

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 пристрою для приготування робочих розчинів заправника обприскувачів

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

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Глухий С.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(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

Бабій А.В.

(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 _____ **Глухому Сергію Ігоровичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ **Обґрунтування параметрів пристрою для приготування
робочих розчинів заправника обприскувачів**

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

Затверджені наказом ректора від «01» 11 2022 року № 4/7-872

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.12.2022

3. Вихідні дані до роботи *Продуктивність машини за годину основного часу: при приготуванні 1% бордоської рідини 14 т/год, при приготуванні 1% бордоської рідини, транспортуванні на віддаль від 1 до 10 км і заправці машин 7,6-31,3 т·км/год, при транспортуванні і заправці машин на віддалі від 1 до 10 км 15,5-50 т·км/год; робоча швидкість руху 15-20 км/год; робочий тиск у напірній системі не менше 0,4 МПа; потужність необхідна для приводу робочих органів не більше 30 кВт.*

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

Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування.

2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту проектування.

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)
Приготовлювач-транспортувальник рідин ПТР-3,2.СК. 2А1.

Пристрій для приготування рідин. СК. 1А1.

Агрегат насосний. СК. 1А1.

Силовий агрегат. СК. 1А1.

Деталювання. 2А1.

Реферат

Мета і завдання дослідження – провести обґрунтування параметрів пристрою для приготування робочих рідин заправника обприскувачів для зменшення матеріаломісткості машини.

Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі завдання:

проаналізовано вимоги, що ставляться до заправників обприскувачів та вказано на недоліки базової конструкції машини;

виконано аналіз і розрахунок можливості транспортування робочої машини споживачу з дотримання правил безпечного транспортування;

розраховано основні кріпильні елементи машини, зроблено рекомендації про її розміщення на платформі;

проведено аналіз та обґрунтування споживаної потужності агрегатом для приготування робочих рідин;

виконано ресурсні розрахунки підшипникового вузла механічної мішалки;

обґрунтовано параметри гідравлічної мішалки.

Об'єктом дослідження – приготовлювач-транспортувальник рідин ПТР-3,2.

Предмет дослідження – пристрій для приготування робочих рідин.

Методи дослідження – в роботі виконано ряд різнопланових розрахунків, для яких використані базові засади опору матеріалів, деталей машин, гідравліки спеціальних дисциплін.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропоновано модель гідромеханічного навантаження механічної мішалки звідки розраховано споживану нею потужність.

Практичне значення виконано ряд розрахунків, які дозволяють безпечно транспортувати машину споживачу з дотриманням правил безпечного транспортування, а в самому пристрої для приготування робочих рідин – обґрунтовано використання гідравлічної мішалки, що робить конструкцію приготувальника більш ефективним.

Апробація результатів. Окремі результати роботи доповідались на V Міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». ТНТУ. 2022.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, використаної літератури та додатків. Основний матеріал викладено на 62 сторінках машинописного тексту. Додатки займають 13 сторінок. Графічний матеріал викладено на 6 листах формату А1.

Ключові слова. Транспортувальник рідин, обприскувач, міксер, гідравлічна мішалка.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ’ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	7
1.1 Основні вимоги до машин для приготування і транспортування робочих рідин.....	7
1.2 Аналіз базової конструкції заправника ПТР-3,2	9
1.3 Огляд конструкцій машин-аналогів	15
1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра	18
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ’ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	19
2.1 Визначення габаритних розмірів та умов транспортування машин ПТР-3,2 ..	19
2.2 Розрахунок розміщення транспортувальника рідин на платформі	21
2.3 Розрахунок міцності кріплення вантажних одиниць на платформі	24
2.4 Розрахунок стійкості вантажних одиниць від перекидання	29
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ’ЄКТУ РОЗРОБКИ	36
3.1 Постановка задачі та розрахунок потужності приводу мішалки.....	36
3.2 Розрахунок вала мішалки.....	40
3.3 Обґрунтування ресурсу роботи підшипникового вузла мішалки.....	44
3.4 Обґрунтування конструктивних параметрів гідравлічної мішалки	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	50
4.1 Охорона праці при заправленні обприскувачів та виконанні ними технологічного процесу.....	50
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
ДОДАТКИ	63

ВСТУП

Виробництво сільськогосподарських машин в Україні перебуває в суттєвому занепаді, а тим більше в час воєнного стану. Суттєва частка сільськогосподарських машин імпортується із-закордону, що не дозволяє розвинути внутрішньому товаровиробнику. Щоб вивести на ринок конкурентоспроможну машину, потрібно пройти значний шлях і коштовний шлях проектування та випробовування.

Питання вдосконалення вже існуючих базових конструкцій машини мають свою певну актуальність. Адже, якщо є основа машини, а вдосконаленням невеликої вартості можна її зробити ефективнішою та конкурентоспроможнішою, то чому б не використати такі можливості.

Приготовлювач і одночасно транспортувальник робочих рідин ПТР-3,2 має дещо застарілу систему приготування робочого розчину, що вимагає механічної системи його приводу. Такі механічні мішалки вже практично не використовуються на жодній машині такого типу, якщо розглянути та проаналізувати конструкції машин-аналогів. Тому варто скористатися світовим досвідом і передові рішення втілити для модернізації базової конструкції приготовлювача-транспортувальника рідин.

Щоб перейти до такого вдосконалення потрібно спочатку добре вивчити і проаналізувати роботу базової конструкції машини, врахувати, які вона має переваги перед конкурентами, а також вказати на недоліки, які там існують, та запропонувати ефективне рішення поставленої задачі.

Тому в цій кваліфікаційній роботі поставлено саме таке завдання щодо вдосконалення існуючої машини з метою підвищення ефективності її роботи та покращення конструкції в цілому.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Основні вимоги до машин для приготування і транспортування робочих рідин

З метою раціонального використання основних машин для захисту рослин – обприскувачів, підвищення продуктивності і зниження собівартості заходів, що проводяться, розроблена спеціальна техніка для виконання допоміжних операцій: приготування робочих рідин і заправки ними обприскувачів.

Агротехнічні вимоги до пересувного агрегату ПТР-3,2 [32, 40, 44, 45, 49].

Призначення. Агрегат служить для приготування робочих рідин, вживаних при звичайному і малооб'ємному обприскуванні сільськогосподарських культур проти шкідників, хвороб і бур'янів, і для заправки баків обприскувачів і машин для транспортування робочої рідини.

Умови роботи. Приготування робочих рідин і заправку ними механізованих засобів здійснюють в стаціонарних умовах.

Агрегат встановлюють на спеціальному майданчику в безпосередній близькості від оброблюваної ділянки і на відстані від житлових приміщень, скотних дворів, водоймищ і інших об'єктів, передбаченому санітарними нормами. Роботу проводять у весняно-літньо-осінній періоди при плюсовій температурі.

Робочі рідини готують з сипких, кристалічних, пастоподібних і рідких пестицидів і мікробіологічних препаратів, фізико-механічні властивості яких повинні відповідати вимогам стандартів. Повинне бути передбачене використання препаратів мідного купоросу, що злежалися і грудкуватих, і винищити для приготування бордоської рідини.

Порошкоподібні і рідкі препарати повинні завантажуватися в агрегат безпосередньо з тари.

Якісні показники технологічного процесу.

Приготування робочих рідин у вигляді водних або масляних розчинів, суспензій або емульсій препаратів з концентрацією %, не більше 10.

Приготування легкорозчинних препаратів %, не більше 30.

Приготування бордоської рідини %, не більше 4.

Нерівномірність концентрації робочої рідини %, не більше 5.

Розмір частинок робочої рідини, що поступає в баки обприскувачів і заправних засобів, мм, не більше 0,05.

Техніко-експлуатаційні вимоги.

Агрегат причіпного типу переміщається з однієї ділянки на іншій за допомогою трактора.

Привід робочих органів агрегату повинен здійснюватися від ВВП (валу відбору потужності) трактора класу 1,4 т.

На агрегаті повинен бути передбачений контроль показника рН при приготуванні робочої рідини.

Всі деталі агрегату, дотичні з робочою рідиною, повинні бути стійкими до дії пестицидів.

Конструкція агрегату повинна передбачати можливість доступу всередину бака для проведення ремонтних робіт і очищення.

Управління агрегатом повинне проводитися з робочого місця оператора, віддаленого від джерела шуму, вібрації, забруднення. Операторові повинні бути видні органи контролю, забірник пульпи і місце стиковки із заправним засобом.

Засоби механізації для приготування робочої рідини.

Агрегат призначений для приготування робочих рідин, вживаних при звичайному і малооб'ємному обприскуванні сільськогосподарських культур проти шкідників, хвороб, бур'янів і для заправки баків обприскувачів і заправних засобів. Приводиться в дію на стаціонарі від власного електродвигуна або від трактора класу 1,4 т.

Агрегат може здійснювати наступні операції [1-8]:

1. Механізований забір води з водоймища або іншого джерела

водопостачання.

2. Механізований забір пастоподібних, кристалічних і рідких пестицидів з допоміжних баків або інших ємкостей і подачу їх в основний або додатковий бак.

3. Фільтрацію рідини.

4. Приготування концентратів в додатковому пристрої.

5. Перекачування концентратів з додаткового бака в основний.

6. Змішування різних концентратів з розчинниками в основному баку.

7. Викачування робочих рідин з основного бака і заправку ними обприскувачів, заправних засобів, літаків і вертольотів за допомогою пристосування.

1.2 Аналіз базової конструкції заправника ПТР-3,2

Машина-заправник призначення для приготування та транспортування робочих рідин, якими заправляють обприскувачі та інші машини. Сюди також можна віднести машин для внесення рідких мінеральних добрив

Використання такого заправника суттєво збільшує коефіцієнт використання робочого часу зміни, оскільки, наприклад, обприскувач заправляється зразу готовим робочим розчином і не затрачається час на його приготування в полі.

Деякі технічні характеристики машини представимо у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Деякі технічні характеристики ПТР-3,2 [49]

Назва показників	Величина
Продуктивність за 1 год. основного часу:	
-при приготуванні 1% бордоської рідини, т.год.	14
-при приготуванні 1% бордоської рідини, транспортуванні на віддаль від 1 до 10 км і заправці машин, т.км/год	7,6-31,3
-при транспортуванні і заправці машин на віддалі від 1 до 10 км, т.км/год	15,5-50
Продуктивність за 1 год експлуатаційного часу:	
-при приготуванні 1% бордоської рідини, т.год.	9
-при приготуванні 1% бордоської рідини, транспортуванні на віддалі від 1 до 10 км і заправці машини, т.км/год	7-12,8
-при транспортуванні і заправці машин на віддалі від 1 до 10 км, т.км/год	5,76-16,5
Робоча швидкість руху, км/год	15-20
Агрегаткування, трактор класу	1,4 т
Місткість баку, м ³ /л/ не менше	3,2/3200/
Агрегаткування, трактор класу	1,4 т
Місткість баку, м ³ /л/ не менше	3,2/3200/
Робочий тиск у напірній системі, МПа, не менше	0,4
Дорожній просвіт, мм, не менше	350
Кількість персоналу по професіях, необхідного для обслуговування операцій, безпосередньо пов'язаних з роботою машини, чел:	
-при приготуванні робочих рідин	2 (тракторист і допоміжний робітник)
-при транспортуванні і заправці машин	1

