

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.3:629.035.631.82

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-
технологічного факультету
професор, доктор технічних
наук _____ **Братишко В.В.**
" ____ " _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри сільськогосподарських
машин та системотехніки ім. академіка
П.М. Василенка, доцент, к.т.н.
_____ **Гуменюк Ю.А.**
" ____ " _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему **"Обґрунтування параметрів і режимів роботи шнекових робочих
органів машин для внесення твердих мінеральних добрив"**

Спеціальність 208 "Агроінженерія"

Магістерська програма освітньо–професійної спеціалізації -

Оптимізація процесів параметрів і режимів роботи сільськогосподарської
техніки

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор _____ Вячеслав Братишко
(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

к.т.н., доцент _____ Борис Онищенко

Виконав _____ Юрій Місан

Київ - 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. академіка П.М. Василенка, доцент, к.т.н.

Гуменюк Ю.А.

"__" _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Місан Юрій Ілліч

Спеціальність 208 "Агроінженерія"

Магістерська програма освітньо-професійної спеціалізації - Оптимізація процесів параметрів і режимів роботи сільськогосподарської техніки

Тема роботи " Обґрунтування параметрів і режимів роботи шнекових робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив "

затвердженого наказом ректора від 07.12.2023 р. №2223 "С"

Кінцевий термін подання роботи студентом - 13.11.2024р.

3 Вихідні дані для виконання роботи: Технології та машини для внесення мінеральних добрив.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити).

1. Огляд технологій і технічних засобів для внесення мінеральних добрив.
2. Обґрунтування параметрів шнекових робочих органів.
3. Техніка безпеки при роботі машин для внесення мінеральних добрив.
4. Економічна ефективність при застосуванні експериментальної машини.

Висновки, список використаних джерел і додатки.

5. Перелік аркушів графічного матеріалу:

Слайд 1: Титульна сторінка. Слайд 2. Мета роботи

Слайд 3: Технології. Слайд 4. Основний вид експериментальної машини.

Слайд 5, Слайд 6: Експериментальний робочий орган

Слайд 7. , Слайд 8 Експериментальні дослідження .

Слайд 9: Слайд 10, 11. Техніка безпеки.

Слайд 12: Економічні показники. Слайд 13: Висновки.

5. Дата видачі завдання: 09.10.2023 р.

Науковий керівник магістерської роботи _____ Онищенко Б. В

Завдання прийняв _____ Місан Ю.І.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Огляд технологій та обладнання твердих мінеральних добрив.....	7
1. 1 Аналіз технології внесення мінеральних добрив.....	7
2. Механічні та технологічні вимоги до розробки шнекового робочого органу	26
2.1. Фізичні, механічні та агробіологічні властивості твердих мінеральні добрива.....	26
2.2. Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до машини.....	29
2.3. Обґрунтування конструкції шнекових розсівальних робочих органів	35
3. Обґрунтування основних конструктивних параметрів шнекових робочих органів	44
3.1. Розрахунок та обґрунтування основних конструктивних параметрів шнекових робочих органів	44
3.2. Енергеичний розрахунок шнекових робочих органів	48
4. Охорона праці і навколишнього середовища	50
5. Економічна ефективність.....	58
Загальні висновки	63
Список використаної літератури	64
Додатки.....	66

РЕФЕРАТ

Мета роботи є підвищення якості внесення твердих мінеральних добрив. Магістерська робота складається з пояснювальної записки та ілюстративних слайдів. Пояснювальна записка містить 80 листів, 12 рисунків та 2 таблиці. Вона має наступні розділи: вступ; огляд технологій і машин для внесення мінеральних добрив, який складається із підрозділу - аналіз технологій внесення твердих мінеральних добрив; механіко - технологічні передумови розробки та удосконалення машини і її робочого органу:

- фізико-механічні і агробіологічні властивості твердих мінеральних добрив,
- агротехнічні і експлуатаційні вимоги до машин,
- обґрунтування конструкції функціональної схеми удосконаленої машини;

обґрунтування основних конструктивних параметрів шнекового робочого органу, енергетичний розрахунок шнекового робочого органу; охорона праці і навколишнього середовища; економічна ефективність.

Ілюстративний матеріал складається із 13 слайдів:

Ключові слова: шнекові розсіювальні робочі органи, машини для внесення твердих мінеральних добрив, економічна ефективність.

ВСТУП

Досвід у сфері сільськогосподарського виробництва свідчить, що використання мінеральних добрив є одним із ключових чинників, які сприяють підвищенню врожайності різних сільськогосподарських культур. Процес внесення добрив відбувається як поверхнево, так і внутрішньогрунтовим способом. Найбільш поширений метод внесення добрив – суцільне поверхневе розподілення за допомогою машин кузовного типу, оснащених відцентровими робочими органами для розсіювання.

Згідно з агротехнічними вимогами, машини для поверхневого внесення добрив мають забезпечувати рівномірний розподіл на дозах від 100 до 1000 кг/га, а вапна – від 1500 до 10000 кг/га з нерівномірністю розподілу по полю до 20%. Відхилення по ходу роботи машини не повинно перевищувати 10%, а дозування внесення – відхилятися на більш ніж 5%. Усі зазначені показники мають досягатись за умови, що швидкість вітру не перевищує 3 м/с.

Доза внесення повинна залишатись стабільною, незалежно від швидкості руху агрегату. Робочі органи, що відповідають за розсіювання, повинні дотримуватись необхідних показників якості навіть на ділянках, де нахил до горизонту не перевищує 8 градусів. Також, при підживленні зернових культур ці робочі органи мають забезпечувати цілісність рослин, не пошкоджуючи їх.

Дослідження різних конструкцій сучасних машин з різноманітними розсіювальними робочими органами вказує на те, що для вітчизняного сільськогосподарського виробництва найбільш підходять кидальні відцентрові розсіювальні органи. Для більш рівномірного покриття робочої зони доцільним є використання шнекових розподільних робочих органів.

Метою цієї роботи є поліпшення якості роботи машин для внесення твердих мінеральних добрив через вдосконалення конструкції шнекового розсіювального робочого органа.

Для досягнення цієї мети було визначено наступні **завдання**:

- здійснити аналіз технологічних процесів і робочих органів машин для внесення мінеральних добрив та обґрунтувати конструктивно-технологічну схему шнекового робочого органа;
- провести теоретичне обґрунтування основних параметрів шнекового розсіювального робочого органа;
- виконати розрахунок економічної ефективності використання машин з шнековими розсіювальними органами.

Об'єктом дослідження є процес внесення твердих мінеральних добрив із застосуванням шнекових розсіювальних робочих органів, а **предметом** – конструктивно-кінематичні параметри та показники якості їх роботи.

1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

1.1. Аналіз технологій внесення мінеральних добрив.

Протягом останніх 30 років у багатьох зарубіжних країнах (Англії, Німеччині, США, Франції, Швеції та інших) традиційні тукові сівалки ящикового типу, де довжина ящика для добрив приблизно відповідає ширині захвату, поступово замінюються більш сучасними штанговими сівалками.

Наразі виробники з цих країн створили широкий асортимент штангових сівалок, які, на перший погляд, можуть суттєво відрізнитись. Проте аналіз технологічних схем показує, що всі вони мають компактний центральний бункер із довжиною, приблизно рівною його ширині, і значно меншою за ширину захвату сівалки. Також у них присутня висівно-розподільна система під назвою "штанга", яка забезпечує завантаження добрив із бункера, їх розподіл по всій ширині захвату та висівання.

До головних переваг штангових сівалок, особливо з великою шириною захвату (10–12 м), належать зручність та швидкість завантаження добрив у бункер, легкість переходу машини в транспортне положення, а також зменшена металоємність (рис. 1).

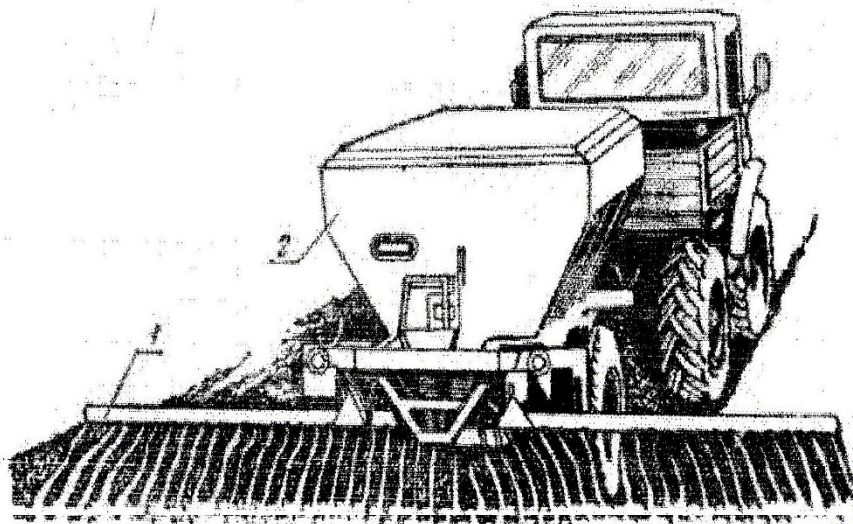


Рис. 1.1. Загальний вигляд штангової сівалки:

1 – висіваючи-розподільна система (штанга), 2 – центральний бункер.

Конструктивні та технологічні особливості штангових сівалок визначаються головним чином їхньою висівно-розподільною системою. Для цієї системи можуть використовуватися різні типи висівних апаратів, зокрема гравітаційні, котушкові або гребінчасті, які є найпоширенішими.

Розподільний механізм зазвичай являє собою транспортер для сипучих матеріалів, розташований у спеціальному каналі. Найчастіше застосовуються штангові сівалки з різними типами розподільних пристроїв: пневматичними, шнековими, стрічковими та скребковими, від яких і походять їхні назви. Також є сівалки, оснащені металевими, гравітаційними та вібраційними розподільними механізмами.

Сьогодні великої популярності набули пневматичні сівалки. У таких моделях для розподілу добрив по ширині захвату використовується пневматичний транспортер, що складається з відцентрового вентилятора або компресора, трубопроводу, який слугує каналом для проходження добрив, і пристрою для їх введення у трубопровід. Завдяки тиску, який утворюється газодувкою, у трубопроводі створюється потік повітря, що переносить добрива, утворюючи аеросуміш, яка рухається вздовж трубопроводу.

Серед пневматичних штангових сівалок варто згадати модель Accord, яка є однією з найпростіших і широко використовується. Цю серію розробила західнонімецька фірма «Weiste» (H. Weiste). Сівалка Accord (рис. 2) містить бункер і висівно-розподільну систему з одним висівним апаратом та відкритим розподільним пристроєм. Розподільний пристрій складається з каналів трубопроводів із ділильною головкою та пневматичним транспортером [1]. Висівний апарат представлений лопатевим барабаном, встановленим у корпусі в нижній частині бункера.

Норма висіву в апараті регулюється зміною робочої довжини барабана шляхом часткового перекриття простору між лопатями. Пневматичний

транспортер складається з відцентрового вентилятора радіального типу, трубопроводів та ежектора, який забезпечує подачу добрив у трубопровід під надлишковим тиском повітря.

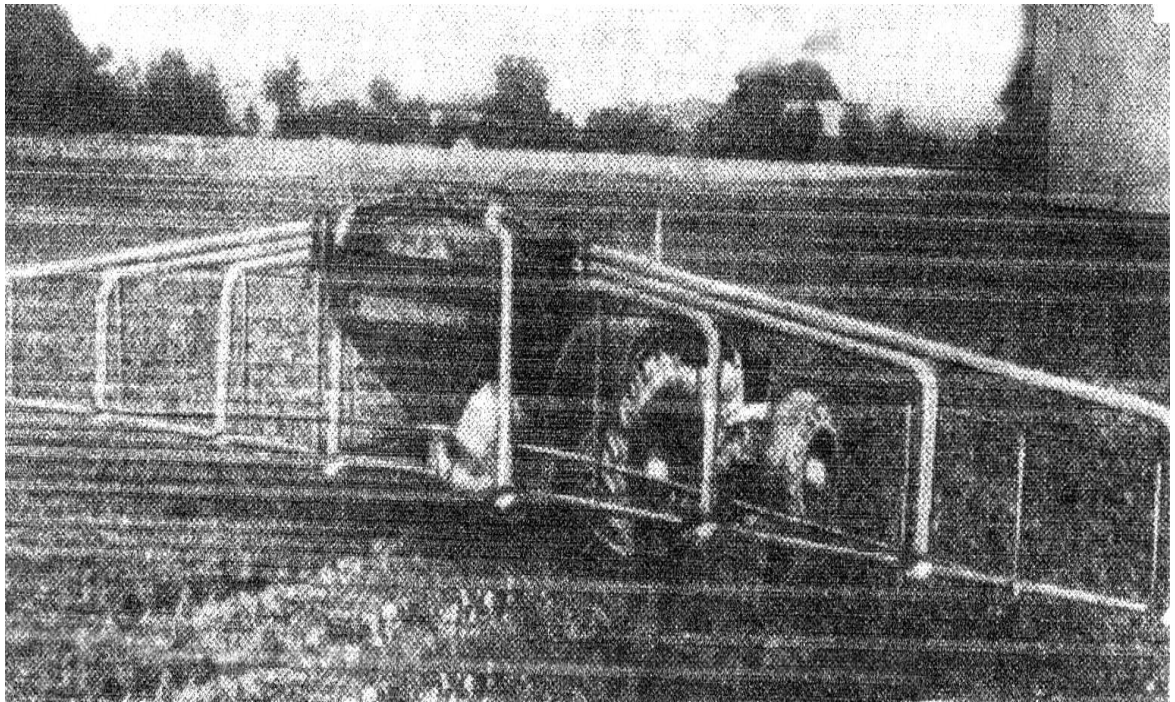


Рис. 1.2. Пневматична сівалка Accord, фірма „Н. Weiste” (ФРН)

Робота сівалки здійснюється наступним чином. Атмосферне повітря, нагнітаючись вентилятором, потрапляє в трубопровід і створює повітряний потік. Добрива з бункера надходять у корпус висівного апарата, заповнюючи вільний простір між лопатями барабана. Під час обертання барабанних лопатей добрива пересуваються вниз і на нижній частині висипаються в ежектор, де потрапляють у трубопровід. У результаті утворюється аеросуміш — добрива змішуються з повітрям і надходять у вертикальний гофрований канал, де рівномірно розподіляються по його перетині. Далі через ділильну головку суміш поділяється на кілька рівних потоків, які надходять у різні трубопроводи, закріплені на штанзі, кожен із яких має різну довжину.

Через ці трубопроводи добрива транспортуються на різні відстані від бункера до розподільних пластин, розміщених на їхніх кінцях, де

відбувається рівномірний розподіл добрив по ширині захвату сівалки. Основною перевагою сівалок типу "Акорд" є їхня конструктивна простота: один висівний апарат разом із ділильною головкою здатний забезпечити роботу широкозахватної сівалки.

