



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 бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Нападю Степану Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології внесення добрив з розробкою  
висівної системи туковисіваючої машини

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «24» січня 2024 року № 4/7-62

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2024

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до внесення твердих добрив; типовий  
технологічний процес внесення твердих добрив; базова конструкція машини для внесення  
твердих добрив

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

*Вступ.*

*1. Аналіз об'єкту дослідження*

*2. Технологічна частина*

*3. Проектна частина*

*4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці*

*Загальні висновки. Перелік посилань*

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

*Ілюстративний матеріал*



## РЕФЕРАТ

Автор роботи – Нападій Степан Петрович

Тема роботи – «Удосконалення технології внесення добрив з розробкою висівної системи туковисіваючої машини».

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

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – удосконалення технології внесення твердих добрив шляхом розробки пневматичної штангової висівної системи туковисіваючої машини.

Об'єкт дослідження – технології внесення твердих добрив.

Предмет дослідження – пневматична штангова висівна система туковисіваючої машини.

Методи дослідження: порівняльний, теоретико-емпіричний, математичного та комп'ютерного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій внесення твердих добрив та розглянуто різні технологічні рішення для їх впровадження;

- досліджено особливості внесення твердих добрив за допомогою пневматичних штангових агрегатів та проведено аналіз їх конструкцій;

- узагальнено недоліки існуючих конструкцій пневматичних штангових агрегатів для внесення твердих добрив та запропоновано шляхи модернізації конструкції машини для внесення твердих добрив з пневматичною штанговою системою висіву;

- проведено технологічні та конструктивні розрахунки вузлів модернізованої машини;

- виконано проектні розрахунки з використанням комп'ютерного моделювання;

- подано заходи охорони праці та техніки безпеки при використанні агрегатів для внесення твердих хімічноактивних добрив.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення технології внесення твердих добрив, яка передбачає застосування машини із пневматичною штанговою висівною системою.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 61 арк. формату А4, додатки – 1 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: тверді добрива, внесення добрив, машини для внесення добрив, пневматична штангова система, технологічні параметри.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА.....	9
1.1. Аналіз технологій та машин для внесення твердих добрив .....	9
1.2. Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до машини.....	22
1.3. Обґрунтування конструкції удосконаленої машини .....	23
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ .....	25
2.1. Обґрунтування схеми машини.....	25
2.2. Обґрунтування відстані між розпилювачами.....	27
2.3. Обґрунтування ширини захвату машини з штанговою пневматичною системою висіву.....	28
2.4. Обґрунтування геометричних параметрів розпилювача.....	31
2.5. Розрахунок необхідної потужності вентилятора .....	33
2.6. Енергетичний розрахунок машини .....	36
3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	38
3.1. Проектування клинопасової передачі приводу вентилятора.....	38
3.2. Розрахунок на міцність вала клинопасової передачі.....	41
3.3. Розрахунок на міцність штанги туковисіваючої системи.....	44
3.4. Моделювання шківів пасової передачі приводу вентилятора.....	46
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	49
4.1. Керування безпекою життєдіяльності .....	50
4.2. Техніка безпеки при експлуатації машин, які працюють з хімічноактивними речовинами.....	54
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	58
ДОДАТКИ.....	61

## ВСТУП

Рослини мають здатність утворювати (синтезувати) усі необхідні для свого росту органічні речовини з мінеральних (неорганічних) речовин: вуглекислоти, води та солей, які містять азот, калій, кальцій, магній, залізо, сірку, фосфор та мікроелементи (бор, марганець, мідь, цинк, кобальт тощо). Енергію, яка необхідна для синтезу органічних речовин, зелені рослини одержують від сонця. Вуглекислота, яку поглинає листя з повітря або коріння з ґрунту, переробляється ними під дією сонячних променів в органічні речовини (вуглеводи, білки, жири та ін.). Інтенсивність фотосинтезу залежить від кількості вуглекислого газу в повітрі, сили світла, температури, кількості води та елементів мінерального живлення [18].

Встановлено, що до складу рослин входить близько 20 елементів. Одержують вони їх з ґрунту, який сам є не що інше, як мінерал, який містить багато калію, кальцію, фосфору та інших елементів живлення.

Відмираючи щорічно рослини повертають ґрунту, на якому вони ростуть, все, що у нього забрали. І ґрунт у природному стані майже невиснажений.

Людина ж восени вивозить з полів безліч рослин, а разом з ними з ґрунту втрачається азот, калій, фосфор та інші елементи. І лише невеличка частка їх повертається полю у вигляді гною і решток рослин (стерня, залишки стебел тощо). Тому ці втрати необхідно відшкодовувати внесенням мінеральних чи органічних добрив [18].

Мінеральні добрива – продукт промислового походження. Їх виготовляють на хімічних заводах (азотні добрива: аміачна, натрієва та кальцієва селітри, різні сульфати; калійні добрива: хлористий калій, калійна сіль, силівніт; фосфорні добрива: суперфосфати, фосфоритне борошно, борошно з кісток та ін.).

Підвищення родючості ґрунту за рахунок внесення добрив займає важливе місце у комплексі заходів щодо впровадження інтенсивних технологій

рослинництва. Добрива містять основні елементи живлення рослин, які поліпшують фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту і тим самим сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур [18].

Одним з факторів, що зменшують ефективність добрив є не надто висока ефективність способів їх внесення. Існуючі для цієї цілі відцентрові апарати розподіляють добрива по поверхні ґрунту з досить великою нерівномірністю, що зменшує врожайність сільськогосподарських культур. Крім того нестабільно працюють в вітряну погоду. Це зумовлено тим, що в основу покладено кидальний принцип, що базується на вільному польоті неоднорідних частинок в нестабільному повітряному просторі.

Дослідження і розробки, виконані у нас і за кордоном свідчать про велику актуальність робіт, що направлені на створення таких апаратів, які були б позбавлені вказаних недоліків і мали б тукоросподільчі пристрої, що забезпечували доставляння добрив до ґрунту по індивідуальним закритим каналам і розподіляли їх з нерівномірністю  $\pm 10\%$ .

В пошуках технологічної схеми, яка б задовольняла всі вказані вимоги, конструктори в більшій мірі орієнтуються на апарати, що працюють за принципом пневмотранспортера висівного матеріалу до робочих органів. Перевагою цих апаратів є простота їх конструкції, невелика металоємність, висока якість внесення добрив [9, 8].



# 1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

## 1.1. Аналіз технологій та машин для внесення твердих добрив

Під поняттям «технологія застосування добрив» агрохіміки розуміють сукупність строків удобрення та способів внесення добрив у ґрунт. Система удобрення ґрунту - це план застосування добрив у сівозміні, розроблений на основі необхідної урожайності, біологічної особливостей сортів вирощуваних сільськогосподарських культур, родючості ґрунтів та кліматичних умов [18].

Традиційні технології удобрення ґрунтів передбачають внесення добрив однаковою дозою по усьому полю. Останні 15 років впроваджується якісно нова технологія удобрення, яка передбачає диференціацію доз внесення добрив на окремо виділених ділянках поля в залежності від вмісту раніше накопичених поживних речовин у ґрунті.

Ефективність технології удобрення ґрунту найчастіше оцінюється окупністю добрив, тобто відношенням вартості додаткової продукції, одержаної за рахунок внесення добрив до витрат на його проведення.

В залежності від мети і строків удобрення ґрунту використовуються такі технології внесення добрив: до сівби (основне внесення), під час сівби (припосівне), після сівби (підживлення) та внесення «про запас» [18].

Основне удобрення проводиться, як правило, перед основним обробітком ґрунту або одночасно з ним. Призначення цієї технології удобрення – забезпечення рослин основними поживними речовинами – азотом, фосфором, калієм на весь період їх розвитку та збереження родючості ґрунту.

Передпосівне удобрення ґрунту проводиться одночасно з посівом чи посадкою сільськогосподарських культур шляхом використання комбінованих машин. Основне призначення цієї технології полягає в покращенні живлення рослин найбільш важливими речовинами в період їх початкового розвитку (від проростання до утворення міцної кореневої системи).

Підживлення проводиться в період найбільшої потреби рослин в певних поживних речовинах у найвідповідальніші періоди їх розвитку, наприклад, після пере зимування озимих культур, під час інтенсивного формування плодів рослин тощо.

Удобрення ґрунту «про запас» проводиться за наявності фінансових резервів один раз на 2-3 роки підвищеними дозами добрив з метою економії трудових і фінансових ресурсів на роботах по внесенню добрив. Цим способом можна вносити лише малорухливі в ґрунті поживні речовини, які не вимиваються талими та дощовими водами, а також не переходять у недоступні для рослин форми. На важких і середніх ґрунтах «про запас» можна вносити калій, а на будь-яких ґрунтах з нормальною кислотністю - фосфор. Азотні добрива в запас не вносяться взагалі.

В залежності від розташування добрив по відношенню до кореневої системи рослин при удобренні ґрунту застосовується два способи внесення: суцільний і локальний.

При суцільному внесенні, добрива з максимально можливою рівномірністю розподіляють по усьому полю. Цей спосіб внесення може застосовуватись при технологіях основного і припосівного внесення добрив у ґрунт, а також при підживленні рослин та внесенні добрив «в запас».

При локальному внесенні, добрива окремими осередками (стрічками чи гніздами) розміщуються на заданій віддалі від рослин. Цей спосіб може використовуватись при технологіях припосівного внесення добрив за допомогою комбінованих сівалок та при підживленні рослин, що вирощуються при широких міжряддях за допомогою культиваторів-рослинопідживлювачів.

В залежності від розміщення добрив по відношенню до поверхні ґрунту способи внесення добрив діляться на поверхневий і внутрішньогрунтовий.

При поверхневому способі внесення добрива розсіваються по поверхні поля. Цей спосіб може використовуватись при усіх технологіях удобрення ґрунту, але використовується переважно при технології основного удобрення,

підживленні рослин та внесенні добрив в запас. При основному та внесенні в запас розсіяні добрива загортаються у ґрунт плугами, або іншими ґрунтообробними знаряддями, а при підживленні рослин – лише на початкових стадіях їх розвитку, добрива можуть загортатись у ґрунт шляхом боронування посівів.

При внутрішньогрунтовому способі, добрива вносяться у ґрунт на попередньо визначену глибину. Для цього, як правило, використовуються комбіновані агрегати, які проводять сівбу, або обробіток ґрунту і його удобрення. Цей спосіб теоретично може використовуватись при усіх вищенаведених технологіях удобрення ґрунту, але найчастіше використовується для припосівного внесення та для підживлення широкорядних посівів.

Залежно від використовуваної техніки і відстані перевезення застосовуються наступні технологічні схеми внесення добрив: прямоочна, з перевантаженням (рис. 1.1) і перевалочна (рис. 1.2).

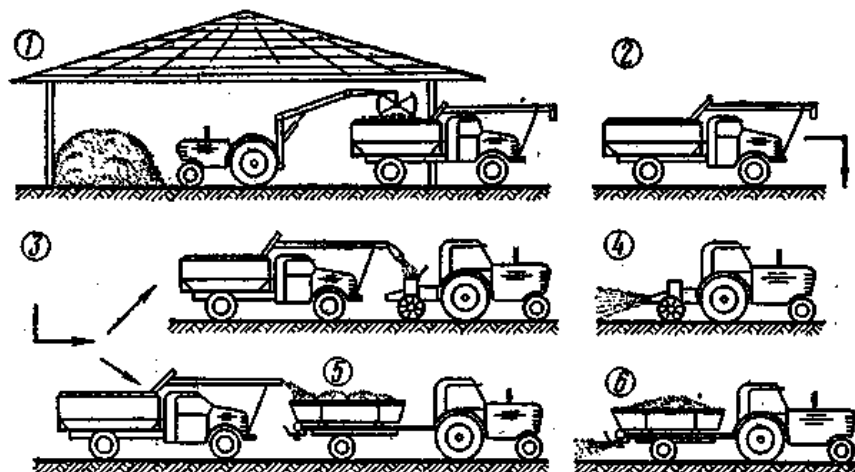


Рис. 1.1. Схема внесення добрив з перевантаженням:

- 1 – механізоване завантаження добрив із складу; 2 – транспортування добрив на поле; 3, 5 – перевантаження добрив в тукові сівалки (розкидачі);  
4, 6 – розсівання (розкидання) добрив на полі.

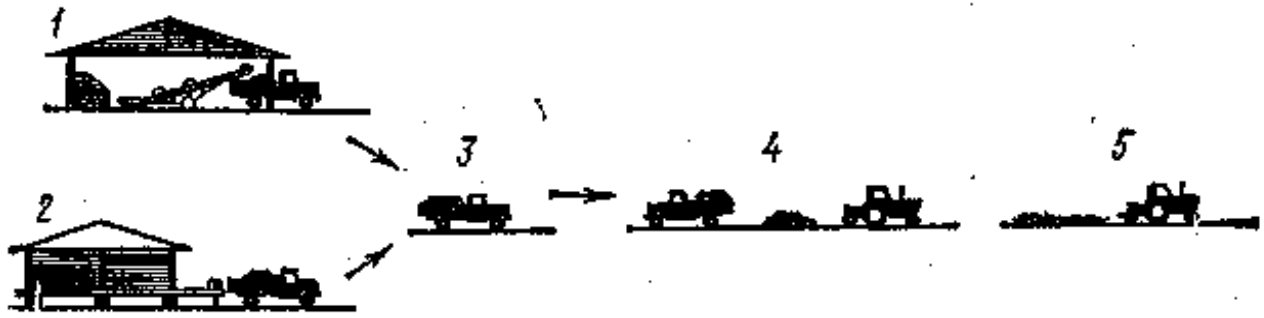


Рис. 1.2. Внесення добрив по перевалочній схемі:

1,2 – вантаження добрив в автомашину; 3 – транспортування добрив на поле; 4 – розвантаження добрив і засипка їх в тукові сівалки; 5 – розсівання добрив.

Але найбільш ефективною є прямоточна схема роботи, коли транспортування і внесення добрив здійснюється одним агрегатом. Така схема роботи рекомендована для внесення добрив причепами-розкидачами, якщо місця зберігання добрив розташовані поблизу полів.

Рівномірність внесення запланованої кількості органічних і мінеральних добрив на площі залежить від якості їх підготовки, рельєфу поля, використовуваних машин, правильно визначеної відстані між проходами агрегату, погодних умов. Якість внесення добрив оцінюють за шестибальною шкалою. Робота бракується, якщо один з показників (відхилення від норми внесення, нерівномірність внесення, обробка повторних смуг, наявність смуг розсипаних добрив тощо) оцінена в 0 балів [18].

Існує два способи внесення твердих добрив:

- розкидання за допомогою відцентрових розкидачів;
- нанесення за допомогою пневматичних штангових сівалок.