Закінчення табл. 1.1

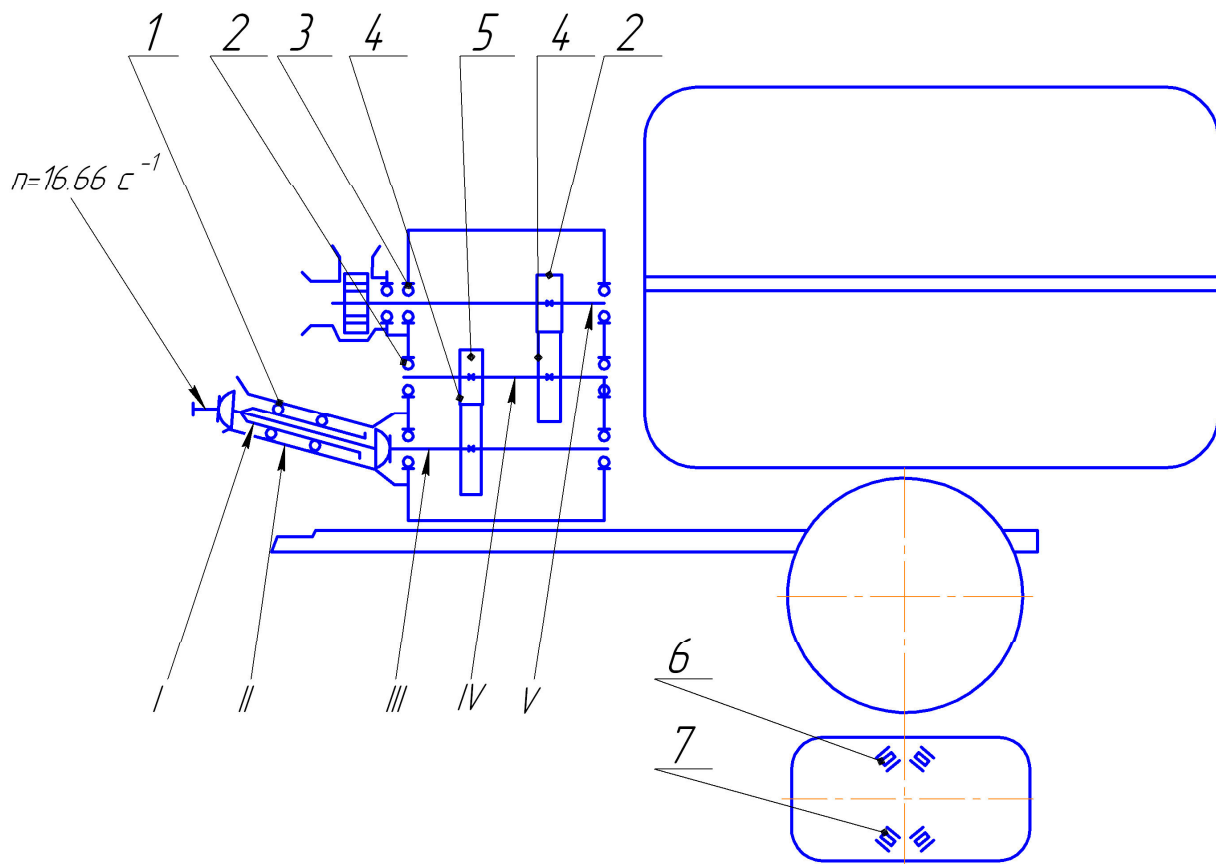
Маса машини, кг, не більше:	
Суха (конструкційна) з комплектом робочих органів і пристроїв для виконання основної технологічної операції	2050
суха (конструкційна) з повним комплектом робочих органів і пристроїв	2100
експлуатаційна з комплектом робочих органів і пристроїв для виконання основної технологічної операції (при $\gamma = 1,2 \text{ г/см}^3$), кг	5900
Габаритні розміри в робочому та транспортному положенні, мм, не більше	
довжина	5500
висота	2600
ширина	2900
Потужність необхідна для приводу робочих органів, кВт, не більше	30
Оперативна трудомісткість переобладнання машин на інші операції, чол.-год, не більше	0,1
Вимоги надійності:	
строк служби, років, не менше	7
коефіцієнт готовності:	
за оперативним часом	0,985
з врахуванням організаційного часу	0,98

Машина може використовуватися як технічний засіб для побілки чи дезінфекції приміщень та інших операцій, що пов'язані з транспортуванням рідини та її витісненням під тиском з резервуара.

Конструктивно – це напівприцеп, що агрегується з тракторами класу 1,4 т.

Основні вузли та агрегати машини: бак, що змонтований на шасі типу напівприцеп, відцентровий насос з приводом від вала відбору потужності трактора (ВВП), всі вузли з'єднані магістралями – забірною та напірною. І основу машини складає міксер – це пристрій для приготування робочих рідин.

Кінематичну схему машини представлено на рис. 1.1



- I, II – телескопічна карданна передача;
 III, IV, V – вали мультиплікатора насоса;
 4, 5 – зубчасті колеса відповідно $Z_4 = 46$, $Z_5 = 24$; 1-3, 6,7 – підшипники

Рисунок 1.1 – Схема кінематична приготувальника-транспортувальника рідин

Технологічний процес приготування робочої рідини здійснюється наступним чином:

Вода насосом подається до пристрою для приготування робочих рідин (міксер), туди ж нормують та заливають (засипають) концентрати робочих препаратів, де відбувається їх змішування з водою до утворення рівномірного концентрованого розчину в розрахунку на весь об'єм рідини бака. Після його приготування робочий концентрати перекачується в бак, там повторно перемішується з основним об'ємом води та отримується робочий розчин, що перекачують до бака, наприклад, обприскувача.

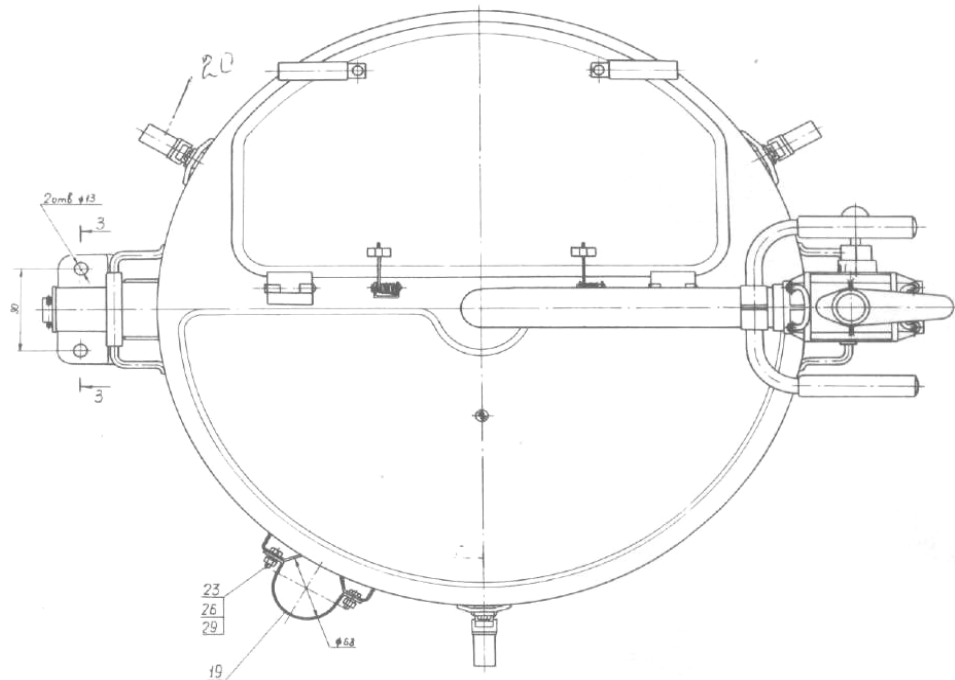
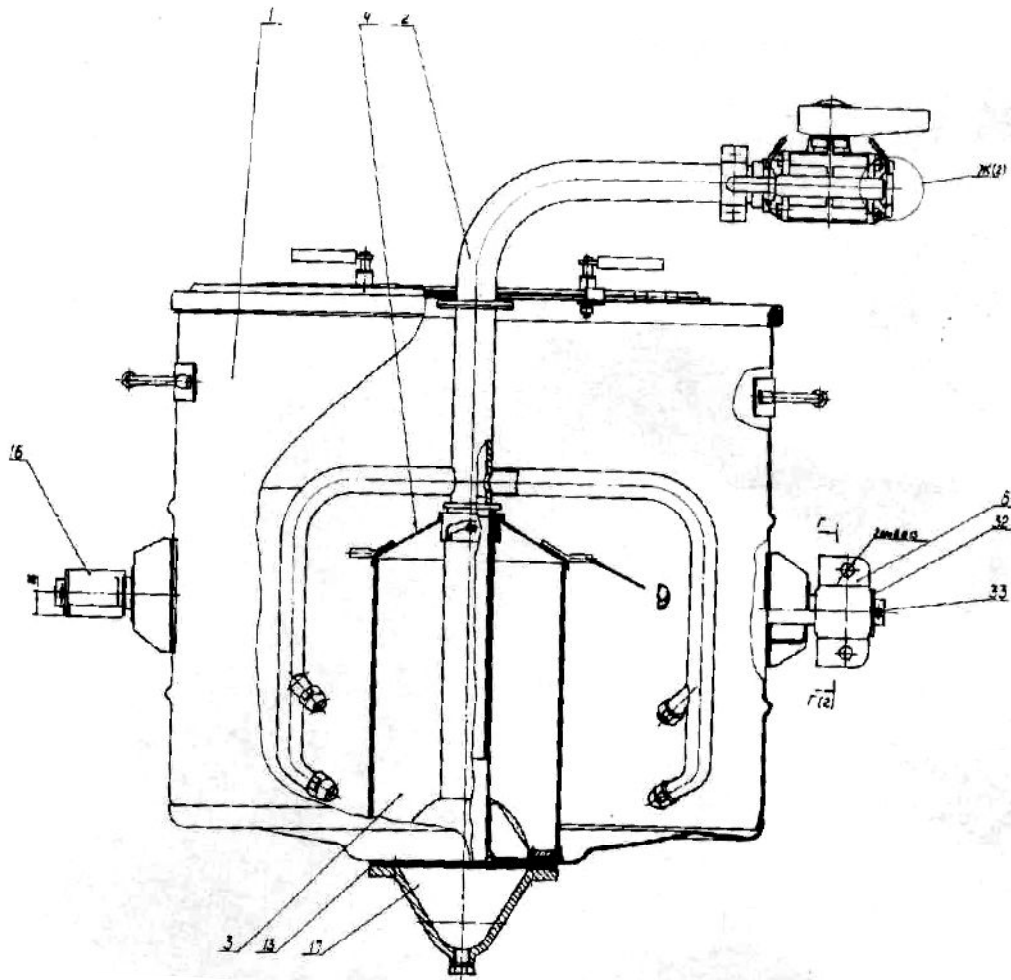
Як було зазначено вище, що одним з основних вузлів є міксер, рис. 1.2 вигляд збоку.

Даний пристрій для транспортувальника випускається у вигляді механічної мішалки чи гідравлічної.

Кожен з типів має свої переваги та недоліки. До переваг механічної мішалки можна віднести те, що цей пристрій не відбирає рідини, а отже на збільшує витрату гідравлічного насоса, оскільки перемішування відбувається лопатевим колесом. Тобто для цього варіанту мішалки насос може мати меншу продуктивність у порівнянні з гідравлічною мішалкою. Але, в свою чергу така мішалка потребує додаткового механічного приводу, що дещо ускладнює її конструкцію.

Гідравлічні ж мішалки прості в експлуатації, під'єднуються до напірної магістралі за своїм контуром та беззупинно перемішують концентрований робочий розчин та дозволяють перекачувати його в основний резервуар для отримання робочого розчину [9-17].

Для порівняльного аналізу розглянемо обидва типи мішалок та встановимо їх пріоритетність. Але, щоб перейти до розрахунків, потрібно познайомитись з їх конструкціями та виділити елементи для вдосконалення.



1 – бак; 2 – розмивач; 3 – фільтр; 4 – кришка; 5 – кільце; 6 – фіксатор; 8 – упор; 13 – прокладка; 16 – опора; 17 – кутник; 32 – шайба; 33 – шпінт. 19 – скоба; 20 – замок; 23 – болт; 26 – гайка; 29 – шайба

Рисунок 1.2 – Пристрій для приготування рідин

Наведений приклад (рис. 1.2) пристрою для приготування робочих рідин з гідравлічним змішувачем представляє собою резервуар з тангенційно розміщеними соплами, які попарно створюють швидкі струмені, що сприяє утворенню коловороту рідини і утворене завихрення перемішує робочий розчин.

1.3 Огляд конструкцій машин-аналогів

Розглянемо конкретно деякі конструкції машин-аналогів [12-14].

Машина для заправки обприскувачів MAS-4000. Країна-виробник – Молдавія. Заправник призначений для приготування робочих рідин у вигляді робочих розчинів, емульсій, суспензій, в тому числі, бордоської рідини, для обприскування садів, виноградників та польових культур.



Рисунок 1.3 – Машина для заправки обприскувачів MAS-4000

Продуктивність заправки за 1 год основного часу – 20 м³/год;

Продуктивність приготування робочої рідини за 1 год чистого часу – не менше $10 \text{ м}^3/\text{год}$;

Ємкість баків: Основний бак – 4 м^3 ,

бак для розмивочного пристрою – $0,5 \text{ м}^3$;

бачок для чистої води – $0,035 \text{ м}^3$;

Насос відцентровий з мультиплікатором - VGO-50/4;

Продуктивність насоса при тиску $0,45 \text{ МПа}$ - 800 л/хв. ;

Мультиплікатор, передавальне число – $i = 6,33$;

Нерівномірність концентрації робочої рідини у основному баку, не більше 5% ;

Концентрація робочих рідин, що готуються – $0,2 - 10 \%$;

Транспортна швидкість, не більше 20 км/год ;

Швидкість обертання ВВП трактора – $9(540) \text{ с}^{-1}(\text{об/хв})$;

Маса конструктивна, не більше 1380 кг .