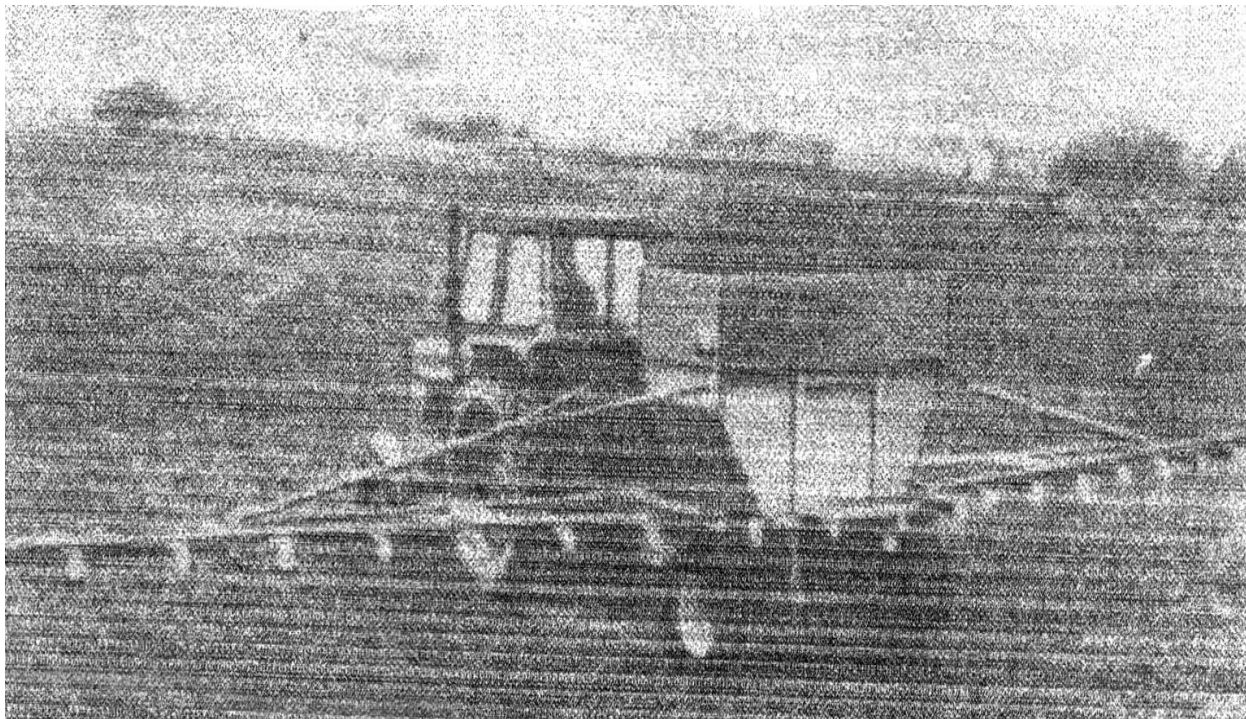


Рис. 1.3. Пневматична сівалка Tive , фірма «Skurup-Verken (Швеція)

При такій технологічній схемі існує ризик нерівномірного розподілу добрив, що виникає через порушення однорідності суміші у вертикальному каналі під час його коливань (при роботі на нерівному ґрунті), а також через відмінності у швидкостях руху аеросуміші у вигнутих трубопроводах різної довжини. Серед недоліків цих сівалок — зміна напрямку аеросуміші в ділильній головці більш ніж на 90° , що суттєво збільшує опір і вимагає використання більш потужного вентилятора з високими енерговитратами та металоємністю. Найголовніше — різко зростає ризик руйнації гранул добрив. Для забезпечення стабільного транспортування добрив повітряний потік у каналах-трубопроводах повинен мати швидкість близько 25 м/с (100 км/год), при якій гранули особливо сильно руйнуються на вигинах каналів (колінах). Додатково утворюється пил, що потрапляє у повітря. Через ці причини

відкриті пневматичні розподільні пристрої не рекомендовані для локального внесення добрив. Також слід враховувати, що такі сівалки підходять лише для добрив із відповідними фізико-механічними властивостями. При використанні вологих добрив відбувається залипання ділильної головки, а добрива з грудками чи сторонніми елементами можуть призвести до засмічення каналів-трубопроводів.

Ці недоліки вдалося зменшити у моделі пневматичної сівалки "Tive" (Tive) шведської компанії "Skurup-Verken" (рис. 3). На відміну від моделей типу "Акорд", тут використано декілька висівних апаратів, кількість яких відповідає числу каналів розподільного пристрою. Під дном бункера встановлено 20 висівних апаратів котушкового типу, аналогічних до апаратів, які застосовуються у вітчизняних комбінованих туковисівних зернових сівалках. Під кожним висівним апаратом розташовано 20 ежекторів, з'єднаних із каналами-трубопроводами. Під час роботи сівалки вентилятор подає стиснене повітря, яке ділиться на двадцять потоків, проходить через ежектори, створюючи повітряний потік у каналах. Добрива з бункера надходять до висівних апаратів, що регулюють їхнє дозування й подачу в ежектори, де вони змішуються з повітряним потоком. Сформована аеросуміш пересувається через канали різної довжини й розподільні пластини, рівномірно розсіюючись по поверхні ґрунту.

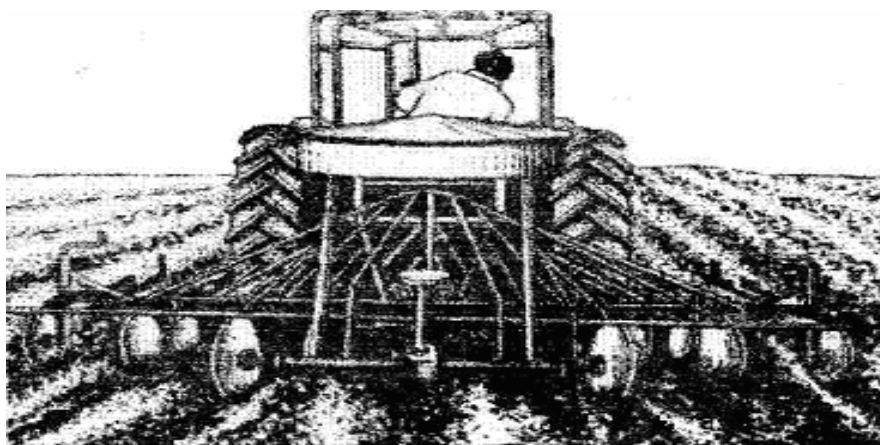


Рис. 1.4. Пневмо-відцентрова сівалка моделі 519 фірми «JonesBalers» (Англія).

Порівнюючи два розглянутих типи пневматичних сівалок, можна зазначити, що наявність ділильної головки з малим радіусом вигину каналів є істотним джерелом руйнування гранул, що знижує надійність технологічного процесу. У ділильній головці добрива часто налипають, що може призвести до збоїв у роботі. Тому, навіть за високих фізико-механічних характеристик добрив, у багатьох західних країнах використовуються технологічні схеми сівалок, аналогічні моделям "Tive", де кожен канал-трубопровід забезпечується окремим висівним апаратом для поверхневого внесення. Такі сівалки мають захват шириною від 6 до 12 метрів і об'єм бункера від 400 до 5000 кг. Однак котушкові висівні апарати можуть працювати незадовільно за великої ємності бункера і погано сипучих добрив, що призводить до утворення склепінь у бункері над апаратами.

Одним із прикладів пневматичної сівалки з відкритим розподільним пристроєм є пневмоцентробіжна сівалка компанії "Jones Balers" (рис. 4). У цій сівалці добрива подаються з бункера у вентилятор, а не в канали з повітряним потоком. Канали-трубопроводи розташовані безпосередньо по дотичним до кожуха вентилятора, який також виконує функцію ділильної головки. Вентилятор попередньо розганяє добрива, надаючи їм необхідну швидкість, і немає потреби в додаткових пристроях для створення підвищеного тиску повітря, наприклад, ежекторів. На пневмоцентробіжних сівалках зазвичай використовуються вентилятори з нижчим тиском, що знижує енерговитрати порівняно з пневматичними моделями.

Однак подача добрив безпосередньо у вентилятор підвищує ризик руйнування гранул через удари об лопаті крильчатки. Крім того, надійність роботи вентилятора знижується, оскільки сторонні частинки в добривах можуть призвести до заклинювання крильчатки, що обертається з великою швидкістю, і її поломки. Також контакт добрив із

вентилятором зменшує його термін служби через корозію крильчатки та кожуха. Через ці обмеження пневмоцентробіжні схеми застосовуються лише на малогабаритних сівалках, тоді як для широкозахватних моделей вони не використовуються.

У шнекових штангових сівалках розподіл добрив по ширині захвату забезпечується одним або декількома шнеками. Найбільш поширеними у цій категорії є сівалки з відкритою розподільною системою.

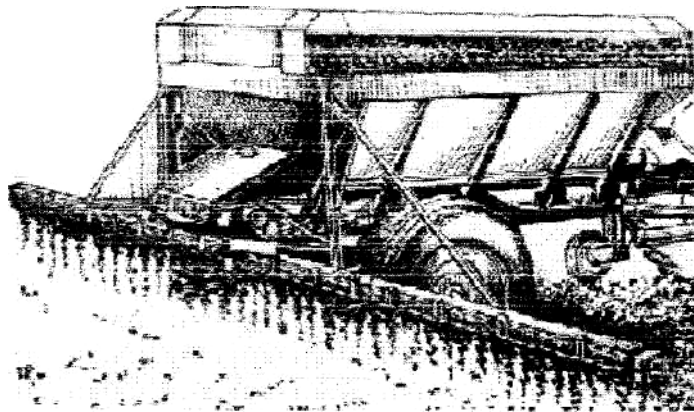


Рис. 1.5. Шнекова сівалка ZG 5000, фірма «Amazone» (ФРН).

На рис. 5 представлена шнекова сівалка моделі ZG 5000, розроблена німецькою компанією Amazone. Конструкція цієї сівалки включає бункер, на дні якого встановлено ланцюгово-пластинчастий транспортер-живильник. У задній частині бункера розташоване випускне вікно з регулювальною заслінкою, через яке добрива потрапляють у канал-жолоб із лотком для їх подачі. У середині каналу-жолоба розміщено шнек із витками, направленими вправо і вліво. У нижній частині жолоба встановлено висівні апарати гравітаційного типу, оснащені заслінками для регулювання норми висіву, а з обох кінців жолоба є випускні вікна.

Транспортер подає добрива через випускне вікно в канал-жолоб, де шнек рівномірно розподіляє їх по всій ширині захвату. Одночасно частина добрив висівається апаратами, а залишки разом із грудками і сторонніми предметами виходять через випускні вікна на кінцях жолоба. Оператор слідкує за кількістю залишків, щоб це не впливало на загальну рівномірність розподілу

добрив. Шнекові сівалки з відкритим розподільним пристроєм менш вимогливі до якості добрив, оскільки шнек здатен руйнувати грудки або викидати їх через вікна разом зі сторонніми тілами. Вони також сумісні з технологією відцентрового розкидача, що дозволяє використовувати шнекову систему як змінний агрегат до такого обладнання.

Проте є певні недоліки. Наявність відкритого розподільного пристрою знижує рівномірність висіву через викидання залишків добрив через випускні вікна, що робить такі сівалки непридатними для локального внесення добрив. Ці недоліки усунені у шнековій сівалці з закритим розподільним пристроєм моделі Perfect 2000 від компанії Diadem. У цій моделі шнек із правими та лівими витками розташовується в каналі-жолобі під бункером із закритими торцями. Висівний апарат у вигляді перфорованої пластини, що здійснює зворотно-поступальний рух, розміщений під каналом-жолобом.

У Perfect 2000 добрива гравітаційно надходять до каналу-жолоба і заповнюють середню частину шнека, де їх захоплюють витки шнека, спрямовані в протилежні сторони, забезпечуючи рівномірне заповнення каналу вздовж всієї довжини. Шнек подає більше добрив, ніж розкидає висівний апарат, через що канал поступово заповнюється. Як тільки рівень добрив досягає заданої позначки, датчик відключає подачу за допомогою електрогідравлічної муфти, а коли рівень знижується — знову включає шнек, відновлюючи подачу добрив.

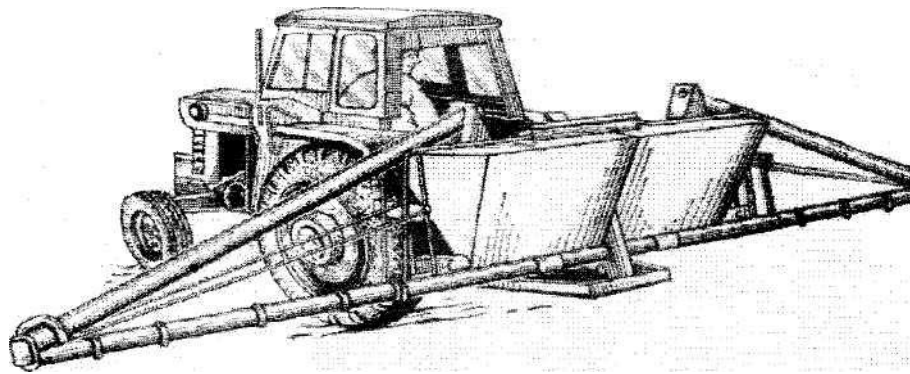


Рис. 1.6. Шнекова сівалка Lister, фірма « Lister » (Англія).

Ця технологічна схема сівалки дає змогу вносити добрива як на поверхню, так і локально, при цьому забезпечуючи високу рівномірність їх розподілу. Проте використання електрогідравлічної муфти та висівного апарата з індивідуальним приводом значно ускладнює конструкцію сівалки, підвищуючи її вартість. Крім того, така сівалка може ефективно працювати лише з добривами, вільними від грудок і сторонніх предметів, які можуть накопичуватися в кінцях шнека, приводячи до його засмічення. На відміну від цього, шнекова сівалка з кільцевим (замкнутим) розподільним пристроєм, розроблена компанією Lister в Англії, не має цих недоліків. У цій моделі кінці каналу-жолоба відкриті для повернення залишків добрив у бункер, а також передбачені додаткові похилі шнеки. Висівні апарати цієї сівалки гравітаційного типу аналогічні апаратам моделі ZG 5000.

У даній сівалці добрива, завантажені в бункер, захоплюються розподільним шнеком і рівномірно розподіляються через висівні апарати. Залишки добрив, що не висипалися, повертаються оберненими шнеками назад у бункер, що забезпечує їх розподіл лише через висівні апарати та запобігає накопиченню грудок. Завдяки цьому шнекові сівалки виявляються менш вимогливими до якості добрив, адже грудки не затримуються в каналі-жолобі, а повертаються назад у бункер, де поступово розпадутся.

