

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення продуктивності розкидача твердих органічних добрив
з удосконаленням робочих органів

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Бохнак О.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Левкович М.Г.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

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 Бохнаку Остапу Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення продуктивності розкидача твердих органічних добрив
з удосконаленням робочих органів

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12.06.2026

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

1. Схема класифікації розкидачів добрив. 2. Засоби внесення добрив з вертикальними
робочими органами. 3. Засоби внесення добрив з горизонтальними робочими органами.

4. Схема удосконалених робочих органів. 5. Схема виконання технологічного процесу.

6. Технологічно – операційна карта. 7. Загальний вигляд модернізованої машини. 8. Апарат
для розкидання твердих органічних добрив. Складальне креслення. 9. Розрахункова схема.

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Бохнак Остап Ігорович.

Тема роботи – „Підвищення продуктивності розкидача твердих органічних добрив з удосконаленням робочих органів”.

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 – підвищення продуктивності розкидача твердих органічних добрив шляхом удосконалення його робочих органів.

Об’єкт дослідження – техніко – технологічні параметри розкидача твердих органічних добрив.

Предмет дослідження – робочі органи розкидача твердих органічних добрив.

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

Отримані результати:

- проведено аналіз технологічних схем внесення твердих органічних добрив;
- проведено аналіз машин для внесення твердих органічних добрив;
- проведено аналіз агротехнічних вимог до внесення твердих органічних добрив;
- обґрунтовано технологічну схему удосконаленого розкидача твердих органічних добрив;
- обґрунтовано склад агрегату та режим його роботи;
- розраховано кінематичні характеристики МТА та ділянки поля;
- виконано кінематично-силовий розрахунок робочого органу;

- виконано розрахунок напружено-деформованого стану валу приводу робочого органу;

- розглянуто загальні питання безпеки життєдіяльності при виконанні польових робіт; подано заходи безпечної експлуатації удосконаленого розкидача твердих органічних добрив.

Практичне значення отриманих результатів.

Обґрунтовано конструктивно – технологічні параметри робочих органів розкидача твердих органічних добрив, що забезпечує підвищення ефективності виконання технологічного процесу внесення поживних речовин.

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 – 56 арк. формату А4, додатки – 3 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 11 арк. формату А4.

Ключові слова: технологічний процес внесення добрив, тверді органічні добрива, машина для внесення твердих органічних добрив, технологічні параметри, робочі органи, продуктивність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ.....	8
1.1. Технологічні схеми внесення твердих органічних добрив.....	8
1.2. Аналіз існуючих машин для внесення твердих органічних добрив.....	11
1.3. Агротехнічні вимоги до внесення твердих органічних добрив.....	19
1.4. Обґрунтування технологічної схеми удосконаленого розкидача твердих органічних добрив.....	21
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	23
2.1. Обґрунтування складу МТА та режиму роботи.....	23
2.2. Розрахунок кінематичної характеристики агрегату та ділянки поля.....	25
2.3. Розрахунок продуктивності машино-тракторного агрегату.....	28
3. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	31
3.1. Розрахунок режиму роботи транспортерного апарату.....	31
3.2. Розрахунок апарату для розкидання органічних добрив.....	32
3.3. Кінематично-силовий розрахунок шкребкового транспортера.....	34
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	44
4.1. Загальні питання охорони праці при виконанні сільськогосподарських польових робіт.....	44
4.2. Заходи безпечної експлуатації удосконаленого розкидача твердих органічних добрив.....	48
ВИСНОВКИ.....	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	52
ДОДАТКИ.....	56

ВСТУП

Механізація – один із головних напрямів технічного прогресу аграрного виробництва. Впровадження спеціалізованих машин забезпечує підвищення ефективності виробництва продуктів, зниження питомих витрат на їх виробництво при підвищенні якості отриманої продукції. Однак економічний ефект від придбання машини для різних аграрних зон неоднаковий. Поповнення господарств новою технікою має бути плановим та обґрунтованим.

Важливим напрямком збільшення врожайності сільськогосподарських культур є інтенсифікація аграрного виробництва. Для формування високих і стабільних врожаїв важливим агротехнічним заходом є внесення добрив, що забезпечують поповнення запасів поживних речовин у ґрунті та створюють сприятливі умови для росту й розвитку рослин.

Органічні добрива сприяють підвищенню родючості ґрунту шляхом збагачення його поживними елементами, покращують фізичні характеристики, водний і повітряний режими. Їх застосування послаблює негативний вплив підвищеної кислотності ґрунту та активність ґрунтової мікрофлори на розвиток рослин. У їхньому складі міститься широкий комплекс макро- та мікроелементів, необхідних для життєдіяльності рослин, зокрема азот, фосфор, калій, кальцій, магній, бор, молібден, марганець та інші поживні речовини.

Також внесення органічних добрив суттєво впливає на екологічну обстановку на полі, що в свою чергу впливає на родючість ґрунту та якість кінцевої продукції. Очевидно, що правильний розрахунок дози добрива є найважливішим завданням у виробництві рослинної продукції.

Внаслідок внесення добрив створюється надлишок добрив на одних ділянках поля та брак на інших, що відповідно впливає на кількість та якість урожаю. Удосконалення розкидачів спрямоване на підвищення рівномірності внесення добрив за площею, створення системи точного землеробства, що розглядає сільськогосподарське поле як неоднорідне та передбачає відповідну диференціацію при проведенні агротехнічних операцій.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

1.1. Технологічні схеми внесення твердих органічних добрив

Тверді органічні добрива вносяться до посіву (основне внесення), при посіві і посадці (припосівне внесення) і після посіву і посадки (підживлення). При основному внесенні добрива розкидають по поверхні поля, а потім закладають у ґрунт при оранці.

Органічні добрива можуть носитися гноєрозкидачами. Сучасні агрегати виконані у формі внутрішнього кузова з трапецеподібним дном. Силовою частиною є трактор, агрегатований розкидаючим механізмом. Маса органічних добрив може доходити до 20 тон. Подача маси на розкидач відбувається за допомогою спеціальних транспортерів, вбудованих в дно кузова. Підсилене шасі не допускає ущільнення ґрунту. Також такі розкидачі, крім прямого призначення, можна використовувати для перевезення сільськогосподарських вантажів. Перед внесенням, добрива попередньо підготовлюють. Їх спочатку розтарюють, подрібнюють, просіюють, потім відбувається приготування необхідної тукоsumіші, а після цього завантажують в транспортне засіб. Для кожного етапу підготовки застосовують різну техніку. Добрива з мішків дістають за допомогою спеціального розтарювача - подрібнювача. Тукоsumіші з декількох компонентів готують в тукоsumішвачах. Гній із гноєсховищ завантажуються в транспортувальник за допомогою шнекових насосів. Різні за станом та концентрацією види добрив зумовлюють застосування п'яти технологічних схем внесення.

По термінах внесення добрив поділяють на основне (допосівне), з глибоким зароблянням плугом або перекопуванням на глибину штика лопати, припосівне, яке проводять одночасно з посівом насіння або посадкою розсади в лунки, рядки або гнізда, і підживлення (прикореневе із зароблянням в ґрунт або

без заробляння з подальшим поливом, і позакореневе – обприскування рослин слабким розчином добрив) – у період вегетації рослин.

По способам внесення добрива розділяють на розкидання, без заробляння або із зароблянням в ґрунт на різну глибину, і локальне внесення у вигляді смуг (спеціальними знаряддями), в лунки, рядки або гнізда при посіві, посадці і при кореновому підживлюванні.

Основне добриво забезпечує живлення рослин протягом усього періоду його росту та розвитку. Його вносять осінню або весною в залежності від ґрунтових і кліматичних умов, а також від особливостей удобреної культури і застосовуваних добрив. В якості основного вноситься більша частина добрива (живильних речовин) із загальної кількості, необхідної рослинам.

Припосівне внесення добрив здійснюється одночасно з висівом насіння або висаджуванням розсади та призначене для забезпечення молодих рослин поживними речовинами на початкових етапах розвитку. У цей період коренева система рослин ще недостатньо розвинена, що обмежує їхню здатність ефективно засвоювати поживні елементи з ґрунту. Тому добрива вносять у невеликих дозах, щоб запобігти надмірній концентрації поживних речовин у зоні розташування молодих коренів, яка може негативно позначитися на проростанні насіння та подальшому рості рослин. Для припосівного удобрення найчастіше застосовують суперфосфат або амофос.

Підживлення дозволяє посилити живлення рослин у визначені періоди їх розвитку та ліквідувати недолік якогось мікроелемента. Овочеві, плодові та ягідні культури підживлюють у визначені терміни відповідно до напрацьованих або рекомендованих способів (технологій) вирощування культури, сумісної, як правило, з кореневим та некореневим підживленням. Зазвичай технологію їх проведення подано в рекомендованій літературі по вирощуванню окремих видів і сортів рослин.

Пряма технологічна схема внесення включає операції: завантаження в транспортно-технологічні засоби, транспортування і розкидання по полю поверхневим або внутрішньогрунтовим способом, тобто рух добрива від місць

зберігання до ґрунту здійснюється без розриву в часі, а це виключає необхідність у створенні проміжних майданчиків для зберігання та подальшого завантаження добрив у розподільні засоби. Однак для досягнення високої ефективності використання всього комплексу навантажувальних, допоміжних, транспортно-технологічних засобів при більших стоянках транспортування потрібна значна кількість техніки.

Для перевалочної схеми характерна доставка добрив на край поля або в купи на самому полі транспортом загального призначення, після чого вони завантажуються в розкидачі, які переміщуються в межах поля і вносять добрива внутрішньо або на її поверхню. При такій схемі можливе застосування високопродуктивного високотонажного транспорту, скорочення агротехнічних термінів внесення добрив, зменшення потреб у спеціалізованих розкидачах. В цьому випадку спостерігається розрив потоку добрив від місця зберігання до поля по часу.

Різноманіття видів добрив, їх стан та концентрація зумовлює застосування трьох технологічних схем внесення.

Перевантажувальна технологічна схема від перевалки відрізняється тим, що добрива, доставлені на край поля або на саме поле, з транспорту загального призначення перевантажуються в технологічну ємність розкидача, після чого здійснюється їх внесення. Тут немає розриву потоку добрив у часі, що включає операцію завантаження добрив у поле, але спостерігається взаємозалежність транспортних і розкидаючих засобів, так званий «жорсткий» зв'язок циклів технологічних засобів. Рівність циклів або їх кратність на практиці забезпечити важко, крім того, повинна також дотримуватися рівність вантажопідйомностей. Це знижує ефективність застосування перевантажувальної схеми.

Перевантаження прийнятих із транспортних засобів у розподільник може здійснюватися за рядом варіантів.

- застосування польової пересувної перевантажувальної естакади, на яку заїжджає автосамоскид і перевантажує добриво в технологічну ємність розкидача добрив;

- використання автосамоскидів з попереднім підйомом кузова;
- здійснення розкидання добрив розкидачами з низьким кузовом.

Негативні наслідки – «жорсткий» зв'язок, збереження рівності вантажопідйомностей транспортного і розподільних засобів можуть бути усунені застосуванням проміжних польових ємкостей – перевантажувачів - компенсаторів, куди добрива завантажують з транспортних засобів, а потім перевантажують в розкидачі.

При двофазній технологічній схемі розкидання добрив по полю здійснюється за двома варіантами:

- розкладка куп добрив на поле з попередньою її розміткою, що враховує дозу внесення, вагу купи, ширину захоплення машини, що здійснює розкидання добрива на другому етапі;
- розкидання добрив по полю із куп.

1.2. Аналіз існуючих машин для внесення твердих органічних добрив

За способом внесення добрив розрізняють машини для основного, припосівного та післяпосівного внесення органічних добрив [25] .

За способом агрегування (рис. 1.1) розкидачі діляться на причіпні та напівпричіпні. У більшості машин робочий орган складається із декількох барабанів, розташованих вертикально чи горизонтально.

Привод робочих органів розкидача органічних добрив здійснюється, як правило, від валу відбору потужності трактора через карданну передачу. Поздовжній транспортер дна кузова розкидача виготовляють у вигляді двостороннього або одностороннього конвеєром з використанням якірного ланцюга та металевих планок. Швидкість поздовжнього конвеєра регулюють за допомогою механізму налаштування.