Розглянемо наступну машину-заправник 2×5000 , рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Машина-заправник 2×5000

Така машина призначена для приготування робочих розчинів з будь-яких концентратів хімічних речовин. Утворена перемішуванням робоча суміш перекачується в бак обприскувача, що підвищує ефективний час його роботи.

Машина має міцний поліетиленовий бак із стінкою обичайки 10 мм, його об'єм становить сумарно 10 м³. Цей об'єм утворений двома баками по 5 м³.

Ці резервуари розміщені на двохвісному шасі, яке приєднується до тракторів тягового класу 3 т.

Заправник обладнаний насосом продуктивністю 700 л/хв.

Машина має функцію самозаправки. Кожен з баків обладнаний гідравлічною мішалкою та додатковим міксером.

Подібний заправник – це 2×2000, рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Монтований заправник 2×2000

Конструкція є аналогічною до попереднього прикладу, тільки він встановлюється не на окремому шасі, а він має металевий каркас, де змонтовано баки і вся ця конструкція поміщається у кузов причепа трактора чи автомобіля.

Таким чином, є практика використання в конструкціях заправників використання міксерва та гідравлічних мішалок для приготування робочої суміші ів підтримання постійності концентрації робочого розчину. Тому набутий досвід будемо втілювати в машині ПТР-3,2.

1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра

Тема кваліфікаційної роботи „ Обґрунтування параметрів пристрою для приготування робочих розчинів заправника обприскувачів ”.

Після проведеного аналізу конструкцій машин аналогів видно, що сучасні заправники є багато функціональними і ефективними в роботі. Вдосконалення даної машини потрібно виконувати, орієнтуючись на конструкції машин «старшого покоління» такі як Пемікс-10003А, Пемікс-1004 (Угорщина) та моделі СТК-4, СТК-5, АСЯ- 4 (Болгарія).

Отже, механічна мішалка на машинах сучасного рівня є досить непрактичною. Її конструкція тягне за собою значну перевитрату матеріалів та збільшує металомісткість машини в цілому. Крім того, вона вимагає значної кількості елементів, які певним чином розміщені у просторі та для їх монтування потрібно деякі конструктивні елементи виконати на самому змішувальному пристрої. Таке поєднання веде до зменшення надійності пристрою і машини в цілому. В роботі є метою дослідити роботу конструктивних елементів механічної мішалки, встановити споживану потужність. Після таких розрахунків пропонується у пристрої для змішування робочих рідин машини ПТР-3,2 встановити гідравлічну мішалку.

Конструкція гідравлічної мішалки порівняно з механічною є набагато вигіднішою: відсутній привод як такий; менш металомістка; надійніша і ефективніша в роботі. Тому пропонується надалі на машині ПТР-3,2 використовувати саме гідравлічну мішалку для пристрою для приготування робочих рідин. Її конструкція, що забезпечує задану продуктивність буде розроблена з врахуванням особливостей конструювання такого роду пристроїв та спиратися на конструкцію механічної мішалки.

Крім в того в роботі поставлено задачу дослідження стійкості і міцності кріплення приготувлювачів-транспортувальників рідин ПТР-3,2 на чотиривісній платформі. Розрахунок проводиться з метою визначення необхідних параметрів стійкості машин і міцності кріплення.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1 Визначення габаритних розмірів та умов транспортування машин ПТР-3,2

Крім параметрів технологічної ефективності машини, потрібно при її проектуванні забезпечити ще ряд характеристик, які дозволять цю машину безпечно експлуатувати чи транспортувати до споживача.

Розрахунок проводиться з метою визначення стійкості і міцності кріплення приготівлювачів-транспортувальників рідин ПТР-3,2 на чотиривісній платформі.

ТРАНСПОРТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАНТАЖУ

Приготівлювач-транспортувальник рідин ПТР-3,2 [49]

Маса q , кг	2100
Габаритні розміри, мм:	
довжина l	5100
ширина b	2750
висота h	2100
Висота центра маси приготівлювача рідин від підлоги платформи h_c , мм	
	750
Площа бокової поверхні приготівлювача рідин, на яку діє вітрове навантаження, S_{n1} , кв. м	
	11,6
Лобова площа поверхні приготівлювача рідин, на яку діє вітрове навантаження, S_{n2} , кв. м	
	8,6

ПІДГОТОВКА ВАНТАЖУ ДО ТРАНСПОРТУВАННЯ

Маркування вантажних місць [50, 51].

Приготівлювач-транспортувальник рідин ПТР-3,2 слід відправляти

споживачу одним вантажним місцем:

Місце 1/1 – приготівлювач-транспортувальник рідин ПТР-3,2 (рис. 2.1).

Три приготівлювача рідин ПТР-3,2 слід розмістити на платформі так, як показано на кресленні.

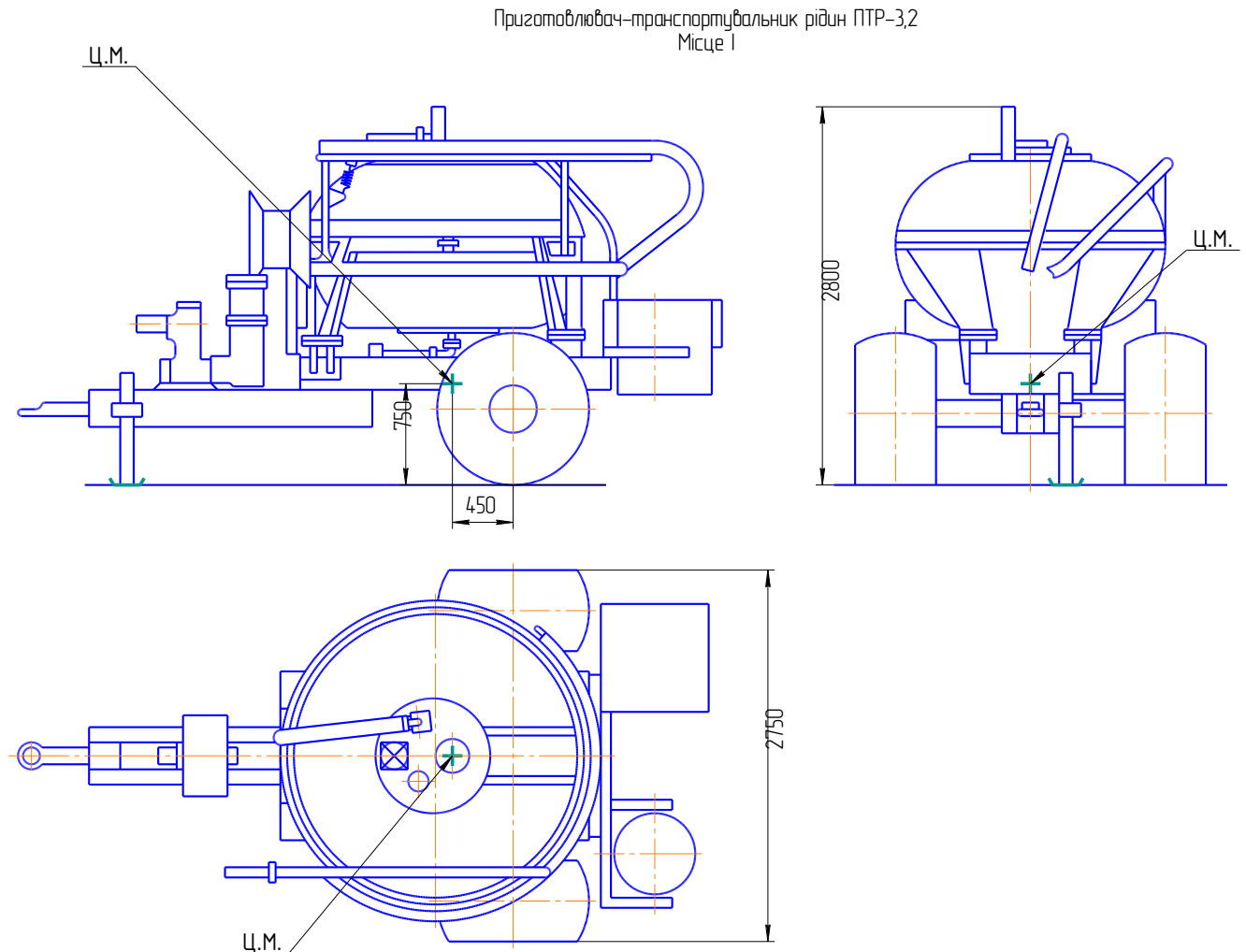


Рисунок 2.1 – Приготівлювач-транспортувальник рідин ПТР-3,2

ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ

Для транспортування приготівлювачів рідин ПТР-3,2 слід використовувати чотиривісні платформи, які, згідно з [49], мають такі технічні характеристики:

Довжина платформи (віддаль між торцевими бортами) L , мм	13300
Ширина платформи (віддаль між боковими бортами) B , мм	2770
База платформи l_n , мм	9720
Маса платформи Q_n , кг	21000

Висота центра маси платформи від рівня верху головок рейок H_{cn} , мм	800
висота підлоги платформи від рівня верху головок рейок H_n , мм	1300
Площа бокової поверхні платформи, на яку діє вітрове навантаження S_{mv} , кв. м	13

Навантажений на відкритий рухомий склад вантаж з врахуванням його закріплення розміщується в межах встановленого габариту навантаження при умові, що платформа знаходиться на прямому горизонтальному відтинку шляху, а поздовжні вісі поїзда і колії знаходяться в одній вертикальній площині.

Для закріплення приготівлювачів рідин ПТР-3,2 на платформі слід використовувати цвяхи діаметром 6 мм довжиною 150 мм по ГОСТ 4028-63, упорні бруски, виготовлені з пиломатеріалів не нижче третього сорту по ГОСТ 8486-86, та дрiт діаметром 6 мм, який повинен бути м'яким, термічно обробленим по ГОСТ 3282-74.

2.2 Розрахунок розміщення транспортувальника рідин на платформі

Розрахунок положення загального центра маси вантажу на платформі.

Загальна маса вантажу на платформі Q_{cp} , кг, в нашому випадку визначається за формулою [50, 51]

$$Q_{cp} = nq, \quad (2.1)$$

де n – кількість приготівлювачів ПТР-3,2 на платформі, $n=3$;

q – маса приготівлювача, кг. $q = 2100$ кг.

$$Q_{ep} = 3 \cdot 2100 = 6300 \text{ кг.}$$

Величина поздовжнього зміщення загального центра маси вантажу на платформі від вертикальної площини, в якій знаходиться поперечна вісь платформи, визначається за формулою

$$\Delta l_{ep} = \frac{L}{2} - l_{np}, \quad (2.2)$$

де L - довжина платформи, мм;

l_{np} - віддаль від торцевого борта платформи до вертикальної площини, в якій знаходиться загальний центр маси вантажу в мм, яка визначається за формулою

$$l_{np} = \frac{l_{np1} + l_{np2} + l_{np3}}{3}, \quad (2.3)$$

де l_{np1} , l_{np2} , l_{np3} – віддалі від торцевого борта платформи до центрів мас відповідних вантажних одиниць, мм (рис. 2.1). $l_{np1} = 1550$ мм, $l_{np2} = 6050$ мм, $l_{np3} = 11875$ мм.

Підставляючи числові значення у формули (2.3) і (2.2), одержимо:

$$l_{np} = \frac{1550 + 6050 + 11875}{3} = 6492 \text{ мм,}$$

$$\Delta l_{ep} = \frac{13300}{2} - 6492 = 158 \text{ мм.}$$

Зміщення загального центра маси вантажу на платформі від вертикальної площини, в якій знаходиться поперечна вісь платформи, $\Delta l_{ep} = 158$ мм не перевищує значення найбільшого допустимого поздовжнього зміщення загального центра маси вантажу, для нашого випадку рівного 1215 мм. Значить, поздовжнє зміщення загального центра маси вантажу на платформі знаходиться

у допустимих межах.

Поперечне зміщення загального центра маси вантажу на платформі від вертикальної площини, в якій знаходиться поздовжня вісь платформи, в нашому випадку відсутнє.