Найбільш поширеними машинами для внесення (розкидання) твердих добрив є кузовні відцентрові розкидачі типу РМГ-4, РУМ і МВУ [7].

Щодо штангових тукових сівалок (типу РУМ-5-03), то їх використання є найбільш доцільним, оскільки при великій ширині захвату агрегату вони дозволяють рівномірно вносити добрива практично без перекриття навіть на

підвищених швидкостях руху. Це дозволяє підвищити продуктивність агрегату, забезпечити високу якість при мінімальних затратах.

Машина РУМ-5-03 призначена для основного внесення твердих добрив і підживлення зернових культур, які вирощуються за інтенсивною технологією. Машина складається з кузова 5 (рис. 1.7), який зверху має захисну сітку 6, а в днищі - прутковий транспортер 14; туконапрямника 15; правої 9 і лівої 1 штанги; пневмосистеми; ходових коліс 12 і механізму приводу. На задній стінці кузова встановлена дозувальна заслінка 4 з механізмом переміщення 3, а зверху – брезентовий тент [7].

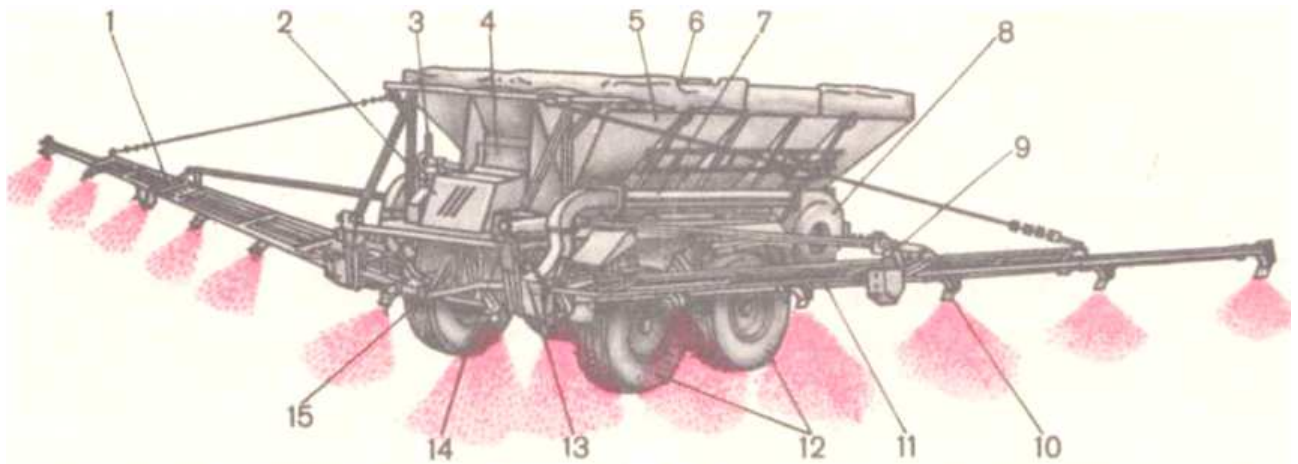


Рис. 1.3. Машина РУМ-5-03:

- 1, 9 – штанги; 2 – живильник-подільник; 3 – механізм переміщення заслінки;  
4 – заслінка; 5 – кузов; 6 – сітка; 7 – повітропровід; 8 – вентилятор;  
10 – розпилювальний наконечник; 11 – труба; 12 – ходові колеса;  
13 – повітророзподільник; 14 – транспортер; 15 – туконапрямник.

Під час розкидання добрив конвеєр 14 активується через заднє ходове колесо за допомогою привідного ролика та ланцюгової передачі. Коли потрібно вивантажити залишки добрив з кузова, конвеєр запускається від валу відбору потужності трактора через передачу, розташовану спереду кузова. Ходові колеса встановлені на колії шириною 1800 мм.

Розкидач добрив, що знаходиться під заднім кінцем конвеєра, поділено на 14 секцій. Кожна секція оснащена приймачем, обертовою заслінкою, патрубком

та форсункою. Патрубок кожної секції з'єднаний з повітророзподільником 13 пневматичної системи, а форсунка – з відповідною роздільною трубою 11.

Секція балки містить каркас, набір пластикових роздільних труб 11 різної довжини, направляючі, дільники, дільний пристрій і відбивачі, які встановлені на розпилювальних кінцях 10 труб.

Пневматична система оснащена вентиляторами 8, повітропроводи 7 і повітророзподільники 13, які монтуються на бічних стінках кузова. Повітророзподільники з'єднані трубами з патрубками розкидальника.

Під час руху машини конвеєр 14 подає добрива через отвір, розташований під дозувальною заслінкою 4, в розкидальник 15. Добрива рівномірно розподіляються по патрубках за допомогою приймачів, захоплюються повітряним потоком, створеним в форсунках вентиляторів, і подаються у труби 11 штанги. З труб добрива викидаються через кінці 10 у вигляді аерозміші та спрямовуються відбивачами на поверхню поля.

Дозування внесених добрив (100-1000 кг/га) регулюється переміщенням заслінки 4. До тракторів 3 класу агрегатується машина. Об'єм кузова – 5 тонн, ширина захоплення – 12 метрів, робоча швидкість – до 10 км/год, продуктивність – 7 га/год.

У господарствах застосовують також штангові тукорозкидачі американського, німецького і французького виробництва.

Конструктивні та технологічні особливості штангових тукових сівалок в найбільшій мірі визначаються конструкцією їх розподільчо-висівної системи (РВС). Розподільчий пристрій (РП) системи є її базовим пристроєм і являє собою канал, виготовлений з листового металу, який має транспортуючий механізм. За технологічним принципом РП штангових тукових сівалок можна розділити на закриті, відкриті і кільцеві (замкнуті).

За конструктивними ознаками РП штангових сівалок, в залежності від типу транспортуючого механізму, можна розділити на пневматичні, шнекові, стрічкові, скребкові, вібраційні, кидальні та гравітаційні.

Пневматичні штангові сівалки в даний час отримали широке розповсюдження. Для рівномірного розподілення добрив по ширині захвату в цих машинах використовується пневматичний транспортер, який складається з джерела стиснутого повітря (вентилятор або компресор), трубопроводів, що виконують роль каналу для руху добрив, і пристрою для введення їх до трубопроводу.

Найбільш простою з пневматичних штангових сівалок є сівалка типу «Ассогд» (рис. 1.8), яка була розроблена західнонімецькою фірмою «H.Weiste».

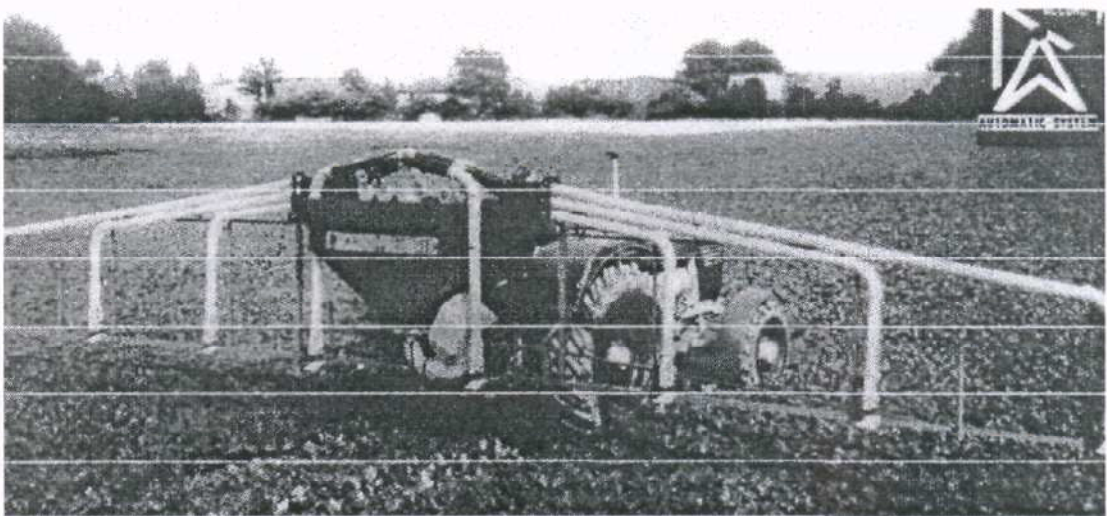


Рис. 1.4. Штангова сівалка Accord

Працює сівалка наступним чином. Атмосферне повітря нагнітається вентилятором в трубопровід, де утворюється повітряний потік. Добрива з бункера надходять в корпус висіваючого пристрою і заповнюють вільний міжлопатевий простір. При русі барабана вони переміщуються лопатями і в нижній його частині висипаються в ежектор, котрим вводяться в трубопровід. Аеросуміш надходить до вертикального гофрованого каналу, де розподіляється по його перерізу, а ділильною головкою розподіляється на кілька приблизно рівних частин і після цього надходить до відкритих каналів-трубопроводів різної довжини, що закріплюються на штанзі. За цими трубопроводами добрива рухаються на різні відстані від бункера до відбиваючих пластин, що закріплені на їх кінцях і рівномірно розподілені по ширині захвату сівалки.

Перевагою сівалки типу «Ассогд» є простота конструкції. Але, при такій технологічній схемі, внаслідок порушення однорідності суміші в вертикальному каналі при його коливаннях (внесення на полі з нерівним ґрунтом), а також із-за різних швидкостей руху аеросуміші в вигнутих каналах-трубопроводах неоднакової довжини, має місце збільшення нерівномірності розподілення добрив. Другим недоліком цієї сівалки є різка зміна, більш ніж на  $90^\circ$ , напрямку руху в ділильній головці аеросуміші, що призводить до значного збільшення опору руху аеросуміші і, відповідно, потребує більш високих енерговитрат і металомісткість вентилятора і збільшується руйнування гранул.

Вказані недоліки відсутні в багатоканальних пневматичних сівалках моделі "Tive" (рис. 1.9) шведської фірми «Skurup-Verken». В таких сівалках також застосовано пневматичний РП. Останні моделі «Tive» в дні бункера мають 20 висіваючих пристроїв котушкового типу, конструктивно аналогічних туковисіваючим пристроям вітчизняних комбінованих зернових сівалок. Під висіваючими пристроями знаходяться 20 ежекторів, з'єднаних з каналами-трубопроводами.

Характерним недоліком такої сівалки є обмежена величина вантажомісткості бункера, яка визначається його довжиною, яка залежить від кількості висіваючих пристроїв. Крім того, над висіваючими пристроями часто утворюються стійкі «куполи» добрив.



Рис. 1.5. Пневматична сівалка Tive



Характерно, що в усіх розглянутих сівалок («Accogd», «Tive») для стійкого транспортування гранульованих добрив швидкість повітряного потоку в каналах-трубопроводах повинна бути більше 22 м/с. При такій швидкості переміщення гранули інтенсивно руйнуються на вигинах каналів (в колінах), що призводить до зменшення ефективності застосування добрив. Крім цього, пил, що утворився, може разом з повітрям підніматися в атмосферу. Ця обставина обмежує використання відкритих пневматичних РП.

Пневматичні сівалки придатні для висіву тільки добрив, показники якості яких відповідають стандартам. При висіванні добрив великої вологості відбувається злипання каналів-трубопроводів, а при висіванні добрив, що мають грудочки, можливе забивання (завал). Вірогідність утворення завалів збільшується зі збільшенням дози внесення добрив від 500 кг/га і вище.

Крильчаткою вентилятора виконується попередній розгін добрив, котрі отримують певну швидкість. Подача добрив в вентилятор викликає додаткове руйнування гранул лопатями крильчатки при їх зіткненні і защемлення між кожухом і крильчаткою. Скорочується також і строк використання вентилятора із-за корозії крильчатки і кожуха при їх контакті з добривами. Тому при розробці широкозахватних високопродуктивних машин для внесення добрив використовувати пневмовідцентрові схеми недоцільно.

Наявність великої кількості каналів-трубопроводів в широкозахватних сівалках з відкритими пневматичними РП утруднює компонування машини, надає конструкції громіздкості та знижує її естетичний вигляд.

Шнекові штангові сівалки розподіляють добрива по ширині захвату системою шнеків. Шнекові транспортуючі механізми, як і пневматичні, можуть використовуватись в закритих, відкритих і кільцевих РП. Найбільш простими і розповсюдженими із машин цієї групи є сівалки з відкритим РП.

Шнекові сівалки з відкритим РП менш вибагливі до якості добрив, бо грудочки руйнуються шнеком або викидаються через вікно канала-жолоба.

Транспортування добрив гвинтом над висіваючими апаратами відбувається порціями, розміри яких зменшуються з мірою наближення добрив до випускного вікна канал. В результаті центральні висіваючі пристрої мають подачу більшу, ніж периферійні, спостерігається живильна нестача периферійних висіваючих пристроїв. Порційна подача призводить до порційного висіву. Ці явища збільшують нерівномірність висіву добрив як по ширині захвату, так і за напрямом руху агрегату.

Перерахованих недоліків немає шнекова сівалка з замкнутим РП розроблена фірмою «LISTER» (рис. 1.10). В цій сівалці кінці канала-жолоба розподільчого шнека відкриті, а для повернення надлишків добрив в бункер є додаткові похилі шнеки.

Добрива, завантажені в бункер, гравітаційно надходять в канал-жолоб і заповнюють середню частину шнека. При обертанні гвинта добрива захоплюються його витками і рухаються в протилежних напрямках, заповнюючи канал-жолоб за всією довжиною. Одночасно з цим відбувається їх висівання гребінчастими пристроями гравітаційного типу.

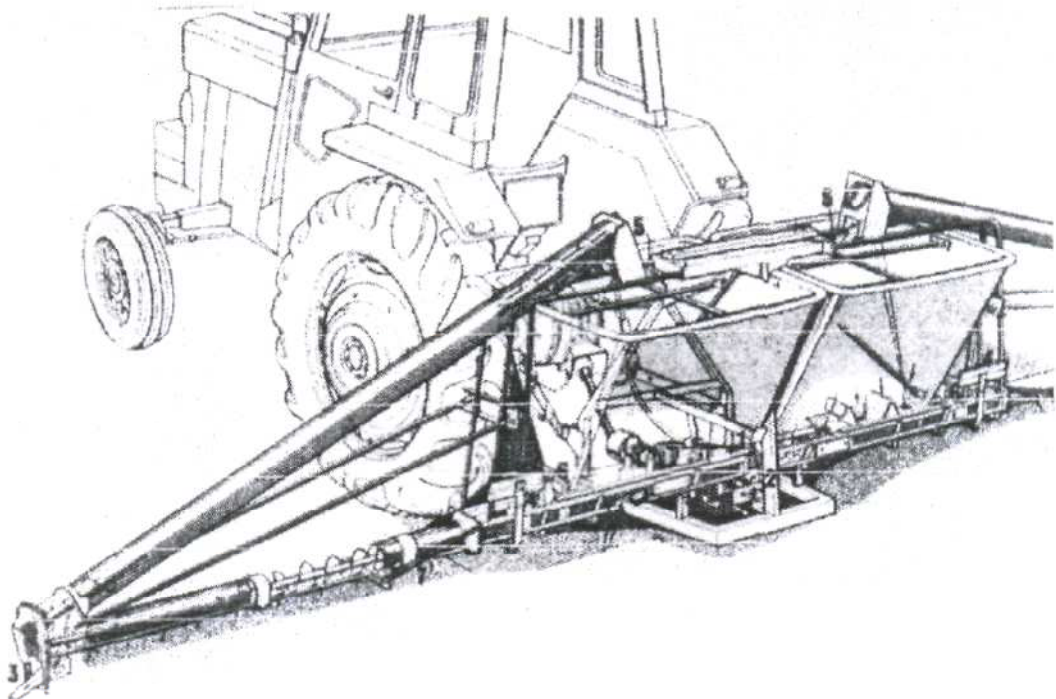


Рис. 1.6. Шнекова сівалка з закритим РП «LISTER»

Загальним недоліком, характерним для сівалок зі шнековим замкнутим РП, є громіздкість конструкції, значне руйнування гранул похилими шнеками.