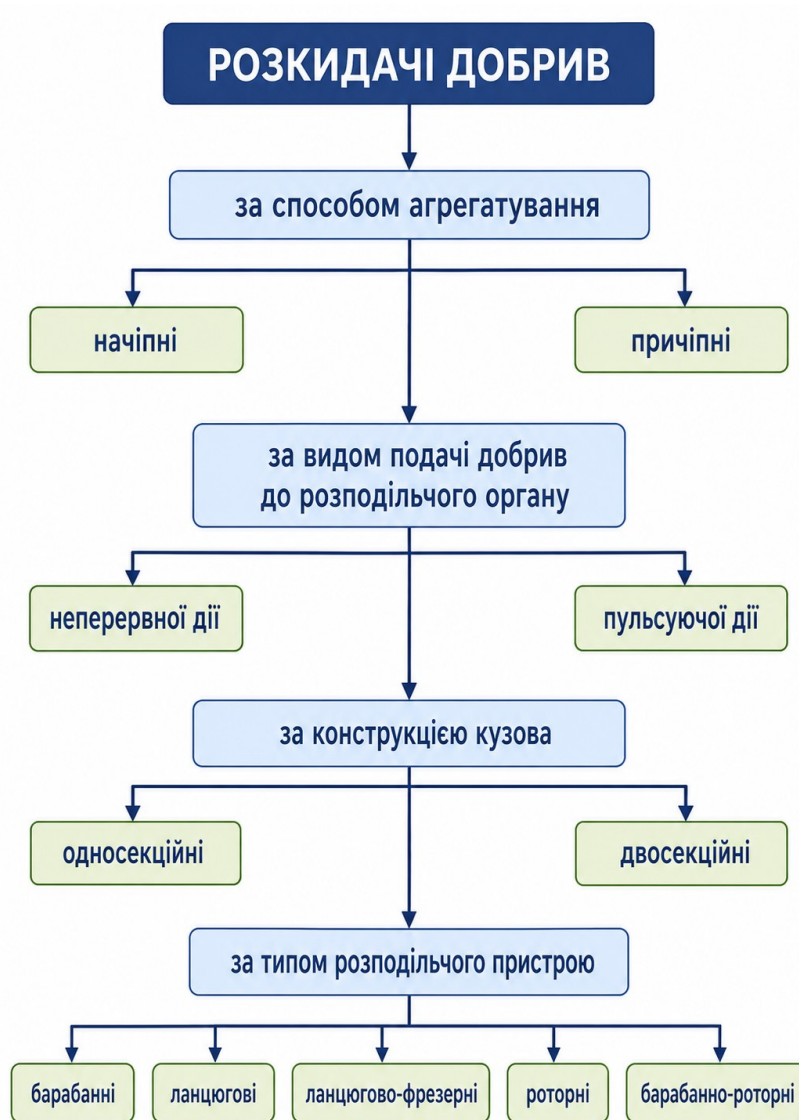
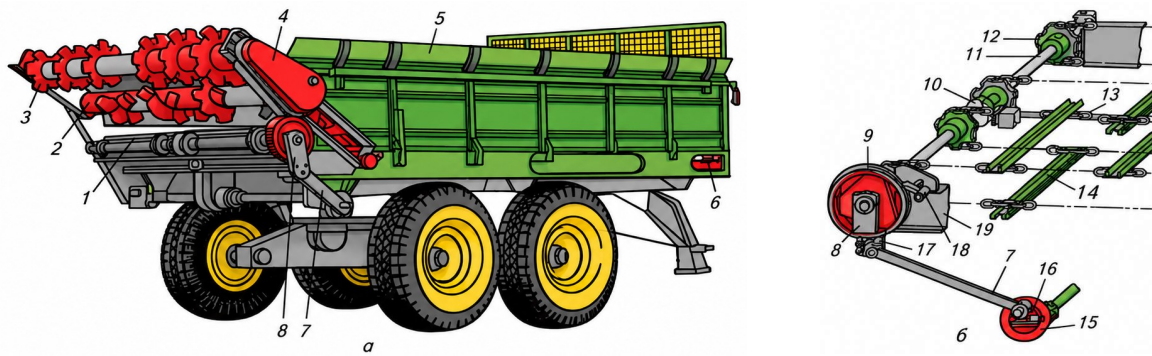


Рисунок 1.1 – Класифікація розкидачів твердих органічних добрив

Розкидач органічних добрив РОУ-6 (рис. 1.2) виконаний у вигляді двовісного напівпричепа, на рамі якого змонтовано металевий кузов із надставними бортами 5. По дну кузова переміщується ланцюгово-планчастий живильний транспортер 1, який подає добрива до розкидального механізму. Розкидальний пристрій складається з двох горизонтально розташованих шнекових барабанів – подрібнювального 2 та розкидального 3. Цей вузол встановлений замість заднього борту кузова і приводиться в дію від валу відбору потужності трактора. Для забезпечення безпечної експлуатації машина оснащена гальмівною системою та електрообладнанням.



а – загальний вигляд; б – привод транспортера;

1 – ланцюгово-планчастий транспортер; 2 – подрібнюючий барабан; 3 – розкидний барабан;
 4 – захисний кожух передачі; 5 – надставний борт кузова; 6 – натяжний пристрій; 7 – шатун;
 8 – коромисло; 9 – храпове колесо; 10 – опорний підшипник; 11 – ведучий вал; 12 – зірочка;
 13 – ланцюг; 14 – шкребок; 15 – корпус кривошипа; 16 – диск кривошипа; 17 – ведуча скоба;
 18 – запобіжна скоба; 19 – брус рами

Рисунок 1.2 – Машина для внесення твердих органічних добрив РОУ-6

Живильний транспортер утворений чотирма зварними транспортними ланцюгами, які попарно об'єднані у дві незалежні гілки. Кожна з них має окремий натяжний механізм. До ланцюгів через однакові інтервали за допомогою хомутів закріплені металеві шкребки 14, що забезпечують переміщення добрив до розкидального пристрою.

Привод транспортера здійснюється від механізму відбору потужності трактора через кривошипно-шатунний і храповий механізми. Під час роботи обертовий рух від ВВП передається кривошипу 15 та диску 16, від яких через шатун коромисло 8 здійснює коливні рухи. На коромислі встановлена скоба 17, яка під дією пружини 9 притискається до храпового колеса. Останнє жорстко закріплене на ведучому валу 11 транспортера. Під час холостого ходу шатуна скоба вільно ковзає по зубцях храпового колеса, а під час робочого ходу входить у зачеплення із зубцем і повертає колесо разом із валом транспортера на певний кут. Запобіжна скоба 18 перешкоджає зворотному обертанню храпового колеса, забезпечуючи односторонній рух транспортера.

Під час руху агрегату живильний транспортер безперервно подає весь обсяг добрив, розміщених у кузові, до розкидального пристрою. Барабани, що

обертаються у напрямку знизу вгору, взаємодіють з усім шаром добрив. При цьому нижній барабан, оснащений зубцями, здійснює інтенсивне розпушування маси добрив та подрібнення соломистих домішок. Після цього добрива спрямовуються до верхнього барабана.

Верхній барабан працює з більшою частотою обертання, захоплює поданий матеріал і забезпечує його рівномірне розподілення по поверхні поля. Завдяки тому, що шнекова навивка барабана спрямована від центральної частини до крайніх ділянок, досягається значне збільшення ширини розкидання, яка істотно перевищує ширину кузова машини.

Крім функції розподілення добрив, верхній барабан частково вирівнює їх шар у кузові, повертаючи надлишкову кількість матеріалу назад, що сприяє більш рівномірній подачі добрив до робочих органів та покращує якість виконання технологічного процесу.

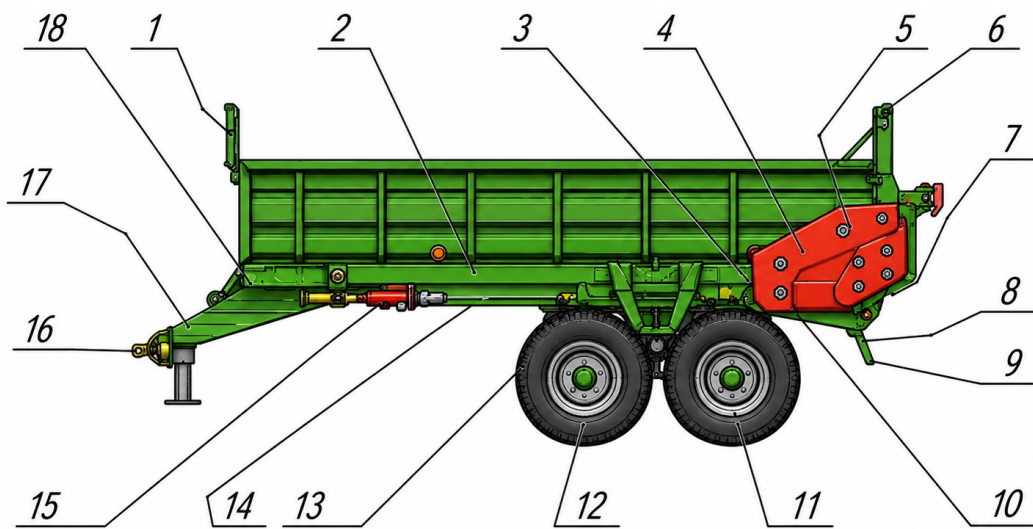
Вантажопідйомність 6000 кг, робоча ширина розподілу добрив 4...6 м, доза внесення 13,9-71,3 т/га, робоча швидкість руху – 10 км/год.

Напівпричіпний розкидач ПРТ-10 (рис. 1.3) призначений для виконання технологічних операцій із транспортування та поверхневого внесення твердих органічних добрив, таких як гній, компост і торф. Крім того, конструкція машини дозволяє використовувати її для перевезення різних видів сільськогосподарських вантажів. Конструктивно ПРТ-10 являє собою двовісний напівпричіп, до складу якого входять зварна рама, кузов, трансмісія, ходова частина типу «Тандем», пневматична гальмівна система та система електрообладнання [4].

Привод транспортера та розкидаючого пристрою – від ВВП трактора.

Рама машини – зварна, складається з чотирьох лонжеронів, об'єднаних поперечками та передньою балкою. У передній частині рама має дишла з петлею. Дишло має опорний пристрій, що складається із стоїки із п'ятою. Кузов машини має дно, передній та бічні борти зварної конструкції.

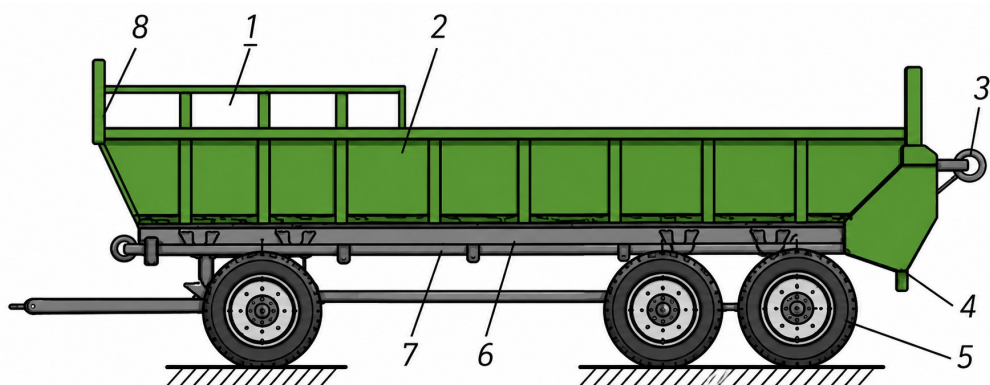
Агрегатується із трактором Т-150К. Вантажопідйомність 10 000 кг. Робоча ширина розподілу добрив 65-70 м. Доза внесення 18,1-71,3 т/га.



1 – борт; 2 – транспортер; 3 – зірочка натяжна; 4 – зірочка обвідна; 5 – зірочка натяжна; 6 – розкидач; 7 – електродвигун; 8 – вал приводу транспортера; 9 – транспортер; 10 – вал приводу бітерів; 11 – система гальмівна; 12 – колесо зі маточиною; 13 – вал задній; 14 – вал проміжний; 15 – вал передній; 16 – опора; 17 – рама; 18 – вал телескопічний

Рисунок 1.3 – Напівпричіп-розкидач органічних добрив ПРТ-10

Розкидач органічних добрив ПРТ-16 (рис. 1.4) призначений для транспортування та поверхневого внесення різних видів органічних добрив, зокрема гною і компосту. Крім виконання основної технологічної операції, машина може використовуватися для перевезення різноманітних сільськогосподарських вантажів, що підвищує її універсальність та ефективність використання в аграрному виробництві [4].



1 – надставний борт; 2 – бічний борт; 3 – розкидач; 4 – задні ліхтарі та покажчики повороту; 5 – балансірний візок; 6 – рама; 7 – трансмісія; 8 – передній надставний борт

Рисунок 1.4 – Розкидач органічних добрив ПРТ-16

Ця машина є тривісним причепом з двосекційним кузовом з подаючим та розкидаючим пристроєм. Передня (самоскидна) секція кузова піднімається гідروциліндрами при розвантаженні основної секції на 20...25%. Складається з шасі, приводного механізму, транспортера, нижнього та верхнього барабанів, заднього та переднього кузовів.

Агрегатується з колісними тракторами К-700. Вантажопідйомність 16 т. Робоча ширина розподілу добрив 4,0-12,0 м. Доза внесення 20; 40; 60 т/га.

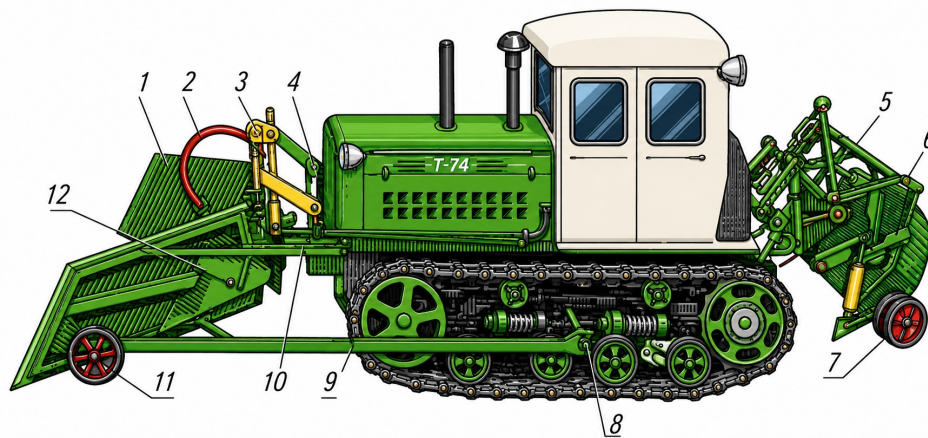
Начіпний розкидач органічних добрив РУН-15А (рис. 1.5) призначений для поверхневого внесення органічних добрив та органо-мінеральних сумішей, попередньо доставлених на поле самоскидними транспортними засобами та розміщених у вигляді куп за визначеною схемою [4].