Перевірка поперечної стійкості платформи з вантажем.

Висота загального центра маси платформи з вантажем H_{co} , мм у нашому випадку визначається за формулою

$$H_{co} = \frac{3q(h_c + H_n) + Q_n H_{cn}}{Q_n + Q_{zp}} \quad (2.4)$$

де q - маса приготувача рідин ПТР-3, 2, кг;

h_c - висота центра маси приготувача від підлоги платформи, мм;

H_n - висота підлоги платформи від рівня верху головок рейок, мм;

Q_n - маса платформи, кг;

H_{cn} - висота центра маси платформи від рівня верху головок рейок, мм;

Q_{zp} - загальна маса вантажу на платформі, кг.

$$H_{co} = \frac{3 \cdot 2100(750 + 1300) + 21000 \cdot 800}{21000 + 6300} = 1088 \text{ мм.}$$

Площа бокової поверхні платформи з приготувачами рідин $S_{n\text{zp}}$, кв.м, на яку діє вітрове навантаження, в нашому випадку визначається за формулою

$$S_{n\text{zp}} = 3 \cdot S_{n1} + S_{mn} \quad (2.5)$$

де S_{n1} – площа бокової поверхні приготувача рідин ПТР-3,2, на яку діє вітрове навантаження, кв. м;

S_{mn} – площа бокової поверхні платформи, на яку діє вітрове навантаження, кв. м.

$$S_{n\text{ зр}} = 3 \cdot 11.6 + 13 = 47.8 \text{ кв. м.}$$

Оскільки центр маси платформи з вантажем знаходиться на висоті $H_{co} = 1088$ мм від рівня верху головок рейок, тобто на висоті, меншій ніж 2300 мм, а площа поверхні платформи з вантажем, на яку діє вітрове навантаження, $S_{n\text{ зр}} = 47,8$ кв. м менше максимально допустимої площі, рівної 50 кв. м, поперечна стійкість платформи з вантажем згідно з [16] забезпечується.

2.3 Розрахунок міцності кріплення вантажних одиниць на платформі

Розрахунок сил, що діють на вантажні одиниці, приводимо за формулами, взятими з [46, 39].

Враховуючи те, що максимальні інерційні сили діють на ті вантажні одиниці, які найбільш віддалені від центра маси платформи, розрахунок проводимо для того приготувлювача рідин, центр маси якого знаходиться найближче до торцевого борта платформи.

Поздовжня інерційна сила F_{np} . кН, яка діє на приготувлювач рідин, згідно з [16], визначається за формулою

$$F_{np} = a_{np} \cdot q, \quad (2.6)$$

де a_{np} – питома величина поздовжньої інерційної сили, кН/кг, що визначається за формулою

$$a_{np} = a_{22} - \frac{Q_{np}(a_{22} - a_{94})}{72000}, \quad (2.7)$$

де a_{22} , a_{94} – питомі величини поздовжніх інерційних сил, кН/кг, при масах брутто платформи відповідно 22 та 94 т.

Згідно з [16] $a_{22} = 12 \cdot 10^{-3}$, $a_{94} = 9.7 \cdot 10^{-3}$ кН/кг; q – маса приготувача рідин, кг; Q_{sp} – загальна маса вантажу на платформі, кг.

Підставляючи числові значення у формули (2.7) і (2.6), отримаємо:

- питому інерційну силу для кожної з вантажних одиниць:

$$a_{np} = 12 \cdot 10^{-3} - \frac{6300 \cdot (12 - 9.7) \cdot 10^{-3}}{72000} = 11.80 \cdot 10^{-3} \text{ кН/кг};$$

- поздовжню інерційну силу для одного приготувача рідин:

$$F_{np} = 11.80 \cdot 10^{-3} \cdot 2100 = 24.78 \text{ кН}$$

Поперечна інерційна сила F_n , кН, яка діє на вантажну одиницю, згідно з [16], визначається за формулою

$$F_n = a_n \cdot q, \quad (2.8)$$

де a_n – питома поперечна інерційна сила, діюча на вантажну одиницю, кН/кг, яка визначається за формулою

$$a_n = a_c + \frac{2(a_u - a_c)}{l_n} \cdot \Delta l_c, \quad (2.9)$$

де a_c , a_u – питомі поперечні інерційні сили при знаходженні центра маси вантажу в вертикальних площинах, що проходять через середину платформи та шкворневу балку відповідно, кН/кг. Згідно з [16]

$$a_c = 3.3 \cdot 10^{-3}, a_{uu} = 5.5 \cdot 10^{-3} \text{ кН/кг};$$

l_n – база платформи, мм;

Δl_c – відстань від центра маси вантажної одиниці до вертикальної площини, що проходить через поперечну вісь платформи, мм. Для крайнього приготувлювача рідин $\Delta l_c = 5225$ мм.

Питома поперечна інерційна сила та поперечна інерційна сила, що діють на крайню вантажну одиницю:

$$a_n = 3.3 \cdot 10^{-3} - \frac{2 \cdot (5.5 - 3.3) \cdot 10^{-3}}{9720} \cdot 5225 = 5.67 \cdot 10^{-3} \text{ кН/кг};$$

$$F_n = 5.67 \cdot 10^{-3} \cdot 2100 = 11.91 \text{ кН.}$$

Величини сил тертя вантажних одиниць об підлогу платформи в поздовжньому і поперечному напрямках F_{mp}^{np} , F_{mp}^n , кН, визначаємо за такими формулами [17-19]:

$$F_{mp}^{np} = \frac{q \cdot g \cdot \mu_k}{1000} \quad (2.10)$$

$$F_{mp}^n = q \cdot \mu (0.01 \cdot a_g) \quad (2.11)$$

де q – маса приготувлювача рідин ПТР-3,2, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с². $g = 9.81$ м/с²;

μ_k – коефіцієнт тертя кочення гумової шини по дереву підлоги платформи,

$$\mu_k = 0.01;$$

μ – коефіцієнт тертя ковзання гумової шини по дереву підлоги і платформи.

$$\mu = 0.6;$$

a_g – питома вертикальна інерційна сила, кН/кг, що визначається за формулою

$$a_g = \left(250 + \frac{k \cdot \Delta l_c}{1000} + \frac{2140000}{Q_{zp}} \right) \cdot 10^{-5}, \quad (2.12)$$

де k – коефіцієнт, що приймається згідно з [16] рівним 5;

Δl_c – віддаль від центра маси крайнього приготувлювача рідин до вертикальної площини, що проходить через поперечну вісь платформи, мм;

Q_{zp} – загальна маса вантажу у вагоні, кг. У нашому випадку

$Q_{zp} = 6300$ кг. Згідно з [37, 39, 48] при $Q_{zp} < 10000$ кг приймаємо для розрахунку

по вищевказаній формулі

$$Q_{zp}' = 10000 \text{ кг.}$$

Підставляючи числові значення у формули (2.12), (2.10) і (2.11), для крайнього приготувлювача рідин отримаємо:

$$a_g = \left(250 + \frac{5 \cdot 5225}{1000} + \frac{2140000}{10000} \right) \cdot 10^{-5} = 4.90 \cdot 10^{-3} \text{ кН/кг;}$$

$$F_{mp}^n = \frac{2100 \cdot 9.81 \cdot 0.01}{1000} = 0.21 \text{ кН;}$$

$$F_{mp}^n = 2100 \cdot 0.6 \cdot (0.01 - 4.90 \cdot 10^{-3}) = 6.43 \text{ кН.}$$

Вітрове навантаження W_n , кН, що діє на вантажну одиницю, приймається нормальним до її поверхні і визначається по питомому тиску вітру, рівному для вантажів циліндричної форми 0,25 МПа і визначається, згідно з [16] за формулою

$$W_n = 0.25 \cdot S_{n1} \text{ кН}, \quad (2.13)$$

де S_{n1} – площа бокової поверхні вантажної одиниці, на яку діє вітрове навантаження, кв. м.

$$W_n = 0.25 \cdot 11.6 = 2.9 \text{ кН}.$$

Величини поздовжнього і поперечного зусиль, які сприймаються кріпленням вантажної одиниці, ΔF_{np} і ΔF_n . кН, визначаються за формулами

$$\Delta F_{np} = F_{np} - F_{np}^{np} \quad (2.14)$$

$$\Delta F_n = 1.25(F_n + W_n) - F_{np}^n, \quad (2.15)$$

де F_{np}, F_n – відповідно поздовжня і поперечна інерційні сили, що діють на вантажну одиницю, кН;

W_n – вітрове навантаження, щ діє на вантажну одиницю, кН;

F_{np}^{np}, F_{np}^n – відповідно поздовжня і поперечна сили тертя вантажної одиниці об підлогу вагона, кН.

Підставляючи числові значення в формули (2.14) і (2.15), одержимо:

$$\Delta F_{np} = 24.78 - 0.21 = 24.57 \text{ кН};$$

$$\Delta F_n = 1.25(11.91 + 2.9) - 6.43 = 12.08 \text{ кН}.$$

2.4 Розрахунок стійкості вантажних одиниць від перекидання

Необхідність закріплення вантажних одиниць від перекидання визначається величиною коефіцієнта запасу стійкості, вантажну одиницю слід закріпляти від перекидання в тому випадку, коли ця величина не перевищує значення 1,25. В протилежному випадку закріпляти вантаж від перекидання не слід.

Коефіцієнти запасу стійкості вантажних одиниць від перекидання відповідно уздовж і поперек платформи в нашому випадку визначаються за формулами

$$\eta_{np} = \frac{l_{onp}}{h_c - h_y^{np}}, \quad (2.16)$$

$$\eta_n = \frac{q \cdot g \cdot b_{onp}}{1000(F_n h_c + W_n h_c^n)}, \quad (2.17)$$

де η_{np} , η_n – коефіцієнти запасу стійкості вантажної одиниці від перекидання відповідно уздовж і поперек платформи;

l_{onp} , b_{onp} – найкоротші віддалі від проекції центра маси вантажної одиниці на горизонтальну площину до ребра перекидання відповідно уздовж і поперек платформи, мм. В нашому випадку $l_{onp} = 875$, $b_{onp} = 1065$ мм;

h_c – висота центра маси вантажної одиниці від підлоги с платформи, мм;

h_y^{np} – висота упорних брусків, які сприймають поздовжні навантаження, $h_y^{np} = 100$ мм;

q – маса вантажної одиниці, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

F_n – поперечна інерційна сила, що діє на вантажну одиницю, кН;

W_n – вітрове навантаження, що діє на вантажну одиницю, кН;

h_c^n – висота центра проекції бокової поверхні вантажної одиниці на вертикальну площину, що проходить через поздовжню вісь платформи, від підлоги платформи, $h_c^n = 1200$ мм.

Підставляючи у формули (2.16) та (2.17) числові значення, отримаємо:

$$\eta_{np} = \frac{875}{750 - 100} = 1.35 > 1.25;$$

$$\eta_n = \frac{2100 \cdot 9.81 \cdot 1065}{1000(11.91 \cdot 750 + 2.9 \cdot 1200)} = 1.77 > 1.25.$$

З розрахунку виходить, що від перекидання уздовж і поперек платформи вантажні одиниці закріпляти не слід.

Розрахунок зусиль, що передаються на кріплення від поступальних переміщень вантажу

Від поступальних переміщень як уздовж, так і поперек платформи приготівлювачі рідин необхідно кріпити розтяжками і упорними брусками.

Частина поздовжнього зусилля на кріплення, яка сприймається брусками ΔF_{np}^{δ} . кН, визначається за формулою

$$\Delta F_{np}^{\delta} = n_{\delta p}^{np} \cdot n_{\delta \epsilon}^{np} \cdot R_{\delta \epsilon}, \quad (2.18)$$

де $n_{\delta p}^{np}$ – кількість брусків, які одночасно працюють в поздовжньому напрямку.

В нашому випадку $n_{\delta p}^{np} = 2$;

$n_{\delta \epsilon}^{np}$ – кількість цвяхів для кріплення одного бруска. $n_{\delta \epsilon}^{np} = 6$;

$R_{\delta \epsilon}$ – допустиме навантаження на один цвях, кН. Для цвяха діаметром 6 мм і довжиною 150 мм $R_{\delta \epsilon} = 1,08$ кН.