Попри більшу металоємність у порівнянні з пневматичними сівалками,

шнекові системи мають ряд переваг: вони менше руйнують гранули, не викликають розпилення добрив та менш чутливі до якості матеріалу. Грудки, що перевищують зазор між витками шнека і каналом, застрягають і руйнуються, тоді як гранули менших розмірів залишаються недоторканими. Це й пояснює їх популярність за кордоном, де вони займають друге місце після пневматичних, з шириною захвату від 6 до 10 метрів і об'ємом бункера від 700 до 5000 кг. Шнекові системи з відкритими розподільними пристроями є доцільними для виготовлення змінних агрегатів до відцентрових розкидачів для рівномірного внесення добрив, тоді як системи з закритими пристроями більше підходять для локального внесення добрив.

У стрічкових штангових сівалках, які займають третє місце за популярністю після пневматичних і шнекових, в якості транспортуючого механізму використовується гнучка стрічка, встановлена на ведучих і ведених барабанах. Стрічкові транспортуючі механізми застосовуються як у закритих, так і в відкритих розподільних пристроях.

Серед моделей із закритим розподільним пристроєм значну популярність у Західній Європі здобуло сімейство сівалок компанії Kuhn (ФРН). Модель 413 цієї фірми оснащена бункером, встановленим на самоскидному напівпричепі. Під бункером розміщується канал-жолоб, що включає два стрічкові транспортера, де верхні робочі гілки стрічок виконують функцію дна каналу. Транспортери рухаються в протилежних напрямках, від бункера до кінців каналу-жолоба, а заглушки в кінцях каналу забезпечують його закриття. Висівний апарат пальцевого типу працює за аналогічним принципом, як у вітчизняній туковій сівалці TP-1, за винятком того, що пальці прикріплені безпосередньо до стрічки транспортера.

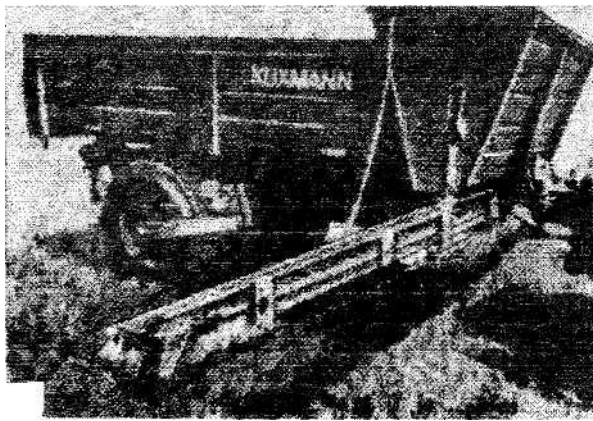


Рис. 1.7. Стрічкова сівалка моделі 413, фірма „Kuhn” (ФРН)

Сівалки компанії «Куксманн» працюють наступним чином. Добрива, що знаходяться в бункері, подаються в канал-жолоб, де їх розміщують на стрічках транспортерів. Під час руху цих стрічок добрива рівномірно розподіляються по всій довжині каналу-жолоба, водночас висіваючи їх за допомогою пальців, прикріплених до стрічки. Оскільки добрива надходять на стрічку в кількості, що перевищує їх висівання, канал-жолоб поступово заповнюється, а на кінцях затримується добривами за допомогою заглушок. У момент, коли канал повністю заповнений, подача добрив зупиняється через ковзання стрічки по добривах, що вже на ній, що виключає ризик забивання розподільного пристрою.

Сівалки «Куксманн» призначені для поверхневого внесення добрив. Для локального внесення використовуються стрічкові сівалки з закритим розподільним пристроєм, де замість пальцевих висівних апаратів застосовуються катушкові, зіркоподібні або скребкові механізми, що розташовані безпосередньо над стрічкою.

Також було розроблено нові технологічні рішення для стрічкових сівалок із відкритими розподільними системами. Наприклад, у Німеччині була створена сівалка, де під бункером розташовані кілька паралельних стрічкових транспортерів різної довжини, які

функціонують незалежно один від одного. Добрива надходять на всі стрічкові транспортери, переміщуються та скидаються на їхніх кінцях. Регулюючи довжини транспортерів, можна досягти рівномірного розподілу добрив. Однак ця сівалка має складнішу конструкцію та вищу питому металоємність.

Перевагами стрічкових сівалок вважаються підвищена антикорозійна стійкість прогумованих стрічок і нижча питома металоємність у порівнянні зі шнековими. Проте їх недоліками є складність виготовлення спеціальних стрічок, забезпечення надійного ущільнення між стрічкою та каналом-жолобом, високі вимоги до підготовки добрив, а також можливе налипання добрив на внутрішній поверхні стрічки і барабана. Це може призвести до зниження рівномірності висіву через буксування стрічки при недостатньому натягу і ускладнити використання стрічкової системи в змінних агрегатах, зокрема при відцентрових розкидачах.

В результаті аналізу переваг і недоліків стрічкових сівалок можна зробити висновок, що системи висіву та розподілу з закритими пристроями і пальцевими механізмами, такі як «Куксманн», доцільно використовувати для розробки сівалок, що призначені для поверхневого внесення добрив. Хоча ці сівалки дещо складніші за пневматичні, вони не розпорошують добрива, що підвищує їх ефективність і покращує захист навколишнього середовища.

У скребкових штангових сівалках основним механізмом є скребковий транспортер, що складається з ланцюга або стрічки з прикріпленими скребками. Відомі технологічні схеми скребкових сівалок з відкритими і кільцевими розподільними пристроями, хоча в практиці застосовуються переважно останні.

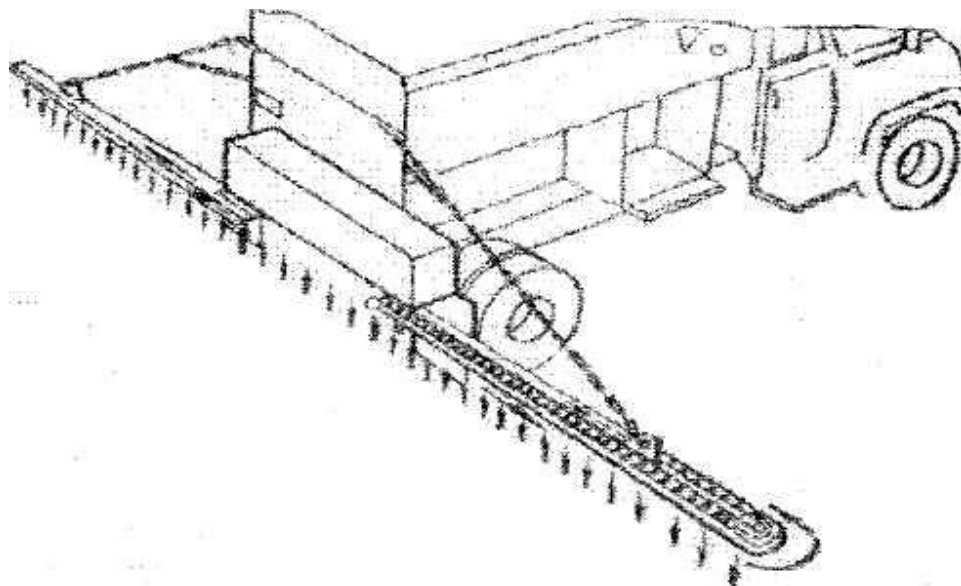


Рис. 1.8. Схема скребкової сівалки (США).

У США була розроблена скребкова сівалка з кільцевим розподільним пристроєм (рис. 8). Ця сівалка має бункер із пристроєм подачі, до якого прикріплено трисекційний канал-жолоб. Він складається з центральної секції та двох бокових секцій, з'єднаних з центральною шарнірно. Кожна секція виконана двопотоковою, всередині якої на вертикальних валах із зірочками встановлено скребковий транспортер, що є ланцюгом зі скребками, схожими на елементи елеватора зернозбирального комбайна. Ланцюги транспортера розташовані в окремих струмках, які на кінцях з'єднані вигнутими по дузі переходами (колінами), формуючи замкнутий контур. У нижній частині каналу розташовані висівні апарати гравітаційного типу. Центральна секція каналу-жолоба сполучена з бункером, де в її нижній частині є випускні вікна, що з'єднані туконаправниками з завантажувальними вікнами у верхній частині бічних секцій.

Скребкова сівалка з замкнутим розподільним пристроєм працює таким чином: добрива з бункера подаються в центральну секцію каналу-жолоба, звідки скребковим транспортером переміщуються до бічних секцій. В результаті в секціях створюється три замкнуті потоки добрив, які висіваються апаратами, а на їх місце надходять нові порції з бункера.

Досвід експлуатації тукових сівалок (із ланцюговим висівним апаратом)

показує, що вони ненадійно працюють у контакті з добривами через корозію та залипання. Крім того, ланцюгові скребкові транспортери вимагають більш ретельного обслуговування (періодичний натяг ланцюгів, їх очищення), ніж шнекові. У зв'язку з цим скребкові штангові сівалки не мають переваг перед раніше згаданими і тому не здобули широкого застосування.

Також відомі технологічні схеми штангових сівалок із металевим транспортуючим механізмом, у яких добрива розподіляються по каналу шляхом вільного польоту за рахунок визначеної початкової швидкості (розгону). Для розгону часток добрив використовуються металеві диски, що виконані у вигляді лопатевого ротора з вертикальною чи горизонтальною віссю обертання. Металеві розподільні пристрої в таких сівалках зазвичай є відкритими.

Одна з таких сівалок має бункер з висівним апаратом у вигляді лопатевого ротора з вертикальною віссю обертання, розташованого під бункером, і розподільний канал (із лійками для розсіву), виготовлений із листового матеріалу. Завантажені в бункер добрива висівним апаратом подаються на обертовий ротор, лопатки якого захоплюють частки добрив, розганяють їх і метають у розподільний канал. Завдяки набутої швидкості добрива розподіляються по всій довжині каналу і, відбиваючись від верхньої стінки, обсіпаються в лійки і надходять на поверхню ґрунту. Хоча металеві штангові сівалки є конструктивно простішою в порівнянні з раніше розглянутими, досягти рівномірного розподілу добрив по лійках довгого каналу невеликого перетину виявилось важко, тому такі сівалки не здобули поширення.

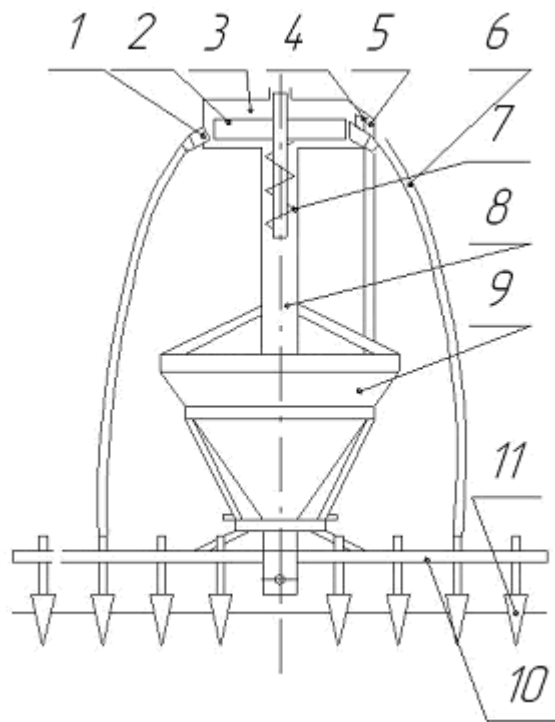


Рис. 1.9. Схема гравітаційної сівалки (ФРН): 1- висівний апарат, 2- крильчатка, 3- корпус, 4- вікно, 5- лоток, 6- канал - трубопровід, 7- шнек, 8- кожух, 9- бункер, 10- брус, II- орган, що засипає.

Серед розподільних пристроїв штангових сівалок особливу увагу приділяють гравітаційним, в яких добрива розподіляються по похилих каналах під впливом сили ваги їх часток. Гравітаційні розподільні пристрої застосовуються лише у відкритому виконанні.

Приводимо схему гравітаційної штангової сівалки (рис. 9), технологічна схема якої розроблена у ФРН [12]. Вона складається з бункера, піднімального шнекового елеватора, розподільної голівки та висівних апаратів. Розподільна голівка являє собою циліндричний кожух з установленою всередині його крильчаткою, яка сполучена зі шнеком елеватора. До циліндричної поверхні радіально прикріплені похилі канали-трубопроводи, у вхідних отворах яких встановлені апарати гравітаційного типу.

Добрива з бункера забираються витками елеватора і піднімаються в розподільну голівку, де захоплюються її крильчаткою та транспортуються

до висівних апаратів, звідки надходять (висіваються) у похилі канали-трубопроводи. Останніми добрива розподіляються по ширині захвату сівалки. Оскільки добрив шнеком подається, як правило, більше, ніж надходить у висівний апарат (продуктивність шнека розрахована на максимальну норму висіву), рівень їх у розподільній головці поступово підвищується, і надлишки по лотку повертаються в бункер.

Гравітаційні штангові сівалки мають просту конструкцію розподільного пристрою (без транспортуючого механізму) і відрізняються невеликою енергоємністю. Виходячи з коефіцієнта тертя добрив, кут нахилу каналів-трубопроводів установлюється не менше 45° , тому для забезпечення заданого захоплення сівалки добрива необхідно піднімати на висоту, рівну половині ширини захвату. У зв'язку з цим потрібно використовувати піднімальний елеватор великої висоти або високо розміщати бункер для добрив, що в обох випадках ускладнює конструкцію, збільшує габаритну висоту сівалки та ускладнює механізоване завантаження добрив. Через це гравітаційні сівалки не здобули широкого поширення і не викликають практичного інтересу до розробки штангових сівалок (особливо широкозахватних) для внесення добрив.

Недоліків гравітаційної сівалки не мають вібраційні штангові сівалки, транспортуючим механізмом яких є вібраційний транспортер — канал розподільного пристрою, що отримує коливальний рух (вібрацію) і дозволяє значно зменшити кут його нахилу. Завдяки вібрації значно підвищується текучість добрив, які не зависають у каналах навіть при повному їх заповненні. Тому вібраційні транспортери можуть застосовуватися як у відкритих, так і в закритих розподільних пристроях.

У США була розроблена технологічна схема вібраційної штангової сівалки з відкритим розподільним пристроєм [13]. Добрива в ній висіваються з бункера і розділяються на декілька потоків, після чого індивідуальними для кожного з них каналами, що вібрують, розподіляються по ширині захоплення.

Перевага вібраційних штангових сівалок полягає в тому, що в каналі

розподільного пристрою немає рухливих частин. Недоліком таких сівалок є підвищена вимогливість до якості добрив і передача вібрації на конструктивні елементи штанги.

За кордоном широко застосовуються високопродуктивні (з шириною захвату від 6 до 12 м і місткістю бункера від 600 до 6000 кг) тукові штангові сівалки з пневматичними, шнековими і стрічковими розподільними пристроями.