До основних складових машини належать валкоутворювач, механізм переднього начіплювання та розкидальний механізм.

Валкоутворювач призначений для формування суцільного валка з окремих куп добрив під час руху агрегату. Його конструкція включає боковини 1, раму 12, опорні котки 11, проштовхувач 2 із силовим гідроциліндром 3 та перемикачем потоку робочої рідини, а також прохідне вікно із заслінками. До трактора валкоутворювач приєднується за допомогою двох штанг 9 і двох тяг 10. Штанги шарнірно з'єднані з валкоутворювачем і поперечним брусом 8, жорстко закріпленим на лонжеронах рами трактора. Тяги 10 також мають шарнірне кріплення та з'єднують валкоутворювач із рамою механізму переднього начіплювання 4, яка нерухомо закріплена на рамі трактора.

Механізм переднього начіплювання 4 складається з рами, важеля піднімання та гідроциліндра. Його основне призначення полягає у переведенні валкоутворювача з робочого положення у транспортне та навпаки.

Розкидальний механізм за допомогою кронштейнів кріпиться до задньої навісної системи трактора. До його складу входять несуча рама, два чотирилопатеві металіники 6, опорні котки 7 та привідний механізм металіників. Така конструкція забезпечує ефективне захоплення сформованого валка добрив і їх рівномірне розподілення по поверхні поля.



1 – боковина; 2 – проштовхувач ; 3 – силові гідроциліндри; 4 – передня навішування;
 5 – задня навішування; 6 – чотирилопатеві метальники; 7, 11 – опорні котки; 8 – поперечний брус; 9 – штанга; 10 – тяга; 12 – рама

Рисунок 1.5 – Розкидач органічних добрив РУН 15А

Під час роботи агрегату валкоутворювач захоплює купи добрив і переміщує їх у напрямку руху машини. Частина добрив проходить через дозувальне вікно, внаслідок чого формується безперервний валок. Для забезпечення якісного формування валка при внесенні вологих, соломистих або недостатньо подрібнених органічних добрив використовується проштовхувач, який приводиться в дію від гідросистеми трактора. Під час подальшого руху агрегату передня частина корпусу розкидального механізму захоплює сформований валок і спрямовує масу добрив до робочої зони розкидачів. Розкидачі підхоплюють добрива і рівномірно розподіляють їх по поверхні поля в обидва боки від напрямку руху агрегату.

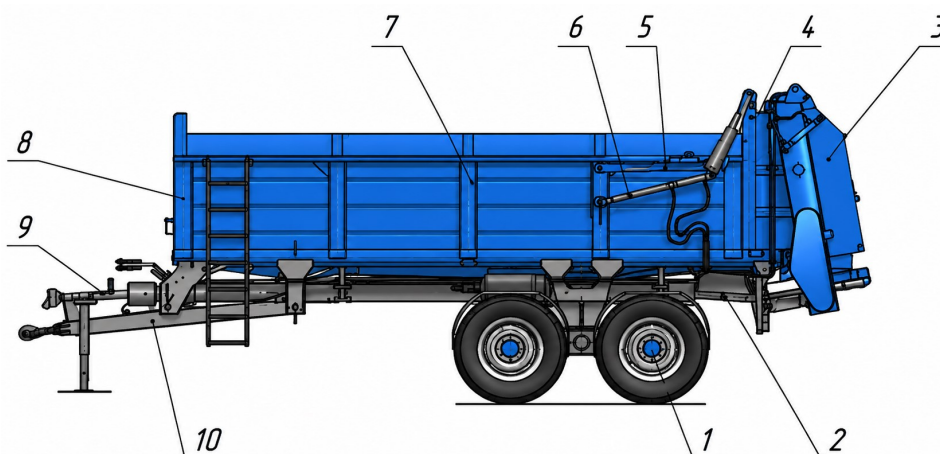
Зазначена технологія ефективно застосовується за умови формування куп добрив масою до 3 т. Якщо маса куп перевищує це значення, попередньо формують суцільні валки, після чого здійснюють розкидання добрив. Також можливе одночасне виконання цих операцій шляхом розділення великих куп на дві частини під час двох проходів агрегату.

Регулювання норми внесення добрив здійснюється зміною площі прохідного перерізу дозувального вікна. Для цього використовуються дві горизонтальні та дві вертикальні заслінки. Вертикальні заслінки забезпечують

зміну висоти прохідного вікна в межах від 0 до 40 см, тоді як горизонтальні дозволяють регулювати його ширину від 28 до 70 см.

Розкидач РУН-15А забезпечує внесення органічних добрив у нормі від 20 до 60 т/га. Для роботи агрегують його з тракторами тягового класу 30 кН, що забезпечує необхідні тягові та енергетичні характеристики для ефективного виконання технологічного процесу.

Машина МТУ-15 (рис. 1.6) є універсальним розкидачем органічних добрив, який використовується для транспортування та рівномірного поверхневого внесення твердих органічних добрив. Крім виконання основної технологічної операції, конструкція машини дозволяє застосовувати її для перевезення різних видів сільськогосподарських вантажів, що підвищує ефективність використання техніки в аграрному виробництві [26].



1 – візок балансірний; 2 – передача карданна; 3 – розкидач; 4 – борт задній; 5 – важіль;
6 – гідроциліндр; 7 – кузов; 8 – сходи; 9 – карданна передача; 10 – дишло

Рисунок 1.6 – Машина для внесення твердих органічних добрив МТУ – 15

Машина має міцні борти, герметичний захист підшипників пристрою, що розкидає. Підвіска ходової системи – посилена балансірна. Низький питомий тиск ходової системи забезпечує надійну роботу машини на перезволожених ґрунтах. Машини мають гарне зчеплення з ґрунтом, плавним ходом.

Машина може бути як із двома горизонтальними подрібнюючими барабанами, так і з вертикальними роторами.

Машина може агрегуватися із тракторами класу 3,0.

1.3. Агротехнічні вимоги до внесення твердих органічних добрив

Норму внесення добрив встановлюють залежно від потреби та вмісту у ґрунті поживних речовин для культури, що вирощується. Середнє відхилення дози внесення від заданої на ділянках площі, що заміряються, не повинно перевищувати $\pm 5\%$ за масою. Нерівномірність розподілу добрив за шириною розкидання має бути в межах $\pm 25\%$, а, по довжині робочого ходу – $\pm 10\%$. [8]

У таблиці 3.1 подано агротехнічні вимоги до машин для внесення ТОД.

Таблиця 3.1 – Агротехнічні вимоги до машин для внесення ТОД

Назва показника	Значення показника
Нерівномірність розподілу добрив по довжині проходу та ширині захвату, %	25
Нестійкість дози внесення по довжині проходу агрегату, %	10
Доза внесення, т/га	10...80
Відхилення фактичної дози від встановленої (задається), %	± 5
Маса грудок добрив, розподілених по полю, кг	до 0,2 (не менше 70% від усіх розподілених добрив)
Робоча швидкість руху агрегату, км/год	7...12
Робоча ширина захвату, м	5...10
Тиск ходової системи на ґрунт, кПа	до 150

Глибина загортання добрив (при оранні, боронуванні та дискуванні) залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони. Добрива потрібно повністю закладати в ґрунт. Час між розкиданням добрив та їх закладенням має бути мінімальним. Органічні добрива вносять за допомогою причепів-розкидачів ПРТ-10, ПРТ-16 та інших, а також розкидачів РПМ-4. Агрегуються з тракторами класу тяги 3 та 5 при робочій швидкості 10...12 км/год.

Для поверхневого внесення гною, торфу, компостів та органомінеральних сумішей застосовують головним чином тракторні причепи-розкидачі.

Підготовка агрегату включає: підготовку трактора і зчипки, підготовку машин та їх регулювання, складання агрегату та його переведення в транспортне положення.

Підготовка поля для внесення добрив охоплює такі операції: відбиття поворотних смуг (контрольних ліній для включення органів машин), розбиття поля на загони, провішування лінії першого проходу агрегату.

Вибір способу руху агрегатів залежить від розмірів полів та технічних характеристик машин. Основний спосіб руху при внесенні добрив – човниковий. На полях з малою довжиною гону (до 250 м) і під час роботи з широкозахватними агрегатами рекомендується рух «перекриттям». При цьому способі, порівняно з човниковим, скорочується необхідна ширина поворотної смуги. Схема розмітки поля цього способу показано малюнку внизу.

Розташування зон заправки обумовлено довжиною робочого ходу агрегату між заправками. Якщо довжина робочого ходу між заправками (шлях розкидання) значно більша за довжину гону, зони заправки потрібно розташовувати на одній з поворотних смуг. При довгих гонах і високих нормах внесення добрив зони заправки слід організувати з двох сторін поля (на поворотних смугах).

Місця укладання буртів та схеми роботи розкидачів вибирають на основі даних внутрішньогосподарського землеустрою або огляду полів. Рекомендуються такі розміри буртів: ширина 3,5...4 м, висота 1,5...2 м.

При виборі способів руху враховують прийняту технологічну схему організації роботи, встановлену норму внесення добрив та наявність навантажувачів.

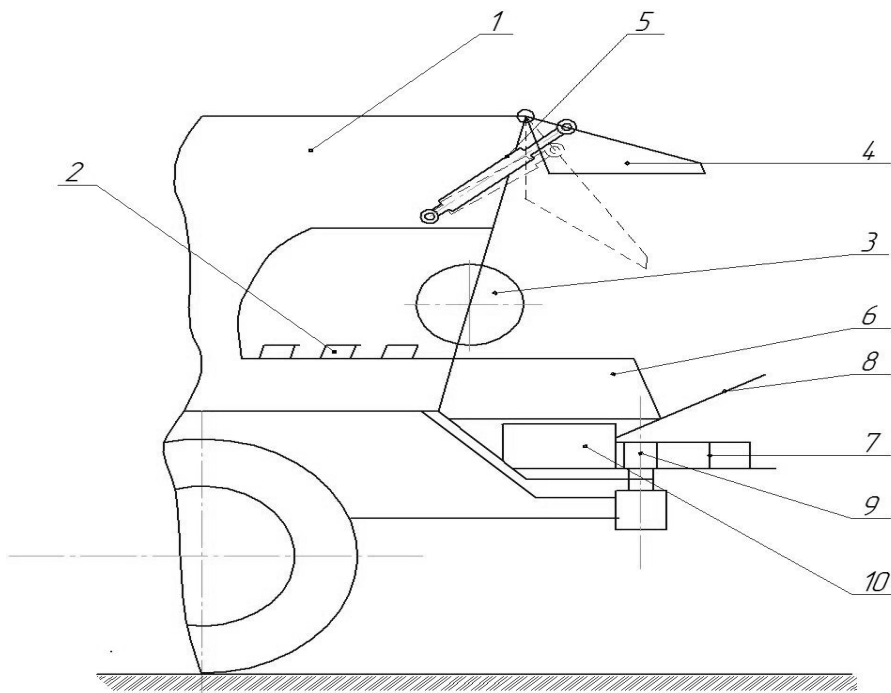
Перед початком роботи розкидач слід перевірити та відрегулювати на норму висіву та рівномірність розкидання.

Після закінчення обробки всього поля обробляють поворотні смуги, застосовуючи той самий спосіб руху, що і на основному полі.

Основні показники оцінки якості – рівномірність внесення добрив, відсутність огріхів та якість обробки поворотних смуг, які визначаються шляхом огляду ділянки по діагоналі. Більш точно ступінь нерівномірності можна визначити як середнє відхилення дози внесення добрив від необхідної за нормою облікової зони розміром 0,25 м².

1.4. Обґрунтування технологічної схеми удосконаленого розкидача твердих органічних добрив

Машина для внесення добрив з удосконаленими робочими органами працює в такий спосіб (рис. 1.7). Транспортер 2 переміщає добрива, що знаходяться в кузові до подрібнюючого барабана 3, який обертається назустріч потоку добрив. Подрібнювальний барабан 3 подрібнює і подає добрива на направляючий кожух 4.



- 1 – кузов; 2 – транспортер; 3 – подрібнюючий барабан; 4 – напрямний кожух;
5 – гідроциліндр; 6 – роздільник потоку; 7 – ланцюгово-планчастий транспортер;
8 – похила плита; 9 – притискний ролик; 10 – короб

Рисунок 1.7 – Схема робочих органів удосконаленої машини для розкидання твердих органічних добрив

При контакті з направляючим кожухом 4 органічні добрива змінюють свій напрямок і під власною вагою падають на похилу плиту 8, скочуються з неї і потрапляють у короб 10, де захоплюються і транспортуються планками ланцюгово-планчастого транспортера в крайні зони, звідки здійснюється розкидання добрив. Тут ланцюгово-планчастий транспортер 7 виконує функцію

розкидача, тобто органічні добрива розганяються і набувають запасу кінетичної енергії, достатньої для сходження з планок, внаслідок чого відбувається їх розподіл по поверхні поля. Загальний вигляд виконання технологічного процесу показано на рис. 1.8.

