

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування озимої пшениці з вдосконаленням конструкції
зернотукової сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи АІ-24МЗ

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Івко Костянтин Юрійович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Руслан КІСІЛЬОВ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

професор, докт. техн. наук

_____ Віктор АУЛІН

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

ЗМІСТ

Стор.

1. Вступ.....	
2. Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень.....	
3. Наукова частина.....	
4. Практична реалізація результатів досліджень.....	
5. Охорона праці.....	
6. Загальні висновки.....	
Список використаних джерел.....	
Додатки	

1. ВСТУП

Виробництво високоякісного та доступного пшеничного зерна можливе лише за умови комплексної механізації основних агротехнічних операцій: обробітку ґрунту, внесення добрив, посіву, догляду за рослинами та захисту їх від шкідників і хвороб, а також збирання врожаю.

Нині ці процеси повністю механізовані, для їх виконання використовується широкий спектр сучасної сільськогосподарської техніки. Важливим напрямом підвищення ефективності агровиробництва є впровадження інноваційних технологічних процесів, технічних рішень та організаційних заходів, спрямованих на раціональне використання прогресивних машин і робочих органів.

Сучасні посівні машини не завжди повною мірою відповідають вимогам щодо якості сівби, продуктивності та універсальності, що зумовлює необхідність постійного вдосконалення як технології висіву зернових культур, так і конструкцій зернових сівалок.

Якісний показник, тобто рівномірний розподіл насіння за глибиною має вагомий вплив на майбутню врожайність. Втрати врожаю, спричинені нерівномірним загортанням насіння, можуть досягати 10-12%. Це свідчить про наявність резервів підвищення продуктивності зернових культур, які можна реалізувати шляхом поліпшення рівномірності укладання насіння в ґрунт.

Проведений аналіз показав, що однією з причин невідповідності агротехнічним вимогам під час висіву є те, що дводискові сошники під час обертання часто виносять частину насіння на поверхню, розміщуючи його на різних горизонтах борозни аж до самого верху, а це, в свою чергу, погіршує дружність сходів. У зв'язку з цим розробка конструкції сошника, здатного забезпечити рівномірне загортання насіння на задану глибину та укладання його на ущільнене дно борозни шляхом встановлення спеціальної п'яти між дисками, є актуальним завданням як у науковому, так і у практичному аспекті.

З огляду на важливу роль пшениці в зерновому балансі країни, у даній магістерській роботі розглянуто питання механізації процесу вирощування озимої пшениці із модернізацією сівалки СЗ-3,6А, зокрема її робочих органів -

дводискових сошників. Метою вдосконалення є поліпшення рівномірності загортання насіння за глибиною та забезпечення його потрапляння у вологі шари ґрунту, що створює передумови для підвищення врожайності.

Обрана тема є актуальною та повністю відповідає сучасним потребам і запитам сільськогосподарського виробництва.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Технологія вирощування зернових культур

Питання розроблення раціональної технології вирощування озимих культур набуває особливої актуальності напередодні осінньої посівної кампанії. Відомо, що сортові та насінневі якості, а також врожайний потенціал зерна значною мірою залежать від дотримання агротехнічних вимог на насінницьких ділянках. Для отримання здорових і повноцінно розвинених материнських рослин, що формують якісне насіння, необхідне суворе виконання визначених агротехнічних заходів.

До таких заходів належать правильний вибір попередника, відповідний обробіток ґрунту з урахуванням його стану та погодних умов, застосування збалансованої системи живлення, а також ретельна організація догляду за посівами зернових культур. Важливе значення має своєчасне виконання всіх технологічних операцій із використанням оптимально підібраного комплексу машин та знарядь.

Нижче подано характеристику основних етапів і технологічних операцій вирощування озимої пшениці з акцентом на ключових аспектах технологічного процесу.

Лущення стерні

Операція-лущення є важливим агротехнічним прийомом, від своєчасності виконання якої значною мірою залежить збереження вологи та якості подальшого обробітку ґрунту. В процесі вегетації рослини формують захисний шар, що перешкоджає перегріванню ґрунту, проте пожнивні рештки, навіть добре подрібнені та рівномірно розподілені по поверхні, не завжди здатні створити повноцінний ізоляційний покрив.