Шнекові штангові сівалки, в порівнянні з пневматичними, мають більшу металомісткість і потребують антикорозійного покриття шнеків. Зате вони не розпилюють добрива під час висіву, менш вимогливі до їх якості, забезпечують внесення основної дози як гранульованих, так і порошковидних мінеральних добрив, що визначає їх широке розповсюдження за кордоном. Ширина захвату таких сівалок від 6 до 10м, бункер місткістю від 700 до 8000кг.

Стрічкові штангові сівалки. В якості транспортуючого пристрою використовується гладка гнучка стрічка, встановлена на ведучому і веденому барабанах. Застосовуються стрічкові транспортуючі пристрої в закритих і відкритих РП.

Працюють сівалки наступним чином. Добрива з бункера надходять в канал-жолоб і розміщуються на стрічках транспортерів. При русі останніх добрива розподіляються за всією довжиною каналу жолоба і одночасно висіваються пальцями, прикріпленими до стрічки. Добрив з бункера надходить на стрічку більше, ніж їх висівають пальцями, канал-жолоб поступово повністю заповнюється, при цьому на кінцях каналу добрива утримуються заглушками. Після чого подальше надходження добрив в канал припиняється. Завдяки ковзанню добрив по стрічці не відбувається забивання РП.

Перевагою стрічкових сівалок перед шнековими є антикорозійна стійкість еластичної стрічки. Їх недоліком є складність виготовлення спеціальної стрічки, складність забезпечення надійного ущільнення між стрічкою і каналом-жолобом; більш високі вимоги до підготовки добрив; збільшення нерівномірності висіву внаслідок буксування стрічки при недостатньому її натягу.

Шкребкові штангові сівалки мають транспортуючий пристрій, який представляє собою ланцюг або стрічку до якої прикріплено шкребки.

В процесі роботи сівалки, добрива надходять з бункера в канал-жолоб, захоплюються скребками транспортера і переміщуються по його днищу. Так, як ширина днища зменшується, то добрива поступово скребками скидаються з днища, тобто висіваються на всю ширину захвату машини.

Основним недоліком такої сівалки, що виключає її практичне застосування є висока нерівномірність розподілення добрив із-за передчасного їх зсипання із висіваючого днища при коливаннях сівалки на нерівній поверхні ґрунту, а також із-за нерівномірного переміщення добрив скребками.

Кидальні штангові сівалки мають транспортуючий механізм, який розподіляє добрива по каналу шляхом вільного польоту їх частинок за рахунок певної початкової швидкості. Для розгону частинок добрив використовуються кидальні робочі органи, виконані у вигляді лопатевого ротора з вертикальною або горизонтальною віссю обертання.

Хоча кидальна штангова сівалка і більш проста за конструкцією в порівнянні з раніш розглянутими, досконалість її технологічного процесу викликає значний сумнів.

Гравітаційні сівалки мають похилі канали, за якими відбувається розподілення добрив по ширині захвата. Гравітаційні транспортуючі механізми використовуються тільки в відкритих РП.

В процесі роботи сівалки добрива захоплюються з бункера шнеком і піднімаються до висіваючого пристрою, де надходять на крильчатку і транспортуються нею до регульованих отворів, через які подаються в похилі канали-трубопроводи. Ними добрива розподіляються за всією шириною захвату сівалки. Так, як шнеком добрива необхідно подавати більше, ніж їх висівається висіваючим апаратом, то поступово їх рівень в висіваючому апараті збільшується, і надлишки по зворотному лотку надходять в бункер. Перевагою гравітаційних штангових сівалок є простота конструкції РП і мала енергоємність, але гравітаційні сівалки ефективні лише при виконанні їх з невеликою шириною захвата.

Вібраційні сівалки з РП відкритого типу були розроблені в США. Добрива в цій сівалці висіваються з бункера і розподіляються за кількома потоками, потім індивідуальним для кожного з них вібруючим каналом розподіляються по ширині захвата. Суттєвим недоліком такої сівалки є громіздкість її конструкції, яка особливо проявляється при створенні широкозахватних сівалок.

Отже, із всіх типів штангових сівалок для поверхневого внесення помірних доз туків (до 1000 кг/га) найбільш широке розповсюдження отримали пневматичні, в яких добрива по ширині захвата розподіляються за допомогою стиснутого повітря, яке рухається в закритих каналах трубопроводах.

Проте випробування зарубіжних пневматичних сівалок показали, що при внесенні вітчизняних мінеральних добрив вони не забезпечують стабільності технологічного процесу. Так, із-за поганої сипучості, добрива «зависають» в бункері над катушковими висіваючими пристроями, що подають добрива з бункера в трубопроводи. Це явище в значній мірі поглиблюється тим, що бункер зарубіжних сівалок має малу активну площу днища і велику висоту, в результаті шар добрив є занадто товстим, добрива ущільнюються і втрачають сипучість. Слід зазначити, що в таких сівалках по мірі зменшення висоти шару добрив в бункері зменшується і норма внесення добрив на 1 га, звідси - погіршується повздовжня рівномірність висіву. Крім того, при наявності грудочок добрив вони забивають катушкові висіваючі апарати і трубопроводи.

Такі сівалки внаслідок малого об'єму бункера доцільно використовувати в умовах виконання невеликих обсягів робіт. В умовах індустріального вирощування сільськогосподарських культур перспективним є застосування машин, обладнаних штанговими пневматичними висівними системами. Вони зручні для механізованого завантаження їх кузовів туками, їх можна експлуатувати в умовах вітряної погоди, забезпечують високу якість внесення туків, нерівномірність внесення не перевищує 10%.

## 1.2. Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до машини

За агротехнічними вимогами, добрива перед використанням необхідно подрібнити і просіяти. Розмір часток після подрібнення – не більше 5 мм, вміст часток менше 1 мм допускається до 6%.

У процесі розтарювання втрати добрив з паперовою мішкотарою не повинні перевищувати 1%, а з поліетиленовою – 0,5%. Вміст клаптів мішкотари в подрібнених добривах не повинен перевищувати 3% маси паперових і 0,08% маси поліетиленових мішків.

При змішуванні добрив вологість компонентів не повинна відрізнятися від стандартної більш як на 25%. Відхилення від заданого співвідношення поживних елементів у тукосумішах допускається не більше 10%, а неоднорідність суміші – не більше  $\pm 10\%$ .

При внесенні мінеральних добрив відхилення фактичної дози від заданої допускається не більше 10%, нерівномірність розподілу добрив за шириною захвату – не більше  $\pm 15\%$ . Необроблені поворотні смуги і пропуски між сусідніми проходами агрегату не допускаються. Час між внесенням добрив і їх загортанням не повинен перевищувати 12 год. При внесенні органічних добрив відхилення фактичної дози від заданої допускається не більше 25%, нерівномірність розподілу за шириною розкидання – не більше  $\pm 25\%$ , за напрямком руху – не більше  $\pm 10\%$ .

За агротехнічними вимогами, машини для розкидання добрив повинні забезпечувати їх внесення дозами в межах 100...1000 кг/га з нерівномірністю розподілення до 20%.

Нерівномірність за ходом машини повинна бути в межах до 10%, відхилення доз внесення - до 5%. Машини повинні забезпечувати вказані показники при швидкості вітру до 3 м/с.

Доза внесення добрив не повинна залежати від швидкості руху агрегату.

Робочі органи повинні забезпечувати відповідні показники якості внесення на полях, схил яких не перевищує 8° при розсіюванні добрив, в яких вміст масової частини води та гранулометричний склад відповідає ГОСТам.

Робочі органи машини не повинні пошкоджувати гранули добрив. Крім того, при роботі машини на підживленні зернових робочі органи не повинні пошкоджувати рослини.

Конструкція машини повинна забезпечувати зручне завантаження машини механізованим способом. Машина повинна бути придатною для внесення добрив, як по прямоточній схемі, так і по перевантажувальній.

Машина повинна бути зручною для перевезення різними видами транспорту, а в зібраному вигляді у транспортному положенні її ширина не повинна перевищувати 2,5 м.

Переведення штангових розсіювальних робочих органів з транспортного положення в робоче і навпаки повинен здійснюватись трактористом з кабіни трактора шляхом використання виконавчого механізму машини, який живиться від гідросистеми трактора.

### **1.3. Обґрунтування конструкції удосконаленої машини**

Сучасний етап розвитку системи точного землеробства передбачає внесення добрив диференційованими дозами на окремих ділянках поля. В таких умовах зручними в застосуванні будуть машини, що забезпечують внесення добрив без перекриття суміжних проходів.

Було зроблено ряд спроб створити машини для внесення туків із застосуванням штангових пневматичних висівних систем [9], але вони мали ряд суттєвих недоліків і тому не знайшли широкого застосування у сільськогосподарському виробництві.

Машини РУМ-5-03 були створені на базі серійних машин РУМ-5 і мали високий рівень уніфікації з останніми [9]. Однак встановлення завантажувальних горловин ежекторів під випускним вікном бункера перпендикулярно до осі машини обмежувало їх кількість і розміри. В результаті цього у них мало місце «зависання» добрив, що призводило до порушення технологічного процесу. Цей недолік особливо проявлявся при роботі машин з туками, що мали підвищену вологість.

Вказаний недолік було усунуто шляхом виконання кромки днища бункера за його межами під кутом до осі машини і встановлення під вказаною кромкою завантажувальних горловин ежекторів [9]. Однак таке виконання машини призводить до підвищення матеріаломісткості машини, збільшення її довжини та ускладнення конструкції.

У роботі пропонується конструкція пневматичної системи машини для внесення туків, яка містить кузов, двовальний перфорований живильник, що охоплює його днище, регульовальну заслінку встановлену над верхньою ланкою живильника, джерело стиснутого повітря, до якого приєднані матеріалопроводи різної довжини, обладнані ежекторами і спрямовані упоперек повздовжньої осі кузова. Під нижньою ланкою живильника закріплено жолоб, один кінець якого огинає вал живильника, а обріз його протилежного кінця виконаний під гострим кутом до повздовжньої осі бункера. Біля цього обрізу розташовані ежектори.

Завдяки такому виконанню машини знижується металомісткість за рахунок зменшення довжини її рами і живильника, а також спрощується конструкція повітряпроводу для підведення стиснутого повітря від його джерела до ежекторів та полегшується до них доступ при обслуговуванні за рахунок розташування ежекторів під нижньою ланкою живильника.



## 2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ

### 2.1. Обґрунтування схеми машини

Пневматична машина для внесення твердих добрив містить кузов 2 (рис. 2.1), встановлений на рамі 12, днище 1 якого охоплює перфорований живильник 3 з планково-прутковим тяговим органом, змонтованим на двох валах 7.

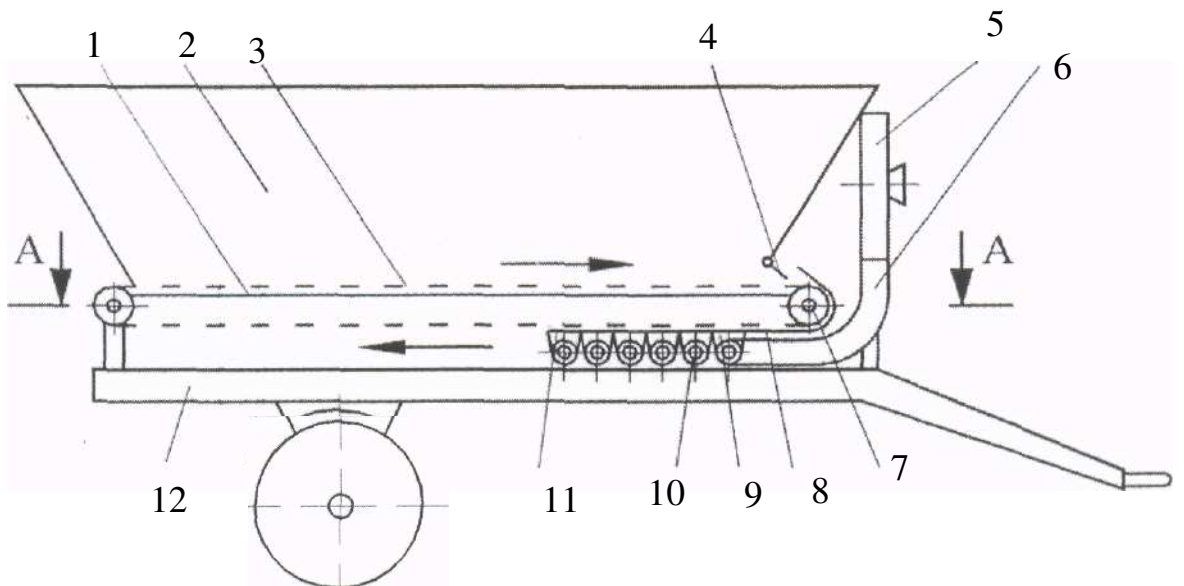


Рис. 2.1. Конструктивна схема пневматичної машини

Над верхньою ланкою живильника 3 встановлена регульовальна заслінка 4 для зміни дози внесення туків, а під його нижньою ланкою закріплений жолоб 8, один кінець якого огинає вал 7, а обріз (край) 11 його протилежного кінця виконаний під гострим кутом до повздовжньої осі кузова 2. На рамі 12 встановлене джерело стиснутого повітря 5, наприклад, відцентровий вентилятор, до якого через повітропровід 6 приєднані матеріалопроводи 14 різної довжини, котрі обладнані ежекторами 10 з лійками 9, що розміщені біля обрізу 11 жолоба 8 матеріалопроводи 14 розміщені під нижньою ланкою

живильника 3, спрямовані уперек повздожньої осі кузова 2, а їх вихідні кінці обладнані розсіювачами 13 аеросуміші (рис. 2.2).