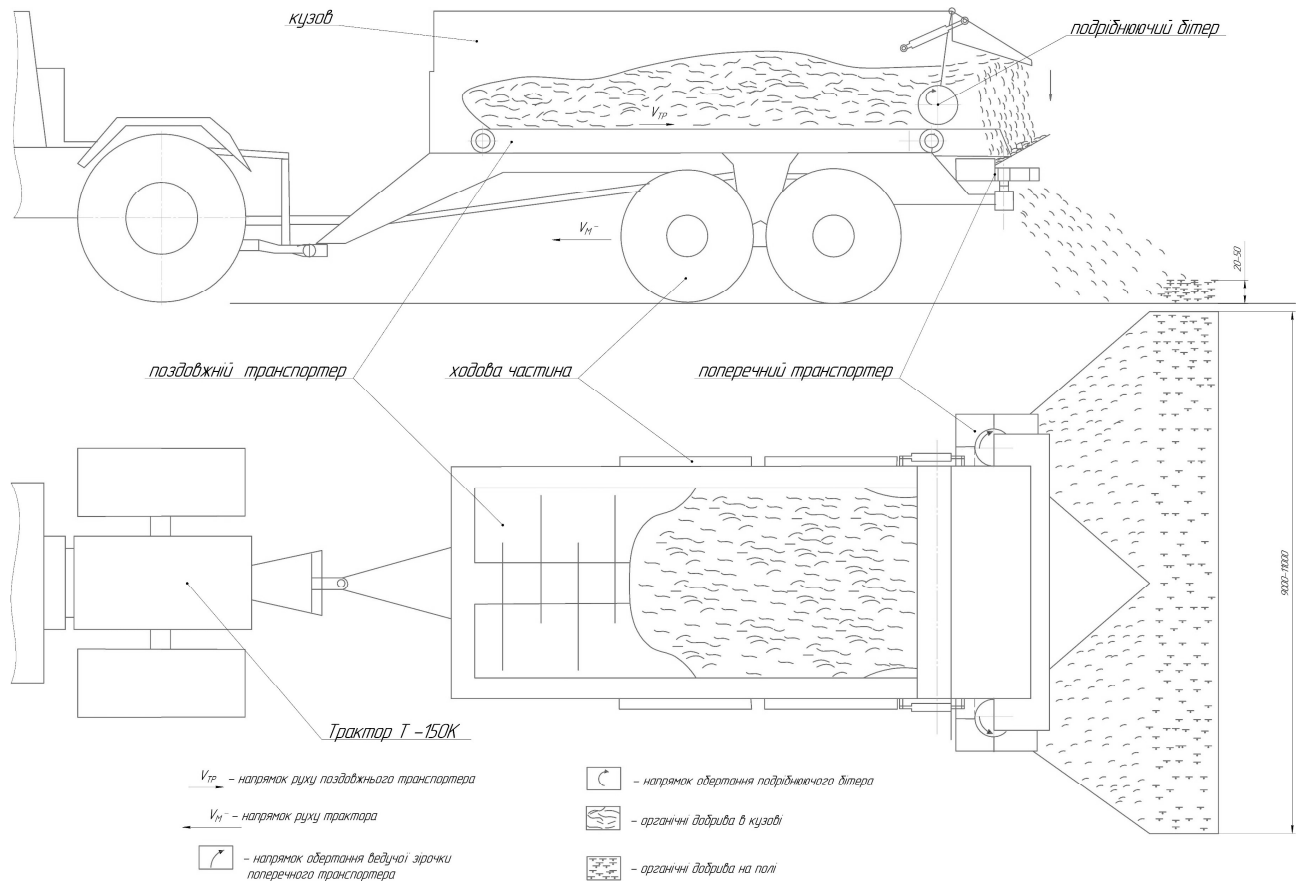


Рисунок 1.8 – Схема технологічного процесу розкидання твердих добрив

Переваги запропонованої конструкції апарату: збільшення робочої ширини захоплення, зменшення енергетичних витрат та зниження нерівномірності розподілу добрив. Завдяки встановленню захисного кожуха підвищується надійність роботи приводного механізму розподільчих органів, т.к. виключається можливість потрапляння сторонніх тіл до нього.

Установка притискних роликів дозволяє притискати ланцюгово-планчастий транспортер до приводної зірочки, і внаслідок цього відбувається збільшення сектора розсівання добрив.

Розташування в коробі двох ланцюгово-планчастих транспортерів дозволяє підвищити рівномірність розподілу органічних добрив.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування складу МТА та режиму роботи

Обґрунтування складу МТА для виконання операції внесення твердих органічних добрив здійснюють у такому порядку [17]:

- а) приймаємо склад МТА: трактор Т-150К та сільгоспмашину ПРТ – 10М;
- б) визначаємо діапазон швидкостей, на яких доцільно виконання обраної операції з агротехнічних вимог; $V_P = 8-10$ км/год.
- в) визначаємо агрофон поля – стерня, кут схилу поля 5° ;
- г) визначаємо вагу трактора $G = 80$ кН із каталогу сільськогосподарської техніки [17] ;
- д) за тяговою характеристикою трактора вибираємо всі передачі, що відповідають діапазону швидкостей;
- е) для кожної передачі виписуємо робочу швидкість V_P , номінальну силу тяги на гаку $P_{Г.Н}$ і годинні витрати палива $G_{Т.Н}$. Результати подано у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Тягові показники трактора Т - 150К

Агрофон	Стерня зернових		
	Передача		
Параметр	П _р 2	П _р 3	П _р 4
$P_{Г.Н.}, \text{кН}$	41,6	35,8	31,4
$V_P, \text{км/ГОД}$	7,0	8,4	10
$G_{Т.Н}, \text{кг/ГОД}$	29,7	29,8	29,3

Визначаємо тяговий опір робочих органів :

$$R_m = K \cdot b_M \text{ кН}, \quad (2.1)$$

де K - питомий опір машини (опір 1 м ширини захвату машини), кН/м;

b_M - ширина захвату машини, м.

$$R_M = K \cdot b_M = 0,9 \cdot 10 = 9 \text{ кН.}$$

Визначаємо тягове зусилля $R_{BВП}^i$, яке міг би додатково розвинути трактор за рахунок потужності, що витрачається через ВВП для кожної обраної передачі:

$$R_{BВП}^i = \frac{3,6 \cdot N_{BВП} \cdot k_m}{V_p \cdot h_{BВП}} \text{ кН,} \quad (2.2)$$

де k_m – коефіцієнт корисної дії трансмісії машини, $k_m = 0,9 - 0,92$;

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год;

$h_{BВП}$ – коефіцієнт корисної дії приводу механізму ВВП, $h_{BВП} = 0,85 - 0,90$.

$$R_{BВП}^{II_p 2} = \frac{3,6 \cdot N_{BВП} \cdot k_m}{V_p \cdot h_{BВП}} = \frac{3,6 \cdot 29,8 \cdot 0,9}{7 \cdot 0,85} = 16,22 \text{ кН.}$$

$$R_{BВП}^{II_p 2} = \frac{3,6 \cdot N_{BВП} \cdot k_m}{V_p \cdot h_{BВП}} = \frac{3,6 \cdot 29,8 \cdot 0,9}{8,4 \cdot 0,85} = 13,52 \text{ кН.}$$

$$R_{BВП}^{II_p 2} = \frac{3,6 \cdot N_{BВП} \cdot k_m}{V_p \cdot h_{BВП}} = \frac{3,6 \cdot 29,8 \cdot 0,9}{10 \cdot 0,85} = 11,35 \text{ кН.}$$

Визначаємо наведений тяговий опір $R_{ПП}^i$ для кожної передачі :

$$R_{ПП}^i = R_M \cdot R_{BВП}^i \text{ кН,} \quad (2.3)$$

$$R_{ПП}^{II_p 2} = 9 + 16,22 = 25,22 \text{ кН;}$$

$$R_{ПП}^{II_p 3} = 9 + 13,52 = 22,52 \text{ кН;}$$

$$R_{ПП}^{II_p 4} = 9 + 11,35 = 20,35 \text{ кН.}$$

Визначаємо необхідне мінімальне зусилля трактора з урахуванням впливу схилу $P_{Г}^i$ кожної передачі :

$$P_{Г}^i = P_{Г.Н} - G \sin \alpha \text{ кН;} \quad (2.4)$$

де α – кут нахилу оброблюваної поверхні;

$$P_{\Gamma}^{II_p^2} = 41,6 - 80 \sin 5 = 34,62 \text{ кН};$$

$$P_{\Gamma}^{II_p^3} = 35,8 - 80 \sin 5 = 28,82 \text{ кН};$$

$$P_{\Gamma}^{II_p^4} = 31,4 - 80 \sin 5 = 24,42 \text{ кН}.$$

Розрахуємо коефіцієнт тягового зусилля трактора:

$$\xi = \frac{R_{ПП}^i}{P_{\Gamma}^i}; \quad (2.5)$$

$$\xi_1 = \frac{R_{ПП}^{II_p^2}}{P_{\Gamma}^{II_p^2}} = \frac{25,22}{34,62} = 0,728;$$

$$\xi_2 = \frac{R_{ПП}^{II_p^3}}{P_{\Gamma}^{II_p^3}} = \frac{22,52}{28,82} = 0,782;$$

$$\xi_3 = \frac{R_{ПП}^{II_p^4}}{P_{\Gamma}^{II_p^4}} = \frac{20,32}{24,42} = 0,84.$$

Приймаємо режим роботи трактора – 2 діапазон, 4 передача та один розкидач твердих органічних добрив у складі агрегату.

2.2. Розрахунок кінематичної характеристики агрегату та ділянки поля

Розрахунок кінематичної характеристики МТА та ділянки поля проводимо у наступній послідовності [15].

Визначаємо спосіб руху агрегату за рекомендаціями та створюємо схему руху МТА обраним способом. Для агрегату Т-150К+ПРТ – 10М приймаємо човниковий спосіб руху (рис. 2.1).

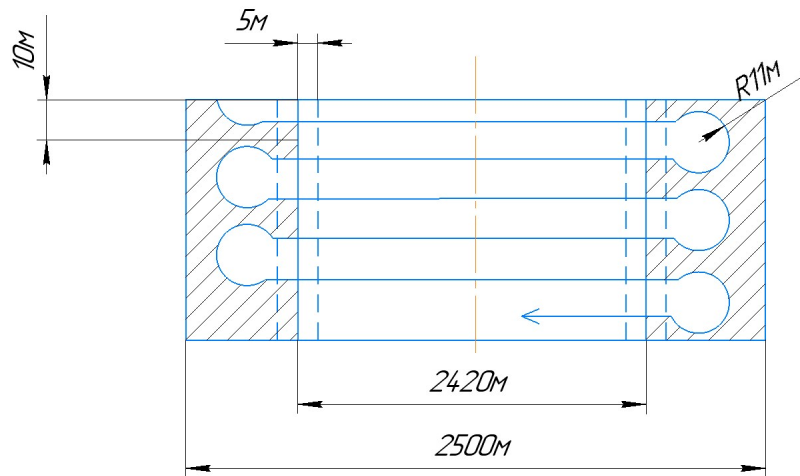


Рисунок 2.1 – Схема руху агрегату

Визначаємо кінематичні параметри агрегату:

а) кінематичну довжину агрегату:

$$L_{MTA} = L_T + L_M, \quad (2.6)$$

де L_T , L_M – значення кінематичної довжини трактора та машини, відповідно;

$$L_{MTA} = 2,9 + 7,1 = 10 \text{ м}.$$

б) довжина вільного виїзду агрегату для причіпної машини:

$$e = 0,5 \cdot L_{MTA}, \quad (2.7)$$

$$e = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ м}.$$

в) найменший можливий радіус повороту, R (м) [15]:

$$R_O = 1,1 \cdot B_p, \quad (2.8)$$

$$R_O = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ м}.$$

B_p – робоча ширина захоплення машини, м.

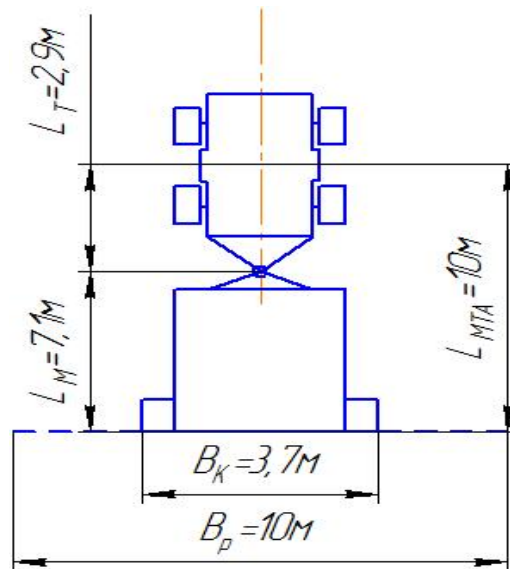


Рисунок 2.2 – Основні кінематичні характеристики агрегату

Розраховуємо кінематичні параметри робочої ділянки:

- а) розрахункова ширина поворотної смуги для безпетлевих поворотів визначається за формулою:

$$E_p = 3R + e, \quad (2.9)$$

$$E_p = 3 \cdot 11 + 5 = 38 \text{ м.}$$

- б) прийнята ширина поворотної смуги повинна бути кратна ширині захвату

$$E = B_p \cdot n, \quad (2.10)$$

звідки $n = E_p / B_p$ з округленням до цілого числа;

$$n = 38 / 10 = 3,8 \approx 4.$$

$$E = 10 \cdot 4 = 40 \text{ м.}$$

- в) визначаємо робочу довжину гону за відомої довжини гону $L = 2500$ м.