Способи внесення добрив визначаються агротехнікою вирощування культур. Залежно від періоду внесення розрізняють три способи внесення добрив: передпосівний, припосівний і післяпосівний (підживлення).

Передпосівний спосіб (також відомий як основний, суцільний або розкидний) застосовується для внесення основної маси туків, всіх меліорантів і органічних добрив. Рівномірно розкидані (розсіяні) по полю добрива при суцільному внесенні загортаються у ґрунт на глибину 10–20 см плугом або культиватором.

Припосівне внесення здійснюється одночасно з посівом. Добрива вносять у ґрунт разом з насінням або поблизу нього.

Залежно від засобів внесення добрив розрізняють суцільний і місцевий розподіл добрив по поверхні поля. При **суцільному розподілі** застосовують розкидний спосіб внесення добрив по поверхні неораного поля перед оранкою, по озимим ранньою весною або по зябі перед передпосівною культивацією. Цей спосіб є найбільш поширеним і використовується при внесенні великих доз (5–50 т/га) органічних добрив. Туки повинні бути рівномірно розкидані по полю та швидко заглиблені в ґрунт оранкою або культивацією, щоб уникнути втрат азоту і їх висихання. Для суцільного розкидного способу внесення добрив використовують тукові розкидні сівалки, розкидачі та розкидачі перегною.

При **місцевому припосівному розподілі** добрив застосовують рядковий або гніздовий способи внесення. У цьому випадку добрива вносяться вузькою смугою на відстані 1,5–2 см від рядка, або насіння і добрива вносяться в один рядок, але між ними створюється ізолюючий прошарок

ґрунту товщиною 1–2 см. Глибина загортання добрив залежить від глибини загортання насіння.

Для рядкового і гніздового припосівного внесення добрив застосовують комбіновані зернотукові сівалки, сівалки для просапних культур, посадкові машини з пристроєм для внесення добрив у ґрунт під час посіву та посадки.

При підживлюванні просапних культур, під час їхнього росту, добрива вносять рядковим способом з одного боку рядка на відстані 1,5–3 см від рядка насіння, з обох сторін рядка або посередині міжряддя. Для підживлювання просапних культур застосовують культиватори-рослинопідживлювачі, комбіновані сівалки та машини для внесення рідких добрив. Для підживлювання озимих зернових і багаторічних трав використовують тукові розкидні сівалки. За несприятливих умов прохідності при підвищеній вологості використовують авіацію.

Для механізації всіх операцій технологічного процесу внесення добрив складають технологічні комплекси. Залежно від виду добрив, відстані до поля та наявного набору машин застосовують прямоточну, перевантажувальну і перевалочну технології внесення добрив.

- При **прямоточній технології** добрива завантажують на складі в розкидач, який транспортує їх до поля і вносить у ґрунт.
- При **перевантажувальній технології** добрива із сховища завантажують у транспортні засоби, вивозять у поле, перевантажують у польовий розкидач і вносять у ґрунт.
- При **перевалочній технології** добрива із сховища вивозять в поле і вивантажують у купи або в пересувні місткості. У встановлені агротехнікою строки добрива з куп завантажують у розкидачі та вносять у ґрунт. Органічні добрива також можна вносити за двофазною технологією, при якій їх вивозять в поле і вкладають у купи, розміщені рядами. Купи розкидаються валкувачем-розкидачем.

Машини для внесення добрив класифікують за такими ознаками:

1. **За призначенням:**

- Для підготовки і навантаження мінеральних добрив;

- Внесення твердих, пиловидних і рідких мінеральних добрив;
- Навантаження твердих і рідких органічних добрив;
- Внесення твердих і рідких добрив.

2. За способом агрегування:

- Самохідні, причіпні, начіпні та напівначіпні.

3. За кількістю виконуваних операцій:

- Машини для внесення добрив і комбіновані агрегати.

Тверді мінеральні добрива вносять за прямою та перекосною технологіями відцентровими розкидачами:

- **МВУ-5** (призначена для поверхневого (суцільного) внесення мінеральних добрив, їх сумішей, вапна та гіпсу);
- **МВУ-16** (призначена для транспортування і поверхневого суцільного внесення вапнякових, гіпсомістких матеріалів і мінеральних добрив);
- **1РМГ-4Б** (призначена для поверхневого внесення всіх видів і форм мінеральних добрив, вапнякових матеріалів та гіпсу);
- Пневматичні розкидачі **СТТ-10** (призначена для внесення мінеральних добрив і їх сумішей з підвищеною рівномірністю розподілу туків по площі);
- **РУМ-5-03** (призначена для основного внесення мінеральних добрив і підживлення зернових культур, вирощуваних за інтенсивною технологією).

Для внутрішньогрунтового локально-стрічкового внесення основних доз мінеральних добрив використовують комбіновану машину **МКП-4**.

2. МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО РОЗРОБКИ ШНЕКОВОГО РОЗСІВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА

2.1. Фізико - механічні й агробіологічні властивості твердих мінеральних добрив.

У сільськогосподарському виробництві добрива класифікують за хімічним складом на органічні та мінеральні. Органічні добрива, як правило, отримують з місцевих джерел, тобто їх виробляють або добувають поблизу фермерських господарств. Мінеральні добрива є продуктом промислової діяльності, їх виготовляють на хімічних заводах, зокрема, це азотні, фосфорні та калійні добрива. Промислові добрива можуть мати різні фізичні форми: порошки, кристали, рідкі розчини або гранули, діаметр яких коливається від 1 до 5 мм.

Всі добрива містять основні елементи живлення рослин, такі як фосфор (P), калій (K), азот (N), а також речовини, що поліпшують фізичні, хімічні та біологічні характеристики ґрунту. Добрива поділяють на мінеральні та органічні, а також використовують хімічні меліоранти для покращення кислих (вапнякові матеріали) та солонцюватих (гіпсові матеріали) ґрунтів.

Мінеральні добрива можуть бути простими, якщо містять один поживний елемент, або складними, коли їхній склад включає два або три поживні елементи. Рідкі мінеральні добрива, що містять кілька поживних елементів, називають комплексними (РКД).

Фізико-механічні характеристики мінеральних добрив в основному залежать від їх вологості. Зміни вмісту вологи впливають на сипучість добрив, їхню здатність до розсіювання, а також на схильність до агрегації та інші властивості.

Основні фізико-механічні властивості мінеральних добрив включають щільність, розмір гранул, сипучість, розсіюваність, злежаність, гігроскопічність, вологість, коефіцієнт тертя ковзання по різних матеріалах, критичну швидкість і схильність до агрегації.

Щільність мінеральних добрив варіюється в межах від 0,6 до 2,0 т/м³, але основні види добрив мають схожі показники: суперфосфат – від 1 до 1,2 т/м³, аміачна селітра – від 0,8 до 1,0 т/м³, хлористий калій та калійні солі – від 0,9 до 1,0 т/м³.

Свіжий рихлий гній має щільність від 0,3 до 0,4 т/м³, ущільнений і напівперепрілий – від 0,5 до 0,8 т/м³, а перегній – 0,8 т/м³.

Розмір гранул звичайно коливається від 1 до 4 мм. Якщо розмір гранул перевищує 4 мм, їхня міцність зменшується, що може призвести до руйнування і ускладнити висів.

Сипучість добрив визначає їх здатність проходити через отвори. Ця властивість характеризується тим, що окремі частки і гранули не пов'язані між собою, окрім сил тертя. Сипучість залежить від вологості добрив і розміру часток. Вища вологість призводить до зниження текучості, що викликає агрегацію і утруднює витікання. При цьому сипучість можна оцінювати кутом природного укосу: порошкоподібні добрива можуть проходити через отвір при куті до 35°, а гранульовані – до 40°.

Багато мінеральних добрив мають низьку сипучість, тому характеристики сипучості не можуть бути повністю оцінені лише за кутом природного укосу, необхідно враховувати також вологість, розмір, форму і стан поверхні часток, а також ступінь неоднорідності часток і об'ємну масу тиску.

Розсіюваність добрив визначає їхню здатність проходити через висівні апарати без створення склепів і зависання. Цей параметр також залежить від вологості та сипучості. Оцінку розсіюваності часто дають за десятибальною шкалою гігроскопічності: чим вищий бал, тим більша гігроскопічність і нижча розсіюваність. Розсіюваність також оцінюють за кутом ϕ природного укосу:

- $\phi < 40^\circ$ – розсіювання рівномірне;
- $\phi = 40 - 45^\circ$ – розсіювання достатньо рівномірне;
- $\phi = 45 - 55^\circ$ – нерівномірне;
- $\phi > 55^\circ$ – розсіювання неможливе для більшості сівалок.

Гранульовані добрива мають найкращу розсіюваність, тоді як розсіюваність порошкоподібних добрив залежить від вологості. Хлористий калій, сільвініт, фосфорна мука та суперфосфат мають хорошу розсіюваність; аміачна селітра і калійна сіль – задовільну; а сульфат амонію і хлористий амоній – погану.

Злежаність – це здатність часток утворювати щільну масу під час зберігання. Вона характеризує фізичний стан зернистих або гранульованих добрив, які схильні до

агрегації. Злежаність залежить від вологості, здатності до кристалізації, температури, висоти шару і умов зберігання. Сильно гігроскопічні добрива зазвичай виготовляють у гранульованій формі або з добавками різних речовин. Перед внесенням у ґрунт злежані добрива подрібнюють і просіюють через решета з отворами від 3 до 5 мм.

Склоподібність добрив – це здатність утворювати агрегації над вихідним отвором, що характеризується коефіцієнтом початкового опору зсуву. Для порошкоподібних добрив цей показник становить 196 - 490 Н/м² (20 - 50 кгс/м²); чим вище цей коефіцієнт, тим міцнішим є склеп. Гранульовані добрива мають меншу схильність до утворення агрегацій.

Гігроскопічність добрив – це їхня здатність поглинати вологу з повітря, оцінювана за дванадцятибальною шкалою. Чим вище бал, тим більша гігроскопічність. За гігроскопічністю добрива ділять на три категорії:

1. Сильно гігроскопічні (нітрофоска, сульфат амонію, аміачна селітра, мочевиною);
2. Середньо гігроскопічні (подвійний суперфосфат, сільвініт, калійна сіль);
3. Слабо гігроскопічні (хлористий калій, суперфосфат).

Вологість добрив (відносна) визначається як відношення маси води, що міститься в добриві, до маси самого добрива, виражена у відсотках. Найвища вологість, за якої добрива ще не втрачають своїх висівних властивостей, становить: для сульфату амонію – до 1 %, для аміачної селітри – до 2 %, гранульованого амофосу – 1,5 %, для фосфоритної муки і калійної солі – до 5 %, для вапнякової муки – до 10 %, для простого суперфосфату – не більше 15 %, для подвійного суперфосфату – 8 %, а для хлористого калію – 3 %.

Коефіцієнт тертя часток добрив по сталі змінюється в межах від 0,47 (для хлористого калію) до 0,6 (для аміачної селітри). По дереву цей показник коливається від 0,5 до 0,58 (для суперфосфату), а по пластикових матеріалах – від 0,42 до 0,5. Варто зазначити, що коефіцієнт тертя гною зростає при збільшенні вмісту соломи, тоді як із підвищенням вологості і питомого тиску цей показник знижується. Середнє значення коефіцієнта тертя гною по металевих поверхнях становить приблизно від 0,85 до 1.

Критична швидкість руху добрив залежить від розміру їх часток і варіює від 3,7 до 11,3 м/с. Добрива мають невелику парусність; наприклад, коефіцієнт парусності крупного суперфосфату становить 0,07, а для дрібного – до 0,73.

2.2. Агротехнічні і експлуатаційні вимоги до машин.

При внесенні добрив слід дотримуватись відповідних агрономічних норм. Перед використанням злежані мінеральні добрива повинні бути подрібнені та просіяні. Максимальний розмір часток після подрібнення не повинен перевищувати 5 мм, а частки розміром до 1 мм можуть складати до 6%. Під час розтарювання втрати добрив в паперовій упаковці не повинні перевищувати 1%, тоді як у поліетиленовій – 0,5%. Кількість шматків упаковки в подрібнених добривах не може перевищувати 3%, а маса паперових і поліетиленових мішків – 0,8%.

При змішуванні добрив вологість вихідних компонентів не повинна відрізнятись від стандартних значень більше ніж на 25%. Відхилення від заданого співвідношення поживних елементів у тукосуміші не допускається більше ніж $\pm 5\%$, а неоднорідність суміші повинна становити не більше $\pm 10\%$. При внесенні мінеральних добрив фактична доза може відхилитись від заданої не більше ніж на $\pm 5\%$, а нерівномірність розподілу добрив по ширині захвату – до 15%. Також не повинні бути допущені необроблені поворотні смуги і пропуски між суміжними проходами агрегату. Інтервал між внесенням добрив та їх закладенням у ґрунт не повинен перевищувати 12 годин.

Що стосується органічних добрив, відхилення фактичної дози від заданої також може становити $\pm 5\%$, тоді як нерівномірність розподілу по ширині розкидання може досягати $\pm 25\%$, а в напрямку руху – до $\pm 10\%$.

Машина для внесення добрив МВУ-5 призначена для поверхневого (суцільного) внесення мінеральних добрив, їх сумішей, вапна та гіпсу. Це напівпричіп, що складається з кузова 1 (див. рис. 1), ходової системи 7, транспортера 2, приводу робочих органів 4, дозувальної заслінки 3, напрямника 5, розсіювальних дисків 6, пневмогальмівної системи та

електрообладнання.

Кузов машини служить основою для закріплення робочих органів і допоміжних елементів. Задня частина має вікно для виходу добрив і напрямні для монтажу дозувальної заслінки. У передній частині кузова є вікно для контролю за процесом розвантаження. Днище кузова перед туконапрямником виконане у формі лотка, що дозволяє уникати пульсацій під час подачі малих доз добрив транспортером.

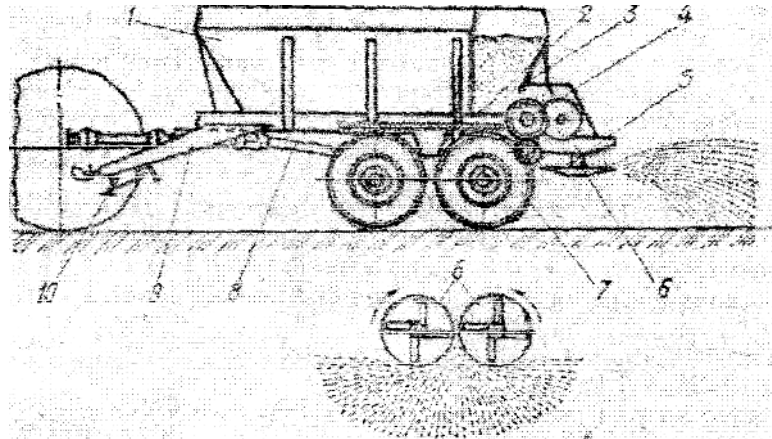


Рис.2.1. Схема роботи машини МВУ - 5 :

1 - кузов; 2 - транспортер; 3 - дозувальна заслінка; 4 - привод робочих органів;
5 – туконапрямник; 6 - розсіювальні диски; 7 - ходова система; 8 - карданний вал; 9 - дишель; 10 - опора.