Також протягом періоду вегетації в ґрунті формується система капілярів, через які волога переміщується з глибших горизонтів до поверхні, де досить інтенсивно випаровується. Коренева система рослин також сприяє цьому процесу, підтягуючи вологу у верхні шари. Навіть після збирання культури, як правило

корені та залишки стерні, що повністю пронизані капілярами, продовжують транспортувати значну кількість води до поверхні.

Технологічно лушення виконують на глибину до 18 см із застосуванням лемішних або дискових луцильників. Вибір відповідного агрегату визначається типом ґрунту та його фізико-механічними властивостями, а також рівнем вологості й кількістю поживних решток на полі..

Оранка

Технологічна операція - оранка є досить важливою за використання чорного пару, особливо коли по всій площі поля є можливість внесення органічних добрив у рекомендованих нормах. Здійснювати її необхідно не пізніше ніж за 25 днів до сівби озимих культур і не пізніше 10-12 днів після проведення лушення стерні.

Оскільки оптимальна глибина висіву озимої пшениці становить близько 2-3 см, застосування традиційної оранки для підготовки ґрунту під посів у сучасних умовах не є економічно доцільним. Натомість ефективною альтернативою виступає мілке лушення або дискування на глибину до 10 см. Такий підхід сприяє проростанню падалиці та забезпечує краще збереження ґрунтової вологи.

Дослідження, проведені в Одеському інституті агропромислового виробництва України, свідчать, що полицевий і безполицевий обробіток ґрунту на глибину 25-30 см не забезпечують істотних переваг порівняно з обробітком на значно меншу глибину у процесі підготовки пару: урожайність озимої пшениці залишається практично на одному рівні під час застосування як мілкового, так і глибокого обробітку.

Водночас експериментальні дані вказують на переваги безполицевого плоскорізного обробітку, який забезпечив вищу врожайність озимої пшениці порівняно з використанням полицевої оранки. З огляду на наявні суперечності у висновках різних науковців, виникає потреба подальших досліджень, спрямованих на визначення ефективності різних способів і систем основного обробітку ґрунту.

Передпосівний обробіток ґрунту

Цей процес активно впливає на глибину загортання насіння, забезпечує формування рівномірних і дружніх сходів, а також сприяє подальшому розвитку рослин, що є необхідною умовою для досягнення високої продуктивності. Після проходження агрегату поверхня ґрунту повинна бути добре вирівняною, а висота гребенів, утворених робочими органами (культиваторними лапами, зубовими бородами тощо), має відповідати агротехнічним нормам і не перевищувати 2-3 см.

Передпосівний обробіток ґрунту та сівбу зазвичай поєднують у єдиний технологічний цикл. Розрив у часі між цими операціями бажано обмежувати 0,5-2 годинами, оскільки зі збільшення цього проміжку верхній шар ґрунту інтенсивно втрачає вологу, що може негативно позначитися на проростанні насіння, розміщеного в сформованому посівному ложі. Для якісного виконання поверхневого обробітку агрегат рухається під певним кутом до напрямку сівби, а робочі органи налаштовують на глибину, що перевищує глибину ходу сошників сівалки на 2-3 см. При цьому допустиме відхилення від заданої глибини не повинно перевищувати 0,5 см.

У сучасному виробництві широко застосовують ґрунтообробні агрегати вітчизняного виробництва, такі як РВК-3,6, РВК-5,4, РВК-7,2 та інші. Крім того, український ринок активно поповнюється іноземними аналогами. Серед найпоширеніших - комбіновані агрегати провідних виробників: Компактор («Lemken»), Європак («BBG»), Європак 6000 (KLEINE), Термінатор (Kongskilde), Мультитилер та інші.

Робочі органи цих машин формують ущільнений прошарок (підшву), який забезпечує надійний контакт насіння з ґрунтом. Водночас у верхніх горизонтах утворюється система капілярів, що сприяє циркуляції вологи та тепла - ключових чинників для успішного проростання та подальшого розвитку рослин.