Для безпетлевих поворотів

$$L_p = 2500 - 2 \cdot 40 = 2420 \text{ м.}$$

Ширина загону C_p для раніше вибраного способу руху:

$$n_p = \frac{C_p}{B_p}. \quad (2.11)$$

Число холостих поворотів n_x орієнтовно приймається рівним числу робочих ходів

$$n_x = n_p .$$

Визначаємо довжину повороту для кожного способу руху агрегату, м

$$L_x = 6 \cdot R_o + 2 \cdot e , \quad (2.12)$$

$$L_x = 6 \cdot 11 + 2 \cdot 5 = 76 \text{ м.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання робочих ходів

$$\phi_{PX} = \frac{S_P}{S_P + S_X} , \quad (2.13)$$

де S_P, S_X - довжина робочих і холостих ходів агрегату.

$$S_P = L_P \cdot n_P ; \quad (2.14)$$

$$S_X = L_X \cdot n_X , \quad (2.15)$$

де L_P, L_X - середня робоча довжина гону та середня довжина холостого переїзду на повороті.

$$S_P = 2420 \cdot 4 = 9680 \text{ м;}$$

$$S_X = 76 \cdot 4 = 304 \text{ м.}$$

$$\phi_{PX} = \frac{9680}{9680 + 304} = 0,97 .$$

2.3. Розрахунок продуктивності машино-тракторного агрегату

Розрахунок продуктивності МТА проводимо у такому порядку.

Розраховуємо коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau = T_p / T_{CM} , \quad (2.16)$$

де T_{CM} – час зміни, год;

T_p – час роботи технологічного агрегату за зміну, год;

$$T_p = \frac{T_{CM} - (T_{обсл} + T_{н.з.} + T_{л.н.})}{1 + K_{всп}}, \quad (2.17)$$

де $T_{обсл}$ – час організаційно-технічного обслуговування агрегату в межах заїнки, що охоплює витрати часу на підготовчі та допоміжні операції, зокрема очищення робочих органів, контроль якості виконання робіт, регулювання технологічних параметрів, технічне обслуговування машини та поповнення запасу добрив у розкидачі;

$$T_{обсл} = T_{см} \cdot t_0, \quad (2.18)$$

де t_0 – тривалість зупинок за 1 годину зміни [15];

$$T_{обсл} = 7 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ год}$$

$T_{н.з.}$ – підготовчо-заключний час (0,14...0,3 год), приймаємо $T_{н.з.} = 0,25$ год;

$T_{лн}$ – час на особисті потреби та відпочинок тракториста;

$$T_{лн} = (0,03...0,05)T_{см}, \quad (2.19)$$

$$T_{лн} = 0,05 \cdot 7 = 0,35 \text{ ч}$$

$K_{всп}$ – коефіцієнт допоміжної роботи;

$$K_n = (T_{нн} + \frac{L_n}{V_{тр}}) \cdot (W_q / F_{CP}), \quad (2.20)$$

де L_p – відстань одного переїзду, км;

F_{CP} – середня площа поля, га;

$V_{тр}$ – транспортна швидкість МТА (15...20 км/год);

W_q – чиста годинна продуктивність МТА, га/год;

$$K_{всп} = K_{нов} + K_n, \quad (2.21)$$

де $K_{нов}$ – коефіцієнт холостих поворотів і заїздів у заїнці приймаємо рівним нулю;

K_n – коефіцієнт внутрішньозмінних переїздів з поля на поле;

де $t_{нов}$ – час одного повороту в секунду, год

$$t_{нов} = \frac{L_x}{V_x}, \quad (2.22)$$

де V_x – швидкість агрегату на холостих поворотах, $V_x = 10 \dots 12$ км / год.

$$W_u = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p = 0,1 \cdot 10 \cdot 10 = 10 \text{ га/год}; \quad (2.23)$$

$$K_n = (0,05 + \frac{1,5}{20}) \cdot (10 / 500) = 0,145 ;$$

$$T_p = \frac{7 - (0,7 + 0,25 + 0,35)}{1 + 0,145} = 4,97 \text{ год.}$$

Розраховуємо змінну продуктивність:

$$W_{CM} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{CM} \cdot \tau, \quad (2.24)$$

$$\tau = 4,97 / 7 = 0,71$$

$$W_{CM} = 0,1 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 0,71 = 49,7 \text{ га/зм.}$$

Визначаємо витрату палива на одиницю роботи:

$$g_e = \frac{G_T T_p + G_x T_x + G_0 T_0}{W_{CM}}, \quad (2.25)$$

де G_T – годинна витрата палива на основній роботі; $G_T = 30$ кг/год;

G_x – годинна витрата палива на холостих поворотах, заїздах та переїздах,

$G_x = 19$ кг/год;

G_0 – годинна витрата палива на зупинках, кг/год, $G_0 = 3,1$;

T_x, T_0 – час холостих поворотів, переїздів та технологічних зупинок, год;

$$T_0 = T_x = \frac{T_{CM} - T_p}{2} = \frac{7 - 4,97}{2} = 1,015 \text{ год};$$

$$g_e = \frac{30 \cdot 5,65 + 19 \cdot 1,015 + 3,1 \cdot 1,015}{49,7} = 3,86 \text{ кг/га.}$$

При роботі агрегату Т-150К + ПРТ – 10М на 2 діапазоні 4 передачі, змінна продуктивність становитиме $W_{3M} = 49,7$ га/зм, а питома витрата палива складатиме $g_e = 3,86$ кг/га.

На основі проведених розрахунків створено операційно-технологічну карту виконання технологічного процесу внесення твердих органічних добрив (див. додаток А).

3. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок режиму роботи транспортерного апарату

Кількість Q_C^I (кг/с) органічних добрив, що подаються транспортером за одиницю часу, визначають за такою формулою [17]:

$$Q_C^I = \gamma \cdot v_{TP} \cdot b_{TP} \cdot h, \quad (3.1)$$

де: γ – об’ємна маса добрив, т/м³;

v_{TP} – швидкість транспортера, м/с;

b_{TP} – ширина транспортера, м;

h – приведена товщина шару добрив, що подаються транспортером, м.

З іншого боку, подачу Q_C^I можна підрахувати за такою формулою:

$$Q_C^I = 10^{-4} \cdot Q \cdot b_P \cdot v_M, \quad (3.2)$$

де: Q – норма внесення добрив, кг/га;

b_P – ширина їхнього розкидання, м;

v_M – швидкість руху машини, м/с.

Прирівнявши праві частини наведених формул і вирішивши рівняння щодо v_{TP} отримаємо формулу:

$$v_{TP} = \frac{Q \cdot b_P \cdot v_M}{10^4 \cdot \gamma \cdot b_{TP} \cdot h}. \quad (3.3)$$

Формула дозволяє визначити необхідну швидкість транспортера в залежності від швидкості руху машини v_M , норми внесення добрив Q та товщини h шару добрив у кузові.

Визначаємо швидкість транспортера:

Норма внесення добрив $Q = 60$ т/га.

Швидкість машини $v_M = 7,2$ км/ч.

$$v_M = \frac{7,2 \cdot 1000}{3600} = 2 \text{ м/с}.$$

Робоча ширина захвату $b_p = 5$ м.

Ширина шару, що подається $b_{TP} = 0,2$ м.

Висота шару $h = 0,23$ м.

Об'ємна маса добрив $\gamma = 0,7$ т/га.

$$v_{TP} = \frac{60 \cdot 5 \cdot 2}{10^4 \cdot 0,7 \cdot 0,2 \cdot 0,23} = 1,85 \text{ м/с}.$$

3.2. Розрахунок апарату для розкидання органічних добрив

Приймаємо важкий режим роботи апарату, при якому коефіцієнт навантаженості $K_H = 1,3$ [21].

Умови експлуатації: час роботи – безперервна робота цілодобово; на відкритому повітрі із безпосереднім впливом атмосферних умов у період всього року; вологість повітря понад 80%; температура навколишнього повітря $+5 \dots +40$ °С.

Фізико-механічні властивості гною напівперепрілого: насипна щільність $\rho = 0,70 \dots 0,80$ т/м³.

Попередньо приймаємо швидкість транспортування $v' = 1,85$ м/с.

З умови забезпечення заданої продуктивності визначаємо розміри шкребка

$$Q = 3600 \cdot b_{ск} \cdot h_{ск} \cdot \psi \cdot v \cdot \rho \cdot C_{\beta}. \quad (3.3)$$

Визначаємо розрахункову ширину шкребка $b_{ск}$, м

$$b_{ск} = \sqrt{\frac{k \cdot Q}{3600 \cdot v' \cdot \rho \cdot \psi \cdot C_{\beta}}}, \quad (3.4)$$

де ρ – насипна щільність гною напівперепрілого, т/м³;

v' – орієнтовна швидкість транспортування, м/с;

Q – продуктивність конвеєра, т/год;

C_{β} – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу конвеєра на продуктивність, при куті $\beta = 0^\circ$, $C_{\beta} = 1$;

ψ – узагальнений коефіцієнт заповнення жолоба, для поганосипких та шматкових вантажів $\psi = 0,7$;

k – коефіцієнт співвідношення ширини та висоти шкребка, для поганосипких вантажів $k = 1,7 \dots 6,0$.

$$b'_{ск} = \sqrt{\frac{k \cdot Q}{3600 \cdot v' \cdot \rho \cdot \psi \cdot C_{\beta}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 43,2}{3600 \cdot 1,85 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1}} = 0,162 \text{ м} \quad (3.5)$$

Згідно ГОСТ 23939-79 приймаємо $b_{ск} = 200$ мм.

Як робочий орган приймаємо високий шкребок прямокутної форми для порційного волочіння.

Визначаємо розрахункову висоту шкребка $h_{ск}$, м

$$h_{ск} = \frac{b'_{ск}}{k} = \frac{0,200}{2} = 0,100 \text{ м}$$

Згідно ГОСТ 23939-79 приймаємо $h_{ск} = 100$ мм.

Розміри робочого перерізу короба приймаємо відповідно для шкребка згідно ГОСТ 23939-79: ширина $B_{жс} = 110$ мм, висота $H_{жс} = 210$ мм.

Уточнюємо швидкість тягового елемента v , м/с

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot b_{ск} \cdot h_{ск} \cdot \psi \cdot \rho \cdot C_{\beta}} = \frac{43,2}{3600 \cdot 0,20 \cdot 0,1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1} = 1,22 \text{ м/с}. \quad (3.6)$$

Приймаємо крок встановлення шкребків $t_{ск}$, мм

$$t_{ск} = (2...4) \cdot h_{ск} = (2...4) \cdot 100 = 200...400 \text{ мм.}$$

Як тяговий орган приймаємо ланцюг транспортерний роликів довголанковий типу ТРД згідно ГОСТ 4267-78.

Визначаємо лінійну щільність вантажу q , кг/м

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{43,2}{3,6 \cdot 1,22} = 9,83 \text{ кг/м.}$$

Визначаємо лінійну щільність тягового органу шкребка q_0 , кг/м

$$q_0 = k_0 \cdot q = 0,6 \cdot 9,83 = 5,898 \text{ кг/м} \quad (3.7)$$

де k_0 – емпіричний коефіцієнт для дволанцюгового конвеєра $k_0 = 0,5...0,6$.

3.3. Кінематично-силовий розрахунок шкребкового транспортера

Розбиваємо контур тягового органу за напрямом руху на ділянки (рис. 3.1), починаючи з точки 1-точка сходження ланцюга з приводної зірочки. Тяговий розрахунок методом обходу по контуру починаємо з точки мінімального натягу ланцюга $F_{\min} = 500...3000 \text{ Н}$. Залежно від довжини та продуктивності конвеєра $F_{\min} = 500 \text{ Н}$.

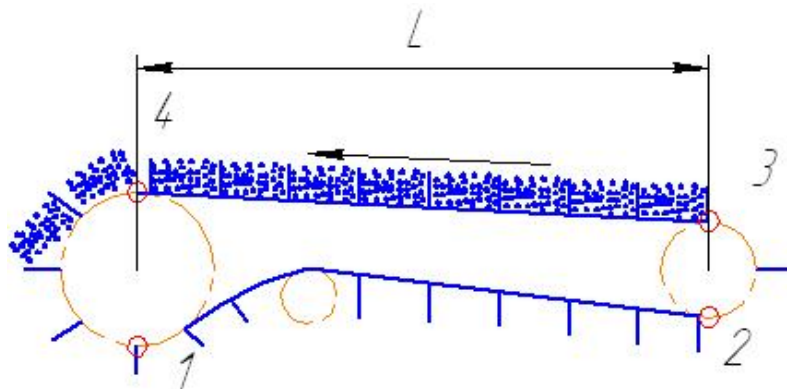


Рисунок 3.1 – Схема визначення натягу в характерних точках траси шкребкового конвеєра

Мінімальне зусилля натягу буде у точці 1, тобто.

$$F_1 = F_{\min} = 500 \text{ Н.}$$

Визначаємо зусилля натягу тягового органу методом обходу по контуру за формулами

Перша точка:

$$F_1 = F_{\min} = 500 \text{ Н.}$$

Друга точка:

$$F_2 = F_1 + (g \cdot q_0 \cdot \omega_0 \cdot L_r), \text{ Н}; \quad (3.8)$$

де $g = 9,81$ – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

ω_0 – коефіцієнт опору руху опорних елементів тягового ланцюга;

L_r – довжина горизонтального переміщення вантажу.

$$F_2 = 500 + 9,81 \cdot 5,848 \cdot 0,3 \cdot 1 = 517 \text{ Н.}$$

Третя точка:

$$F_3 = \kappa \cdot F_2, \text{ Н}; \quad (3.9)$$

де κ – коефіцієнт опору руху на натяжній і відхиляє зірочки в шарнірах ланцюга при їх згинанні та втрати в підшипниках опор.

$$F_3 = 1,08 \cdot 2017 = 558,36 \text{ н.}$$

Четверта точка:

$$F_4 = F_{\text{нб}} = F_3 + g(\omega_{\text{жс}} \cdot q + q_0 \cdot \omega_0) \cdot L_r, \text{ Н}; \quad (3.10)$$

де $\omega_{\text{жс}}$ – коефіцієнт опору руху вантажу за жолобом.

$$\omega_{\text{жс}} = f_{\text{д}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{д}} \cdot h}{B_{\text{жс}}} \right) \quad (3.11)$$

де $f_{\text{д}}$ – коефіцієнт тертя руху;

h – усереднена висота шару вантажу в жолобі, мм;

$k_{\text{д}}$ – коефіцієнт бічного тиску;

$B_{\text{жс}}$ – ширина ринви, мм.