Транспортер даної машини представляє собою замкнутий безкінечний ланцюг, що складається з окремих прутків та лапок, з'єднаних між собою. Нижня частина лапок має скошення, яке формує гострі кути з днищем кузова і орієнтоване за напрямком руху транспортера, що сприяє активному очищенню напрямних жолобків у днищі кузова. Цей транспортер переносить добрива з кузова до дозувальної заслінки, а звідти — на розсіювальні диски.

Для розкидання туків передбачені два горизонтальні диски з лопатками. Привід робочих органів здійснюється через ВВП трактора та ходове колесо машини. Система включає приводи розсіювального пристрою та транспортера.

Привід розсіювального пристрою надає дискам обертального руху і складається з телескопічного карданного вала, проміжних і приводних валів, двох клинопасових контурів і редукторів. Привід транспортера може бути активований від правого заднього ходового колеса машини або через ВВП трактора. У випадку підключення від правого заднього колеса, використовують приводний вал, що проходить всередині осі колеса. Один кінець цього вала закріплюється у додатковому фланці зі шліцьовою втулкою, що встановлюється на три подовжені шпильки маточини колеса та фіксується трьома гайками. На іншому кінці вала розміщена вилка внутрішньовузлового карданного вала, тоді як інша вилка цього ж вала закріплена на валу редуктора. Редуктор містить зубчасту пару для зміни напрямку обертання і механізм активації транспортера від ходового колеса.

Керування механізмом активації транспортера здійснюється через гідросистему з кабіни. Після редуктора привід транспортера містить три ланцюгові контури і ведучий вал. Передостанній ступінь ланцюгового контуру дозволяє отримати дві швидкості транспортера для внесення мінеральних добрив і вапняних матеріалів, змінюючи положення ланцюга на блоці зірочок.

Для внесення великих доз добрив (понад 5000 кг/га) і розвантаження сипучих матеріалів, конструкція машини дозволяє переобладнати привід транспортера від ВВП трактора, підключаючи блок півмуфт, що складається з труби зі зубчастими дисками. Він фіксується до зубчастої маточини центрального вала трансмісії і вхідного вала центрального редуктора за допомогою ланцюга та захисних ковпаків. Ланцюг зірочок змінних контурів має бути на зовнішніх зірочках з кількістю зубців $z = 12$ і $z = 45$. Півмуфта редуктора привода транспортера від ходового колеса повинна бути відключена гідросистемою трактора.

Ходова система складається з безресорного балансирного візка типу «тандем», що включає два балансири, з'єднані центральною віссю на підшипниках ковзання. Усі ходові колеса обладнані колодковими гальмами з

пневматичним приводом, що підключається до гальмівної магістралі трактора.

Електрична система машини містить два ліхтарі, джгут проводів і штепсельну вилку.

Процес роботи машини відбувається наступним чином: під час пересування по полю, коли машина завантажена добривами і ВВП трактора активований, розсіювальні диски обертаються, а добрива, які подаються транспортером, що активується від правого заднього колеса через дозувальну заслінку і туконапрямник, розподіляються на поверхні ґрунту.

Дозу внесення добрив регулюють шляхом зміни положення дозувальної заслінки на задньому борту кузова та швидкості роботи транспортера, що здійснюється шляхом переміщення ланцюга на блоках із зовнішніми зірочками, з кількістю зубців $z = 12$ і $z = 45$ або $z = 28$ і $z = 33$. Якщо транспортер активується від ВВП трактора, ланцюг змінних контурів повинен знаходитись на зовнішніх зірочках з кількістю зубців 12 і 45; дозу внесення регулюють положенням дозувальної заслінки та швидкістю руху агрегату. Можливі дози внесення мінеральних добрив наведені в таблицях інструкції з експлуатації.

Машина агрегується з тракторами класу 1,4, які мають гідрогак і привод для гальмівної системи. Обслуговування машини виконує тракторист.

Регулювання норми внесення добрив за допомогою машин з дисковими робочими органами виконується згідно з таблицями виробника, які вказують позицію дозувальної заслінки для певних норм. Проте таблиці розроблені для специфічних параметрів: ширини захвату, швидкості роботи машини і об'ємної маси добрив, які можуть відрізнитись у виробничих умовах. У таких випадках табличний показник норми внесення Q_t , кг/га, за яким встановлюють дозувальний пристрій, розраховується за формулою:

$$Q_t = \frac{Q_3 \cdot v_p \cdot B_p \cdot \gamma_p}{v_i \cdot B_i \cdot \gamma_i} \quad (2.1)$$

де Q_3 - задана норма внесення добрив, кг/га; v_p - робоча швидкість агрегату, км/год; v_i - таблична швидкість агрегату, км/год; B_p - дійсна ширина захвату, м; B_i - таблична ширина захвату, м; γ_p - об'ємна маса добрив висівних добрив, кг/дм³; γ_i - об'ємна маса, вказана в таблиці, кг/дм³.

Після встановлення дозувального пристрою машини МВУ-5, згідно з таблицею, проводять експериментальну перевірку норми внесення добрив. Для цього вимикають диски, під дозувальним пристроєм ставлять тару, активують ВВП і протягом 1 хвилини збирають у неї добрива.

Масу добрив q , кг, яка мусить бути висіяна за визначений проміжок часу t , хв., проводять розрахунки за формулою:

$$q = \frac{Q_3 \cdot v_p \cdot B_p \cdot t}{600} \quad (2.2)$$

Для перевірки дійсної норми внесення добрив, у полі в бункер машини будь-якого типу вносять визначену порцію добрив. Після засипання добрив замірюють площу, на якій вони висіяні, і проводять обчислення фактичної норми внесення Q_ϕ , кг/га, за формулою:

$$Q_\phi = \frac{10000 \cdot C_t}{S} \quad (2.3)$$

де C_t - маса зважених добрив, кг; S - засіяна площа, м².

Якщо розбіжність між Q_3 і Q_ϕ велика, то змінюють положення дозувальної заслінки і проводять перевірку повторно.

Також перевірку можна виконувати, порівнявши фактичну довжину

шляху розсіяних добрив з розрахунковою $I_{розр}$, м. Виміряна після розсіву добрив довжина шляху повинна відповідати розрахунковій:

$$l_{розр} = \frac{10000 \cdot C_t}{V_p \cdot Q_3} \quad (2.4)$$

2.3. Обґрунтування конструкції шнекових розсівальних робочих органів.

Врожайність зернових культур, які вирощуються за інтенсивною технологією, значною мірою залежить від якості розподілу мінеральних добрив на поверхні ґрунту, як під час основного внесення, так і при підживленні посівів. Машина, що використовують відцентрові робочі органи для внесення мінеральних добрив, не можуть забезпечити необхідної рівномірності внесення ($\pm 25\%$); в реальних умовах цей показник може досягати $\pm 40-50\%$. Саме тому в таких країнах, як США, Німеччина, Франція та інших розвинених капіталістичних державах, для внесення мінеральних добрив перевагу віддають машинам, обладнаним штанговими робочими органами, конструктивна ширина яких дорівнює робочій ширині захвату (8-18 м)

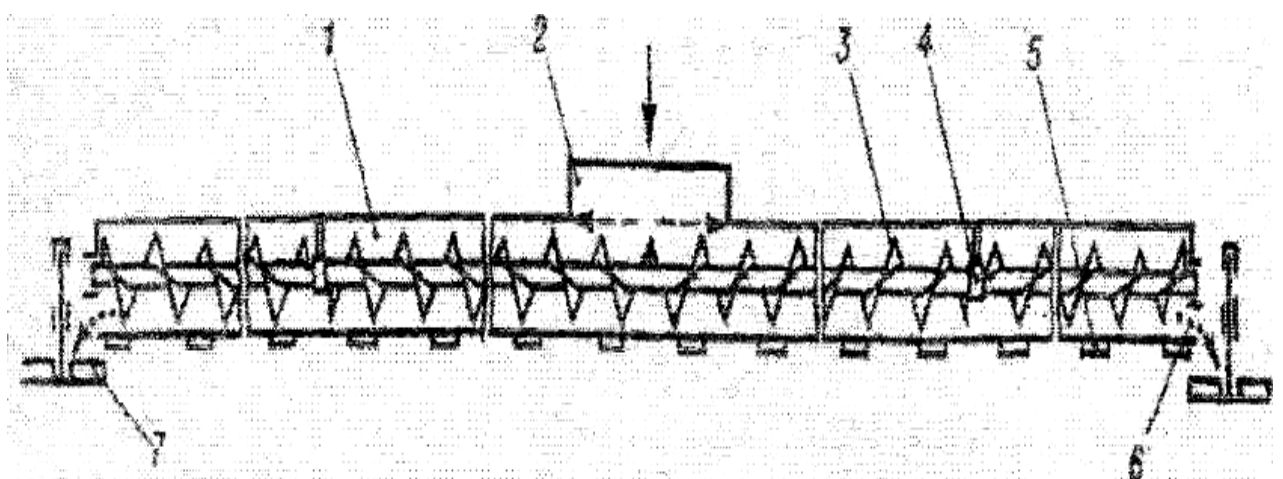
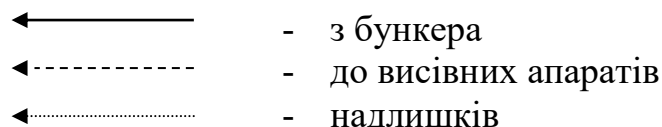


Рис.2.2. Схема шнекової приставки:

1 - жолоб; 2 - завантажувальна горловина; 3 - подавальний гвинт, 4 - проміжна підвісна опора; 5 - висівний апарат; 6 - випускне вікно; 7 -

Подача туків:



На сьогодні тривають роботи зі створення машин цього типу і в нашій країні. Досвід експлуатації першої партії таких машин (РУМ-5-03) продемонстрував, що вони ефективно працювали лише з гранульованими добривами високої якості, що призвело до їх обмеженого застосування в аграрних господарствах. Натомість, набагато простіше вирішити цю проблему шляхом оснащення вже існуючих сільськогосподарських машин шнековими приставками. Технологічна схема такої приставки показана на рис. 1. У процесі її функціонування добрива надходять із бункера через завантажувальну горловину 2 до падаючих гвинтів 3, які рівномірно розподіляють їх по ширині захвату. Основна частина добрив, що транспортується через жолоб 1, висівається за допомогою гравітаційних апаратів 5 відповідно до заданої норми. Невисіяні добрива (включаючи грудки, залишки упаковки та інші сторонні предмети) подаються через вікна 6, де їх висіває додатковий дисковий робочий орган 7.

Якість висіву добрив в приставці значною мірою залежить від умов подачі добрив до апаратів. Гвинт переміщує добрива порційно над висівними апаратами, причому розмір порцій зменшується в міру наближення добрив до периферійних кінців приставки. Під час одного обертання гвинта периферійні апарати контактують з добривами довше, ніж центральні, що викликає недостатню подачу поживних речовин до периферійних висівних апаратів. Цю проблему можна вирішити, створивши запас добрив над ними шляхом збільшення пасивної зони (зазору) між зовнішньою кромкою гвинта та апаратами. Найбільш ефективним рішенням є вирізи на гвинтовій поверхні над кожним висіваючим вікном. Однак така конструкція гвинта

призводить до неоднакової насипної щільності добрив у зоні висівних апаратів після проходження гвинтової поверхні з вирізом через різні умови формування прошарків. Тому добрива в зоні висівних апаратів необхідно розпушувати. Це можна забезпечити конструктивно, встановивши повздовж вирізів на гвинтовій поверхні розпушувальні стрічки, які разом з гвинтом формують стабілізуючі вікна (див. рис. 2.2).

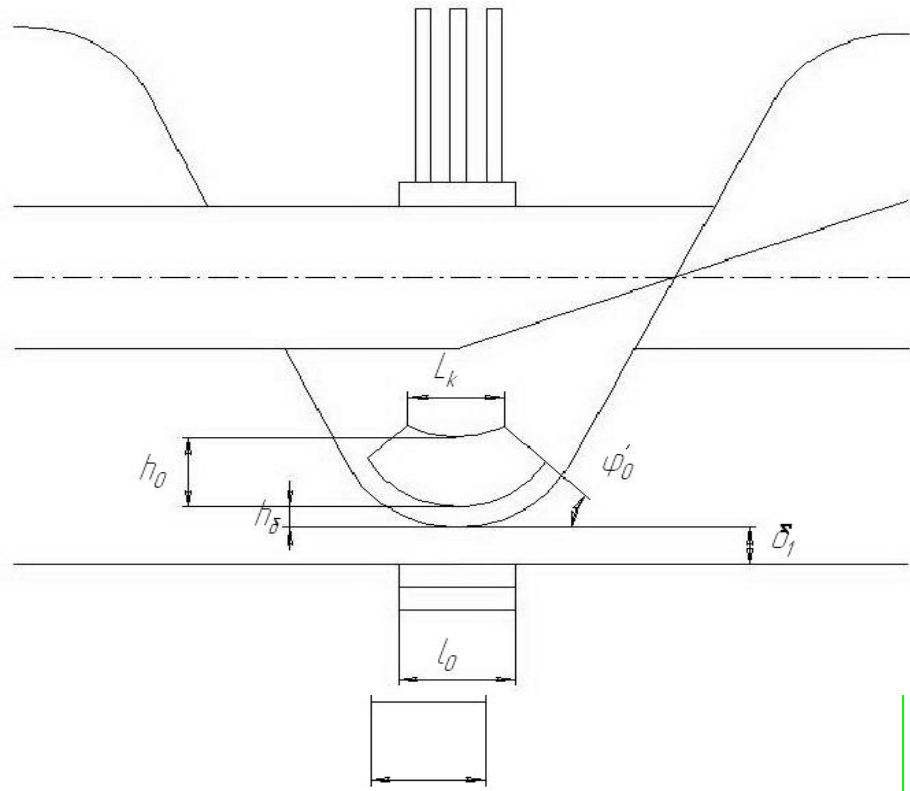


Рис. 2.2. Схема частини приставки в зоні висівного апарату

Ось переформульований текст:

У шнекових приставках подача добрив до висівних апаратів відбувається гравітаційним шляхом через живильні вікна. Для досягнення однакових масових витрат добрив для всіх висівних апаратів необхідно, щоб тиск добрив у жолобі залишався постійним. Це можна забезпечити, ($\sigma_v = \text{const}$), підтримуючи висоту прошарку добрив над апаратами вищою за критичну протягом всього періоду подачі. Тобто висота повинна бути такою, що її подальше збільшення не призводитиме до зростання вертикального тиску σ_v .

