терміново видаліть його за допомогою ватних тампонів, а потім ці місця промийте мильною водою.

3.1.6. Для приготування розчинів консервантів у приймальний бак (ємність) спочатку налийте воду, і тільки потім, додайте необхідну кількість консерванту. У протилежному випадку можливі опіки, отруєння.

3.1.7. Не проводьте ремонт і регулювання апаратури при наявності в ній пестицидів. Ремонтні роботи виконуйте при зупинці всіх механізмів з обов'язковим застосуванням засобів індивідуального захисту. Під час роботи механізмів не підтягуйте болтів, сальників, ущільнень, хомутів, магістралей, ланцюгів тощо.

3.1.8. Не відкривайте люки й кришки бункерів і резервуарів, які знаходяться під тиском, не розкривайте нагнітальні клапани насосів, запобіжні й редуційні клапани, не вигвинчуйте манометри.

3.1.9. Не залишайте без охорони пестициди або приготовлені з них робочі розчини.

3.2. Протруєння й зберігання протруєного насіння

3.2.1. При розміщенні протруювача насіння у приміщенні перед початком робіт включіть місцеву й загальну припливно-витяжну вентиляцію.

3.2.2. Насіння протруйте тільки на справних агрегатах і в машинах заводського виробництва (АПЗ-10, АПС-4А, ПС-10, ПСШ-5, "Мобитокс-

Супер", "Гуматокс С" тощо), які виключають вібрацію й розпилювання пестицидів в атмосферу. Не протруйте насіння шляхом ручного перелопачування й перемішування.

3.2.3. У випадку зависання насіння або пестицидів із плівкоутворюючими препаратами в бункерах зупиніть протруювач і за допомогою спеціальних лопаток усуньте зависання.

3.2.4. Постійно слідкуйте за роботою зерноавантажувача, не допускайте перевантаження бункера протруювача насінням, дотримуйтесь пропорції насіння і робочого розчину, що подаються у змішувальний барабан.

3.2.5. Не допускайте відведення змивних вод у водойми без попереднього знешкодження.

3.2.6. Здійснюйте вологе протруєння посівного матеріалу з використанням плівкоутворюючих препаратів. Не допускайте сухого протруєння.

3.2.7. Протруєне насіння затарюйте в мішки (щільна тканина, паперові або поліетиленові).

3.2.8. Не використовуйте протруєне зерно для харчових цілей, на годівлю домашнім тваринам і птиці, не промивайте, не провітрюйте, не очищайте від пестицидів, а також не змішуйте його з непротруєним.

3.2.9. Завантаження протруєного насіння проводьте тільки в щільно пригнані до вивантажувальних устроїв мішки з міцних, непроникних для пестицидів матеріалів або завантажувачі сівалок. На мішках повинен бути напис стійкою фарбою "ОТРУТНЕ" або "ПРОТРУЄНО".

3.2.10. Не допускайте пересипання розфасованого протруєного насіння в іншу тару.

4. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

4.1. При позмінній роботі передайте залишки пестицидів, агрохімікатів наступній зміні. Зробіть про це запис у книзі обліку. Не залишайте протравлене насіння без охорони. Після закінчення робіт

здайте залишки пестицидів на склад, а також зробіть запис у книзі обліку й видатку.

4.2. Знешкодьте приміщення та майданчик, де виконувались роботи, а також обладнання, апаратуру, інструмент, транспорт і тару.

4.3. Знешкодження виконуйте з використанням засобів індивідуального захисту на спеціально обладнаних майданчиках на відкритому повітрі або у приміщеннях, які мають витяжну вентиляцію з механічним спонуканням.

4.4. Під час прибирання приміщень, забруднених пестицидами, користуйтеся розчином кальцінованої соди (200 г соди на відро води), потім 10% розчином хлорного вапна.

4.5. Ділянки землі, які забруднені пестицидами, знешкоджуйте хлорним вапном з обов'язковим переорюванням або перекопуванням.

4.6. Тару з-під пестицидів та агрохімікатів, яка звільнилась, здайте на склад з подальшим вирішенням питання щодо її знешкодження, повторного використання за призначенням.

4.7. Засоби індивідуального захисту знімайте в такій послідовності: не знімаючи з рук, вимийте гумові рукавички в 3-5% розчині кальцінованої соди або у розчині вапняного молока і обмийте їх водою, після чого зніміть чоботи, комбінезон (очистіть його від пилу шляхом струшування або вибивання), зніміть захисні окуляри і респіратор. Повторно промийте гумові рукавички, не знімаючи з рук, у знешкоджувальному розчині, а потім у воді і зніміть їх.