Усереднена висота шару вантажу в жолобі h , мм;

$$h = H_{\text{жс}} \cdot \psi \cdot C_{\beta}, \text{ мм};$$

де $H_{\text{жс}}$ – висота жолоба, мм.

Коефіцієнт бічного тиску k_{σ} :

$$k_{\sigma} = \frac{k_c \cdot (1,2 + \nu)}{1 + 2 \cdot f_{\sigma}^2} \quad (3.12)$$

де $k_c = 1$ – емпіричний коефіцієнт для стаціонарних конвеєрів;

ν – швидкість ланцюга при $\nu > 1$ м/с приймаємо $\nu = 1$ м/с.

$$h = 210 \cdot 0,7 \cdot 1 = 147, \text{ мм};$$

$$k_{\sigma} = \frac{1 \cdot (1,2 + 1,22)}{1 + 1,28} = 0,9;$$

$$\omega_{\text{жс}} = \left(1 + \frac{147 \cdot 0,9}{110} \right) = 2,2;$$

$$F_4 = 558,36 + 9,81 \cdot (2,22 \cdot 9,83 + 5,848 \cdot 0,3) \cdot 1 = 907,98 \text{ Н}.$$

Приймаємо ланцюг із кроком $t = 38$ мм і число зубів приводної зірочки $z_0 = 23$.

Визначаємо максимальний натяг тягового елемента F_{max} , Н:

$$F_{\text{max}} = F_{\text{нб}} + F_{\text{дин}}; \quad (3.13)$$

Динамічні зусилля $F_{\text{дин}}$, Н:

$$F_{\text{дин}} = 6 \cdot m_0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \nu}{z_0} \right)^2 \cdot \frac{1}{l} \text{ Н}; \quad (3.14)$$

Маса переміщуваного вантажу і ланцюга, на які поширюється нерівномірність ходу, m_0 :

$$m_0 = (q + 2 \cdot q_0) \cdot L, ; \quad (3.15)$$

$$m_0 = (9,83 + 2 \cdot 5,895) \cdot 1 = 21,62 \text{ кг};$$

$$F_{\text{дин}} = 6 \cdot 21,6 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 1,22}{23} \right)^2 \cdot \frac{1}{0,038} = 296,15 \text{ Н};$$

$$F_{\max} = 907,98 + 296,15 = 1203,23 \text{ Н.}$$

Приймаємо розрахунковий натяг тягового ланцюга для дволанцюгових конвеєрів $F_{\text{розрах}}$, Н

$$F_{\text{розрах}} = F_{\max} = 1203,23 \text{ Н.}$$

Визначаємо розрахункове руйнування зусилля в ланцюзі F_p , Н

$$F_p = F_{\text{розрах}} \cdot S = 1203,23 \cdot 12 = 14436,5 \text{ Н} \quad , \quad (3.17)$$

де S – коефіцієнт запасу міцності при $v = 1,22 \text{ м/с}$ приймаємо $S = 12$.

Приймаємо згідно ГОСТ 4267-78 тяговий роликотий довголанковий ланцюг ТРД-38-40-2-2-6, у якого крок $t = 38 \text{ мм}$, допустиме руйнівне навантаження $[F_p] = 40000 \text{ Н}$, крок чергування ланок з лапками для кріплення шкребків $2t, 4t, 6t, 8t, 10t$.

Приймаємо крок чергування шкребків $t_{\text{ск}}$, мм

$$t_{\text{ск}} = 6 \cdot t = 6 \cdot 38 = 228 \text{ мм}, \quad (3.16)$$

що відповідає раніше прийнятому діапазону $t_{\text{ск}} = 200 \dots 400 \text{ мм}$.

Визначимо діаметр приводної зірочки D_{36} , м

$$D_{36} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_0}} = \frac{0,038}{\sin \frac{180^\circ}{23}} = 0,279 \text{ м.} \quad (3.19)$$

Визначаємо кутову швидкість валу приводної зірочки ω_{36} , с^{-1} :

$$\omega_{36} = \frac{2 \cdot v}{D_{36}} = \frac{2 \cdot 1,22}{0,279} = 8,74 \text{ с}^{-1}. \quad (3.17)$$

Визначаємо тягове зусилля на приводній зірочці F_t , Н:

$$F_t = (F_{\text{нб}} - F_{\text{сб}}) + F_{\text{np}} \text{ Н} \quad (3.18)$$

Опір на приводній зірочці F_{np} , Н:

$$F_{\text{np}} = (F_{\text{нб}} + F_{\text{сб}}) \cdot (K_n - 1) \text{ Н}; \quad (3.19)$$

де $K_n = 1,08$ – коефіцієнт опору обертанню приводної зірочки

$$F_{np} = (F_{нб} + F_{сб}) \cdot (K_n - 1) = (907,23 + 500) \cdot (1,08 - 1) = 32,56 \text{ Н};$$

$$F_t = (F_{нб} - F_{сб}) + F_{np} = (907,23 - 500) + 32,56 = 440,79 \text{ Н}.$$

Визначаємо крутний момент на валу приводної зірочки $T_{зв}$:

$$T_{зв} = F_t \cdot \frac{D_{зв}}{2} = 440,79 \cdot \frac{0,279}{2} = 61,49 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.20)$$

Визначаємо частоту обертання приводної зірочки $n_{зв}$, об/хв:

$$n_{зв} = \frac{30 \cdot \omega_{зв}}{\pi} = \frac{30 \cdot 8,74}{3,14} = 83 \text{ про/хв}. \quad (3.21)$$

Необхідне передатне відношення приводу

$$i_{обц} = \frac{n_{дв}}{n_{зв}}, \quad (3.22)$$

де $n_{дв}$ – частота обертання ВВП трактора, об/хв;

$n_{зв}$ – частота обертання валу приводної зірочки, об/хв;

$$i_{заг} = \frac{1000}{83} = 12,048.$$

Приймаємо орієнтовно конічно-циліндричний редуктор серії КЦ2-500 у якого передавальне число $U_p = 9,56$.

Визначаємо передатне відношення конічного редуктора:

$$i_{к.р.} = \frac{i_{заг}}{U_p}, \quad (3.23)$$

де U_p – передавальне число редуктора.

$$i_{к.р.} = \frac{12,048}{9,56} = 1,25.$$

Приймаємо конічний редуктор К1Ш-125, у якого передавальне число $U_p = 1,25$.

Частота обертання валів приводу, об/хв:

$$n_1 = 1000 \text{ об/хв}; \quad (3.24)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_p} \text{ об/хв}; \quad (3.25)$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_p} \text{ об/хв}; \quad (3.26)$$

де n_1 – частота обертання ВВП трактора;

n_2 – частота обертання вихідного валу конічно-циліндричного редуктора;

n_3 – частота обертання вихідного валу конічного редуктора;

$$n_2 = \frac{n_1}{U_p} = \frac{1000}{9,56} = 104,6 \text{ об/хв};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_p} = \frac{104,6}{1,25} = 83 \text{ об/хв}.$$

Підбір підшипників кочення.

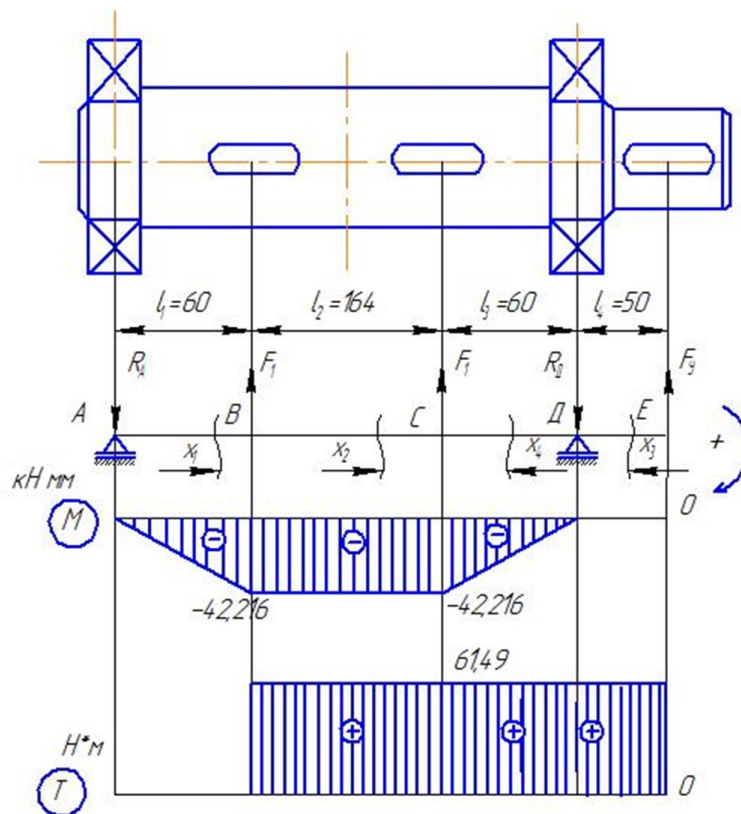


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема валу

$$F_1 = (F_{нб} + F_{сб}) / 2 = (500 + 907,23) / 2 = 703,615 \text{ Н}, \quad (3.27)$$

$$F_y = F_g = 0 \text{ Н}.$$

Визначаємо опорні реакції у вертикальній площині.

$$\sum M_A^e = 0 \quad -F_1 \cdot l_1 - F_1 \cdot (l_1 + l_2) + R_D \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_y \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) = 0, \quad (3.28)$$

$$R_D = \frac{F_1 \cdot l_1 + F_1 \cdot (l_1 + l_2) + F_y \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)}{l_1 + l_2 + l_3} \text{ Н};$$

$$R_D = \frac{703,6 \cdot 60 + 703,6 \cdot (60 + 164) + 0 \cdot (60 + 164 + 60 + 50)}{60 + 164 + 60} = 703,6 \text{ Н.}$$

$$\sum M_D^e = 0 \quad -F_y \cdot l_4 + F_1 \cdot l_3 + F_1 \cdot (l_2 + l_3) - R_A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) = 0, \quad (3.29)$$

$$R_A = \frac{-F_y \cdot l_4 + F_1 \cdot l_3 + F_1 \cdot (l_2 + l_3)}{l_1 + l_2 + l_3} \text{ Н};$$

$$R_A = \frac{-0 + 703,6 \cdot 60 + 703,6 \cdot (60 + 164)}{60 + 164 + 60} = 703,6 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$R_A - F_1 - F_1 + R_D - F_y = 0;$$

$$703,6 - 703,6 - 703,6 + 703,6 - 0 = 0;$$

$$0 = 0.$$

Визначаємо згинальні моменти і будуємо їх епюри :

Ділянка 1 $0 \leq x_1 \leq l_1$;

$$Mx_1 = -R_A \cdot x_1; \quad (3.30)$$

При $x_1 = 0$: $M_A = 0$;

При $x_1 = l_1$: $M_B = -703,6 \cdot 60 = -42,216 \text{ кН} \cdot \text{мм}.$

Ділянка 2 $0 \leq x_2 \leq l_2$;

$$Mx_2 = -R_A \cdot (l_2 + x_2) + F_1 \cdot x_2; \quad (3.31)$$

При $x_2 = 0$: $M_B = -703,6 \cdot (60 + 0) + 703,6 \cdot 0 = -42,216 \text{ кН} \cdot \text{мм} ;$

При $x_2 = l_2$: $M_C = -703,6 \cdot (60 + 164) + 703,6 \cdot 164 = -42,216 \text{ кН} \cdot \text{мм} .$

Ділянка 3 $0 \leq x_3 \leq l_4$;

$$Mx_3 = F_y \cdot x_3; \quad (3.32)$$

При $x_3 = 0$ $M_E = 0 \cdot 0 = 0 \text{кН} \cdot \text{мм}$;

При $x_3 = l_4$ $M_D = 0 \cdot 50 = 0 \text{кН} \cdot \text{мм}$.

Ділянка 4 $0 \leq x_4 \leq l_3$:

$$Mx_4 = F_y \cdot (l_4 + x_4) - R_D \cdot x_4; \quad (3.33)$$

При $x_4 = 0$ $M_D = 0 \cdot (50 + 0) - 703,6 \cdot 0 = 0 \text{кН} \cdot \text{мм}$;

При $x_4 = l_3$ $M_C = 0 \cdot (50 + 60) - 703,6 \cdot 60 = -42,216 \text{кН} \cdot \text{мм}$.