Підставляючи числові дані в формулу (2.18), отримаємо:

$$\Delta F_{np}^{\bar{\sigma}} = 2 \cdot 6 \cdot 1,08 = 12,96 \text{ кН.}$$

Частина поздовжнього зусилля на кріплення, яка сприймається розтяжками, ΔF_{np}^p , кН, визначається за формулою

$$\Delta F_{np}^p = \Delta F_{np} - \Delta F_{np}^{\bar{\sigma}}. \quad (2.19)$$

де ΔF_{np} – сумарне поздовжнє зусилля, що сприймається кріпленням вантажної одиниці, кН;

$\Delta F_{np}^{\bar{\sigma}}$ – частина поздовжнього зусилля на кріплення, яка сприймається брусками, кН.

Підставляючи числові дані в формулу (2.19) отримаємо:

$$\Delta F_{np}^p = 24,57 - 12,96 = 11,61 \text{ кН.}$$

Частина поперечного зусилля на кріплення, яка сприймається брусками $\Delta F_{np}^{\bar{\sigma}}$, кН, визначається за формулою

$$\Delta F_n^{\bar{\sigma}} = n_{\bar{\sigma}p}^n \cdot n_{\bar{\sigma}z}^n \cdot R_{\bar{\sigma}z}. \quad (2.20)$$

де $n_{\bar{\sigma}p}^n$ – кількість брусків, які одночасно працюють в поперечному напрямку. В нашому випадку $n_{\bar{\sigma}p}^n = 1$;

$n_{\bar{\sigma}z}^n$ – кількість цвяхів для кріплення одного бруска, $n_{\bar{\sigma}z}^n = 4$;

$R_{\bar{\sigma}z}$ – допустиме навантаження на один цвях, кН. Для цвяха діаметром 6 мм і довжиною 150 мм $R_{\bar{\sigma}z} = 1,08$ кН.

Підставляючи числові дані в формулу (2.20), отримаємо:

$$\Delta F_n^{\delta} = 1 \cdot 4 \cdot 1.08 = 4.32 \text{ кН.}$$

Частина поперечного зусилля на кріплення, яка сприймається розтяжками, ΔF_n^p кН, визначається за формулою

$$\Delta F_{np}^p = \Delta F_n - \Delta F_n^{\delta} \quad (2.21)$$

де ΔF_n – сумарне поперечне зусилля, що сприймається кріпленням вантажної одиниці, кН;

ΔF_n^{δ} – частина поперечного зусилля на кріплення, яка сприймається брусками, кН.

Підставляючи числові дані в формулу (2.21), отримаємо:

$$\Delta F_{np}^p = 12.08 - 4.32 = 7.76 \text{ кН.}$$

З розтяжок А, В, С і D (рис. 2.2), які утримують приготівлювачі рідин ПТР-3,2 від переміщень, найбільше навантаження сприймають розтяжки С і D (вони розташовані симетрично відносно поздовжньої вісі платформи), тому що, при однакових з розтяжками А і В кутах нахилу до поздовжньої вісі платформи, вони нахилені під більшими кутами до підлоги платформи.

Зусилля в розтяжках С і D (рис. 2.2), які утримують машини від переміщень відповідно уздовж і поперек платформи $R_{C,D}^{np}$, $R_{C,D}^n$, кН, визначаються за такими формулами:

$$R_{C,D}^{np} = \frac{\Delta F_{np}^p}{n_p^{np} (\mu_k \cdot \sin \alpha_c + \cos \alpha_c \cos \beta_c)}, \quad (2.22)$$

$$R_{C,D}^n = \frac{\Delta F_{np}^p}{n_p^n (\mu \cdot \sin \alpha_c + \cos \alpha_c \cos \beta_c)}, \quad (2.23)$$

де $\Delta F_{np}^p, \Delta F_n^p$ – зусилля, що сприймаються розтяжками від дії на крайню машину ПТР-3,2 відповідно поздовжніх та поперечних інерційних сил, кН;

n_{np}^p, n_p^p – кількість розтяжок, які одночасно працюють в поздовжньому та поперечному напрямках $n_{np}^p = 2, n_p^p = 2$;

μ_k – коефіцієнт тертя кочення гумової шини по дереву підлоги платформи,

$\mu_k = 0,01$;

μ – коефіцієнт тертя ковзання гумової шини по дереву підлоги платформи. μ

$= 0,6$;

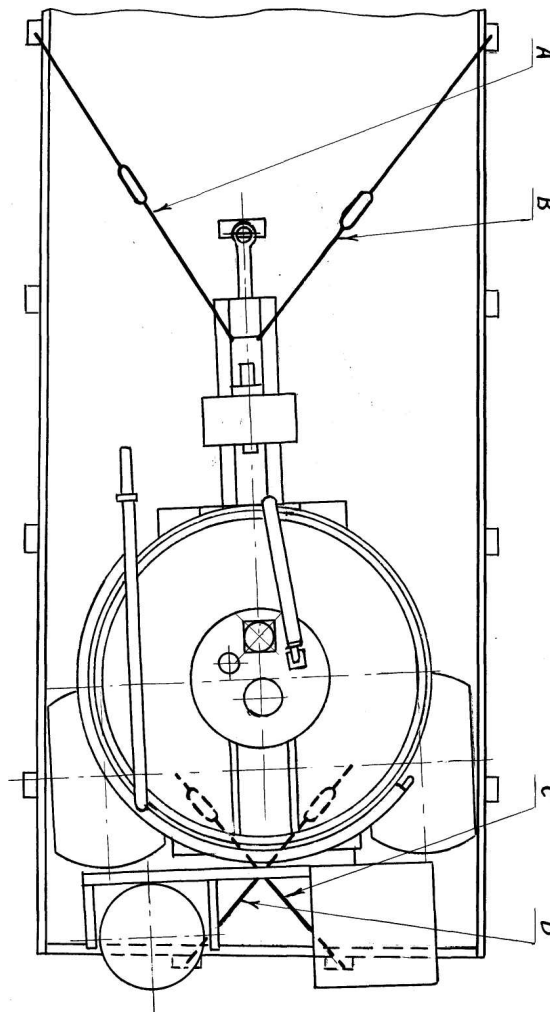


Рисунок 2.2 – Схема розміщення розтяжок

Кути розтяжок:

α_c – кут нахилу розтяжки С до підлоги платформи, $\alpha_c = 23$ град.

β_c – кут між проекцією розтяжки С на горизонтальну площину та поздовжньою віссю платформи, град. $\beta_c = 37$ град.

Підставляючи числові дані в формули (2.22) та (2.23), отримаємо:

$$R_{C,D}^{np} = \frac{11.61}{2(0.01 \cdot \sin 23^\circ + \cos 23^\circ \cos 37^\circ)} = 7.86 \text{ кН},$$

$$R_{C,D}^n = \frac{7.76}{2(0.6 \cdot \sin 23^\circ + \cos 23^\circ \cos 37^\circ)} = 4.92 \text{ кН}.$$

Згідно з [16], виходячи з максимального зусилля в $R_{C,D}^{np} = 7.86$ кН, визначаємо, що розтяжки, які утримують приготувальні-транспортувальники рідин ПТР-3,2 від переміщень уздовж і поперек платформи слід виконувати із дроту діаметром 6 мм, в 3 нитки.

Висновок.

1. Всі машини ПТР-3,2 слід розмістити на платформі так, як це показано на кресленні, рис. 2.1.
2. Від поздовжніх і поперечних переміщень вантаж необхідно кріпити брусками і розтяжками.
3. Від переміщень уздовж платформи кожен приготувальні-транспортувальник рідин ПТР-3,2 слід закріпити чотирма брусками 100x160x720 мм. Кожен брусок слід прибити до підлоги шістьма цвяхами діаметром 6 і довжиною 150 мм по ГОСТ 4028-63.
4. Від переміщень поперек платформи кожну машину слід закріпити двома брусками 100x160x360 мм. Кожен брусок слід прибити до підлоги чотирма цвяхами діаметром 6 і довжиною 150 мм по ГОСТ 4028-63.
5. Кожна машина закріплюється до відповідних скоб платформи чотирма

розтяжками із дроту діаметром 6 мм в три нитки. Дві машини (середня і крайня) закріплюються так: дві розтяжки одним кінцем закріплюються за відповідні скоби платформи, другим - за цапфи вісі коліс, а дві інші розтяжки - за відповідні скоби платформи і швелер в місці приварки до нього причіпного вузла. Третя машина кріпиться відповідно за цапфи вісі коліс і швелер в місти розміщення передніх опор бака.

6. Причіпну сергу кожної машини слід кріпити за допомогою скоби, яку закріплюють до підлоги платформи через брусок 50x100x300 мм. Кожен брусок слід прибити до підлоги платформи двома цвяхами діаметром 6 мм і довжиною 150 мм.

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ВАНТАЖНО- РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

1. З метою забезпечення збереження вагонного парку необхідно вантажити і вивантажувати вантажні одиниці так, щоб не було пошкоджень платформ.

2. При завантажуванні і розвантажуванні слід застосовувати перекидні містки та інші приспособлення, які оберігають від пошкодження борти платформ.

3. При подачі під завантажування до високих рамп борти платформи повинні бути опущені та закріплені а після завантажування - підняті та закріплені.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1 Постановка задачі та розрахунок потужності приводу мішалки

Мішалка агрегату приготування робочого розчину призначена для приготування в баку однорідної суспензії шляхом перемішування її за допомогою лопаток, прикріплених до валу.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку

Діаметр бака D , м	1,000
Діаметр мішалки d_m , м	0,600
Вага мішалки G , Н	70
Висота рівня суспензії, в бакові H , м	1,250
Ширина лопатки b , м	0,060
Кут нахилу лопатки до напрямку руху β , градус	45
Частота обертання валу мішалки n , с^{-1}	1,5
Густина суспензії ρ , кг/м^3	1000
Динамічна в'язкість суспензії μ , Па	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Підшипник 306 ГОСТ 8338-75: динамічна вантажопідйомність підшипника C , Н гранична частота обертання M_{np} , с^{-1} необхідна довговічність L_{mp} , ч число підшипників Z	22000 133 7000 2

Розрахунок потужності приводу мішалки виконаний за методикою, [22-28, 32].

Розрахунок потужності виконуємо при максимальному завантаженні бака ($H = 1250$ мм).

Кінематична схема приводу мішалки і позначення, необхідні при

розрахунку, показані на рис. 3.1.

Розрахунок потужності приводу мішалки.

Число Рейнольдса Re , визначається за формулою

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu}, \quad (3.1)$$

де ρ – густина суспензії, кг/м^3 ;

n – частота обертання валу мішалки, с^{-1} ;

d_m – діаметр мішалки, м;

μ – динамічна в'язкість суспензії, Па.

$$Re = \frac{1000 \cdot 1.5 \cdot 0.6^2}{1.1 \cdot 10^{-3}} = 4.91 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт потужності S визначається за формулою

$$S = \mu \cdot n^2 \cdot d_m^3, \quad (3.2)$$

де S – коефіцієнт потужності, $\text{Н} \cdot \text{м/с}$;

μ – динамічна в'язкість суспензії, Па;

n – частота обертання валу мішалки, с^{-1} ;

d_m – діаметр мішалки, м;

$$S = 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot 1.5^2 \cdot 0.6^3 = 0.535 \cdot 10^{-3} \text{ Нм/с.}$$

Коефіцієнт, залежний від Re .

Коефіцієнт Q , залежний від Re , визначається за формулою

$$Q = 2.954 \cdot 10^{-2} (\text{Re})^{0.86}, \quad (3.3)$$

де Q – коефіцієнт, залежний від Re ;

Re – число Рейнольдса.

$$Q = 2.954 \cdot 10^{-2} \cdot (4.91 \cdot 10^5)^{0.86} = 2316.$$

Потужність, споживана мішалкою.