4.8. Промийте гумову частину респіратора (протигаза) теплою водою з милом, продезінфікуйте ватним тампоном, змоченим у спирті або 0,5% розчині марганцевокислого калію, потім ще раз обмийте в чистій воді і висушіть при температурі 30-35 град. С.

4.9. Приведіть у порядок спецодяг і засоби індивідуального захисту, здайте їх на зберігання.

4.10. Прополощіть порожнину рота і носа, помийте руки й обличчя теплою водою з милом, при можливості прийміть душ.

4.11. Не зберігайте засоби індивідуального захисту в одному приміщенні з пестицидами.

4.12. Повідомте керівника робіт про виявлені недоліки, помічені у процесі роботи, і вжиті заходи до їх усунення.

5. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ В АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Під час роботи з пестицидами й консервантами при з'явленні тріщин у ємкостях, резервуарах, трубопроводах, пошкодженні гумових шлангів, порушенні герметичності виключіть насос і двигун змішувального апарату. Якщо усунути несправність власними силами не можете, повідомте керівника робіт. Розлиті на землю пестициди, консерванти обробіть хлорним вапном і перекопайте.

5.2. Якщо під час роботи з пестицидами, агрохімікатами й консервантами трапилось порушення захисних властивостей засобів захисту органів дихання, терміново зупиніть обладнання, вийдіть із зони проведення хімічних робіт.

5.3. При виникненні пожежі викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загорання згідно з інструкцією про заходи пожежної безпеки.

5.4. При виникненні пожежі у виробничому приміщенні відключіть систему вентиляції, повідомте пожежну охорону, керівника робіт і прийміть участь у ліквідації пожежі.

5.5. Під час гасіння пожежі вилучіть із зони можливого попадання води пестициди, взаємодія з водою яких недопустима (фосфід цинку тощо), або, в крайньому випадку, закрийте брезентом, засипте піском, землею.

5.6. Особливих заходів дотримуйтесь під час гасіння пестицидів, які затарені в металеві бочки, барабани, каністри, які від

надмірного тиску при підвищенні температури можуть вибухнути, розлитися на великі відстані.

5.7. Гасіння локальних вогнищ загорання пестицидів виконуйте у протигазах із коробками, які мають фільтр.

5.8. Аміачну селітру, що загорілась на складі, гасіть великою кількістю води у протигазах із коробками марки "В" і "М".

5.9. При появі напруги на металевих частинах машин, обладнанні у складах або приміщеннях необхідно припинити роботу (відключити їх) і повідомити про це чергового електрика або керівника робіт.

4.2 Захист персоналу від шуму та вібрацій при роботі протруювача

Згідно з єдиними вимогами до конструкції тракторів та сільськогосподарських машин щодо безпеки і гігієни праці гранично допустимий рівень шуму на робочих місцях водіїв та обслуговуючого персоналу тракторів, самохідних, причіпних та інших машин, а також стаціонарних агрегатів не повинен перевищувати значень, наведених у табл. 5.1.

Шум впливає на всю нервову систему людини в цілому і ушкоджує слуховий апарат. Рівні шумів від 40 до 70 фон або рівні гучності від 55 до 85 дБ

при несприятливих умовах призводять до явищ втоми і, отже, до потреби в тривалому відпочинку (з тривалим сном). Шум понад 70 фон може призвести до об'єктивно константованих уражень слухового апарату і ненормального звукового сприйняття. Тривалий шум у 80 – 90 фон дратує і втомлює.

Таблиця 4.1– Гранично допустимий рівень шуму

| | | | | | | | | |
|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Середньгеометрична частота октавної смуги, <i>гц</i> | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Допустимий звуковий тиск на рівні голови, <i>дб</i> | 99 | 92 | 86 | 83 | 83 | 78 | 76 | 74 |

Шум може спричинити судорожне стискання м'язів середнього вуха, що може призвести до втрати рівноваги. Першими ознаками початкової стадії ушкодження слухових органів є втрата чутливості до звуків з частотою від 3500 до 4186 *гц*. Це спостерігається і в разі діяння шумів, що складаються з самих лише низьких частот.

Захист від шуму при роботі протруювача має велике значення для оздоровлення умов праці і підвищення працездатності. Проектуючи нові машини і технологічні процеси, слід передбачати найефективніші заходи для зниження шуму та вібрацій на робочих місцях.