Перевірка підшипників на динамічну вантажопідйомність [21].

Визначаємо необхідну динамічну вантажопідйомність підшипника:

$$C_{тр} = F_{екв} \cdot \sqrt[p]{L}; \quad (3.34)$$

де p – показник ступеня, для шарикопідшипників $p = 3$;

L – необхідна довговічність підшипника, млн об;

$$L = \frac{60 \cdot L_h \cdot n}{10^6}; \quad (3.35)$$

де $L_h = t_{\Sigma} = 5000$ год – довговічність підшипника в годинах;

n – частота обертання валу, $n = 83$ об/хв;

$$L = \frac{60 \times 5000 \times 83}{10^6} = 24,9 \text{млн} \times \text{об}.$$

Визначаємо приведені навантаження.

Очевидно, що опора C є найбільш навантажена.

$$F_{прив} = V \cdot F_{rc} \cdot K_{\sigma} \cdot K_T \text{Н}; \quad (3.36)$$

де V – коефіцієнт обертання. При обертанні внутрішнього кільця $V = 1$;

K_{σ} – коефіцієнт режиму роботи. При спокійному навантаженні без поштовхів $K_{\sigma} = 1,1$;

K_T – коефіцієнт, що враховує вплив температури. При робочій температурі підшипника 125 °С приймаємо $T = 1,05$.

F_r – радіальне навантаження, що діє на вал $F_r = R_d = 703,6 \text{ Н}$;

$$F_{прив} = 1 \cdot 703,6 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 893 \text{ Н}.$$

Для найбільш навантаженої опори визначаємо еквівалентне навантаження з урахуванням режиму роботи.

Динамічна вантажопідйомність дорівнюватиме, C_{TP} :

$$C_{TP} = 893 \times \sqrt[3]{24,9} = 4396 \text{ Н}; \quad (3.37)$$

$$C_{TP} = 4396 \leq C_{КАТ} = 61800 \text{ Н};$$

Умова виконується.

Визначаємо необхідну довговічність підшипників.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_{кат}}{F_{екв}} \right)^p; \quad (3.38)$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \times 83} \left(\frac{61800}{893} \right)^3 = 75098 > 5000 \text{ год.}$$

Довговічність підшипника забезпечена.

Визначаємо діаметр валу [5]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{екв}}{\pi \times [\sigma]}} \text{ мм}; \quad (3.39)$$

Визначаємо еквівалентний момент, $M_{екв}$:

$$M_{екв} = \sqrt{M_C^2 + T_C^2}, \quad (3.40)$$

де M_C – згинальний момент у точці С;

T_C – крутний момент у точці С;

$$M_{екв} = \sqrt{-42,216^2 + 61,49^2} = 74,126, \text{кН} \cdot \text{мм}.$$

Визначаємо допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[S]}, \quad (3.41)$$

де σ_T – межа текучості, для сталі Ст5 $\sigma_T = 210 \text{ МПа}$;

$[S]$ – допустимий запас міцності, $[S]=1,2\dots1,5$;

$$[\sigma] = \frac{210}{1,5} = 140 \text{ МПа} .$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times 74,126 \times 10^3}{3,14 \times 140}} = 27 \text{ мм} . \quad (3.42)$$

Приймаємо діаметр $d = 30 \text{ мм}$.

Визначаємо еквівалентні напруження та порівнюємо їх з допустимими

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma], \quad (3.43)$$

де τ – дотична напруга в небезпечному перерізі, МПа;

σ – нормальна напруга в небезпечному перерізі, МПа;

$[\sigma]$ – допустима нормальна напруга, МПа.

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\left(\frac{M_C}{W_Y}\right)^2 + 4\left(\frac{T_C}{W_Y}\right)^2} = \frac{1}{W_Y} \sqrt{M_C^2 + T_C^2}; \quad (3.44)$$

$$W_Y = \frac{\pi \times d^3}{32} = \frac{3,14 \times 30^3}{32} = 2649 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_{екв} = \frac{1}{2649} \sqrt{(42,216 \times 10^3)^2 + (61,49 \times 10^3)^2} = 28,16 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{екв} = 28,16 \text{ МПа} < [\sigma] = 140 \text{ МПа} .$$

Умова міцності виконується.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Загальні питання охорони праці при виконанні сільськогосподарських польових робіт

До роботи допускаються лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також машини, що тривалий час не використовувались, допускаються до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки всіх вузлів. До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою і проінструктовані механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори забезпечуються засобами захисту та спецодягом. На місце роботи агрегатів не допускаються сторонні особи, які не мають відношення до технологічного процесу.

Механізовані роботи і рух агрегатів відповідають розробкам і затвердженим головним інженером господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів. При агрегуванні різної сільськогосподарської техніки з універсальними тракторами застосовуємо автоматичні зчіпні пристрої. Під час автоматичного щеплення машини на трактор не допускати перебування працюючих у небезпечній зоні. Агрегати укомплектовані для сівби обладнуємо двосторонньою сигналізацією. Лише за командою старшого на агрегаті дозволяється розпочати рух. Один сівач може обслуговувати лише одну сівалку.

Під час руху агрегату забороняється виконувати будь-які регулювання, усувати несправності, очищати робочі органи, а також переходити на іншу сівалку. Розрівнювати насіння і мінеральні добрива у ящиках дозволяється лише спеціальними дерев'яними лопатками, очищати сошники – чистиками, а висівні апарати – спеціальними гачками. При цьому забороняється чіпляти до гачків мотузку, а її намотувати на руку. Під час роботи з отрутохімікатами не дозволяти палити та приймати їжу. Для

вживання їжі в польових умовах відводимо спеціальне місце на відстані 200 метрів від поля, обробленого отрутохімікатами. Слідкувати щоб перед вживанням їжі працівники знімали спецодяг, вимивали руки та обличчя чистою водою з милом, полоскали рот.

Перед початком збиральних робіт проводять інструктаж з охорони праці, інформуємо робітників про існуючі небезпечні фактори і можливі наслідки в разі недотримання відповідних правил безпеки. Розмічаємо поля на загінки відповідно до операційної карти та складаємо план поля. Відпочивати на полі дозволяється в спеціально відведеному і відповідно позначеному місці.

Усунення несправностей, заміна ножів, ланцюгів, пасів, операції технічного обслуговування виконувати тільки при зупиненому двигуні. Запускати двигун методом буксирування або скочування з гори забороняється. Видаляти масу при забиванні робочих органів можна лише за допомогою спеціальних пристроїв із дотриманням інших вимог безпеки. Не дозволяється керувати транспортним засобом особам, які не закріпленні за даною машиною наказом по господарству.

У загінці механізатор повинен стежити за роботою робочих органів. Під час завантаження коренів у причеп забороняється знаходитись в ньому. При транспортуванні буряків забороняється людям знаходитись в кузові транспортного засобу.

Перевірку технічного стану і технічну наладку машин потрібно проводити на спеціальному регульовальному майданчику. Регульовальний майданчик повинен бути оснащений справним інструментом та пристроями. На майданчику обов'язково повинна бути аптечка. При перевірці технічного стану машин звертати увагу на наявність і надійність кріплення захисних засобів над карданними, ланцюговими та пасовими передачами. Для відкручування гайок забороняється використовувати несправні, спрацьовані ключі, зубило та молоток. Піднімати машини потрібно спеціальним піднімачем або домкратом, попередньо перевіривши стійкість їх встановлення, під рами машини

підкладати надійні підставки заданої висоти. Робітникам забороняється перебувати в зоні дії підйомних механізмів. Під час наладки машин звертати увагу на наявність і справність системи сигналізації та освітлення машинно-тракторного агрегату.

Перед запуском двигуна трактора , перевірити, щоб важіль включення коробки передач знаходився у нейтральному положенні. Під'їжджати трактором до машини потрібно на малих обертах колінчастого валу двигуна, рухатись без ривків і не знімати ногу з педалі зчеплення. З'єднувати причіпну машину з трактором лише при включеній передачі трактора і не працюючому двигуні. Перед початком руху впевнитись, що люди знаходяться на безпечній відстані від агрегату та подати сигнал. Під час руху агрегату забороняється сходити або сідати на трактор чи сільськогосподарську машину.

Технічне обслуговування машинно-тракторних агрегатів проводити тільки після їх зупинки і вимкнення двигуна. При роботі з акумулятором не допускати короткого замикання клем. В приміщенні, де заряджаються акумулятори, забороняється палити, запалювати сірники, виконувати зварні та інші роботи. Транспортувати акумулятори тільки на візку з гніздами. Переносити акумуляторні батареї на руках без спеціальних захватів забороняється.

Перед демонтажем шин необхідно очистити їх і випустити повітря з камери. Якщо шина пристала до ободу, необхідно застосувати спеціальний знімач. Відкривати пробки картера двигуна, коробок передач, задніх або передніх мостів необхідно спеціальним ключем. Забороняється стукати по пробках молотком, щоб не викликати загоряння палива. Особливої обережності слід дотримуватись при роботі з етиловим бензином та антифризами, оскільки вони отруйні.

При проведенні наладки плугів та інших ґрунтообробних машин необхідно спочатку опустити їх робочі органи на регульовальний майданчик, а під раму машини підкласти надійні підставки. При загостренні лемішів плугів, обов'язково потрібно користуватися рукавицями та захисними окулярами.

Забороняється залишати трикутну рамку в замку авто зчіпки при від'єднанні машини від трактора. Перед транспортуванням навісної машини слід затягнути обмежувальні ланцюги навісної системи трактора.

У полі усувати несправності машини, очищати її робочі органи потрібно тільки після зупинки агрегату. Очищати робочі органи ґрунтообробних машин від зелі та рослинних решток спеціальними чистиками. Мінеральні добрива завантажувати в місткості (ящики, бункери) машин тільки при зупиненому агрегаті та вимкненому ВВП трактора. Якщо внесення добрив проводиться у вітряну погоду, то потрібно користуватись вітрозахисним пристроєм для машини. Під час роботи машин з розкидачами відцентрового типу не можна наближатись до них ближче як на 10-15м. На поворотних смугах слід вимкнути ВВП трактора. При внесенні аміачної води необхідно постійно стежити за герметичністю резервуарів, всмоктувальних та нагнітальних трубопроводів. Із кранів, клапанів, затворів трубопроводів не повинна підтікати рідина.

Працівники, що працюють на агрегатах для внесення добрив, повинні мати спецодяг, користуватись захисними окулярами, респіраторами. Крім того, працювати необхідно в головному уборі. Готуючи обприскувачі та протруювачі насіння до роботи звернути увагу на щільність закриття кранів, заливних горловин, щільність і надійність з'єднання трубопроводів тощо.

Особливо уважно перевірити комплектність розпилювачів. Кріплення їх на колекторі повинно бути щільне, рідина не повинна підтікати із з'єднань. У процесі обприскування вибирають напрямок руху агрегату так, щоб розпилена рідина не потрапляла на працюючих. Кабіна трактора при обприскуванні повинна бути закрита. Після закінчення обприскування вимити водою з милом руки, обличчя. Заборонено вживати їжу під час обприскування та протруєння.

При постановці машин на зберігання дотримуватись діючих правил техніки безпеки. Застосовувати засоби безпеки при підготовці до зберігання машин, які працювали з отрутохімікатами, протруєним насінням та іншими шкідливими речовинами. Слідкувати, щоб під рами та робочі органи машини встановлювались тільки міцні та надійні спеціально виготовлені підставки. Для

механізованої мийки машин, нанесення захисних покриттів обов'язково використовувати фартухи, рукавиці та захисні окуляри. Місця зберігання машин та їх окремих складальних одиниць, агрегатів повинні бути забезпечені укомплектованим справним протипожежним інвентарем та обладнанням.

4.2. Заходи безпечної експлуатації удосконаленого розкидача твердих органічних добрив

При прийманні розкидача органічних добрив необхідно перевірити наявність захисних кожухів карданного валу, щитків огороження приводів, наявність світловідбивачів і справність електрообладнання, справність пневматичної системи гальм, наявність комплекту запасних частин і інструментів.

При транспортуванні розкидач повинен з'єднуватися з гідрогаком трактора і зачалуватися страхувальним ланцюгом або тросом в місцях кріплення розтяжок на тракторі.

Перед початком експлуатації розкидача необхідно розконсервувати світловідбивачі, ліхтарі, таблиці змащення і норм внесення добрив. Перед початком роботи розкидача необхідно провести апробацію на невеликих обертах карданного вала і впевнитися в нормальній роботі всіх механізмів і надійному кріпленні всіх захисних кожухів.

При роботі розкидача забороняється: проводити технічне обслуговування і очищення робочих органів; бути ближче 15 м від нього; працювати при несправній гальмівній системі трактора і розкидача.

Забороняється: перевозити людей в кузові розкидача; використовувати розкидач для перевезення асфальту, бетону, буту, цегли, залізобетонних плит, дрючків та інших подібних вантажів; завантажувати в кузов не очищенні від сторонніх предметів (каміння, цегли, шматків дерева, заліза та ін.) добрива.

Перед приєднанням карданного вала проводиться з'єднання причепа з гідрогаком трактора. Гідрогак переводиться в транспортне положення і після цього шліцева вилка карданного валу надівається на вал відбору потужності (ВВП) і закріплюється спеціальним болтом.