За умови, що число Рейнольдса знаходиться в межах $10^4 < \text{Re} < 10^7$, потужність, споживана мішалкою, визначається за формулою

$$N = 0.075 \cdot S \cdot Q \cdot \left(\frac{D}{d_m}\right)^{1.1} \cdot \left(\frac{e}{d_m}\right)^{0.3} \cdot \left(\frac{H}{d_m}\right)^{0.6} \cdot \sin \beta \quad (3.4)$$

де S – коефіцієнт потужності, Нм/с;

Q – коефіцієнт, залежний від Re ;

D – діаметр бака, м;

e – ширина лопатки, м;

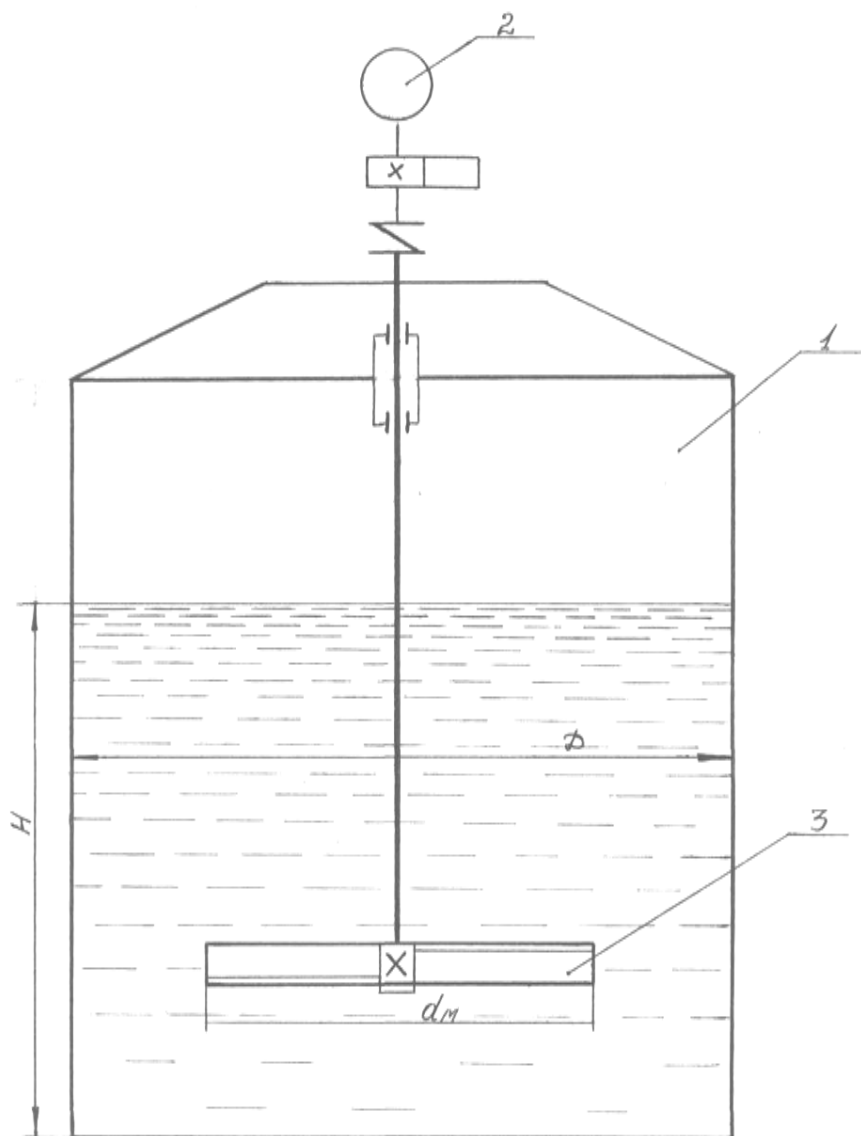
H – висота рівня суспензії в баку, м;

d_m – діаметр мішалки, м;

β – кут нахилу лопатки до напрямку руху, град.

$$N = 0.075 \cdot 5.35 \cdot 10^{-4} \cdot 2316 \cdot \left(\frac{1.000}{0.6}\right)^{1.1} \cdot \left(\frac{0.06}{0.6}\right)^{0.3} \cdot \left(\frac{1.25}{0.6}\right)^{0.6} \cdot 0.7071 = 0.09$$

кВт.



1 – бак; 2 – мотор-редуктор; 3 – лопатка

Рисунок 3.1 – Кінематична схема приводу мішалки

Необхідна потужність двигуна чи приводного пристрою.

Необхідна потужність двигуна визначається виходячи з розрахункової потужності за формулою

$$N_{mp} = \frac{N}{\eta}, \quad (3.5)$$

де N_{mp} – необхідна потужність приводу мішалки, кВт;

N – розрахункова споживана потужність мішалки, кВт;

η – к.к.д. приводу. Згідно [34] значення к.к.д. знаходиться в межах 0,6-0,9.
Приймаємо $\eta = 0,9$.

$$N'_{mp} = \frac{0.09}{0.9} = 0.1 \text{ кВт.}$$

Якщо прийняти нижнє значення $\eta = 0,6$ тоді

$$N''_{mp} = \frac{0.09}{0.6} = 0.15 \text{ кВт.}$$

За даними розрахунку, необхідна потужність приводу мішалки повинна бути не менше 0,15 кВт.

Мотор-редуктор типу 1МПз2-31,5, вживаний як привід мішалки, володіє великим запасом потужності

$$1.1 > 0.15 \text{ кВт.}$$

3.2 Розрахунок вала мішалки

Вал мішалки агрегату приготування робочого розчину, призначений для кріплення на ньому лопаток мішалки і надання їм обертового руху [46].

Потрібно розрахувати на міцність вал мішалки агрегату приготування робочого розчину.

Таблиця 3.2 – Дані для розрахунку

Потужність споживана мішалкою, N , кВт	0,09
Частота обертання валу мішалки n_g , c^{-1}	1,5
Матеріал валу мішалки	ст. 40Х-б ГОСТ 4543-71
Допустиме напруження, при крученні матеріалу вала [σ_{don}], МПа	115
Діаметр валу мішалки в небезпечному перетині, d , мм	22

При розрахунку валу мішалки, вважаємо, що зусилля, прикладені до лопаток мішалки, взаємно врівноважуються, тобто згинний момент відсутній, а розрахунок проводимо тільки за крутним моментом.

Крутний момент на валу мішалки $M_{кр}$, Нм визначається за формулою

$$M_{кр} = 159,2 \frac{N}{n_g}, \quad (3.6)$$

де N – потужність споживана мішалкою, кВт;

n_g – частота обертання валу мішалки, c^{-1} .

$$M_{кр} = 159,2 \frac{0,09}{1,5} = 9,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору крученню перетину валу мішалки $W_{кр}$, mm^3 визначається за формулою

$$W_{кр} = \frac{\pi d^3}{16}, \quad (3.7)$$

де d – діаметр валу в небезпечному перетині, мм.

$$W_{кр} = \frac{3.14 \cdot 22^3}{16} = 2090 \text{ мм}^3.$$

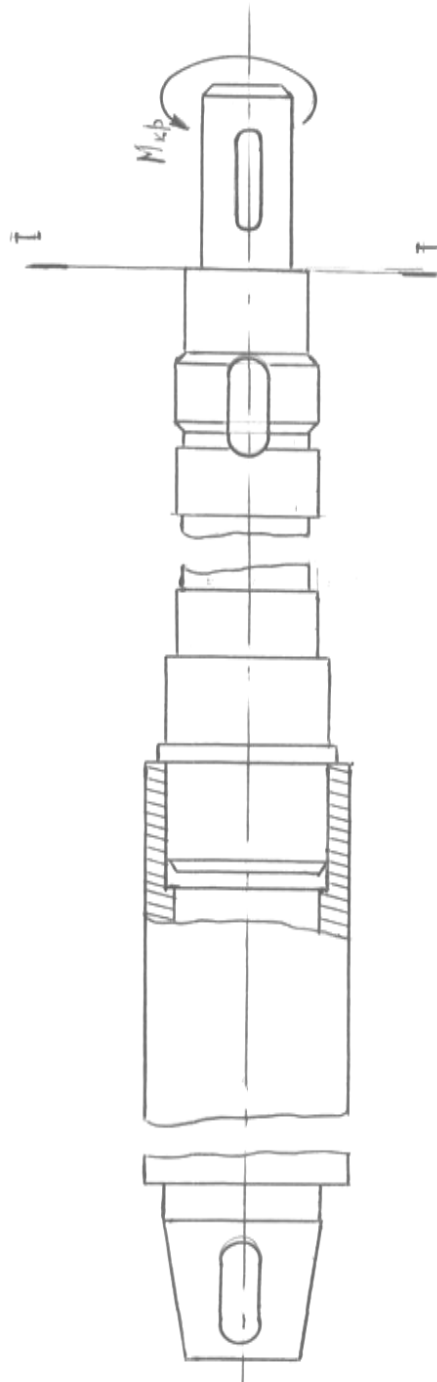


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема вала мішалки

Напруження що виникає на валу мішалки, унаслідок дії крутного моменту $\sigma_{кр}$, визначається за формулою

$$\sigma_{кр} = \frac{1000M_{кр}}{W_{кр}} < [\sigma_{дон}], \quad (3.8)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, на валу мішалки, Н·м;

$W_{кр}$ – момент опору крученню перетину валу мішалки, мм³.

$$\sigma_{кр} = \frac{1000 \cdot 9.5}{2090} = 4.5 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа.}$$

ВИСНОВОК.

Виходячи з розрахунку, вал мішалки агрегату приготування робочого розчину володіє достатньою міцністю, тобто фактичні напруження, що виникають в небезпечному перетині валу не перевищують допустимих напружень матеріалу валу і є набагато меншими

$$4,5 < 115 \text{ МПа} .$$

Такий запас міцності є невиправданим і веде за собою збільшення металомісткості виробу. Усуненням цього недоліку є зменшення розмірів вала або якщо з конструктивних міркувань це представляє певну складність, то використання матеріалу з нижчими механічними характеристиками, виконання його пустотілим або ж використання полімерних композиційних матеріалів. Ще одним варіантом є взагалі відмовлення від конструкції механічної мішалки, а використання гідравлічної.

3.3 Обґрунтування ресурсу роботи підшипникового вузла мішалки

Сила, що діє на лопатку.

Сила, що діє на лопатку мішалки (рис. 3.3) визначається за формулою, яка приведена в [48]:

$$P = \frac{1360 \cdot N_{mp}}{\omega \cdot d_m}, \quad (3.9)$$

де P – сила, що діє на лопатку мішалки, Н;

N_{mp} – необхідна потужність для приводу мішалки, кВт;

d_m – діаметр мішалки, м;

ω – кутова швидкість обертання мішалки, с^{-1} , визначається за формулою

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n, \quad (3.10)$$

де n – частота обертання валу мішалки, с^{-1}

$$\omega = 2 \cdot 3.1416 \cdot 1.5 = 9.42 \text{ с}^{-1}.$$

$$P = \frac{1360 \cdot 0.1}{9.42 \cdot 0.6} = 24.1 \text{ Н.}$$

Осьова складова сили.

У зв'язку з тим, що радіальні сили, прикладені до лопаток мішалки, взаємно врівноважуються (рис. 3.3), на підшипники передаються тільки осьові складові сил, що діють на лопатки.

Осьова складова сили, що діє на лопатку, визначається за формулою

$$P_1 = P \cdot \sin \beta, \quad (3.11)$$

де P_1 – осьова складова сили, що діє на лопатку, Н;

P – сила, що діє на лопатку мішалки, Н;

β – кут нахилу лопатки до напрямку руху, град.

$$P_1 = 24.1 \cdot 0.7071 = 17,04 \text{ Н.}$$

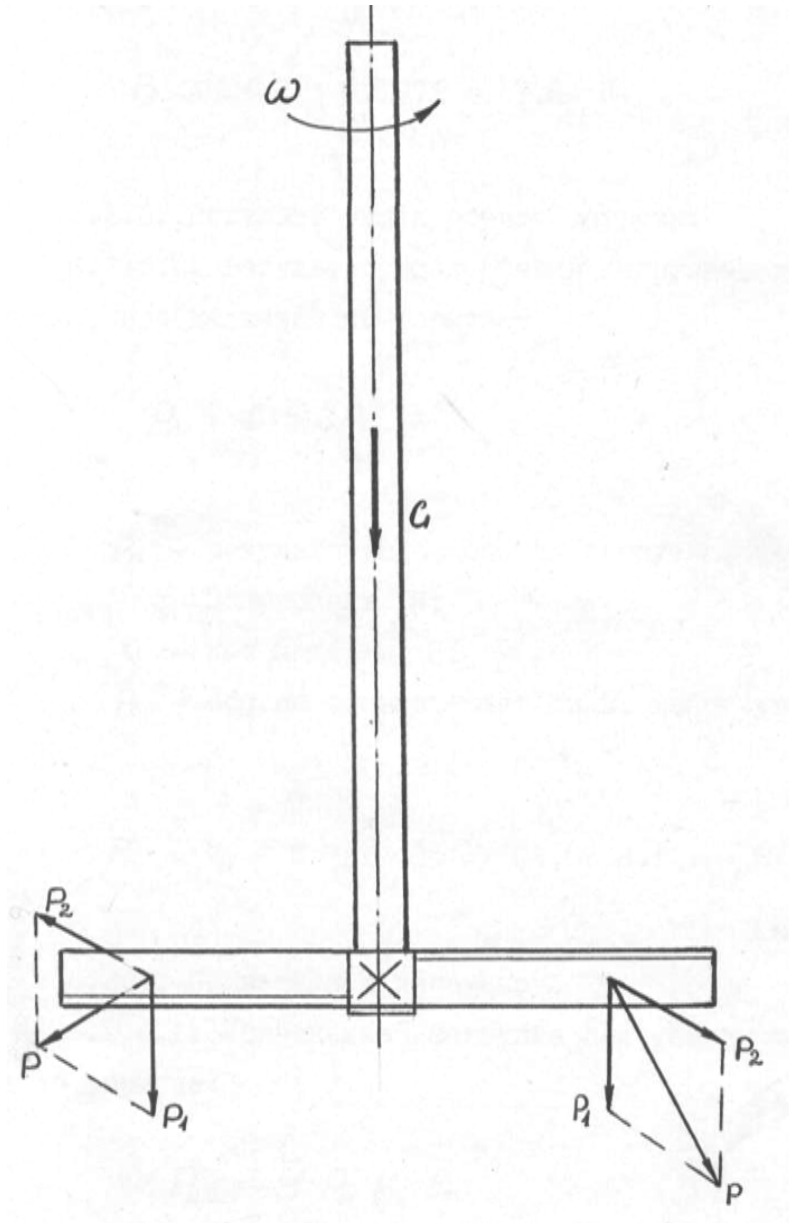


Рисунок 3.3 – Схема навантаження підшипників мішалки

Результуюче осьове навантаження.