Заходи для усунення шкідливої дії вібрації треба проводити в таких напрямках:

- а) застосування дистанційного керування, що виключає передачу вібрації на робочі місця;
- б) розробка і здійснення заходів по віброізоляції робочого місця під час роботи машин, які генерують вібрації;
- в) технічні заходи по боротьбі з вібрацією на робочих місцях під час конструювання, монтажу та експлуатації устаткування згідно з діючими інструкціями, нормами та технічними умовами;
- г) зменшення вібрації за рахунок застосування пружинних гідравлічних та гумових амортизаторів, облицювань рукояток та місць контакту вібропоглинальними матеріалами, застосування динамічних віброгасників та демпферних затискачів.

В умовах, коли неможливо досягти необхідного зниження рівнів шумів у джерелі їх виникнення, застосовують різні засоби захисту, що перешкоджають поширенню шуму та звуку, і відбропоглинальні матеріали. Ці матеріали під час згинальних коливань поверхонь поглинають звукову енергію, перетворюючи її в теплову.

Відбропоглинальні покриття дають можливість зменшити силу звуку на 10 дб у спектрі середніх та високих частот.

Звукоізолююча здатність різних видів захисту залежить від розмірів, числа шарів, ваги захисту, пружності, внутрішнього тертя, умов закріплення, коефіцієнта звукопоглинання матеріалу та ін.

Потрібна величина δ ослаблення шуму для досягнення допустимого рівня $\beta_d=85$ дб на робочому місці протруювача дорівнює [30]

$$\delta = \beta_{ш} - \beta_d + 5 \quad [\text{дб}], \quad (4.1)$$

де $\beta_{ш}$ — рівень шуму неізолюваного джерела на робочому місці, дб.

При роботі електродвигунів протруювача маємо $\beta_{ш} = 105$ дб, тоді

$$\delta = 105 - 85 + 5 = 25 \quad [\text{дб}].$$

Перевищення норми шуму становить 25 дб.

Пропонуємо встановити однорідні кожухи для ослаблення шуму. Зниження шуму визначають за формулою [30]

$$\delta = u + 10 \lg \alpha \quad [\text{дб}], \quad (4.2)$$

де u — звукоізоляція стінок кожуха, дб;

α — коефіцієнт звукопоглинання внутрішньої поверхні кожуха, який залежить від властивостей матеріалу, товщини покриття і частоти звуку.

Звукоізолювальну здатність стінок кожуха з одного матеріалу наближено можна обчислити, знаючи вагу конструкції і користуючись емпіричною формулою

$$u = 13.5 \lg G + 13 \quad [\text{дб}], \quad (4.3)$$

де G — вага 1 м² стінки кожуха, $G = 5 \text{ кг/м}^2$.

Підрахуємо значення

$$u = 13.5 \lg 5 + 13 = 22.3 \quad [\text{дб}].$$

Тоді зниження шуму

$$\delta = 22.3 + 10 \lg 2 = 25.3 \quad [\text{дб}].$$

Рівень шуму буде становити

$$\beta = \beta_{\text{ш}} - \delta + 5 = 105 - 25.3 + 5 = 84.7 \quad [\text{дб}].$$

Отже, після проведення такого елементарного розрахунку було встановлено, що для приведення величини існуючого шуму до норми достатньо встановити однорідні кожухи для ослаблення шуму. Величина шуму знизиться на 25,3 дб, рівень шуму стане 84,7 дб.

Загальні висновки

Основним завданням дипломної роботи є забезпечення надійності протруювача ПНШ-5.

Це досягається за рахунок заміни зубчастої передачі пасовою, причому, основні конструктивні елементи залишилися базовими.

Базова конструкція приводу вивантажувального шнека складається з двох прямозубих циліндричних коліс. Матеріал зубчастих коліс - текстоліт. При експлуатації такої конструкції виявлено ряд недоліків, які у вигляді рекламаций поступили на завод. Серед них виділено такі: втрата надійності шпонкового з'єднання, особливо, коли не дотримано при виготовленні посадки із розрахунком натягом (розбивається посадочне місце); дана передача вимагає жорсткої плити при кріпленні електродвигуна для забезпечення високої точності зубчастого зачеплення; зустрічався випадок, коли потрапив сторонній предмет між зуби і призвів до руйнування зуба та заклинювання передачі.

В результаті проведених змін встановлено наступне.