При роботі пневматичної машини завантажені туки виносяться, у відрегульованій заслінкою 4 дозі, верхньою ланкою живильника 3 із кузова 2 і подаються на жолоб 8, по якому транспортуються нижньою ланкою живильника 3 у зворотньому напрямку. Стиснуте повітря від джерела 5 через повітропровід 6 поступає в матеріалопроводи 14 і в їх ежекторах 10 рухається повітряний потік. Туки, які транспортуються по жолобу 8 при перехідного обрізу 11 просіваються скрізь перфорації (міжпругковий простір) нижньої ланки живильника 3 в лійки 9, через які поступають в ежектори 10.

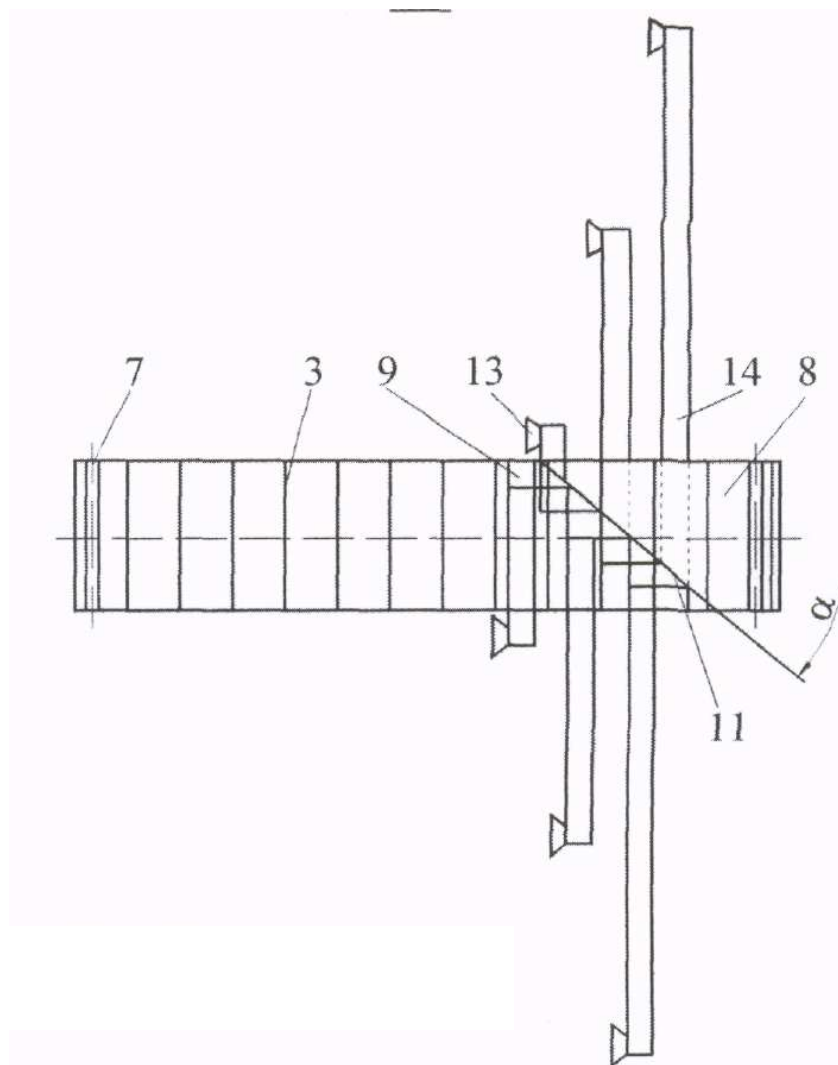


Рис. 2.2. Схема трубопроводів

В ежекторах 10 туки змішуються з повітряним потоком і утворена аеросуміш транспортується по матеріалопроводах 14 до розсіювачів 13, якими потік розсівається і у вигляді віяла викидається в атмосферу. Під дією одержаної кінетичної енергії і сили земного тяжіння туки, які перейшли у вільний політ, розсіваються і осідають на поверхню ґрунту.

Завдяки виконанню матеріалопроводів 14 різної довжини і встановленню розсіювачів 13 з постійним кроком досягається якісне внесення туків за всією робочою шириною захоплення машини.

## 2.2. Обґрунтування відстані між розпилювачами

Відстань між розпилювачами визначаємо з наступних міркувань. Ширина колії машини РУМ-5-03 становить 1800 мм. Розпилювачі повинні розміщуватись симетрично відносно вертикальної осі машини. Приймаємо, що по ширині колії машини буде розташовано чотири розпилювача ( $n=4$ ).

Тоді відстань між розпилювачами:  $1800/(n-1)=600$  мм (рис. 2.3).

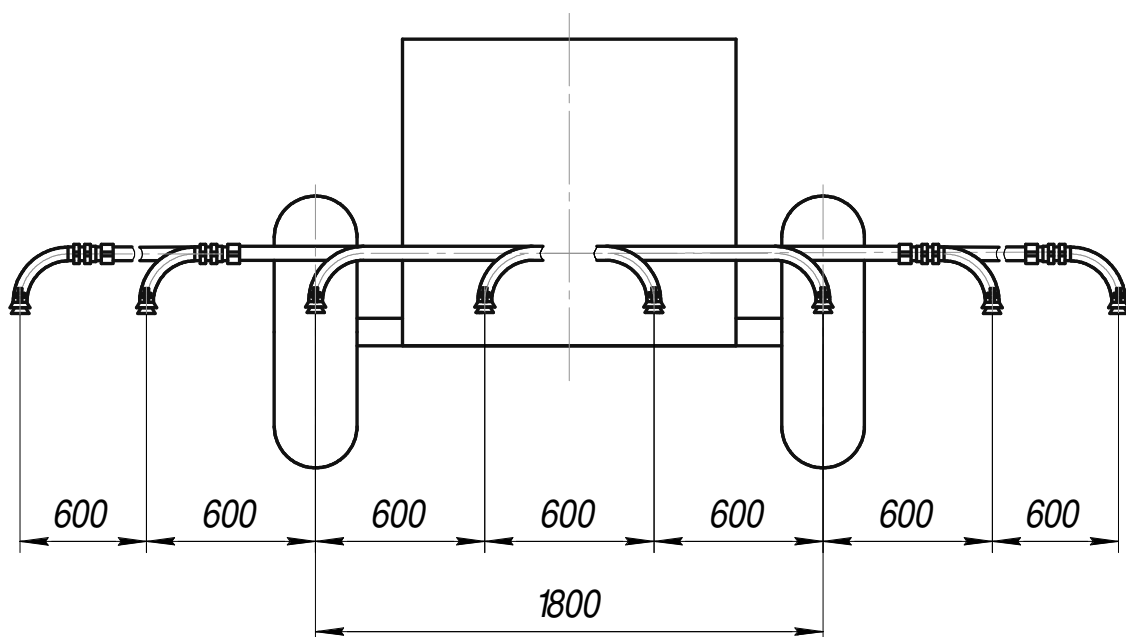


Рис. 2.3. Розрахункова схема для визначення відстані між розпилювачами

### **2.3. Обґрунтування ширини захвату машини з штанговою пневматичною системою висіву добрив**

Для обґрунтування конструкції штанг пневматичної висіваючої системи та ширини захвату машини для внесення туків доцільно проаналізувати конструктивні особливості компонування найбільш поширених машин для хімічного захисту рослин – обприскувачів з штанговими робочими органами.

Несучі конструкції штанг обприскувачів переважно виконуються з окремих секцій, з'єднаних у певний спосіб, і являють собою плоску чи просторову ферму, яка має необхідну підвищену жорсткість. У деяких конструкціях для збільшення жорсткісних параметрів штанг у вертикальній і горизонтальній площинах вводять додаткові жорсткі трубчасті чи різноманітні профільовані металеві та неметалеві елементи, а також використовують гнучкі розтяжки [2].

Штанги для обприскувачів бувають легкі та посилені. Легкі штанги (так звані «вудочки») є найбільш простим рішенням [2]. Такий тип штанг застосовується на обприскувачах з відносно невеликою шириною захвату. Найчастіше такий тип штанг використовується для причіпних і напівначіпних обприскувачів.

Очевидно, що коливання штанги пневматичної системи висіву під час виконання технологічного процесу внесення добрив буде тим більше, чим довшою буде штанга. Так, на відносно рівній ділянці поля і середній робочій швидкості руху обприскувача амплітуда коливань кінців штанги завдовжки 10 м сягає у вертикальній площині приблизно  $\pm 0,2$  м. В наслідок таких коливань спостерігається відхилення в розподілі розпилюваного препарату на оброблюваній поверхні [2].

Зважаючи на викладене вище, визначимо максимально допустиму довжину однієї штанги машини, беручи до уваги, що згідно агротехнічних

вимог (підрозділ 1.4) нерівномірність висіву твердих добрив (перекриття) не повинно перевищувати 15%.

Для цього розглянемо розрахункову схему (рис. 2.4) лівої штанги машини. За нормальних умов внесення добрив з висоти 0.5 м відбувається без перекриття (суцільна лінія). У випадку відхилення крайньої точки штанги від горизонтального положення на 0,2 м спостерігатиметься перекриття зон розкидання мінеральних добрив на площу  $S_{\text{п}}$ .

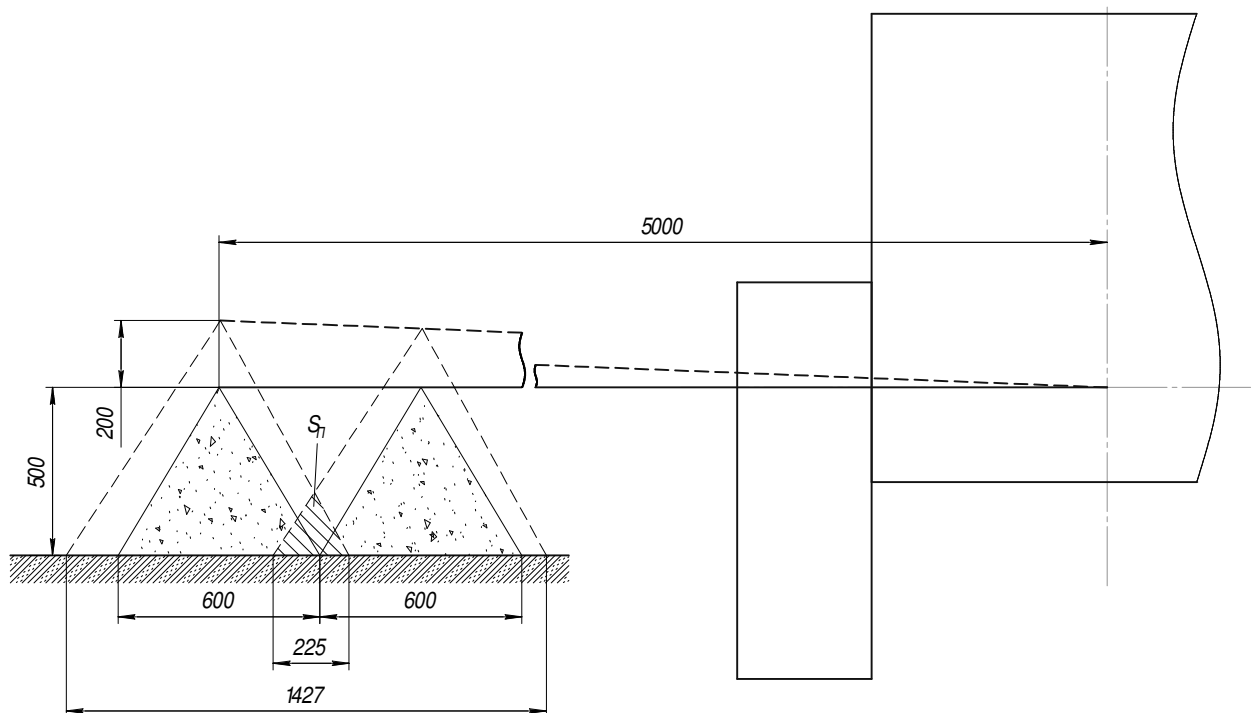


Рис. 2.4. Розрахункова схема для визначення довжини штанги машини

Графічною побудовою отримуємо значення розмірів горизонтальних проєкцій зони перекриття та ширини внесення добрив двома крайніми розпилювачами.

Нерівномірність внесення добрив визначаємо як відношення горизонтальної проєкції ширини зони перекриття до горизонтальної проєкції ширини захвату двома крайніми розпилювачами:

$$\delta = \frac{225}{1427} \cdot 100\% = 15.77\%.$$

Отже, для забезпечення нерівномірності внесення добрив не більше 15% (згідно з агротехнологічними вимогами) ширина захвату машини не повинна перевищувати 10 м.

Зважаючи, що відстань між розпилювачами становить 600 мм, визначаємо ширину захвату машини. Оскільки довжина штанги з одного боку машини не повинна перевищувати 5 м, то з кожного боку машини можна розмістити

$$\frac{5000}{600} = 8.3 \approx 8 \text{ шт.}$$

не більше 8 легких штанг типу «вудочка».

Конструктивна ширина машини в робочому положенні штангової пневматичної туковисіваючої системи становитиме

$$7 \cdot 2 \cdot 600 + 600 = 9000 \text{ м.},$$

а технологічна ширина захоплення машини:

$$8 \cdot 2 \cdot 600 = 9600 \text{ м.}$$

Схема машини з геометричними розмірами показана на рис. 2.5.