Щоб визначити мінімально допустиме значення висоти прошарку

добрив над висівним апаратом H_{\min} , розглянемо елементарний об'єм добрив у формі паралелепіпеда з висотою, обмежений двома горизонтальними площинами. У процесі роботи гвинтові транспортери мають відносно невелику висоту активного прошарку матеріалу, що транспортується в зазорі між зовнішньою кромкою гвинта та дном жолоба. Тому можна вважати, що, працюючи з падаючим гвинтом і стабілізуючими вікнами, його гвинтова поверхня чинитиме незначний горизонтальний тиск у напрямку транспортування добрив, які знаходяться в площині відповідного вікна. Знехтувавши цим горизонтальним тиском, запишемо рівняння рівноваги для виділеного обраного об'єму добрив з висотою dh у вертикальній площині.

$$P = \Delta G - N' - 2f_0(F_{\sigma} + F_{\sigma}') \quad (2.5)$$

де $P = whgy$ - навантаження на верхню грань виділеного паралелепіпеда при малих значеннях h , H ;

ω - проекція площини живильного вікна висіваючого апарату на горизонтальну площину, m^2 ;

h - висота прошарку добрив, m ;

g - прискорення вільного падіння m/c^2 ;

γ - насипна щільність добрив, kg/m^3 ;

$\Delta G = \omega\gamma g dh$ - вага виділеного об'єму добрив, N ;

$N' = \omega(hg\gamma + d\sigma_{\sigma})$ навантаження на нижню грань паралелепіпеду, N ;

$d\sigma_{\sigma}$ - вертикальний тиск виділеного об'єму добрив, N/m^2 ;

$2f_0(F_{\sigma} + F_{\sigma}') = \rho\tau dh$ - тертя, що розвивається по бічній поверхні паралелепіпеда, N ;

f_0 - коефіцієнт внутрішнього тертя добрив;

$\rho = 2(\alpha + l_0)$ - проекція периметра вікна живлення висівного апарату на горизонтальну площину, m ;

α - проекція ширини живильного вікна висівного апарату на горизонтальну

площину, м;

l_0 - його довжина, м;

$\tau = \sigma \cdot f_0 = m' h g f_0 \gamma$ – дотична напруга (3), Н/м ;

σ - горизонтальний тиск, Н/м²;

$m' = 1 + f_0^2$ - коефіцієнт рухливості добрив.

Підставивши значення сил у формулу (2.1) з врахуванням

$$R = \frac{\omega}{\rho}$$

(2.6)

отримаємо:

$$\omega h g \gamma + \omega g \gamma dh - \omega (h g \gamma + d\sigma_B) - m' f_0 \rho g \gamma h dh = 0.$$

Звідси:

$$d\sigma_B = g\gamma \left(1 - \frac{m' \cdot f_0 \cdot h}{R}\right) dh.$$

(2.7)

Визначимо тиск який чинить прошарок добрив на висівний апарат:

$$d\sigma_B = g\gamma \int_0^H \left(1 - \frac{m' \cdot f_0 \cdot h}{R}\right) dh = g\gamma H \cdot \left(1 - \frac{m' \cdot f_0 \cdot h}{R}\right). \quad (2.8)$$

Дослідивши рівняння (2.8) на екстремум, приходимо до висновку, що при

$$H = \frac{R}{m' f_0} \quad (2.9)$$

тиск прошарку добрив на висівний апарат буде максимальним.

Таким чином, у процесі роботи приставки на апаратах постійно повинен

перебувати прошарок добрив, при цьому його висота не повинна бути меншою за мінімально припустиму

$$H_{\min} = \frac{R}{m' f_0} \quad (2.10)$$

Визначимо висоту стабілізуючого вікна подаючого гвинта, яка забезпечить підтримання прошарку добрив над висівним апаратом на рівні не нижче H_{\min} під час роботи системи.

$$h_0 = H_{\min} + H_b - \delta_l \quad (2.11)$$

де H_b - частина висоти стабілізуючого вікна враховуюча роботу висівного апарату, м; δ_l - зазор між гвинтом і висівним апаратом, м.

Після проходження гвинтової поверхні в нижньому положенні над живильним вікном утворюється прошарок добрив висотою $H_{\min} + H_b$ (рис. 2.3)

Об'єм фігури живлення можна прийняти з певними допущеннями

$$V_t = \omega H_b + \frac{H_b^2 \cdot \rho}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0} \quad (2.12)$$

де $\varphi_0 \approx \varphi$ - кут завалення прошарку добрив, град; φ - кут природного укосу добрив у спокої, град.

Значення V_t також можна визарити через подачу туковисівного апарату

$$V_t = \frac{q \cdot T_i}{\gamma} \quad (2.13)$$

де подача висівного апарату, кг/с;

$$q = 10^{-4} t_a V_a Q_f \quad (2.14)$$

t_a - крок установки висівних апаратів, м; V_a - робоча швидкість агрегату, м/с; Q_f - доза внесення добрив, кг/га; T_i - час, протягом якого порція добрив,

що транспортувалась гвинтом, перебуває за межами і-того туковисівного апарату, с.

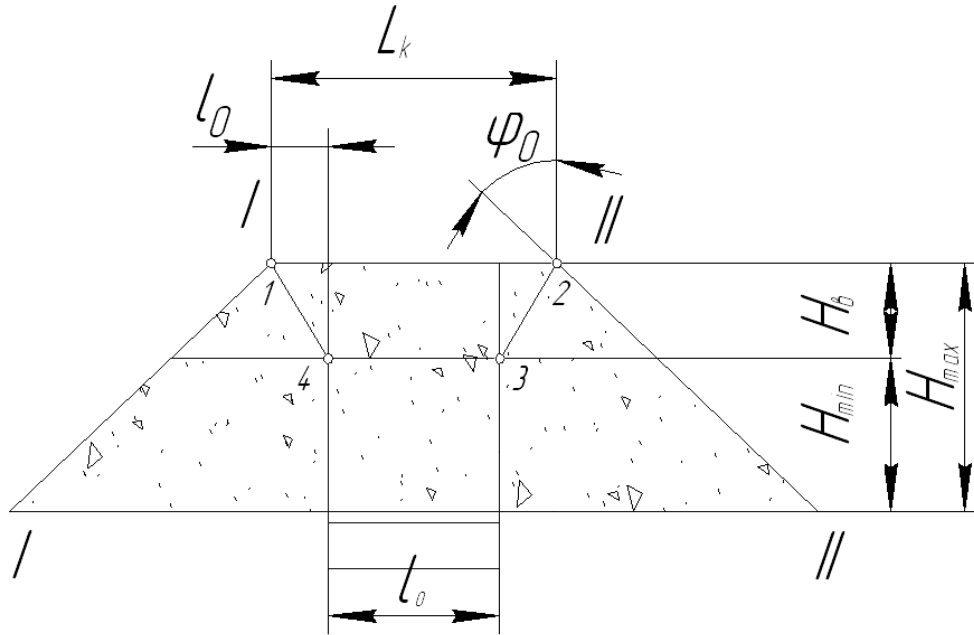


Рис. 2.3. Схема визначення висоти прошарку і довжин проєкції верхньої кромки стабілізуючого вікна

Підставивши значення V_i за формулою (6) у рівняння (4) і розв'язавши його щодо H_b , отримаємо:

$$H_b = \sqrt{f_0^2 \cdot R^2 + \frac{2f_0 \cdot g \cdot T_i}{\gamma + \rho}} - f_0 R \quad (2.15)$$

Значення T_i можна визначити за формулою:

$$T_i = \frac{1}{n} - t_i \quad (2.16)$$

де n - частота обертання гвинта, s^{-1} ; t_i - час, протягом якого переміщується порція добрив знаходиться над і-тим висівним апаратом, с.

Під час наближення порцій добрив від центру приставки до периферії їх об'єм зменшується, що в свою чергу, призводить до зменшення t_i . Над останнім периферійним висівним апаратом гвинт переміщує незначну кількість добрив, тому можна вважати, що $t_i \rightarrow 0$. Таким чином, рівняння

$$T = \frac{1}{n}$$

(2.16) можна записати:

Після підстановки значення останнього у рівняння (2.16) отримаємо:

$$H_B = \sqrt{f_0^2 \cdot R^2 + \frac{2f_0 \cdot g \cdot T_i}{\gamma + \rho}} - f_0 R \quad (2.17)$$

Формула (2.17) після підстановки значень складових за формулами (2.16), і виконання елементарних перетворень, має наступний вигляд:

$$h_B = \sqrt{f_0^2 \cdot R^2 + \frac{2f_0 \cdot t_a \cdot V_a \cdot Q_B}{10^4 \cdot \gamma \rho n}} - f_0 R \quad (2.18)$$

Як видно з рис. 2.3, довжина верхньої грані прошарку добрив, а також довжина проекції верхньої кромки стабілізуючого вікна, L_k рівна: $L_k = l_0 + 2 l_B$,

$$l_B = \frac{H_B}{\operatorname{tg} \varphi_0}$$

$$L_k = 2 \sqrt{R^2 + \frac{2 \cdot t_a \cdot V_a \cdot Q_B}{10^4 \cdot \gamma \rho n}} + l_0 - 2R \quad (2.19)$$

де l_B , - частина довжини верхньої грані прошарку добрива, що виступає за межі живильного вікна, м.

Значення висоти розпушувальної стрічки вибирають в межах $h_l = 2 - 4$ мм.

При значній довжині L_k , для забезпечення жорсткості, розпушувальну стрічку рекомендується додатково закріпити до гвинтової поверхні за допомогою дротових стійок. У рівняння (10), (11) враховуються швидкість

руху агрегату V_a , доза внесення добрив Q_δ та частота обертання подавального гвинта n . Оскільки $n=F(V_a)$ тому, що привід гвинта здійснюється від ходового колеса, і $Q_\delta=A(n)$ тому, що великі дози внесення добрив досягається шляхом збільшення передаточного відношення кінематичних передач приводу. Можна зробити висновок, що співвідношення V_a для конкретної конструкції шнекової приставки для всіх режимів її роботи. Для забезпечення стабільних умов роботи висівних апаратів, незалежно від рельєфу поля, необхідно формувати над апаратами прошарок добрив, кут бічних утворюючих стабілізуючого вікна якого дорівнює:

$$\varphi_0 = \varphi - \alpha_c,$$

де α_c - максимальний кут ухилу поля, град.

Отримані теоретичні залежності добре узгоджуються з результатами експериментальних досліджень. Невелике відхилення експериментальних даних від теоретичних може бути пояснене тим, що під час експериментальних досліджень інтервал зміни висоти h_0 і L_k становив 5 мм, в той час як значення h_0 і L_k , отримані теоретичним шляхом, не завжди були кратними п'яти.

Представлені результати досліджень були використані при розробці шнекових приставок до машин 1РМГ-4 та МВУ-5. Перевірка проводилась як при внесенні основних доз мінеральних добрив, так і при підживлюванні посівів озимих культур, догляд за якими здійснювався по технологічним коліям на відстані 10,5 і 16,2 м.

Іноземні машини «ЦГ 5000» аналогічного класу вносять вітчизняні однокомпонентні добрива з нерівномірністю понад ± 25 %, а їх суміші $\pm 36,5$ %,

Впровадження стабілізуючих вікон у подавальному гвинті в аналогічних конструкціях вітчизняного виробництва (1) дозволило знизити нерівномірність внесення однокомпонентних добрив до ± 12 %, а їх

сумішей до $\pm 18\%$.

3. ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА

3.1 Розрахунок та обґрунтування основних конструктивних параметрів шнекового розсіювального робочого органа

Для розрахунку шнекових розподільно-висіваючих систем вихідними даними є доза внесення добрива, їх насипна щільність, кут укосу, коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя, ширина міжрядь, швидкість її руху та ширина захвату машини.

Розрахунок проходить в такій послідовності:

1. Частота обертання падаючого гвинта:

$$n_{\max} = (0,5 \dots 1) \cdot \frac{v_{a \max}}{L_n}$$

де v_a - швидкість руху агрегату, м/с ; $v_a = 10 \dots 12$ м/с. (3.1)

$L_n = 0,5$ м - Довжина контрольної ділянки поля, з якої здійснюється відбір проб для оцінки нерівномірності висіву добрив.

$$n_{\max} = (0,5 \dots 1) \cdot \frac{10}{0,5} = 20 \text{ с}^{-1}$$

2. Зовнішній діаметр гвинта, що подає:

$$D = \sqrt{\frac{\pi \cdot m \cdot t_a \cdot v_{a \max} \cdot Q_{B \max}}{4 \cdot 10^4 \cdot n_{\max} \cdot \gamma \cdot S \cdot \psi_n}} - d^2$$

де m – кількість туковисівних апаратів встановлених у секції системи між проміжною підвісною опорою і периферією системи ; $m = 28$.

t_a – відстань між установками туковисівних апаратів, м ; $t_a = 150$ мм.

Q_s - доза внесення добрив, кг/га ; $Q_s = 400$ кг/га .

γ - насипна тільність добрив, кг/м³; $\gamma = 800$ кг/м³.

S - крок гвинта, м ;

$\Psi_n < 0,52$ -коефіцієнт подачі шнека, за якого не відбувається розвантаження туків перед проміжним підшипником ;

d - діаметр вала гвинта, м ; d = 48 мм.

$$D = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 28 \cdot 0,15 \cdot 10 \cdot 400 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^4 \cdot 200 \cdot 800 \cdot 0,096,52} - 0,048^2} \approx 0,120 \text{ м}$$

3. Крок гвинтової поверхні:

$$S = \lambda_{ui} \cdot D \quad (3.3)$$

де $\lambda_{ui} = 0,8$ - відносний крок гвинта.

$$S = 0,8 \cdot 0,12 = 0,096 \text{ м.}$$

4. Визначення необхідної подачі надлишків добрив у системах відкритого типу:

$$Q_u = \frac{2 \cdot V_a^2 \cdot Q_c}{V_a^2 + V_p^2} \quad (3.4)$$

де V_a - нерівномірність розподілу добрив туковисівними апаратами, % ;

V_p - нерівномірність висіву добрив розкидаючим органом, % ;

$Q_c = 0,5 \cdot Q$ - подача однієї секції шнека системи, кг/с ;

$$Q = \frac{V_0 \cdot B}{10000} \cdot Q_B = \frac{1 \cdot 12}{10000} \cdot 400 = 0,48 \text{ кг/с}$$

$$Q_u \leq \frac{2 \cdot 15^2 \cdot 0,5 \cdot 0,48}{15^2 + 90^2} = 0,013$$

У системах із гравітаційними висівними апаратами коефіцієнт нерівномірності $V_a \leq 15$ %, тоді як із застосуванням додаткового розкидального органу $V_p = 70 \dots 90\% \dots$

5. Висота стабілізуючих вікон в подавальному гвинті, при застосуванні гравітаційних висівних апаратів :

$$h_0 = \sqrt{f_0^2 \cdot R^2 + \frac{2f_0 \cdot t_a \cdot v_{a\max} \cdot Q_{B\max}}{10^4 \cdot \gamma \cdot \rho \cdot n_{\max}}} + \frac{R(1 - m' \cdot f_0^2)}{m \cdot f_0} - \delta_1 \quad (3.5)$$

де f_0 - коефіцієнт внутрішнього тертя між частками добрив ; $f_0 = 0,67$.