Результуюче осьове навантаження, що діє на підшипники, визначається за формулою:

$$P_n = G + 2P_1, \quad (3.12)$$

де P_n – результуюче осьове навантаження, що діє на підшипники, Н;

G – вага мішалки, Н;

P_1 – осьова складова сили, що діє на лопатку, Н.

$$P_n = 70 + 2 \cdot 17.04 = 104,08 \text{ Н.}$$

Приведене навантаження.

Приведене навантаження для нашого випадку визначається за формулою

$$P_{np} = Y \cdot P_n \cdot K_\sigma \cdot K_T, \quad (3.13)$$

де P_{np} – приведенне навантаження, Н;

P_n – результуюче осьове навантаження, що діє на підшипники, Н;

Y – коефіцієнт осьового навантаження. Згідно [10, 43] $Y = 2,30$;

K_σ – коефіцієнт, що враховує вплив характеру завантаження на термін служби підшипника. Згідно [15] $K_\sigma = 1,55$;

K_T – коефіцієнт, що враховує вплив температурного режиму роботи (при робочій температурі підшипника до 100°C $K_T = 1$).

$$P_{np} = 2.30 \cdot 104.08 \cdot 1.55 \cdot 1 = 371 \text{ Н.}$$

Номінальна довговічність підшипників [10, 37].

Перевірка довговічності підшипників полягає у визначенні номінальної довговічності L_h і порівнянні її з тією, що вимагається L_{mp} . При виконанні умови $L_h \geq L_{mp}$ довговічність підшипників забезпечена.

Номінальна довговічність підшипників визначається за формулою:

$$L_h = \frac{277.8}{n_n} \left(\frac{C}{P_{np}} \right)^3, \quad (3.14)$$

де L_h – номінальна довговічність підшипника, год;

C – динамічна вантажопідйомність, Н;

P_{np} – приведене навантаження, Н;

n_n – частота обертання підшипника, s^{-1} .

$$L_h = \frac{277.8}{1.5} \left(\frac{22000}{371} \right)^3 = 3.862 \cdot 10^7 \text{ год.}$$

ВИСНОВОК.

Номінальна довговічність підшипників значно перевищує необхідну, оскільки підшипниковий вузол практично недовантажений.

Як видно з проведених розрахунків, що така конструкція мішалки є досить не задовільною, оскільки є значне перевищення використання матеріалів при проектуванні її вузлів (значні запаси міцності), а також значне недовантаження вибраних підшипників. На даний час такі конструкторські розробки повинні менше фігурувати в машинобудуванні, оскільки вони за собою ведуть різного роду перевитрати, а це з економічної точки зору є дуже не вигідним і недоцільним.

Виходячи з цього, запропонуємо замінити механічну мішалку новим пристроєм з гідравлічною мішалкою.

3.4 Обґрунтування конструктивних параметрів гідравлічної мішалки

Мішалки, що використовують у резервуарах машин-заправників чи обприскувачів мають пряме призначення – підтримувати сталу концентрацію робочого розчину. Оскільки різні препарати змішують для отримання робочого розчину: одні добре розчиняються, інші випадають в осад тощо.

Такі пристрої розміщують біля днища резервуара, щоб утворене завихрення сягало дна і захоплювалися всі частинки води і препарату.

Для гідравлічних мішалок одним із критеріїв ефективності роботи є коефіцієнт циркуляції k_u

$$k_u = \frac{Q}{V}, \quad (3.15)$$

де Q – продуктивність мішалки, м³/с; V – об'єм резервуара.

Для такої мішалки продуктивність Q_z (м³/с) розраховують із залежності

$$Q_z = 0.785 \cdot 10^{-3} d_c^2 v \rho, \quad (3.16)$$

де d_c – діаметр, що має сопло, м; v – швидкість потоку рідини, м/с; ρ – щільність рідини кг/м³.

Тоді, якщо є відомий робочий тиск p , а він в системах обприскувачів не повинен перевищувати 2 МПа, то можна встановити швидкість потоку рідини v (м/с) за залежністю

$$p = \frac{v^2}{2g} (1 + k_c), \quad (3.17)$$

де k_c – коефіцієнт місцевого опору сопла, він залежить від існуючого тиску, діаметра отвору та гладкості його обробки.

Довжина бака в значній мірі впливає на значення коефіцієнта циркуляції, тобто чим довший бак – коефіцієнт циркуляції знижується.

Тоді розраховуємо швидкість робочого потоку рідини v даної гідравлічної мішалки

$$v = \varepsilon \sqrt{2\rho\Delta p}, \quad (3.18)$$

де Δp – різниця тисків на вході у мішалку на її виході, Па;

ε – коефіцієнт гідравлічного опору, $\varepsilon \cong 0,97$.

Діаметр сопла d_c можна визначити, користуючись залежністю продуктивності мішалки (3.16).

Відповідно до цього діаметр сопла гідравлічної мішалки становитиме

$$d_c = \sqrt{\frac{Q'_z}{0.785 \cdot 10^{-3} \nu \rho}},$$

розрахуємо значення

$$d_c = \sqrt{\frac{0.016}{0.785 \cdot 10^{-3} \cdot 2.83 \cdot 1000}} = 0.085$$

м,

де $Q'_z = 0.016 \text{ м}^3/\text{с}$ – розрахункова продуктивність одного сопла.

Тут слід зауважити, що конструкція мішалки передбачає чотири сопла, тому продуктивність підставлена для одного з них.

Конструкція гідравлічної мішалки порівняно з механічною є набагато вигіднішою: відсутній привід як такий; менш матеріаломістка; надійніша і ефективніша в роботі. Тому пропонується надалі на машині ПТР-3.2 використовувати саме гідравлічну мішалку для пристрою для приготування робочих рідин. Її конструкція, що забезпечує задану продуктивність буде розроблена з врахуванням особливостей конструювання такого роду пристроїв та спиратися на конструкцію механічної мішалки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці при заправленні обприскувачів та виконанні ними технологічного процесу

Рідкі мінеральні добрива, регулятори росту рослин, пестициди, знешкоджуючі та інші хімічні речовини широко увійшли в практику рослинництва. Їх застосування дає можливість стабільно отримувати високі врожаї. Проте всі ці речовини в тій чи іншій мірі небезпечні для людини і навколишнього середовища. Неправильне застосування або неграмотне поводження з ними завдає величезної, часто непоправної шкоди не тільки працюючим з ними, але й іншим людям, тваринному і рослинному світу, ґрунту, атмосфері [30, 38, 41, 47].

Вимоги до виробництва, транспортування, торгівлі, зберігання, застосування, утилізації, знищення та знешкодження пестицидів і агрохімікатів встановлені Законом України «Про пестициди та агрохімікати».

Основні шляхи профілактики отруєнь пестицидами і мінеральними добривами: дотримання норм, правил та інструкцій з охорони праці при роботі з ними; застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих; суворе дотримання агротехніки, кратності обробок посівів і норм витрати хімічних препаратів; проведення хімічних обробок на достатньому віддаленні від населених пунктів, скотарень, водойм, при дозволених швидкостях вітру; витримування термінів останньої обробки рослин до збору врожаю; застосування тільки досить вивчених, дозволених препаратів. Хороші результати щодо поліпшення умов праці дає застосування пестицидів (навіть високотоксичних) у формі гранул.

Особи, діяльність яких пов'язана з транспортуванням, зберіганням, застосуванням пестицидів і агрохімікатів та торгівлею ними, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із зазначеними пестицидами і

агрохімікатами. До роботи з пестицидами і мінеральними добривами допускаються особи, які не мають медичних протипоказань і пройшли медичні огляди (при вступі на роботу і періодичні в процесі роботи). Не допускаються до таких робіт особи молодше 18 років, вагітні і жінки годувальниці.

Важливим заходом профілактики отруєнь є дотримання строків безпечного виходу людей на площі, які оброблені пестицидами. Строки виходу людей на оброблені пестицидами площі для проведення ручних робіт 7 днів, механізованих – 3 дні.

Всі роботи з пестицидами і мінеральними добривами повинні бути максимально механізовані. Виконують їх із застосуванням ЗІЗ, ряд робіт виконують в протигазах або респіраторх.

Пестициди і мінеральні добрива зберігають в окремих будівлях. Спільно з ними не можна зберігати хімічні консерванти кормів, кормові добавки, фарби, лаки, харчові продукти та ін.

Пестициди зберігають у заводській тарі (бочках, барабанах, каністрах, скляних бутлях, коробках тощо). На тарі всіх видів повинні бути зазначені найменування препарату, номінальний відсоток діючої речовини, група пестициду, знак небезпеки, маса нетто, а також напис "Вогнебезпечно", або "Вибухонебезпечно" (за наявності у препараті відповідних властивостей). До кожної пакувальної одиниці повинні бути додані (приклеєні) рекомендації щодо застосування. На тарі сильнодіючих токсичних, отруйних речовин повинен бути нанесений малюнок черепа зі схрещеними кістками і напис "Обережно. Отрута!".

Пролиті і розсипані речовини слід негайно видаляти і знешкоджувати. Для цього на складі повинні міститися знешкоджуючі речовини - хлорне вапно, кальцинована сода та ін.

Перевозять пестициди та агрохімікати у присутності відповідальної особи на спеціально обладнаному транспорті, у справній і добре закритій тарі. Які-небудь інші вантажі або харчові продукти спільно з ними перевозити не можна.

Перед початком робіт з обробки сільгоспугідь всю використовувану

техніку перевіряють на справність, регулюють розташування робочих органів, норму витрати рідини, випробують на воді. На корпусах машин наносять написи, що вказують на необхідність застосовувати при роботі ЗІЗ. Машини повинні бути обладнані бачком з водою для миття рук.

Обробку з використанням вентиляторних і штангових тракторних обприскувачів проводять при швидкості вітру не більше 4 м/с з максимально можливим рухом агрегату проти вітру і на відстані не менше 300 м від населених пунктів, джерел водопостачання, місць відпочинку населення і ділянок проведення ручних робіт по догляду за культурами.

Робочі розчини готують на спеціальних розчинних вузлах і заправних майданчиках з бетонним або асфальтовим покриттям, розташованих на відстані не менше 500 м від житлових і громадських будівель, ферм, вододжерел, від берегів рибогосподарських водойм.

Заправку обприскувачів проводять закритим способом по герметичних шлангах, попередньо профільтрувавши неоднорідні рідини (щоб уникнути закупорки форсунок). Кабіни тракторів при внесенні пестицидів повинні бути повністю зашклені і закриті.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

При проведенні обприскування по периметру ділянки, що підлягає обробці, на відстані видимості встановлюють знаки безпеки та попереджувальні написи (наприклад, "Оброблено пестицидами!"). Забирають їх після закінчення карантинних термінів [47].

Від ділянок, що підлягають обробці, завчасно вивозять пасіки на відстань не менше 5 км і повертають назад через 1-7 діб залежно від використаних хімічних препаратів (конкретні терміни наведені у відповідних інструкціях до препаратів).