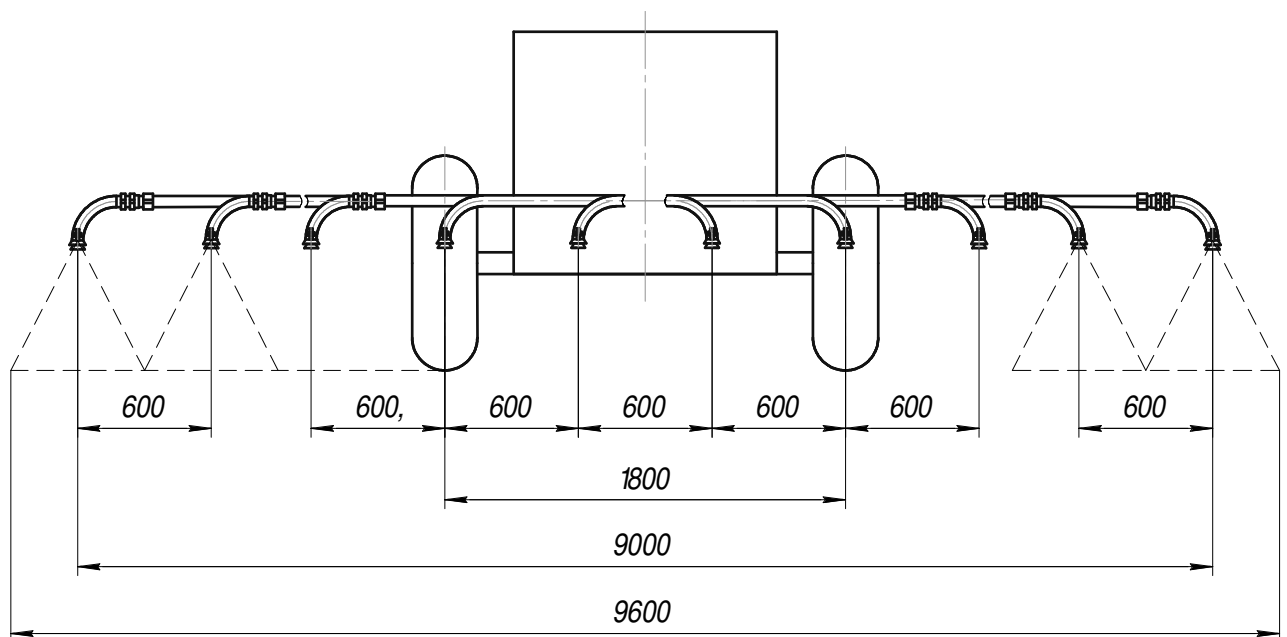


Рис. 2.5. Розрахункова схема для визначення ширини захвату машини

## 2.4. Обґрунтування геометричних параметрів розпилювача

Основним геометричним параметром штангової туковисіваючої системи пневматичного типу є внутрішній діаметр трубопроводу по якому подається аеросуміш (суміш повітря та твердих добрив) до розпилювача, через який добрива безпосередньо виносяться на ґрунт.

Для розрахунку необхідного внутрішнього діаметра трубопроводу розглянемо залежності для визначення хвилинних витрат робочої суміші, тобто тієї кількості аеросуміші, яка повинна проходити через розпилювач за хвилину.

З одного боку, в залежності від необхідної норми внесення добрив, ширини захвату машини та швидкості її руху хвилинні витрати робочої суміші визначають за формулою [20]:

$$q = \frac{Q \cdot B \cdot V_H}{n}, \quad (2.1)$$

де  $Q$  – кількість добрив, які необхідно внести в ґрунт,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

$B$  – робоча ширина захвату машини, м,  $B = 9,6$  м.;

$V_H$  – швидкість руху машини, км/год,  $V_H = 10$  км/год. = 166,67 м/хв.;

$n$  – кількість розпилювачів ( $n=16$ ).

Згідно агротехнологічних вимог до машини РУМ-5-03, кількість висіяних туків становить 100...5000 кг/га. Згідно таблиці (додаток А), мінімальна об'ємна маса добрив, що розкидаються машиною РУМ-5-03, становить 700  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

Розраховуємо за формулою (2.1) хвилинні витрати робочої суміші, визначаючи максимальну кількість добрив  $Q$ , які можна внести в ґрунт, як відношення максимальної кількості висіяних туків до їх мінімальної об'ємної маси:

$$Q = \frac{5000}{700} = 7.14 \frac{\text{м}^3}{\text{га}};$$

$$q = \frac{7.14 \cdot 9.6 \cdot 166.67}{16} = 0.071 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}}.$$

З іншого боку, хвилинні витрати робочої суміші, в залежності від параметрів розпилювача, можна визначити за формулою[20]:

$$q = \mu \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2.2)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрат, залежить від типу розпилювача,  $\mu = 0,3$ ;

$f$  – площа вихідного отвору розпилювача,  $\text{мм}^2$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$H$  – висота внесення добрив,  $\text{м}$ ,  $H = 0,5$   $\text{м}$ .

З формули (2.2), зважаючи, що для вихідного отвору розпилювача круглого поперечного перетину

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2.3)$$

отримуємо залежність для визначення внутрішнього діаметра трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\mu \cdot \pi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}}}. \quad (2.4)$$

Беручи до уваги формулу (2.1), за формулою (2.4) визначаємо необхідний внутрішнього діаметра трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.071}{0.3 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.5}}} \approx 40 \text{ мм}.$$

Інші параметри розпилювача підбираємо конструктивно. Геометричні розміри розпилювача показано на рис. 2.6.



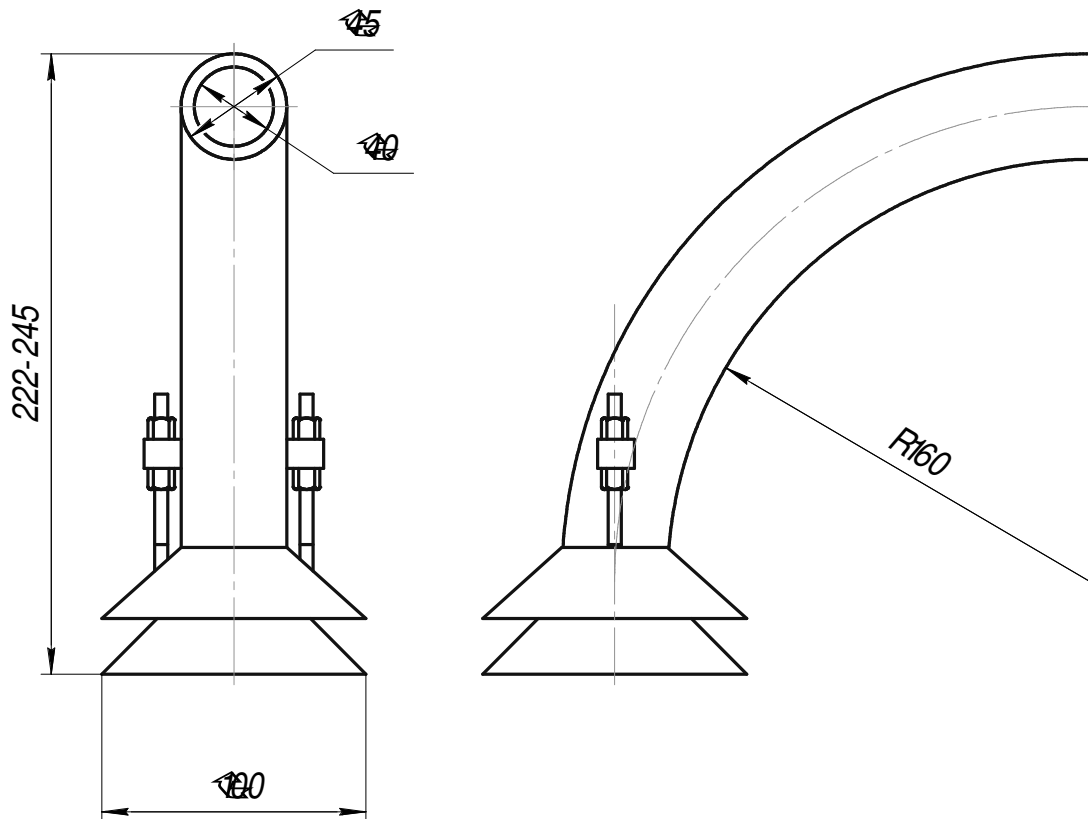


Рис. 2.6. Конструктивні параметри розпилювача

## 2.5. Розрахунок необхідної потужності вентилятора

Потужність вентилятора, який створює рух повітря з певним тиском у пневматичній висіваючій системі, повинна бути більшою, ніж потужність, яка використовуватиметься на втрати тиску для чистого повітря, втрати тиску на розгін матеріалу, втрати тиску на переміщення аеросуміші по пневмопроводу та втрати тиску на виході розпилювача.

Витрати повітря визначаємо за рівнянням:

$$Q_{II} = V_{II} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n, \quad (2.5)$$

де  $V_{II}$  – швидкість руху повітря у пневмопроводі, м/с,  $V_{II} = 25$  м/с.

$$Q_{\Pi} = V_{\Pi} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n = 25 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.04^2}{4} \cdot 16 = 0.5 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Масова концентрація аеросуміші при густині повітря  $\rho_{\Pi}=1,29 \text{ кг/м}^3$  та масовій швидкості добрив  $G_M = 2.5 \text{ кг/с}$ :

$$G_{\Pi} = Q_{\Pi} \cdot \rho = 0.5 \cdot 1.29 = 0.65 \text{ кг/с}; \quad (2.6)$$

$$M = \frac{G_M}{G_{\Pi}} = \frac{2.5}{0.65} = 3.8.$$

Втрати  $\Delta P_i$  тиску для чистого повітря:

$$\Delta P_1 = \sum_1^{16} \left( L \frac{\lambda}{d} + \sum_1^{16} \xi \right) \frac{\rho \cdot V_{\Pi}^2}{2}, \quad (2.7)$$

де  $\lambda = 0.02$  - коефіцієнт тертя повітря та металу;

$\xi$  – коефіцієнт місцевих опорів,  $\xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 0,2 + 0,25 + 0,25 = 0,7$ .

$$\Delta P_1 = \left( 2.02 \frac{0.02}{0.04} + 0.7 \right) \frac{1.29 \cdot 25^2}{2} = 689.3 \text{ Н/м}^2.$$

Втрати тиску на розгін матеріалу:

$$\Delta P_2 = \beta \cdot M \frac{\rho_{\Pi} \cdot V_{\Pi}^2}{2\eta_{ежк}}, \quad (2.8)$$

де  $\beta = 1,2$  – коефіцієнт розгону матеріалу;

$\eta_{ежк} = 0,7$  – ККД ежекторного приймача в місці вводу добрив.

$$\Delta P_2 = 1.2 \cdot 3.8 \frac{1.2 \cdot 25^2}{2 \cdot 0.7} = 2626.1 \text{ Н / м}^2.$$

Втрати тиску на переміщення аеросуміші по пневмопроводу:

$$\Delta P_3 = (1 + K \cdot M) L \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2}{2}, \quad (2.9)$$

де  $K = 1,3$  – коефіцієнт пневмопроводу.

$$\Delta P_3 = (1 + 1.3 \cdot 3.8) \cdot 5.3 \cdot \frac{0.02}{0.04} \cdot \frac{1.29 \cdot 25^2}{2} = 6345.6 \text{ Н / м}^2.$$

Втрати тиску на виході:

$$\Delta P_4 = \frac{\rho_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2}{2}, \quad (2.10)$$

$$\Delta P_4 = \frac{1.29 \cdot 25^2}{2} = 403,1 \text{ Н / м}^2.$$

Сумарна витрата тиску:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 = \\ &= 689,3 + 2626,1 + 6345,6 + 403,1 = 10064,1 \text{ Н/м}^2. \end{aligned}$$

За отриманими даними вибираю вентилятор №6 з параметрами:

$$\eta_{\text{ккд}} = 0,7; \quad n = 3266.$$

Потужність вентилятора визначаємо за формулою:

$$N = \frac{G_{\text{п}} \cdot \Delta P}{1000 \cdot \eta_{\text{ккд}}}; \quad (2.11)$$

$$N = \frac{0,65 \cdot 10064,1}{1000 \cdot 0,7} = 9,35 \text{ кВт.}$$

## 2.6. Енергетичний розрахунок машини

Баланс потужності трактора записується рівнянням:

$$N_e = N_{mp} + N_\delta + N_f + N_i + N_{кр} + N_{np} + N_{всп} + N, \quad (2.12)$$

де

$N_e$  - ефективна потужність;

$N_{mp}$  - механічні втрати в вузлах трансмісії;

$N_\delta$  - буксування ведучих коліс;

$N_f$  - кочення трактора;

$N_i$  - подолання підйомів;

$N_{кр}$  - рух машини;

$N_{np}$  - механічні втрати в ВВП;

$N_{всп}$  - обертання механізмів ВВП;

$N$  - потужність на привід трактора.

$$N_{mp} = N_e (1 - \eta_{mp}) = 11,25 \text{к.с.},$$

де  $\eta_{mp} = 0,85$  - ККД трансмісії

$$N_\delta = \frac{V_t \delta [G(f_1 + u) + (G_1 + G_2)(f_2 + u)]}{270} = 8,18 \text{к.с.}$$

$V_t = 12$  км/год - швидкість руху агрегату,

$\delta = 0,25$  - коефіцієнт буксування трактора на стерні,

$G = 3370$  кг - вага трактора,

$G_1 = 4000$  кг - максимальна вага добрив у бункері,

$G_2 = 1700$  кг - вага проектованої машини,

$f_1 = 0,07$  - коефіцієнт опору кочення трактора,

$f_2 = 0,04$  - коефіцієнт опору кочення машини,

$u = 0,03$  - величина, що враховує підйом.

$$N_{\delta} = \frac{f_1 G V_{\delta} (1 - \delta)}{270} = 7,86 \text{к.с.};$$

$$N_i = \frac{G u V_i (1 - \delta)}{270} = 3,37 \text{к.с.};$$

$$N_{кр} = \frac{(G_1 + G_2) V_{\delta} (1 - \delta) (u - f_2)}{270} = 13,3 \text{к.с.};$$

$$N_{np} = N_{вен} (1 - \eta_{np}) = 13,3 \text{к.с.};$$

$$N_{вен} = \frac{N'}{\eta'} = 0,87 \text{к.с.},$$

де  $N'$  - потужність потрібна для приводу вентилятора,

$\eta'$  - ККД приводу вентилятора

$$N = \frac{V_{\max} [BLj(H(f + f_1 m) + (H - H')f_e) + G_{mp} f_t]}{75} = 1,04 \text{к.с.}$$

де  $B = 0,65$  м - ширина транспортера;

$L = 3$  м - довжина транспортера;

$J = 1000$  кг/м<sup>3</sup> - максимальна об'ємна вага добрив;

$H = 1,04$  м - максимальна висота шару добрив в бункері;

$f = f_1 = 0,8$  - коефіцієнт тертя частинок;

$m = \frac{1 - \sin 27^{\circ}1'}{1 + \sin 27^{\circ}1'} = 0,38$  - коефіцієнт рухливості добрив;

$H' = 0,15$  - висота відкриття висівної щілини;

$f_e = 0,913$  - коефіцієнт внутрішнього тертя;

$G_{mp} = 75$  кг - вага транспортера;

$f_t = 0,85$  - коефіцієнт тертя транспортера об матеріал;

Мінімальна потужність, яку повинен забезпечити двигун:

$$N_{min} = 11,25 + 8,18 + 7,86 + 3,37 + 13,3 + 0,87 + 12 + 1,04 = 64,87 \text{к.с.} = 47,71 \text{кВт.}$$

Коефіцієнт використання потужності двигуна трактора МТЗ-80:

$$\eta = \frac{N_{експ}}{N_{ном}} = \frac{64,87}{80} = 0,81.$$

### 3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Проектування клинопасової передачі приводу вентилятора

Дано:

$d_1 = 370$  мм - діаметр шківів ведучого валу;

$d_2 = 140$  мм - діаметр шківів веденого валу;

$n_1 = 1000$  об/хв - частота обертання ведучого валу (ВВП трактора).