Усунення несправностей слід проводити виключивши двигун трактора або після від'єднання розкидача від трактора. При монтажі і демонтажі розкидаючого пристрою для переобладнання розкидача в транспортне положення стропові роботи проводити згідно позначеним на розкидаючому пристрої місцям зачалування, при цьому кут між стропами не повинен перевищувати 90° . Знаходження людей під розкидаючим пристроєм категорично забороняється.

Усунення несправностей, а також заміна штифтів запобіжної муфти слід проводити після від'єднання ВВП трактора. При з'єднанні трактора з розкидачем гідрогак повинен бути переведений в транспортне положення, карданний вал надійно закріплений на ВВП трактора за допомогою спеціального болта (в випадку застосування спеціального телескопічного вала). При регулюваннях і усуненнях несправностей розкидач повинен бути загальмований стоянковим гальмом.

Перед початком експлуатації розкидача необхідно: перевірити і підтягнути всі кріплення, особливо звернувши увагу на гайки кріплення коліс, при необхідності підтягнути їх навхрест спеціальним ключем і гайки кріплення редукторів до рами; перевірити манометром тиск в шинах; перевірити справність гальм і електрообладнання; відкрити кришки маточин коліс і впевнитися в наявності в них достатньої кількості мастила, перевірити наявність оливи в редукторах, провести змащення машини згідно схеми змащення; перевірити натяг ланцюгів транспортера і контурів ланцюгів розкидаючого пристрою. Після перевірки справності розкидач повинен пройти обкатку протягом 5 хв. При цьому також перевіряється робота транспортера, робочих органів розкидача, механізмів приводу, гальм і електрообладнання.

Схема розташування травмонебезпечних зон при експлуатації удосконаленого розкидача твердих органічних добрив показано на рис. 4.1.

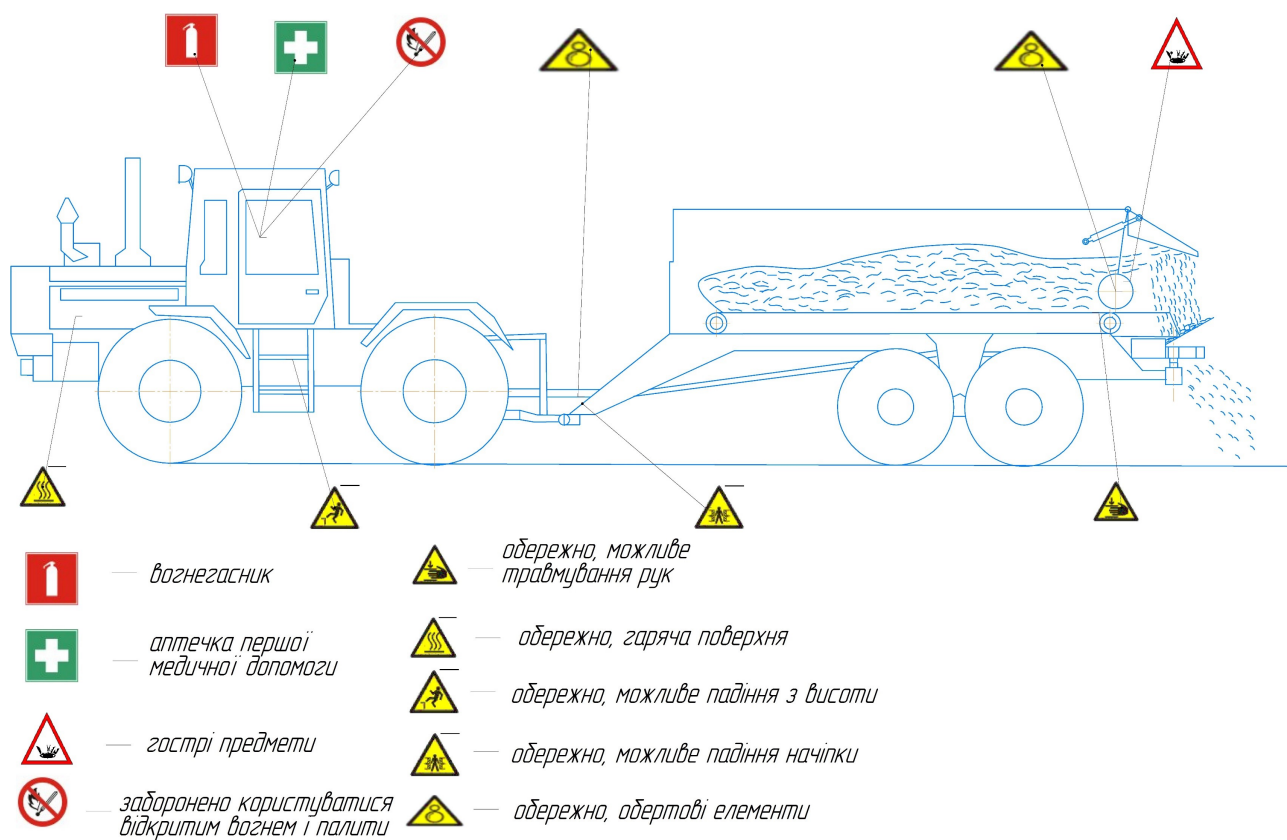


Рисунок 4.1 – Схема розташування травмонебезпечних зон

Розроблені заходи дозволять підвищити рівень безпеки при експлуатації розкидача твердих органічних добрив та зменшити ймовірність виникнення нещасних випадків.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз сучасних технологій внесення твердих органічних добрив та досліджено конструктивні особливості машин, які використовуються для виконання даного технологічного процесу. Розглянуто основні типи розкидачів органічних добрив, їх конструктивні схеми, переваги та недоліки, а також встановлено фактори, що впливають на продуктивність і якість внесення добрив.

На підставі аналізу агротехнічних вимог до внесення твердих органічних добрив визначено основні напрямки удосконалення конструкції розкидача. Встановлено, що підвищення рівномірності подачі добрив до розкидального пристрою та покращення роботи робочих органів є важливими умовами забезпечення високої якості технологічного процесу.

У роботі обґрунтовано технологічну схему модернізованого розкидача твердих органічних добрив та визначено раціональний склад машино-тракторного агрегату. Виконано розрахунок кінематичних характеристик агрегату та параметрів ділянки поля, що дозволило встановити оптимальні режими роботи машини під час виконання технологічного процесу.

Проведені розрахунки продуктивності машино-тракторного агрегату підтвердили можливість підвищення ефективності використання технічних засобів завдяки удосконаленню робочих органів розкидача. Запропоновані конструктивні зміни забезпечують покращення подрібнення та розподілу добрив по поверхні поля, що сприяє більш рівномірному внесенню поживних речовин і підвищенню ефективності їх використання рослинами.

Результати виконаних розрахунків свідчать, що удосконалення робочих органів розкидача забезпечує підвищення продуктивності машини, покращення рівномірності внесення органічних добрив та створює передумови для зниження експлуатаційних витрат при виконанні технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 1994. 446 с.
3. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. К.: МАУП, 2002. 232с.
4. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
5. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
6. 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.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
8. Зінченко О.І., Алексеева О.С. Біологічне рослинництво. К.: Вища школа, 1996. 239 с.
9. 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.
10. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. - Т.11. - №2.

11. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
12. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. К.: Мета, 2003. 448 с.
13. Підгурський М., Сташків М.. Розвиток наскрізних тріщин в гнutoзварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. Т. 11. № 4. С. 78 – 86.
14. 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.
15. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. К.: Кондор, 2004. 284 с.
16. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін. / За ред. І. Д. Примака. К.: ЦУЛ, 2010. 456 с.
17. Пришляк В.М. Сільськогосподарські машини. Машини для внесення добрив, захисту рослин та заготівлі кормів / В.М. Пришляк, О.В. Ковальчук, В.М. Яропуд. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2018. 68 с.
18. Рибак Т., Підгурський М., Сташків М.. Проблеми пошукового конструювання сільськогосподарських машин // Техніка АПК, 2007.- №11-12. С. 6-9.
19. 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.
20. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. К Аграрна освіта, 2001. 591 с.

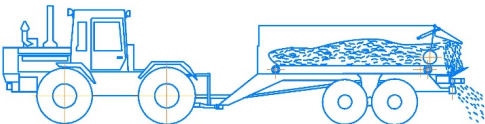
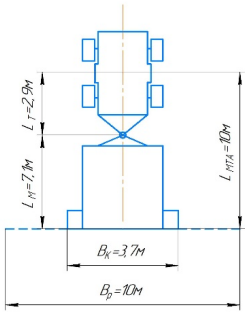
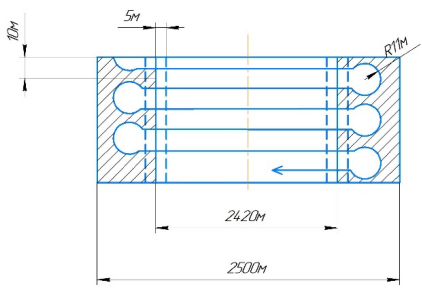
21. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
22. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. К.: Темплан, 1993. 152 с.
23. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Т.1. Машини для рільництва. К.: Урожай, 2001. 384 с.
24. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
25. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: «Агроосвіта», 2015. 679 с.
26. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
27. Скляр О. Г. Особливості роботи машин для внесення твердих органічних добрив / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Матеріали XXV Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 155-158.
28. Сташків М. Визначення КІН для кутової наскрізної тріщини у тонкостінному стержні прямокутного профілю при дії згинального моменту // Вісник ТДТУ, 2003. Т.8. №3. С. 32 – 38.
29. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н . І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.

30. Pidgurskyi M., Bykiv D., Pidgurskyi I., Stashkiv M., Senchyshyn V., Pidlyzhnyi O., Kos A. Assessment of the Stress-Strain State around Circular Openings in Double-Pitched and Arched Perforated Beams, *Procedia Structural Integrity*, vol. 81, 2026, 439-446.
31. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Rohatynskyi R., Pidgurskyi I., Senchyshyn V., Mushak A. Investigation of the Stress Intensity Factor for the Edge Crack in I-beam Under Bending Moment, *Procedia Structural Integrity*, Volume 59, 2024, 322-329.
32. Pidgurskyi Mykola, Stashkiv Mykola, Pidgurskyi Ivan. Stress redistribution and failure of mobile machines frame during propagation of crack-like defects, *Engineering Failure Analysis*, 170, 2025, 109217.
33. Pidgurskyi, M., Stashkiv, M., Pidgurskyi, I., Oleksyuk, V., Pidluzhnyi, O., & Bykiv, D. (2024). Methodology of experimental and analytical research of technical systems. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*, 116 (4), 50-58.
34. Stashkiv M., Pidgurskyi I., Pidluzhnyi O., Pidgurskyi M., Levkovich M., Skliarov R., Mushak A. (2022) Analysis of the stress-strain state of the vehicle frame by finite element method. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 108, no 4, pp. 89-101.
35. Stashkiv, Mykola & Matsiuk, Oleksandr (2021) nCode GlyphWorks Software Use for Test Data Processing. *The 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2021 (ITTAP 2021)*. Vol-3039. 192-205.

ДОДАТКИ

Додаток А

Операційно-технологічна карта

Назва показника	Значення	Рисунок, схема
<p>1. Умови роботи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - площа поля, га - довжина гонці, м - середній кут нахилу поля, град 	<p>500 2500 5</p>	
<p>2. Агротехнічні вимоги:</p> <ul style="list-style-type: none"> - норма внесення добрив, т/га 	<p>10-60</p>	<p>Рисунок 1 – Технологічна схема агрегату</p>
<p>3. Склад агрегату і підготовка до роботи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - енергозасід - сільськогосподарська машина - кількість сільськогосподарських машин - технологічна наладка: <p>перевірити надійність кріплення вузлів та деталей; перевірити ланки ланцюгів, планки, натяг ланцюгів; перевірити рівень мастила редуктора; перевірити карданні з'єднання та їх кріплення, хрестовини; змастити підшипники карданних з'єднань; перевірити тиск в шинах коліс; встановити необхідну норму внесення</p>	<p>T – 150К ПРТ – 10М 1</p>	
<p>4. Підготовка і розбивка поля:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ширина загону, м - спосіб руху агрегату <p>- коефіцієнт робочих ходів</p>	<p>40 човниковий з дезплевним поворотами 0,71</p>	
<p>5. Організація і показники роботи агрегату:</p> <ul style="list-style-type: none"> - робоча швидкість, км/год - швидкість на поворотах, км/год - ширина захвату агрегату, м - змінна продуктивність, га - витрати палива на одиницю роботи, кг 	<p>10 5 10 4,97 3,86</p>	<p>Рисунок 3 – Схема розбивки поля і руху агрегату</p>
<p>6. Контроль якості роботи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - відхилення норми внесення добрив, % <p>Завантаження машини проводять рівномірно по кузову. Добрива не повинні виступати над бортами вище, ніж на 10-15 см. В чотирьох точках по довжині (початок, 3/4, 1/2 і кінець розкидання) довшю стараною поперек проходу розстиляють полотна розміром 3X12 м. Знову завантажена машина здійснює прохід до повного звантаження добрив. Добрива, які падали на полотна, зважують і визначають відхилення норми внесення. Зовнішнім оглядом осмотром перевіряють наявність неудобрених ділянок між суміжними проходами, неудобрених поворотних смуг, огріхи і т. ін.</p>	<p>1</p>	