R - гідравлічний радіус горизонтальної проекції подаючого отвору висівного апарата, м ;

ρ - довжина горизонтальної проекції периметра вказаного отвору, м ;

$$m' = 1 + 2 \cdot f_0^2 - 2 \cdot f_0 \cdot \sqrt{1 + f_0^2} \quad \text{- коефіцієнт рухливості.} \quad (3.6)$$

$$m' = 1 + 2 \cdot 0,67^2 - 2 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1 + 0,67^2} = 0,28$$

$$R = \frac{S}{\rho} = \frac{96}{60} = 1,6$$

$$h_0 = \sqrt{0,67^2 \cdot 1,6^2 + \frac{2 \cdot 0,67 \cdot 0,15 \cdot 10 \cdot 400 \cdot 10^4}{10^4 \cdot 800 \cdot 0,06 \cdot 200}} + \frac{1,6(1 - 0,28 \cdot 0,67^2)}{28 \cdot 0,67} - 0,003 = 0,030 \text{ м}$$

6. Кут нахилу бічних утворюючих стабілізуючого вікна і дна жолоба :

$\varphi_0 = \varphi - \alpha_c$, де φ – кут природного укосу добрив у спокійному стані;
 $\text{tg} 33^\circ = 0,67$.

α_c - максимальний кут ухилу поля $- 8^\circ$.

$$\varphi_0 = 33 - 8 = 25^\circ$$

7. При застосуванні гравітаційних висівних апаратів мінімальна висота прошарку добрив дорівнює :

$$H_{\min} = \frac{R}{m' f_0}$$

$$H_{\min} = \frac{1,6}{m' \cdot 0,67} = 8,5 \text{ мм}$$

8. Довжина гнучкого елемента чистика :

$$L_n = \sqrt{(L'_n)^2 + (d'_{min})^2} \quad (3.7)$$

де $L'_n = 0.5 \cdot d + L + \delta_l + \delta_{жс}$ - довжина вертикальної проєкції гнучкого елемента на вертикальній площині, м ;

d'_{min} - розмір гранул добрива, $d'_{min} = 0,2$ мм ;

$L = 0.5 \cdot d + B_k$ - відстань до зовнішньої кромки кронштейну кріплення гнучкого елемента від осі гвинта, м ;

B_k - висота кронштейну, м ; $B_k = 30$ мм ;

δ_l - зазор ; $\delta_l = 3$ мм ;

$\delta_{жс}$ - товщина дна жолоба, м ; $\delta_{жс} = 2$ мм ;

d - діаметр вала шнека, м ; $d = 48$ мм.

$$L = 0,5 \cdot 0,048 + 0,030 = 0,054 \text{ м } L' = 0,5$$

$$L'_n = 0,5 \cdot 0,048 + 0,054 + 0,003 + 0,002 = 0,08 \text{ м}$$

$$L_n = \sqrt{(0.083)^2 + (0.002)^2} = 0.083$$

9. Визначення подачі гравітаційних туковисівних апаратів системи :

$$q = 10^{-4} \cdot t_a \cdot v_a \cdot Q_B$$

(3.8)

де t_a - Відстань між установками туковисівних апаратів, м ;

v_a - робоча швидкість агрегату, м/с ;

Q_B - доза внесення добрив, кг/м³.

$$q = 10^{-4} \cdot 0.21 \cdot 10 \cdot 400 = 0.84 \text{ кг/с}$$

3.2. Енергетичний розрахунок шнекового робочого органу.

1. Потужність, споживана розподільно-висівною системою, дорівнює :

$$N=(N_p + N_a + N_u) \quad (3.9)$$

де N_p – потужність, що витрачається на привід подавального гвинта однієї секції системи, кВт;

N_a - потужність на привід туковисівних апаратів цієї секції, кВт ;

N_u - потужність, витрачена на переміщення (розсів) надлишків добрив після їхнього викиду з жолобу подавального гвинта, кВт.

$$N_p = 0,5 \cdot N'_{yd} \cdot Q_t \cdot L_3 + t_a \{ N'_{yd} (Q_t - 2q) + N'_{yd} [Q_t - (k-1) \cdot q] + N'_{yd} (Q_t - k \cdot q) \}$$

де N'_{yd} - питома потужність подаючого шнека, Вт/кг · м.

$$N'_{yd} = 12.888 + 2.916 + 8.792 \cdot n \cdot \psi_t + 2.601 \cdot \psi_t + 65.288 \cdot \psi_t^2 \text{ кВт/кг} \cdot \text{м.}$$

$$N'_{yd} = 12.888 + 2.916 \cdot 28 + 8.792 \cdot 280 \cdot 0.5 + 2.601 \cdot 0.5 + 65.288 \cdot 0.5^2 = 2.35 \text{ кВт/кг} \cdot \text{м.}$$

L_3 - довжина завантажувальної горловини ;

$$L_3 = (1,2 \dots 1,5) N_p \cdot S = 1.5 - 0.096 = 0.144 \text{ м}$$

ψ_t - коефіцієнт подачі; $\psi_t = 0,2 \dots 0,8$.

$$N_a = (\kappa_2 + \kappa) \cdot N'_a$$

де κ_2 - кількість туковисівних апаратів розміщених в зоні завантажувальної горловини; $\kappa_2 = 2$.

κ - кількість туковисівних апаратів ; $\kappa = 28$

N'_a – потужність, що витрачається на висів добрив за допомогою одного гравітаційного туковисівного апарата; $N'_a = 0$.

$$N_u = 0,5 \cdot N'_{y\partial} \cdot Q_u \cdot B$$

$$N_u = 0,5 \cdot 2,35 \cdot 0,013 \cdot 12 = 1,84 \text{ кВт}$$

де B - ширина захвату машини; $Q = 0,013$

$$N_p = 0,5 \cdot N'_{y\partial} \cdot Q_t \cdot L_3 + t_{a1} \{ N'_{y\partial} (Q_t - 2q) + N'_{y\partial} [Q_t - (k-1) \cdot q] + N'_{y\partial} (Q_t - k \cdot q) \} = 2,73$$

(3.10)

$$N = (N_p + N_a + N_u) = 2,73 + 1,84 = 4,57 \text{ кВт}$$

Для забезпечення надійності конструкції системи, привід слід обирати, виходячи з умов роботи розподільного пристрою та максимальної подачі при відсутності висіву добрив туковисівними апаратами.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Завантаження та вивантаження, приготування розчинів і сумішей, а також внесення добрив і пестицидів виконуються механізовано. Обслуговування машин для хімічного захисту здійснює один тракторист.

Найбільший контакт працюючих з мінеральними добривами має місце під час приготування розчинів, сумішей та виконання операцій з навантаження та розвантаження. Під час робіт з внесення мінеральних добрив пил у робочу зону трактористів майже не потрапляє, за винятком операцій вапнування ґрунту. Порошкоподібні препарати, що застосовуються для цього, при внесенні утворюють значну хмару пилу, яка може оточити трактор при невірно вибраному напрямку руху.

Для зменшення контакту працюючих з токсичними речовинами важливу роль відіграє технічна та технологічна надійність машин. У разі поломок, засмічування форсунок або поганого налаштування апаратури механізатор змушений безпосередньо контактувати з токсичними речовинами. Час і ступінь цього контакту залежать від організації робочих процесів, а також від підготовки та досвіду працюючих. Внаслідок впливу мінеральних і органічних добрив, пестицидів, машини піддаються швидкій корозії, що знижує їхню надійність та призводить до збільшення зусиль на органи керування.

Усі машини оснащені уніфікованими регульовальними та перекриваючими вентилями й засувками, що підвищує безпеку робіт і знижує ймовірність помилкових дій механізаторів. Механізм навіски і зчіпка більшості машин є зручними та безпечними. Переведення машини з транспортного в робоче положення і навпаки не спричиняє труднощів. До експлуатації допускаються лише повністю справні, відрегульовані та перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, зокрема й нові. Причіпні та начіпні машини перевіряють і агрегатують тільки з тим трактором, який зазначений у заводській інструкції.

До роботи з агрегатами допускаються лише фізично здорові механізатори, які пройшли спеціальне навчання (мають посвідчення про

кваліфікацію) та були належним чином проінструковані. Залежно від виду виконуваних робіт, механізатори повинні бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом.

На територію, де працюють агрегати, не допускаються сторонні особи, які не мають відношення до технологічного процесу. Механізовані роботи та рух агрегатів повинні відповідати затвердженим технологіям і маршрутам, розробленим головним агрономом або керівником господарства. Під час руху агрегату забороняється виконувати будь-які регулювання, усувати несправності чи очищати робочі органи. Розрівнювати мінеральні добрива у ящиках дозволяється лише спеціальними дерев'яними лопатками, а очищати – чистиками

Вимоги до транспортування, зберігання і застосування пестицидів та агрохімікатів

Транспортування

Транспортування пестицидів та агрохімікатів має проводитись відповідно до вимог підрозділу 4.5 ДНАОП 0.03-1.12-98 та ГОСТ 19433-88. Не допускається одночасне перевезення агрохімікатів з людьми, харчовими продуктами, питною водою та предметами домашнього вжитку.

Трактори та самохідні машини, що використовуються для транспортування та внесення мінеральних добрив у ґрунт, повинні бути оснащені справними кабінами, які відповідають вимогам ГОСТ 12.2.120-88. Кузов транспортного засобу для перевезення твердих мінеральних добрив має бути чистим і без щілин, а також оснащений брезентом для накриття вантажу. При транспортуванні аміачної селітри транспортний засіб має бути оснащений двома порошковими (ВП-5) та одним вуглекислотним (ВВК-7) вогнегасниками. Доставка пилоподібних мінеральних добрив безпосередньо на поля з подальшим їх внесенням здійснюється транспортом, обладнаним спеціальним устаткуванням для розвантаження. Кузов транспортного засобу повинен бути без щілин і покритий брезентом. Сумісне перевезення аміачної селітри з іншими мінеральними добривами заборонено.

Водій та інші особи під час навантаження мінеральних добрив не повинні знаходитися в кабіні або на підніжках, а також проводити технічний огляд і ремонт транспортного засобу.

Після завершення робіт з перевезення та внесення твердих мінеральних добрив всі робочі органи, ємкості розкидачів та кузови автомобілів повинні бути очищені від залишків добрив і промиті водою. Очищення та миття машин та інвентарю необхідно проводити на спеціально відведених для цього майданчиках

Зберігання

Склади для зберігання мінеральних добрив повинні відповідати типовим проектам, розробленим відповідно до ДБН 13.2.2-7-98, ВНТП 12/-1-89, ВНТП 2/2-89 та ВНТП 12/3-89.

Розміщення виробничих приміщень необхідно погоджувати з органами санітарно-епідеміологічної служби.

Приміщення для зберігання мінеральних добрив мають бути обладнані механізмами для вантажно-розвантажувальних та транспортних робіт, а також засобами пожежогасіння.

Біля складів та інших місць, де проводяться роботи з мінеральними добривами, повинні бути передбачені місця для відпочинку працівників.

Під час зберігання аміачної та натрієвої селітри необхідно дотримуватись протипожежних вимог ДНАОП 0.01-1.01-95. Не дозволяється сумісне зберігання цих добрив з іншими.

Не дозволяється приймати на склади, зберігати та відпускати мінеральні добрива в тарі або агрегатному стані, які не відповідають вимогам державних стандартів та технічним умовам. Також заборонено використовувати тару від мінеральних добрив для зберігання продуктів, фуражу, води та інших матеріалів, навіть після її знешкодження.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимої концентрації, визначеної ГОСТ 12.1.005-88 та санітарно-гігієнічними нормами "Допустимі рівні вмісту пестицидів у

сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водойм, ґрунті та доповненням до них".

Добові запаси мінеральних добрив можуть зберігатися на тимчасових майданчиках, якщо дотримані вимоги охорони навколишнього середовища та збереження їх фізико-хімічних властивостей.

Тимчасові майданчики для зберігання добрових запасів повинні бути розміщені на рівних і утрамбованих ділянках. Тимчасове зберігання мінеральних добрив під час їх внесення у ґрунт дозволяється в спеціально пристосованих приміщеннях при дотриманні вимог для зберігання різних видів добрив і погодженні з санітарно-епідеміологічною службою та пожежним наглядом.

Технологія зберігання мінеральних добрив на складах повинна відповідати вимогам ДНАОП 0.03-1.08-73.

Надходження та видачу мінеральних добрив із складу слід реєструвати у прибутково-видатковому журналі.

Добрива, які надходять на склад у незатареному вигляді (калійні, суперфосфат тощо), зберігаються насипом в окремих засіках. Висота насипу для злежуючих добрив не повинна перевищувати 2 м, а для незлежуючих — 3 м. Затарені добрива повинні зберігатися у штабелях на піддонах, щоб запобігти доступу вологи знизу.

Роботи під час підготовки мінеральних добрив до внесення у ґрунт необхідно проводити за допомогою механізмів, оснащених пристосуванням для зниження пилоутворення. Перебування працівників на складі дозволяється лише під час приймання та видачі препаратів або для виконання спеціальних робіт.

Під час перебування на складі мінеральних добрив забороняється:

- приймання їжі, пиття, паління;
- робота без спецодягу та інших засобів індивідуального захисту ЗІЗ;
- присутність сторонніх осіб, які не беруть участь безпосередньо в роботі на складі.

Застосування

Застосування агрохімікатів повинно регламентуватися відповідними положеннями Закону України "Про пестициди і агрохімікати" та проводитися під наглядом керівника робіт із дотриманням вимог державних і галузевих стандартів, а також ДНАОП 0.03-1.08-73 та ДНАОП 0.03-1.12-98.

Можливі небезпеки та вимоги безпеки під час роботи з пестицидами й агрохімікатами

Отруєння агрохімікатами, що розпорозуються, може статися під час роботи з машинами та апаратурою для захисту рослин і внесення агрохімікатів.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

Перевірте наявність, справність і комплектність засобів індивідуального захисту, для виконання технологічних робіт, визначених нарядом-допуском:

- костюм бавовняний з пилонепроникної тканини;
- гумові рукавиці; .
- захисні окуляри;
- гумові чоботи;
- гумовий фартух .

Упевніться в герметичності кабіни:

- скло не має тріщин та затемнень і забезпечує повний огляд робочих органів агрегату;
- склоочисники переміщуються легко, забезпечуючи повне очищення скла;
- чохли в місцях проходження важелів та педалей не пошкоджені, на підлозі кабіни постелено гумовий килим;
- сидіння та замки дверей справні, надійно фіксуються у відкритому й закритому положеннях.