Передаточне число:

$$U = \frac{d_2}{d_1(1-\xi)}, \quad (3.13)$$

де  $\xi = 0,02$  - коефіцієнт пружного ковзання.

$$U = \frac{140}{370 \cdot (1 - 0.02)} = 0.39 \approx 0.40.$$

Попередньо міжосьову відстань визначаємо за формулою

$$a = 1.27(d_1 + d_2); \quad (3.2)$$
$$a = 1.27 \cdot (370 + 140) \approx 650 \text{ мм}.$$

Розрахункову довжину паса визначаємо за формулою:

$$L_{\text{п}} = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{d_2 - d_1}{4 \cdot a}; \quad (3.3)$$
$$L_{\text{п}} = 2 \cdot 650 + \frac{\pi}{2}(370 + 140) + \frac{140 - 370}{4 \cdot 650} \approx 2100 \text{ мм}.$$

Із стандартного ряду довжин клинових пасів вибираємо пас із стандартною довжиною 2120 мм.

Уточнюємо міжосьову відстань за формулою:

$$a = \frac{2L_n - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{[(2L_n - \pi(d_1 + d_2))]^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2}}{8}; \quad (3.4)$$

$$a = \frac{2 \cdot 2120 - \pi(370 + 140) + \sqrt{[(2 \cdot 2120 - \pi(370 + 140))]^2 - 8 \cdot (140 - 370)^2}}{8} = 649_{\text{мм}}$$

Визначаємо кут обхвату пасом ведучого шківів:

$$\alpha_i = 180^\circ - 60^\circ \frac{d_2 - d_1}{a}, \quad (3.5)$$

$$\alpha_i = 180^\circ - 60^\circ (-0.33) = 200^\circ.$$

Визначаємо сили, що діють в пасовій передачі (рис. 3.1).

Попередній натяг:

$$F_0 = F \sigma_0 = 4F_1 \sigma_0 = 2880 \text{ Н} \quad (3.6)$$

де  $F_1$  - площа перерізу одного ремня,  $\text{см}^2$ ,  $F_1 = 6 \text{ см}^2$ .

$\sigma_0$  - межа міцності паса (120-150  $\text{Н/см}^2$ ), приймаємо  $\sigma_0 = 120 \text{ Н/см}^2$ .

Швидкість руху паса визначаємо за формулою:

$$V = \frac{d_1 w_1}{2 \cdot 10^3}, \quad (3.7)$$

де  $w_1 = 2 \cdot \pi \cdot n$  - колова швидкість руху шківів, об/с.

$$V = \frac{370 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 1000}{2 \cdot 10^3} = 19,4 \text{ м/с}.$$

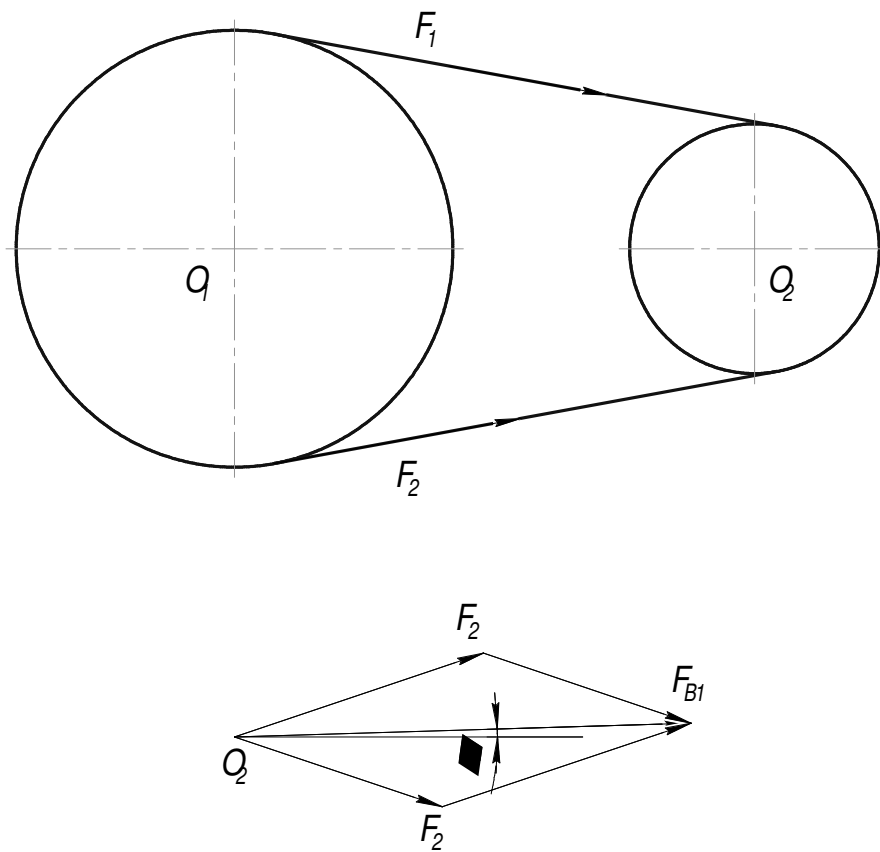


Рис. 3.14. Схема сил, що діють у відкритій клинопасовій передачі

Визначаємо колове зусилля:

$$F_t = \frac{10^3 P_1}{V},$$

$$F_t = \frac{10^3 \cdot 9.35}{19.4} = 314,4 \text{ Н}.$$

Визначаємо зусилля на ведучій ланці:

$$F_{l=} F_0 + \frac{F_1}{2} = 3037,2 \text{ Н}.$$

Визначаємо зусилля на веденій ланці:



$$F_{1=0} - \frac{F_1}{2} = 2722,8H .$$

Визначаємо зусилля на ведучому валі:

$$F_{e1} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \alpha} = 5673,2H .$$

### 3.2. Розрахунок на міцність вала клинопасової передачі

Крутий момент:  $T_1 = 9736 \frac{N}{n_1} = 59,4Hm$ ;

Визначення допустимих напружень:  $\delta_p = \frac{\sigma_{-1z}}{n_{-1}} = 81,82MПа$ ,

де  $\sigma_{-1z} = 270$  - границя витривалості;

$n_{-1} = 3,3$  – коефіцієнт запасу міцності.

Визначаємо сумарний згинаючий момент:

А) Визначаємо реакції опори



Рис. 3.2. Схема сил, що діють у горизонтальній площині

$$\sum M_{\epsilon}^z = -Qa_1 + R_c^z a_2;$$

$$\sum M_c^z = -Q_2(a_1 + a_2) - R_6^z a_2.$$

$$Q_2 = F_{61} \sin 2^0 = 227H;$$

$$R_c^z = \frac{-Qa_1}{a_2} = -112,8H;$$

$$R_6^z = \frac{Q_2(a_1 + a_2)}{a_2} = 339,8H;$$

$$-Q_2 + R_6^z - R_c^z = 0.$$

$$\text{Перевірка } -227 + 339,8 - 112,8 = 0$$

Вертикальна площина

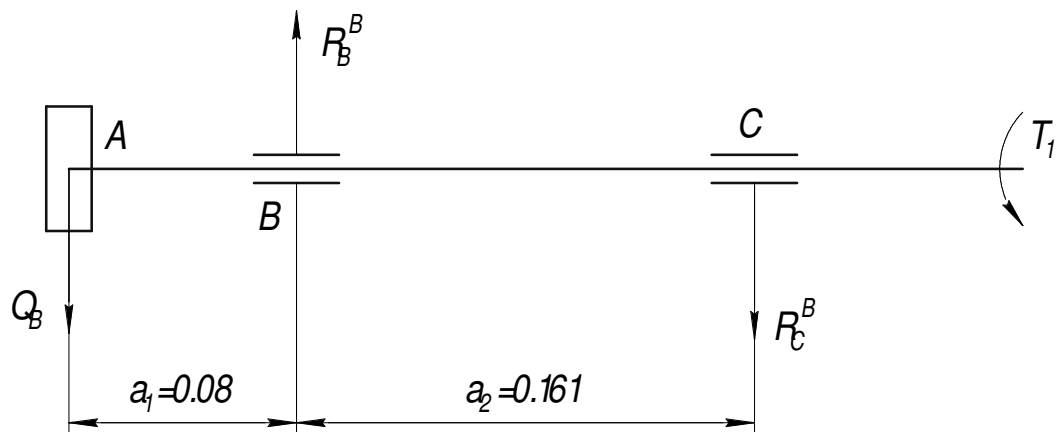


Рис. 3.3. Схема сил, що діють у вертикальній площині

$$\sum M_{\epsilon}^{\epsilon} = -Qa_1 + R_c^{\epsilon} a_2;$$

$$\sum M_c^{\epsilon} = -Q_2(a_1 + a_2) - R_6^{\epsilon} a_2.$$

$$Q_{\epsilon} = F_{61} \cos 2^0 = 5667H;$$

$$R_c^{\epsilon} = \frac{-Q_{\epsilon} a_1}{a_2} = -2815,9H;$$

$$R_6^{\epsilon} = \frac{Q_{\epsilon}(a_1 + a_2)}{a_2} = 8482,9H;$$

$$Q_{\epsilon} - R_6^{\epsilon} - R_c^{\epsilon} = 0.$$

$$\text{Перевірка } 5667 - 8482,9 + 2815,9 = 0.$$

Б) Будуємо епюри згинаючих моментів

Горизонтальна площина

$$M_a = 0; \quad M_e = -Qa_1 = 18,16H; \quad M_c = 0.$$

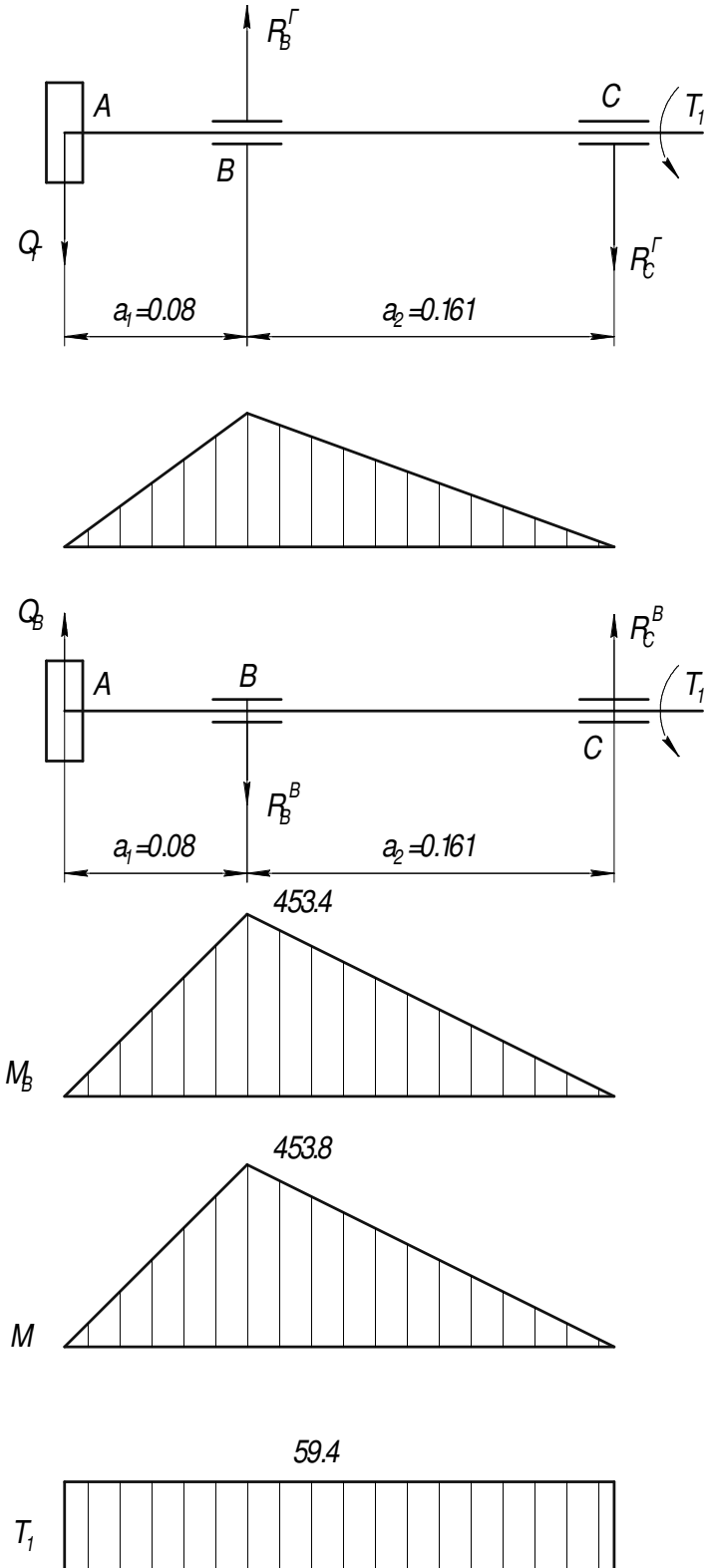


Рис. 3.4. Епюри моментів

### Вертикальна площина

$$M_a = 0;$$

$$M_g = -Q_g a_1 = 18,16H ;$$

$$M_c = 0.$$

В) Сумарний момент

$$M_a = 0;$$

$$M_g = \sqrt{(M_g^z)^2 + (M_g^g)^2} = 453,8Hм ;$$

$$M_c = 0.$$

Визначаємо діаметр вала в небезпечному перерізі:

$M=453,8$  Нм – сумарний момент;

$T_1=59,4$  Нм – крутний момент;

$$M_{екв} = 10^3 \sqrt{\frac{32M_{екв}}{\pi\delta_p}} = 48мм , \text{ приймаємо } 50 \text{ мм.}$$

### 3.3. Розрахунок на міцність штанги туковисіваючої системи

У пункті 2.4 розраховано необхідний внутрішній діаметр пневмопроводу  $d = 40$  мм. Зовнішній діаметр приймаємо  $d = 45$  мм.

Перевіримо на міцність найдовшу з штанг пневматичної системи для внесення добрив довжиною  $L \approx 4000$  мм (рис. 2.4). Штангу розглядаємо як консольно защемлену балку з рівномірним навантаженням від власної ваги штанги та ваги аеросуміші, що знаходиться у штанзі (рис. 3.5).