З технологічних розрахунків встановлено норми витрати протруйника на тонну насіння

Норми протруйника

| Форма протруйника | Норма витрати протруйника q , л (кг)/т | Кількість протруйника Q (кг, л) на об'єм (50л) |
|-------------------|---|---|
| Рідини | 0.2 | 1.0 |
| | 0.4 | 2.0 |
| | 0.5 | 2.5 |
| | 1.0 | 5.0 |
| | 1.5 | 1.5 |
| | 2.0 | 10.0 |
| | 3.0 | 15.0 |
| Порошки | 1.0 | 5.0 |
| | 1.5 | 7.5 |
| | 2.0 | 10.0 |
| | 3.0 | 15.0 |

За результатами розрахунку і з метою уніфікації клинопасової передачі агрегату рекомендуємо застосовувати для приводу вивантажувального

шнека пас профілю Б довжиною 1 м. Міжцентрова відстань рівна 0,212 м.

Зусилля, необхідне для натягнення паса, дорівнює 5,7 Н для приробленого паса і 6,6 Н для нового паса.

Відповідно до діаметра вала у місцях посадки веденого шківів шнека протруювача, підбрано розміри шпонки: $d_B = 25$ мм; $b = 8$ мм; $h = 7$ мм; $t_1 = 4,0$ мм; $l = 28$ мм, при цьому напруження змінання становить $\sigma = 48.8$ МПа $< [\sigma_{3M}]$. Умова міцності виконується, з'єднання достатньо міцне.

При розрахунку фрикційної передачі приводу протруювача, знайдено контактний тиск у фрикційній парі, який для гумової шини становить

$$q = 10,6 \text{ Нмм} \leq [q],$$

де прийнято $b = 0,112$ м – ширина котка; допустимий контактний тиск $[q] = 18$ Нмм.

Отже, умова міцності виконується і така фрикційна передача є роботоздатною, вона може переміщати машину при даному опорі.

При розрахунку натяжного механізму встановлено, що умова міцності повністю виконується, еквівалентні напруження в гвинті $\sigma_E = 17.7$ МПа.

Недонапруження даного пристрою пояснюється динамічним характером навантаження, який вимагає деякого запасу міцності. Остаточо приймаємо для натяжного пристрою болт М10х80.

В роботі, з метою економії матеріалів, пропонується в ненавантажених вузлах використовувати пустотілі вали. Прикладом є можливість заміни цапфи вивантажувального шнека пустотілою. З цією метою проведено імітаційне моделювання щодо визначення напруженого стану її основної частини. За результатами реалізації такої моделі встановлено ряд факторів, узагальнюючий з яких є коефіцієнт запасу міцності по границі текучості, який становить 16 в найбільш небезпечному перетині. Це означає, що цілком можна для цієї мети використовувати товстостінні труби і формувати на них відповідних діаметрів посадочні місця.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комаристов В.Е., Дунай Н.Ф. Сельскохозяйственные машины. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. 486 с.
2. Агрохімія / І.М.Карасюк , О.М.Геркіял, Г.М.Господаренко та інші / За ред. І.М.Карасюка. К.: Вища школа, 1995. 471с.
3. Бугай С.М. Рослинництво. К.: Вища школа, 1978. 384с.
4. Агрохімія: Лабораторний практикум / А.П.Лісовал, І.М.Давиденко, Б.М.Мойсеєнко. К.: Вища школа, 1994. 335с.
5. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. 6-е изд., перераб. И доп. М.: Агропромиздат, 1989. 527 с.
6. Механізація захисту рослин / І.П. Масло, С.П. Тимошенко, Ю.Ф. Онуфрієнко та ін. К.: Урожай, 1989. 144 с.
7. Каталог сельскохозяйственных машин. М.: Машиностроение, 1986. 528 с.
8. Протруювач шнековий ПНШ-5 «Господар». Керівництво з експлуатації ПНШ-5КЕ.
9. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
10. 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.
11. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 1991. 383 с.
12. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.
13. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.
14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. Babii A. V., Rybak T. I., 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.

18. 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.

19. 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.

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

21. Справочник по сопротивлению материалов. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. К.: Наук. думка, 1988. 736 с.

22. Рудицын М.Н. и др. Справочное пособие по сопротивлению материалов. – Минск: «Высшейшая школа», 1970.

23. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1979. 560 с.

24. 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. .

25. 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.

26. 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.

27. Бабій А.В., Січкоріз О.В., Вовк М.В.. 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.

28. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша, 2005. 319 с

29. Керб Л.П. Основи охорони праці: Навч. посібн. К.: КНЕУ, 2003. 215 с.

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

31. Бакка М.Т., Мельничук А.С., Сівко В.І. Охорона і безпека життєдіяльності людини: Конспект лекцій. Житомир: Льонок, 1995. 165 с.

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

33. 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