На ділянках, оброблених пестицидами, поновлюють роботи тільки після

закінчення визначених термінів, встановлених в залежності від фізико-хімічних властивостей використаних пестицидів (від 1 до 60 діб). Випас худоби поблизу оброблених пестицидами ділянок дозволяється через 25 днів. (Необхідно враховувати терміни, вказані в спеціальних інструкціях щодо їх застосування).

Авіаобробка пестицидами допускається лише у випадках неможливості застосування наземної техніки, при швидкості вітру не більше 4 м/с (для зменшення зносу препарату) на ділянках, розташованих не ближче 2 км від: населених пунктів; рибогосподарських водойм, джерел господарського-питного водопостачання; ділянок під посіви культур, що йдуть у їжу без теплової обробки (цибуля на перо, петрушка, селера, щавель, горох, кріп, томати, огірки, плодово-ягідні дерева та ін.); скотарень, птахоферм; не ближче 5 км - від місць постійного розміщення медоносних пасік.

За неможливості виконання цих умов авіаобробка не допускається.

Роботи по протруюванню насіння повинні бути максимально механізовані. Забороняється протруювати насіння методом ручного перелопачування. Слід застосовувати тільки напівсухий і мокрий способи протруювання і відповідну техніку.

Насіння протруюють у спеціально обладнаних приміщеннях, розташованих не ближче 500 м від житлових будівель, тваринницьких приміщень, джерел водопостачання, а також в спеціально обладнаних секціях складу для зберігання зерна. Приміщення повинні мати пофарбовані стіни без тріщин, достатню вентиляцію. Протруювання насіння, вивантаження, упаковку в мішки проводять при включеній витяжній механічній вентиляції. Насіння завантажують в мішки і зашивають із застосуванням механізмів.

Рештки протруєного насіння після посіву здають на склад, а при необхідності – реалізують іншому господарству для посіву. Їх не можна змішувати з іншими насінням, здавати на хлібоприймальні пункти, використовувати для харчових цілей, на корм худобі і птиці. Ніяка обробка (промивка, варіння тощо) не виводить з них залишки протруйника. Вживання такого зерна в їжу може викликати серйозне отруєння і навіть смерть.

Розсипане протруєне насіння збирають, спалюють і закопують.

З мінеральних добрив особливу обережність слід витримувати при роботі з водним аміаком. Аміаковози повинні мати заземлювачі. Ємності для зберігання фарбують у світлі тони (для попередження нагріву від сонячної радіації і вибуху). Регулярно перевіряють їх герметичність, стан запірної апаратури, з'єднань.

Кузова, баки, ємності, робочі органи машин по внесенню добрив і транспортні засоби після закінчення роботи очищають і промивають водою, а після роботи з пестицидами наносять знешкоджуючу речовину (25%- ний розчин хлорного вапна) , витримують 40-50 хв., після чого промивають водою.

Ділянки землі, забруднені пестицидами, знезаражують хлорним вапном і перекопують.

Для профілактики отруєння хімічними речовинами важливе значення мають режим і склад харчування, дотримання правил особистої гігієни. Токсичні речовини легше всмоктуються в кров при відсутності їжі в шлунку, тому перед роботою з хімічними препаратами важливий прийом їжі, в тому числі рідкої (рідина прискорює виведення отрути з організму). До складу їжі повинні входити речовини, які мають обволікаючі властивості (крохмаль, желатин та ін.) - Вони перешкоджають всмоктуванню отрути. Не дозволяється пити, палити, вживати їжу під час роботи з хімічними речовинами.

Після роботи з пестицидами і мінеральними добривами слід прийняти душ.

Майданчики для відпочинку і прийому їжі, а також продукти, вода повинні знаходитися не ближче 200 м від місць роботи з пестицидами (на складах - в ізольованих приміщеннях).

Виконання вимог охорони праці, належна організація робіт дасть змогу провести догляд за посівами без отруєнь, професійних захворювань, травм і аварій [47].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основні результати роботи наведено нижче:

Описано основні вимоги до приготівлювачів-транспортувальників робочих рідин (заправників обприскувачів);

Проаналізовано базову конструкцію машини, вказано на недоцільність використання механічної мішалки для приготування робочих розчинів;

Розглянуто транспортні характеристики приготівлювача-транспортувальника рідин ПТР-3,2;

Проведено розрахунок розміщення транспортувальника рідин на платформі;

Проведено розрахунок міцності кріплення вантажних одиниць на платформі;

Розраховано стійкість вантажних одиниць від перекидання;

Запропоновано методику та розраховано потужність приводу механічної мішалки, яка становить 90 Вт.

Частота обертання вала мішалки 90 об/хв.

Необхідна потужність приводу мішалки з врахуванням втрат повинна бути не менше 0,15 кВт.

Для приводу використано мотор-редуктор типу 1МПз2-31,5 потужністю 1.1 кВт.

При розрахунку вала мішалки встановлено, що фактичні напруження, що виникають в небезпечному перетині валу не перевищують допустимих напружень матеріалу валу і є набагато меншими, тобто $4,5 < 115$ МПа. Це вказує на недоцільність використання вала приводу такої конструкції. Він повинен бути або пустотілим, або менших габаритних розмірів, або з матеріалу, що має нижчі механічні властивості.

Сила, що діє на лопатку мішалки $P = 24.1$ Н.

Приведене навантаження, що діє на вал мішалки 371 Н

Розраховано підшипникові вузли вала (підшипник 306 ГОСТ 8338-75) механічної мішалки – їх довговічність складає $L_h = 3.862 \cdot 10^7$ год. Що також значно перевищує термін експлуатації машини в цілому.

При розрахунку гідравлічної мішалки, її продуктивність становить 0,064 м³/с.

Розрахований діаметр складає 8,5 мм;

Кількість сопел – 4 шт. при їх тангенційному розміщенні.

Крім того, розроблені основні правила поводження з пестицидами та при заправленні обприскувачів робочими розчинами.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Andreykiv O., Babii A., Dolinska I., Yadzhak N., Babii M. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. *Procedia Structural Integrity*. Volume 36, 2022, Pages 36-42.
2. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36, .203-210.
3. Babii A. (2019) Parameters investigation for independent pendular suspension of sprayer boom. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 96, no 4, pp. 90–100.
4. 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.
5. 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.
6. Babii A., Babii M. (2019) Taking impact of oscillation amplitude of bearing frame sections of boom sprayers into account on its resource. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 95, no 3, pp. 97-104.
7. Babii A., Babii M.(2019) Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 95, no 3, pp. 97–104.
8. 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.
9. Агрохімія / І.М.Карасюк , О.М.Геркіял, Г.М.Господаренко та інші / За ред. І.М.Карасюка. К.: Вища школа, 1995. 471с.

10. Анурьев В.Н. Справочник конструктора машиностроителя: В 3-х т. М.: Машиностроение, 1982. Т.1. 736.; Т.2. 584.;Т.3. 576.
11. Бабий, А. Математическая модель нагрузки привода режущего аппарата косилки [Текст] / А. Бабий, М. Бабий, Т. Рыбак // Motrol, 2014. – Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin. Vol. 16, No 4. – С.275–284.
12. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально–транспортуючих мобільних засобів. Науковий журнал «Інженерія природокористуванн, 2019. №3 (13) С. 87–91.
13. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.
14. Бабій А.В. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні / Бабій А.В., Бабій М.В., Кучвара І.М. // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», Харків. № 11. 2018. С. 27–34.
15. Бабій А.В. Дослідження впливу горизонтальних коливань штанги на рівномірність обприскування. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників. Умань: ВПЦ «Візаві», 2020. С.121-123.
16. Бабій А.В. Дослідження ефективності захисного фарбового покриття каркасу штанги обприскувача. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики» – Тернопіль 29-30 вересня 2022. С.129-130.
17. 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.

18. 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.

19. Бабій А.В., Бабій М.В. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 145. «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Харків, 2014. С.112–118.

20. Бабій А.В., Бабій М.В. Дослідження впливу конструкторсько-технологічних факторів на запас міцності спинки ножа косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 139. «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Харків, 2013. С.187–192.

21. Бабій А.В., Бабій М.В. Дослідження впливу конструкторсько-технологічних факторів на запас міцності спинки ножа косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 139. «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Харків, 2013. С.187–192.

22. Бабій А.В., Головецький І.В., Герасимович П.В. Проблеми та перспективи розвитку картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей X Міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль 24-25 листопада 2021 року. ФОП Паляниця ВА. Т.1. С. 25-26.

23. Бабій А.В., Коноваленко С.І., Бабій М.В., Цепенюк М.І. Причіпний пристрій широкозахватної машини. Деклараційний патент на корисну модель 140142 А01В 59/06 (2006.01). Заявлено 24.06.2019, u201907015 опубліковано 10.02.2020, бюл. № 3/2020.

24. Бабій А.В., Олійник В.Є., Михалків А.Й. Дослідження впливу положення штанги обприскувача на відхилення норми внесення робочого

препарату. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників. Умань: ВПЦ «Візаві», 2021. С.155-157.

25. Бабій А.В., Рибак Т.І., Попович П.В., Господарський Я.Я., Сікорський С.П. Механізм зміни ширини колії. Деклараційний патент на корисну модель 73090 А01В 51/00; заявл. 01.03.2012, опубл. 10.09.2012, бюл. № 17.

26. Бабій М. В. Дослідження роботи енергозберігаючого приводного механізму косарки / Марія Василівна Бабій, Андрій Васильович Бабій // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 77. – № 1. – С. 149-161. – (Машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).

27. 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.

28. Бабій А.В., Рибак Т.І., Бабій М.В. Обґрунтування конструктивних особливостей енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. – Випуск 134 “Технічний сервіс машин для рослинництва”. Харків, 2013. С.116–122.

29. Бади́на Г.В., Королев А.В., Королева Р.О. Основы агрономии. – Ленинград: Агропромиздат, 1988. 448с.

30. Безопасность жизнедеятельности в условиях чрезвычайных ситуаций / Под ред. А.К.Назарова.– Курган: Изд–во КМИ, 1994.

31. Блащак Б.О., Бабій А.В. Дослідження ефективності роботи картоплепосадочних апаратів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики» – Тернопіль 29-30 вересня 2022. С.68-69.

32. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И, Султан–Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. М: Машиностроение, 1980. 565 с.
33. Бугай С.М. Рослинництво. К.: Вища школа, 1978. 384с.
34. Глухий С., Дмитрук Б. Аналіз проблематики підвищення ефективності роботи обприскувачів. V Міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». ТНТУ. 2022. С.8-9
35. Головецький І.В., Бабій А.В. Аналіз типу приводу робочих органів картоплекопача. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С.100-102.
36. Головецький І.В., Бабій А.В. Аналіз типу приводу робочих органів картоплекопача. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С.100-102.
37. 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.
38. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. Є.П. Желібо, В.М.Пічі. Львів: „Новий світ–2000”, 2002. – 328 с.
39. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 1991. 383 с.
40. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – 6–е изд., перераб. И доп. М.: Агропромиздат, 1989. 527 с.
41. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.
42. Левицький Б.Б., Бабій А.В. Дослідження опору переміщенню обприскувача. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції

"Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С.106-107.

43. Левицький Б.Б., Бабій А.В. Концептуальні рішення для проектування малогабаритного обприскувача. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики» – Тернопіль 29-30 вересня 2022. С.51-52.

44. Листопад Г.Е., Семенов А.Н., Демидов Т.К. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1976. 751 с.

45. Лещак Р.Л., Бабій А.В., Барна Р.А., Бабій М.В., Гіряк Р.С., Сиротюк А.М. Корозійна тривкість покриття каркаса штанги сільськогосподарського обприскувача. ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ. Том 58, №2. Львів: Фізико–механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2022. С. 116–121.

46. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УСССР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.

47. Охорона праці під час застосування пестицидів і мінеральних добрив. URL: <https://opishnya.gromada.org.ua/news/1590661948/>

48. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.

49. Приготовлювач-транспортувальник робочих рідин ПТР-3.2. Технічний опис і інструкція з експлуатацій. Львов, 1992. 58 с.

50. Размещение и крепление грузов в вагонах: Справочник / А. Д. Налов, О. И. Михайлов, Г. Н. Итейнфер и др. - 2-е изд., перераб, и доп. - М. : Транспорт, 1980.

51. Технические условия погрузки и крепления грузов. М. : Транспорт, 1988.

ДОДАТКИ