Огляньте агрегат, звертаючи увагу на справність і герметичність посудини, контрольно-вимірювальних приладів, роботу запобіжного клапана, кріплення насоса-дозатора, розподільників, причіпного пристрою та розпилувачів. За необхідності, очистити їх. У штуцерах, ніпелях шлангових,

трубопровідних та інших з'єднаннях не повинно бути витоків робочих розчинів.

На машинах повинні бути нанесені попереджувальні написи, які інформують про небезпеку роботи без засобів індивідуального захисту.

Вимоги безпеки під час виконання робіт

Не дозволяється перебування на агрегаті та на полі, де проводиться внесення мінеральних добрив, осіб, які не беруть участі у виконанні технологічного процесу.

При засипанні сипучих мінеральних добрив у бункери обов'язково надягайте рукавички, захисні окуляри і протипиловий респіратор, та перебувайте з навітряного боку. Для уникнення необхідності ручного очищення туковисівних апаратів не допускайте заправку бункерів туковисівних апаратів непросіяними та вологими добривами.

При незначних поломках під час роботи машини та апаратури зупиніть роботу і проведіть ремонтні роботи, використовуючи засоби індивідуального захисту. При значних поломках звільніть машину від добрив, знешкодьте її і доставте техніку на пункт ремонту. Після завершення ремонту проведіть перевірку машини в робочому режимі.

Нормативні акти України по охороні праці

1. ДНАОП 0.03-1.08-73: Санітарні правила зберігання, транспортування та застосування мінеральних добрив у сільському господарстві №1049-73. Ці правила регулюють безпечне поводження з добривами, включаючи зберігання та транспортування.

2. ДНАОП 0.03-1.41-87: Санітарні правила обладнання тракторів та сільськогосподарських машин № 4282-87, що включає вимоги до безпеки при використанні техніки для роботи з хімікатами та добривами.

3. ДНАОП 0.05-3.03-81: Типові норми щодо безкоштовної видачі спецодягу та інших засобів індивідуального захисту робітникам. Це стосується забезпечення працівників необхідним обладнанням для безпечної роботи.

4. ДНАОП 0.05-5.01-83: Інструкція щодо забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту, яка допомагає забезпечити безпеку на робочому місці.

5. НАОП 2.2.00-2.02-84 ОСТ 46.3.1.169-84: Застосування твердих та рідких мінеральних добрив. Визначають вимоги до безпеки при роботі з агрохімікатами.

6. НАОП 2.2.00-2.03-85 ОСТ 46.3.1.182-85 Знезараження та зберігання техніки, яка використовується для роботи з пестицидами та мінеральними добривами. Це стосується заходів з очищення та зберігання техніки після використання агрохімікатів.

Небезпечні умови та ситуації при роботі агрегата

Назва виробничого процесу	Небезпечна умова	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація	Можливі наслідки	Заходи по недопущенню нещасного випадку
Внесення твердих мінеральних добрив . Агрегат: МТЗ-80 + МВУ-5 з шнековим дозувальним пристроєм	1. Наявність в повітрі шкідливих речовин 2. Неполадки в регулюванні „включення-виключення” валу відбору потужності 3. Відсутність необхідного контролю за станом с/г машини 4. Наявність сторонніх осіб в зоні обробітку	1. Робота без засобів індивідуального захисту, що є в наявності 2. При налазці працюючий знаходився в зоні дії робочих органів 3. Непроведений контроль за станом с/г машини перед початком роботи 4. Рух агрегату при наявності сторонніх осіб на небезпечній в зоні обробітку	1. Потрапляння отруйних речовин в організм людини 2. Самовклучення ВВП 3. Послаблення кріплення шнекової приставки 4. Наїзд агрегату на людину	1. Отруєння працівника 2. Травмування працівника 3. Травмування сторонніх осіб	1. Провести позаплановий інструктаж 2. Провести відповідне регулювання ВВП 3. Покласти обов’язки щоденного контролю за технічним станом с/г техніки та проведенням ЩТО на бригадира тракторної бригади 4. Обладнати агрегат попереджувальними табличками, обмежити доступ сторонніх осіб до зони обробітку

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

У сільському господарстві машини, що використовуються для внесення добрив, функціонують протягом усього сезону. Вони призначені для розподілу порошкоподібних добрив та вапна. Ширина захвату таких машин може варіюватися, змінюючись до двох разів.

Визначимо економічну ефективність використання машини МВУ-5 на внесенні порошкоподібних добрив.

Базовий агрегат: трактор МТЗ-80 + машина МВУ-5.

Новий агрегат: трактор МТЗ-80 + машина МВУ-5 з шнековим дозуючим пристроєм для внесення твердих мінеральних добрив.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу визначаємо за формулою:

$$W=0,1 \cdot B \cdot V_a \cdot \tau_3 \quad (5.1)$$

Де $B = 8$ м та 12 м - робоча ширина захвату відповідно базового та нового варіантів;

$V_a = 10$ км/год - робоча швидкість агрегату;

$\tau_3 = 0,7$ — коефіцієнт використання часу зміни.

$W_{\bar{c}} = 0,1 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 0,7 = 5,6$ га/год,

$W_n = 0,1 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 0,7 = 8,4$ га/год.

Прямі експлуатаційні затрати в гривнях на одиницю обробленої площі визначаємо за формулою: $U_{num} = Z + A + R_p + \Pi$ (5.2)

де Z - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн/га;

A - затрати на реновацію, грн/га;

R_p - затрати на ремонт і планово технічне обслуговування, грн/га;

Π - затрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га. Заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$z = \frac{r_i}{W} \quad (5.3)$$

де r_I - тарифна ставка тракториста, $r_I = 111$ грн.

$$z_6 = \frac{111}{5,6} = 19.821 \text{ грн/га}$$

$$z_H = \frac{111}{8,4} = 13.214 \text{ грн/га}$$

Затрати на реновацію рівні:

$$A = \frac{B_T \cdot \frac{a_T}{T_m} \cdot T_M + B_M \cdot a_M}{T_M \cdot W}, \quad (5.4)$$

де $B_m = 137000$ грн, $B_M = 60000$ грн і 60437 грн - вартість відповідно трактора та машини серійного та нового варіанту;

$a_m = 0,11$, $a_M = 0,142$ - відрахування на реновацію відповідно трактора та машини;

$T_m = 1350$ год, $T_M = 850$ год - річне навантаження відповідно трактора та машини.

$$A = \frac{137000 \cdot \frac{0,11}{1350} \cdot 850 + 60000 \cdot 0,142}{850 \cdot 5,6} = 3,783 \text{ грн/га};$$

$$A = \frac{137000 \cdot \frac{0,11}{1350} \cdot 850 + 60437 \cdot 0,142}{850 \cdot 8,4} = 2,530 \text{ грн/га}$$

Затрати на капітальний, поточний ремонт і планово-технічне обслуговування агрегату:

$$R_p = \frac{B_T \cdot \frac{P_T}{T_E} \cdot T_M + B_M \cdot P_M}{T_M \cdot W}, \quad (5.5)$$

де $P_T=0,16$, $P_M=0,12$ - Витрати на ремонт та планово-технічне обслуговування тракторів і машин визначаються відповідно до їхнього типу та технічного стану.

$$R_{pb} = \frac{137000 \cdot \frac{0,16}{1350} \cdot 580 + 60000 \cdot 0,12}{850 \cdot 5,6} = 3,491 \text{ грн/га};$$

$$R_{ph} = \frac{137000 \cdot \frac{0,16}{1350} \cdot 580 + 60437 \cdot 0,12}{850 \cdot 8,4} = 2,334 \text{ грн/га}.$$

Затрати на паливо:

$$P = \frac{N_{дв} \cdot q_M \cdot q_T \cdot C_T}{W}, \quad (5.6)$$

де $N_{дв}=80$ к.с. - потужність двигуна трактора МТЗ - 80;

$q_M=55$ грн/кг - ціна комплексного палива;

$q_m=0,092$ кг/к.с год - питома витрата палива;

$C_T=0,8$ - середній коефіцієнт використання потужності.

$$P_б = \frac{80 \cdot 55 \cdot 0,092 \cdot 0,8}{5,6} = 57,82 \text{ грн/га},$$

$$P_h = \frac{80 \cdot 55 \cdot 0,092 \cdot 0,8}{8,4} = 21,44 \text{ грн/га}.$$

Прямі питомі експлуатаційні затрати будуть рівними:

$$U_{нит.б} = 1.696+3.783 +3.491+57.82= 66,79 \text{ грн/га};$$

$$U_{нит.н} = 1.130+2.530+2.334+38.55 = 44,54 \text{ грн/га}.$$

Питомі капіталовкладення по машині визначаємо за формулою:

$$K_{\text{пит}} = \frac{B_T \cdot \frac{T_M}{T_T} + B_M}{T_M \cdot W};$$

$$K_{\text{пит.б}} = \frac{137000 \cdot \frac{850}{1350} + 60000}{850 \cdot 5,6} = 30.726 \text{ грн/га};$$

$$K_{\text{пит.н}} = \frac{137000 \cdot \frac{850}{1350} + 60437}{850 \cdot 8,4} = 20.484 \text{ грн/га.}$$

(5.7)

Приведені затрати визначаємо за формулою:

$$П_{\text{пит}} = E \cdot K_{\text{пит}} + U_{\text{пит}}$$

(5.8)

де $E=0,15$ - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$$П_{\text{пит.б}} = 0,15 \cdot 30.726 + 57.82 = 57.42 \text{ грн/га};$$

$$П_{\text{пит.н}} = 0,15 \cdot 20.484 + 38.55 = 41.62 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект від застосування машини МВУ-5, оснащеної шнековими РРО:

$$E'_p = (П_{\text{пит.б}} - П_{\text{пит.н}}) \cdot W_H \cdot T_M$$

(5.9)

$$E'_p = (57.42 - 41.62) \cdot 8,4 \cdot 850 = 112812 \text{ грн.}$$

Дані розрахунку заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники машин МВУ-5 з відцентровими та шнековим пристроєм для внесення твердих мінеральних добрив на внесенні гранульованих добрив.

Показники	МВУ-5 з відцентровим РРО	МВУ-5 з шнековим дозуючим пристроєм
Ширина захвату, м	8	12
Швидкість руху агрегату, км/год	10	10
Середня продуктивність, га, за годину змінного часу	5,6	8,4
Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	66,79	44,54
Капіталовкладення, грн/га	30.726	20.484
Приведені затрати, грн/га	57,42	41,62
Річний економічний ефект від застосування нової МВУ-5 порівняно з серійною машиною, грн	-	112812

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Шнекові розсіювальні робочі органи машин для внесення добрив менш вимогливі до якості туків порівняно з іншими типами робочих органів, оскільки шнек руйнує грудки добрив. Окрім того, такі органи добре інтегруються в технологічну схему відцентрового розкидача, що робить доцільним виготовлення шнекової висіваюче-розподільної системи як змінного агрегату (приставки) до відцентрового розкидача.

Економічно доцільніше не створювати нову конструкцію розподільно-висівної системи для мінеральних добрив, а розробити приставку до вже наявних типів машин. Устаткування серійних машин для поверхневого внесення добрив шнековими приставками дозволяє зменшити нерівномірність розподілу однокомпонентних добрив та їх сумішей. Виготовлення стабілізуючих вікон на гвинтовій поверхні усуває пульсуючий характер внесення добрив і забезпечує належне живлення периферійних висівних органів.

Сьогодні широко використовуються високопродуктивні тукові штангові сівалки з шнековими розподільними пристроями, які мають ширину захвату від 9 до 22 м і ємність бункера від 900 до 9000 кг.

Річний економічний ефект від використання машини МВУ-5, оснащеної шнековими розсівальними робочими органами, складає 112812,00 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха.- ННЦ „ІМЕСГ” , -2002. Вип. 86.- с. 90-99.
2. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хімеліорантів //Техніка АПК.- 2000.-№3.- С.10-12.
3. Онищенко В.Б. „Обоснование процесса работы и параметров пневмоцентробежных рассеивающих рабочих органов машин для внесения твердых минеральных удобрений” – Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Киев, 1995 р. – 178 с.
 4. Городній Н.М. „Система применения удобрений” – К: Вища школа, 1979 р. – 168 с.
5. Хоменко М.С. „Исследование технологического процесса рассева минеральных удобрений центробежными аппаратами” – ТиС, – 1960 р. – 31...33 с.
6. Войтюк Д.Г.; Гаврилюк Г.Р." Сільськогосподарські машини ", -К.: Урожай, 1994 - 448 с.
7. Ревенко І.І.; Кукта Г.М. " Механізація виробництва продукції тваринництва ", - К.: Урожай, 1994 - 264 с.
8. Ревенко І.І.; Манько В.М. " Посібник - практикум з механізації виробництва продукції тваринництва ", - К.:Урожай, 1994 - 286 с.
9. Лехман С.Д." Охорона праці", - К.: Урожай, 1994.
10. Лехман С.Д. " Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві", - К.: Урожай, 1993.
- 11.Свирская Т.А., Кузьмина Т.И. „Тенденции развития техники для поверхностного внесения минеральных удобрений: обзорная информация” – М: ЦНИИТЭИ Тракторсельмаш, – 1986 р.
12. Механизация и злектрификация сельского хозяйства, выпуск 72, - К.: Урожай, 1990.

13. Журнал " Сельское хозяйство за рубежом ", - К., 1982, №5-стр. 2-12.
10. Журнал " Сельское хозяйство за рубежом ", - К., 1984, № 6 -стр. 6-11.
11. Cahtch Horst. Dunge-und Pflanzenschutztechnik.-Grundiagen Landtechn, 1972,22, N 5, S.135-136.
12. Neur Crobraum-Bandstreuer mit Zwansausbringung leistet exakte Streuarbeit.-Lochnunternehmen in Land-und Farawitschaft, 1973,28,N 4, S.190-191.
- 13.Pat. 1557930(BRD). Landwirtschaftlishe sum gleichmabigen verteiten ven seatgut und Dungemittel./ Amazonen-Werke H. Dreyer.-11.04.74.
- 14.Spingies Werner. Genau streunen sie alle ... aber in der Technik und vor allem beim preis gigt es noch betrachtliche Unterschiede.-Top.agr.1978< N 3, S.84...86,88.

ДОДАТКИ

УДК 631.17+62-52-631.3

*XI Міжнародна науково-практична конференція «Крамаровські читання»
лютий 2024р.*

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

Онищенко В. Б., Місан Ю. І., Адамчук О. В. Стор.302 - 303

**Обґрунтування шнекових робочих органів машин для
внесення твердих мінеральних добрив**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

01.01.МР 193 “З” 03.03.20.08

Місан Юрій Ілліч
2024

**Обґрунтування шнекових робочих органів машин для
внесення твердих мінеральних добрив**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

01.01.МР 193 “З” 03.03.20.08

Місан Юрій Ілліч
2024