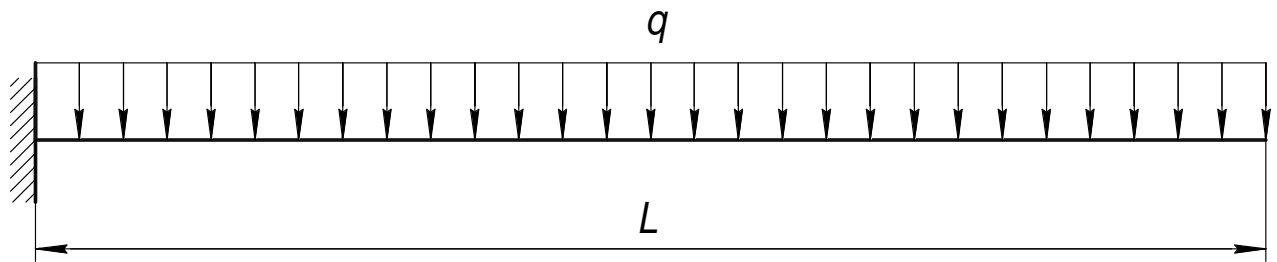


Рис. 3.5. Розрахункова схема штанги пневматичної туковисівної системи

Рівномірно розподілене навантаження від власної ваги штанги:

$$q_w = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \rho_{мет} \cdot g = \frac{\pi}{4} (0.045^2 - 0.04^2) \cdot 7800 \cdot 9.81 \approx 25.5 \text{ Н/м.}$$

Навантаження від мінеральних добрив, які одночасно знаходяться у одиниці довжини штанги, знаходимо як відношення масової швидкості руху аеросуміші до її лінійної швидкості руху у пневмопроводі (див. п. 2.4):

$$q_{II} = \frac{G_{II} + G_M}{V_{II}} \cdot g = \frac{2.5 + 0.65}{25} \cdot 9.81 = 1.2 \text{ Н/м.}$$

Сумарне рівномірно розподілене навантаження по довжині штанги:

$$q = q_w + q_{II} = 25.5 + 1.2 = 26.7 \text{ Н/м.}$$

У зацімленні балки діятимуть згинальні моменти та поперечні сили. Оскільки вплив поперечних сил на напружено-деформований стан балки, у порівнянні із згинальними моментами, незначний, то розрахунок на міцність проводимо лише з врахуванням згинальних моментів.

Момент у зацімленні балки:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{2} = \frac{26.7 \cdot 4}{2} \approx 214 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Напруження у поперечному перетині балки:

$$\sigma = \frac{M \cdot \frac{D}{2}}{I_{III}}, \quad (3.415)$$

де  $I_{III} = \frac{\pi \cdot D^4}{64} - \frac{\pi \cdot d^4}{64}$  - момент інерції поперечного перетину штанги, м<sup>4</sup>,

$$\sigma = \frac{214 \cdot \frac{0.045}{2}}{\frac{\pi \cdot 0.045^4}{64} - \frac{\pi \cdot 0.04^4}{64}} \approx 63.7 \text{ МПа.}$$

Напруження у защемленні найдовшої штанги пневматичної туковисіваючої системи становитимуть близько 64 МПа, що не перевищує допустимих напружень  $[\sigma]=0,8\sigma_T = 280\text{МПа}$ , навіть при коефіцієнті динамічності  $k=4$ .

### 3.4. Моделювання шківів пасової передачі приводу вентилятора

Для аналізу напружено-деформованого стану (НДС) складного шківів пасової передачі приводу вентилятора створюємо твердотільну модель шківів (рис. 3.6) за допомогою програми для тривимірного моделювання SolidWorks.



Рис. 3.6. Твердотільна модель складного шківів

За допомогою вбудованого модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо аналіз НДС шківа.

Для цього створюємо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі шківа (рис. 3.7, а).

Задаємо умови закріплення шківа (рис. 3.7, б) – защемлення ступиці по отворі під вал. Задаємо зусилля, що діють на шків – крутний момент, який визначаємо як добуток діаметра шківа, колової сили та кількості рядів паса:  $314,4 \cdot 0,37 \cdot 4 \approx 465 \text{ Н}$  (див. п. 3.1).



а)

б)

Рис. 3.7. Моделювання складного шківа:

а – сітка кінцевих елементів;

б – умови закріплення та навантаження.

Результати розрахунку НДС шківа за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation подано на рис. 3.8 – рис. 3.10.

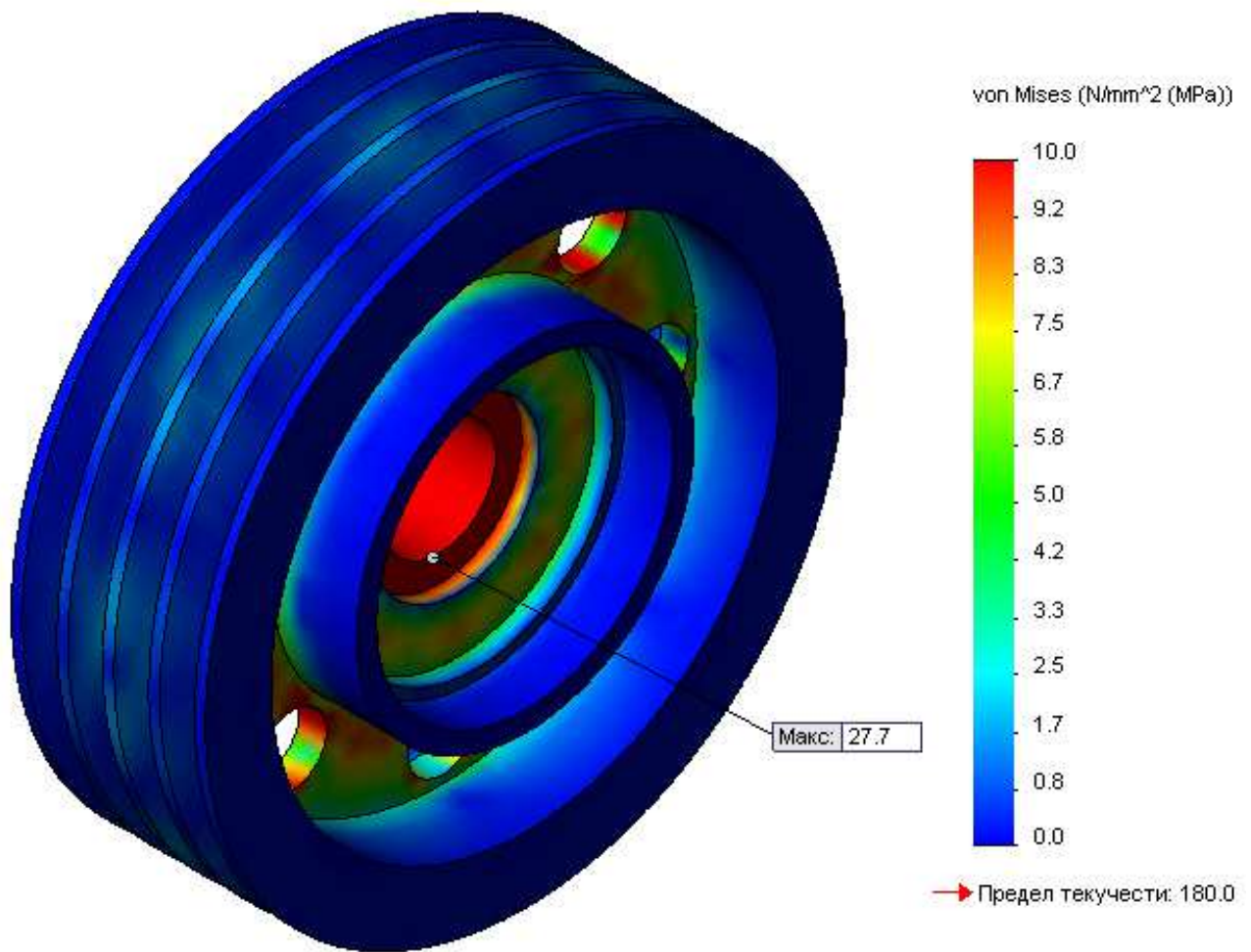


Рис. 3.8. Результати розрахунку напружень (за теорією Фон Мізеса)

Як бачимо за результатами розрахунку, максимальні напруження в складному шківі пасової передачі приводу вентилятора становлять  $\approx 28$  МПа.

На рис. 3.9 показано деформації складного шківів. Максимальна деформація шківів не перевищує 0,025 мм.

На рис. 3.10 показано розподіл запасу міцності складного шківів. Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності шківів становить 6,5.



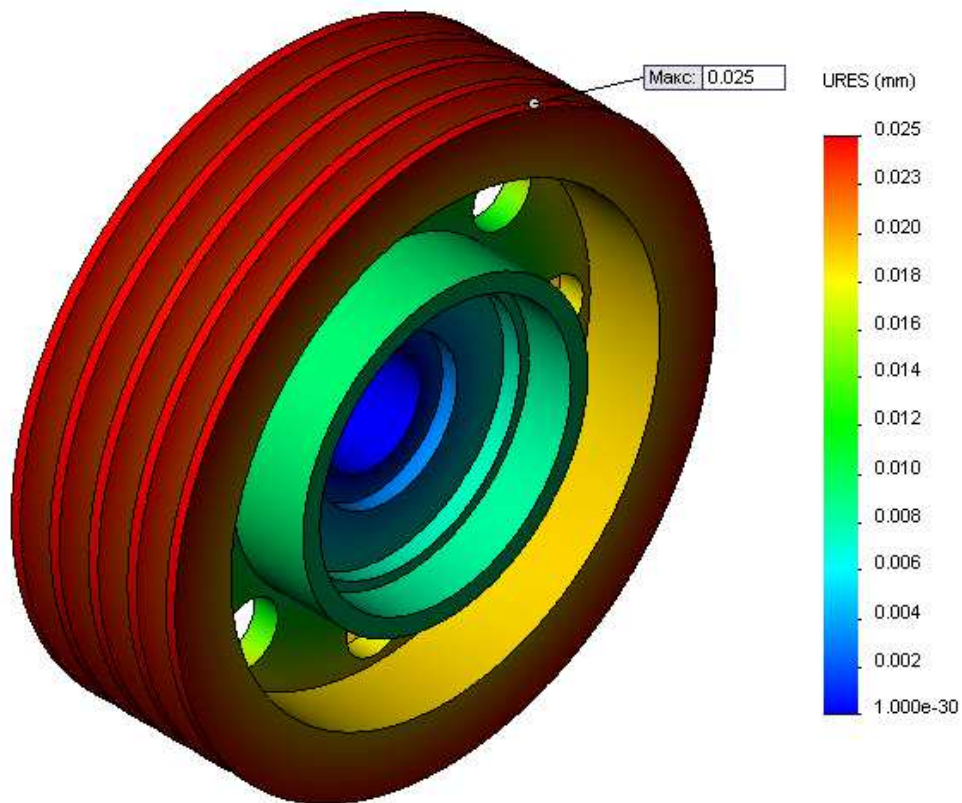


Рис. 3.9. Результати розрахунку деформацій пружного пальця

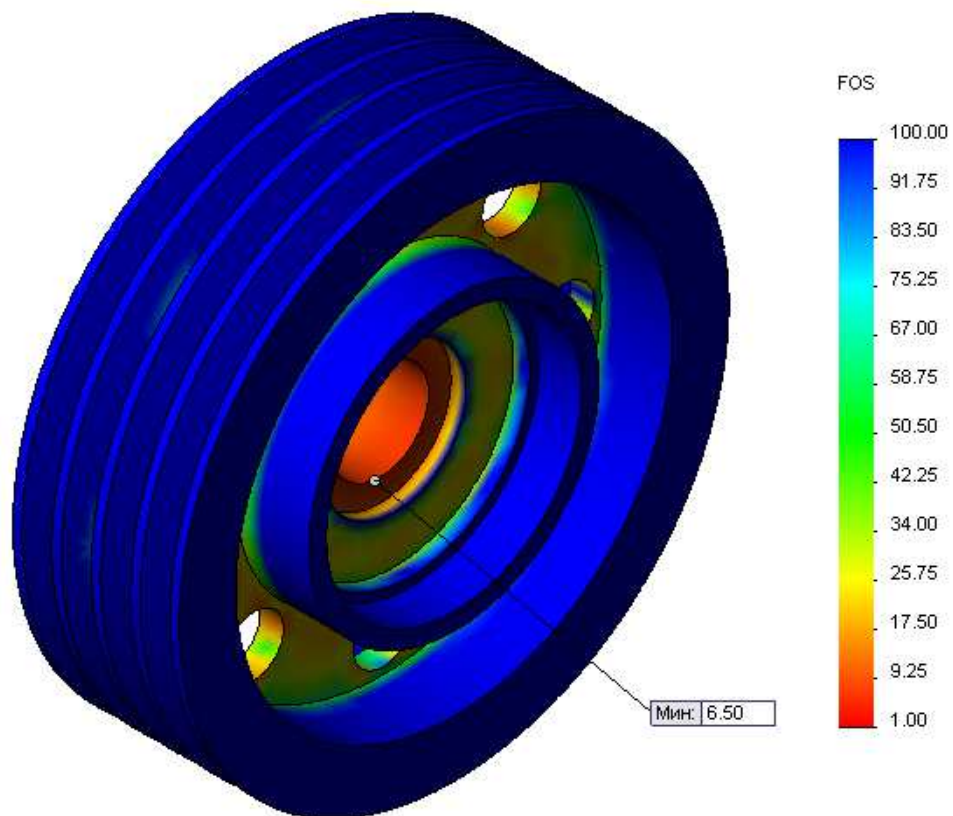


Рис. 3.10. Розподіл коефіцієнтів запасу міцності **4. БЕЗПЕКА**

## ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Керування безпекою життєдіяльності

Основною задачею керування безпекою життєдіяльності є підвищення рівня безпеки об'єкту чи системи об'єктів. Правильна постановка задачі при розробці проектів вимагає, щоб уже на стадіях проектування об'єкта чи системи були включені елементи, які виключають реалізацію небезпеки. Однак це не завжди можливо. У тому випадку, якщо виявлену небезпеку неможливо виключити цілком, необхідно знизити можливість ризику до припустимого рівня, тобто мінімізувати імовірність появи небезпеки. Досягти цього можливо різними шляхами. Так, наприклад, реальними шляхами керування безпекою життєдіяльності є введення мір таких напрямів:

- організаційно-управлінського характеру, у тому числі і контроль за рівнем безпеки;
- навчання людей з питань безпеки;
- стимулювання безпечної роботи і відповідного поведіння;
- удосконалювання технічних систем і об'єктів;
- розробка і використання спеціальних засобів захисту;
- заміна небезпечних операцій іншими – менш небезпечними.

Кожен з перерахованих напрямків має свої переваги і недоліки. Тому на практиці, як правило, для підвищення рівня безпеки об'єкта завжди використовується комплекс цих заходів. Вибір заходів виконується з використанням порівняльного аналізу витрат на заходи й ефектом від рівня зниження збитку, що очікується в результаті їхнього введення.

Такий підхід до рішення задачі зменшення ризику прояви небезпеки називається *керуванням ризиком*.

Слід зазначити, що описаний підхід до керування ризиком через економічний показник, як і метод установлення гранично допустимих рівнів

негативних з урахуванням економічних показників факторів є недостатньо повним.

Важливу роль у цьому випадку грає оцінка ступеня небезпеки процесу, пов'язана з визначенням і контролем ризику в процесі існування об'єкта, роботи виробництва. Виявлену об'єктивну можливість впливу конкретного блоку, технологічної операції на рівень безпеки систем чи об'єктів висувають на перший план при розробці методів і засобів керування безпекою.

*Під керуванням БЖД* розуміють організований вплив на систему «людина – середовище існування» з метою досягнення заданих позитивних результатів. Керувати БЖД – це значить практично реалізувати можливість переведу об'єкта з одного небезпечного стану в інший – менш небезпечний. При цьому повинні дотримуватися об'єктивної умови економічної і технічної доцільності такої операції.

Задача керування безпекою є багатокomпонентною. У зв'язку з цим для її успішного рішення необхідний системний підхід. У даному випадку вимоги системності полягають у виборі необхідного і достатнього числа компонентів, якими визначається безпека об'єкта.

Принципи *системного аналізу* полягають у дотриманні наступних основних положень:

Постановка задачі – повинна починатися з виявлення і чіткого формулювання кінцевих цілей. При цьому проблему необхідно розглядати як єдине ціле.

Аналіз альтернативних шляхів досягнення цілей. Вибір найбільш раціонального шляху з технічних, екологічних, економічних і др. позицій.

Аналіз сполучності основної та другорядних цілей. Основним положенням, яке повинно виконуватися при цьому є умова, щоб другорядні цілі не знаходились в конфлікті із загальною метою. При цьому мета повинна задовольняти вимогам реальності, предметності, кількісній визначеності, адекватності, необхідній ефективності та ступеню контрольованості.

Перший етап – постановка задачі (*етап формувань цілей*) є найбільш складним у керуванні безпекою. Він повинний реалізовуватися з використанням принципів системного аналізу. Ціль необхідно розглядати як ієрархічне явище, яке підкоряється конкретній кінцевій меті. Вона підрозділяється на підцілі, що ранжуються по ступені важливості, ступеню впливу на рівень безпеки.

Вимоги безпеки, повинні враховуватися на всіх стадіях циклу, а саме: при науково-дослідній роботі над проектом, розробці наукового проекту, на етапі дослідно-конструкторської роботи, на етапі реалізації проекту, при його іспитах, на стадії виробництва, транспортування, експлуатації, при модернізації і реконструкції об'єкта, його консервації і ліквідації.

Розглядаючи керування, як процес, у загальному випадку можна сформуванати наступний алгоритм його реалізації стосовно до безпеки життєдіяльності (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Алгоритм керування безпекою життєдіяльності антропогенної системи

При рішенні задач забезпечення безпеки життєдіяльності, виділяють наступні основні аспекти:

- світоглядний;
- правовий;
- організаційно-оперативний;
- технічний;
- ергономічний;
- екологічний;
- фізіологічний;
- медичний;
- соціальний;
- психологічний;
- виховний;
- економічний.

Відповідно до цих аспектів, існують і відповідні засоби керування БЖД.

До них, зокрема, відносяться:

- фахова освіта населення;
- професійне навчання;
- професійний добір;
- технічні й організаційні засоби колективного захисту, засоби індивідуального захисту;
- психологічні впливи на суб'єкти керування;
- раціоналізація режимів праці і відпочинку;
- виховання культури безпечного поводження;
- система заохочень, пільг і компенсацій населенню і працюючим.

## **4.2. Техніка безпеки при експлуатації машин, які працюють з хімічноактивними речовинами**

В аграрному виробництві широко застосовуються хімічні засоби боротьби з шкідниками і хворобами сільськогосподарських рослин. Багато активних речовин, що застосовуються для обробки рослин або ґрунту, шкідливі для людей і тварин. Шкідливість застосовуваних речовин різна, а тому й різні засоби захисту від них.

Перш ніж приступити до обслуговування машин необхідно вивчити інструкції про поводження з хімічноактивними речовинами, суворо їх додержувати і перевіряти відповідність машин вимогам охорони праці.

Машини, призначені для боротьби з шкідниками та хворобами сільськогосподарських рослин повинні мати автоматичні пристрої для подачі отрутохімікатів до робочих органів, безпечні регульовальні пристрої, а також пристрої, що гарантують від проникнення отрутохімікатів назовні, механізовану заправку ємкостей, приготування сумішей та розчинів без затрат ручної праці.

Нагнітальні комунікації машин, на яких встановлено насоси, що розвивають тиск понад  $0,7 \text{ кг/см}^2$ , мають бути обладнані манометрами та запобіжними клапанами.

На машинах з отрутохімікатами повинні бути бачки з водою для миття рук обслуговуючого персоналу.

Ємкості, призначені для водного розчину аміаку, мають бути обладнані дихальними клапанами. Щоб уникнути вибуху пари аміаку, не можна закривати шланги та трубопроводи вентилями з обох кінців.

Особи, які обслуговують машини під час роботи з отрутохімікатами, повинні пройти спеціальний медичний огляд та інструктаж щодо безпечних методів роботи. До роботи з отрутохімікатами не допускаються підлітки молодші від 18 років, вагітні жінки, матері-годувальниці, а також механізатори

з захворюваннями органів зору, серцево-судинної та нервової систем, шлунку, нирок, печінки та ін.

Пестициди, що використовуються для захисту рослин від шкідників і хвороб, отруйні і небезпечні для життя людини, а також тварин і птиці. Працювати з пестицидами дозволяється лише в спеціальному одязі (комбінезоні, гумових чоботах і рукавицях), а з пило- і газоподібними речовинами – в захисному спецодязі і взутті з запобіжними окулярами та респіраторами.

Під час роботи з отрутохімікатами, що випаровуються або з яких виділяються гази (ціанплав, хлорпикрин), застосовуються промислові протигази. Під час обприскування або обпилювання отрутохімікатами обличчя і руки треба змащувати вазеліном. Спецодяг і засоби індивідуального захисту для роботи з отрутохімікатами треба зберігати у спеціальних ізольованих приміщеннях.

Прати такий спецодяг у водоймах, озерах та річках забороняється. Натільну білизну під час роботи з отрутохімікатами треба міняти через два-три дні. Ємкості для зберігання отрутохімікатів треба щільно закривати, щоб не було витоків. Обпилювання та обприскування під час сильного вітру проводити не бажано, бо пара або пил хімікатів можуть потрапити на необроблювану ділянку і завдати шкоди людям та тваринам, що там знаходяться.

Щоб уникнути отруєння організму під час роботи з отрутохімікатами, не можна курити, пити і приймати їжу. Перед курінням або прийняттям їжі треба старанно вимити з милом руки і обличчя.

Працювати з отрутохімікатами дозволяється не більш як 6 годин, а при сухому протруюванні з сильно діючими отрутами – 4 години. Потім працівника переводять на інші роботи.

Після закінчення обприскування всю тару треба промити 3 – 4%-ним розчином пральної соди на спеціально відведеній площадці і здати на склад, а паперові мішки спалити. Склади для зберігання отрутохімікатів і протруєного

насіння треба розміщувати на відстані не менш як 50 м від житлових і виробничих приміщень.

Захист культурних рослин від шкідників і збудників хвороб проводять під керівництвом агронома господарства. При роботі з пестицидами необхідно виконувати правила, викладені в «Санітарних правилах по зберіганню, транспортуванню і використанню пестицидів у сільському господарстві».

Сухе протруювання насіння дозволяється проводити на відстані не менш як 200 м від житлових приміщень, тваринницьких ферм та пасовищ.

На місцях роботи і на дорогах, що проходять через оброблені отрутохімікатами поля, мають бути встановлені попереджувальні написи. Обпилювання і обприскування рослин має бути закінчене не пізніше як за 30 днів до збирання врожаю.

Працюючи з обприскувачами, постійно контролюють стан кріплення всіх з'єднань нагнітальної частини комунікації, перевіряють щільність посадки всмоктувального і нагнітального клапанів, контролюють стан поршневого насоса, а також правильність роботи редуційного клапана.

Забороняється працювати з несправним манометром. При тиску в нагнітальній комунікації обприскувача понад 2,5 МПа роботу слід негайно припинити.

Забороняється промивати резервуари, насоси, всмоктувальні і нагнітальні трубопроводи обприскувачів поблизу водойм. Їх промивають тільки в спеціально відведених місцях. Тару з-під пестицидів забороняється використовувати для господарських потреб.



## ВИСНОВКИ

Сучасний етап розвитку системи точного землеробства передбачає внесення добрив диференційованими дозами на окремих ділянках поля. В таких умовах зручними в застосуванні будуть машини, що забезпечують внесення добрив без перекриття суміжних проходів.

Найпоширенішим способом внесення добрив є їх розкидання за допомогою відцентрових розкидачів. Такий спосіб внесення добрив має ряд недоліків, основними з яких є нерівномірність внесення та вплив вітру на якість внесення добрив.

Таких недоліків можна уникнути при внесенні добрив за допомогою пневматичних штангових сівалок. Використання штангових тукових сівалок є найбільш доцільним до сівби (основне внесення), оскільки при великій ширині захвату агрегату вони дозволяють рівномірно вносити добрива практично без перекриття навіть на підвищених швидкостях руху. Це дозволяє підвищити продуктивність агрегату, забезпечити високу якість при мінімальних затратах.

Запропоновані інженерні рішення з удосконалення висівної системи туковисіваючої машини, у порівнянні з аналогом – машиною РУМ-5-03, забезпечують збільшення ширини захвату на 20-25%, а також можливість експлуатації в умовах вітряної погоди.

Крім того, запропоновані інженерні рішення забезпечують підвищення якості внесення добрив, прогнозована нерівномірність внесення добрив не буде перевищувати  $\pm 15\%$  (у машини базової конструкції – 20%), її можна успішно використовувати як на передпосівному внесенні добрив, так і на підживленні рослин при русі агрегату по технологічних коліях.

Машину можна застосовувати на внесенні добрив прямоочній, або перевантажувальній схемі внесення добрив. Машина може знайти застосування не тільки в традиційних технологіях вирощування сільськогосподарських культур, але і в технологіях точного землеробства, при умові дообладнання її необхідними системами управління, контролю і виконавчими механізмами.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В., Бортник І.М., Сташків М.Я., Олексюк В.П. Штанга обприскувача / Патент на корисну модель № 137527 (u 2019 03846). Опубліковано 25.10.2019. Бюл. № 20.
2. Вікович І.А. Конструкції і динаміка штангових обприскувачів: Монографія. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2003. – 460с.
3. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К., 2002. – 232с.
4. Деталі машин Методичні рекомендації до вивчення змістовного модуля 1.2 «Передачі гнучким зв'язком» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форми навчання / О. В. Баранова, С. М. Степанов, П. М. Полянський, Г. О. Іванов. Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2019. 57 с.
5. Деталі машин: курс лекцій / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. – 160с.
6. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лахмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.
7. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
8. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
9. Онищенко В.Б. Обґрунтування конструкції пневматчної висівної системи машин для внесення твердих мінеральних добрив / В.Б. Онищенко, Б.В. Онищенко, О.В. Адамчук // Збірник тез доповідей Х Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання». Київ, 2023. С. 312 – 314.
10. Онищенко В.Б. Удосконалення конструкції пневматчної висівної системи машин внесення твердих мінеральних добрив / В. Б. Онищенко, І. М. Береговий, Адамчук О. В. // Збірник тез доповідей ХХІІІ Міжнародної

- наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки". Київ – Житомир, 2022. С. 89 - 92.
11. Паламарчук П.В. Стендові випробування штанг широкозахватного обприскувача / П.В. Паламарчук, М.П. Гавриленко, М.Я. Сташків, І.М. Бортник // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Кіровоград: КНТУ, 2015. – Вип. 45. – Ч. II. – С. 98 – 102.
  12. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
  13. Попович П.В. Моделювання експлуатаційної навантаженості несучих систем розкидачів добрив типу ПРТ–10 / П.В. Попович, М.Я. Сташків, Т.А. Довбуш // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Харків: ХНТУСГ, 2014. - Вип. 151 - С. 367-372.
  14. Попович П.В. Напрямки досліджень корозійно – втомної довговічності металоконструкцій машин для внесення добрив / П.В.Попович, М.Я.Сташків, Я.Я. Господарський // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 134 . «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Харків: «Апостроф», 2013. – С. 227-233.
  15. Попович П.В., Сташків М.Я. Навантаженість конструктивних елементів розкидачів твердих органічних добрив // Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. - Вип. 114 «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». – Харків: ХНТУСГ, 2011. - С. 87-91.
  16. Проектування приводів загальномашинобудівного призначення / В. І. Мороз, В. В. Захарченко, О. В. Надтока та ін. – Харків, 2020. – 206 с.

17. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
18. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
19. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
20. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
21. Сташків М.Я., Гавриленко П.М., Гавриленко М.П., Паламарчук П.В., Бортник І.М. Стенд для випробування штангових оприскувачів на динамічні навантаження / Патент на корисну модель № 118740 (u 2017 01793). Опубліковано 28.08.2017. Бюл. № 16.
22. Сташків М.Я. Дослідження впливу стисненого кручення на міцність зварного з'єднання елементів рами розкидача твердих органічних добрив / М.Я. Сташків, М.І. Підгурський, Т.А. Довбуш, І.М. Бортник // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2016. - Вип. 170. - С. 164 – 171.
23. Nevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
24. Stashkiv Mykola (2023). Field Test Data Processing for the Implementation of Accelerated Rig Test of Sprayer Booms. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023). Vol. 3628. 690-701.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

### Технічні характеристики машин для внесення мінеральних добрив

Показники	Марка машини				
	РУМ-5	1-РМГ-4	КСА-3	НРУ-0,5	РТТ-4,2
Ємкість кузова (бункера), м <sup>3</sup>	2,6	3,5	3,2	0,41	0,7
Вантажопідйомність, т	3,0	4,0	4,0	0,5	
Ширина розкидання, м	8	8	6	6	4,2
Робоча швидкість руху, км/ч	До 10	До 10	10-20	7-12	До 10
Норма внесення, кг/га	100-6900	100-6000	100-6000	40-2000	50-1100
Продуктивність, га/ч	8-10	12	15	6-12	До 4,2

Марка машин	Вантажопідйомність, т	Робоча швидкість, км/ч	Ширина захвату, м	Потужність на приводі, кВт	Експлуатаційна маса, т
МВУ-16	16	12	14-22	51,4	4
МВУ-12	12	12	14-22	35	3,30
МВУ-8Б	8	13	14-22	29,4	2,83
МВУ-5А	5	11	12-16	21,7	2,05
МВУ-0,5А	0,6	12	16,24	10,2	0,22
МВД-100	0,1	6	8-12	9	0,04
МВД-900	0,9	8	8-12	14,5	0,32
СТТ-10	5	13	10-15	23,7	2,5