Операція сівби

Вона належить до ключових агротехнічних заходів. Її виконання для озимих зернових передбачено в період від початку другої декади вересня до першої декади жовтня. Сівба визначає ефективність подальших робіт і має проводитися у відповідності до технологічної карти вирощування озимої пшениці та інших

зернових культур. У ній зазначають строки виконання операцій, спосіб сівби, вимоги до підготовки посівного матеріалу, а також встановлюють норму висіву та глибину ходу сошників. Оптимальним періодом для сівби є час, коли середньодобова температура становить 15-16 °С, що забезпечує тривалість осінньої вегетації на рівні 40-45 днів.

Для формування дружних і рівномірних сходів озимої пшениці необхідно забезпечити достатній запас продуктивної вологи в ґрунті. За результатами численних досліджень встановлено, що на момент сівби її кількість має становити близько 10 мм, у фазі трьох листків - 20 мм, а у фазі кущення - близько 30 мм. У посушливі роки строки сівби доцільно частково зміщувати на пізніший період.

Важливо також враховувати попередники та вносити корективи до строків сівби. Після менш сприятливих попередників посів проводять у першій половині рекомендованого періоду, тоді як після стерньових попередників - ближче до пізніх строків. Такий підхід допомагає зменшити ризик ураження рослин шкідниками та хворобами.

Згідно з агротехнічними рекомендаціями, строки сівби озимої пшениці в регіонах України розподіляються таким чином:

- західний Лісостеп - 15-30 вересня;
- східний Лісостеп - 10-20 вересня;
- центральний регіон та Північний Лісостеп – 15-30 вересня;
- Полісся - 10-25 вересня;
- Степова зона - 15-25 вересня;
- Південний Степ - 20-30 вересня.

На норму висіву озимої пшениці впливає низка чинників, серед яких сорт культури, бажана густина стояння рослин, регіон вирощування, дотримання агротехнічних строків та якість сформованого посівного ложа, що забезпечує надійний контакт насіння з ґрунтом. Практичні рекомендації свідчать, що оптимальна норма висіву становить у середньому 4,0-5,0 млн. зернин на гектар, хоча залежно від сортових особливостей можливі незначні коригування в більший чи менший бік.

Глибина загортання насіння є одним із визначальних факторів успішного вирощування озимої пшениці. Після проведення передпосівної культивації, що сприяє збереженню продуктивної вологи, оптимальною вважається глибина 3-4 см. За таких умов вузол кушіння формується на рівні 2-3 см, що забезпечує добру перезимівлю рослин.

У разі зміщення строків сівби на пізніший період дослідження доводять доцільність зменшення глибини загортання. Якщо ж у посівному шарі недостатньо вологи, навпаки, рекомендується дещо збільшити глибину, щоб забезпечити кращий контакт насіння з вологим ґрунтом.

Пізнні строки сівби та хімічна обробка насіння інколи спричиняють ретардантний ефект, який уповільнює початковий ріст рослин. У таких випадках глибину загортання доцільно зменшити до 2,5-3,0 см, одночасно підвищивши норму висіву. Такий підхід є характерною особливістю технології пізньої сівби озимої пшениці.

Прикочування посівів зернових культур

Висока вологість ґрунту, яка зазвичай спостерігається ранньою весною або після опадів, створює сприятливі умови для проведення сівби з одночасним прикочуванням. Такий агротехнічний прийом забезпечує кращий контакт насіння з ґрунтом, що значно підвищує ймовірність отримання дружних і рівномірних сходів порівняно із сівбою без прикочування.

Як зазначалося раніше, для забезпечення успішного проростання зерна важливо висівати його на оптимальну глибину в ущільнене посівне ложе, яке додатково ущільнюється котками. При цьому між котками повинні залишатися невеликі смужки розпушеного ґрунту, що покращує умови для проростання молодих рослин. Дотримання такої технології дозволяє збільшити відсоток пророслого насіння на 10-15 %.

Сучасні посівні агрегати провідних виробників оснащуються змінними котками, що дає змогу адаптувати техніку до різних кліматичних та ґрунтових умов. Котки відрізняються конструкцією, матеріалом виготовлення та розмірами: діаметр зазвичай становить 200-300 мм, а ширина - 60-200 мм. Дослідження

свідчать, що циліндричні котки ефективно ущільнюють ґрунт, формуючи оптимальне середовище для проростання. Нормативна щільність ґрунту після прикочування становить близько $0,9 \text{ г/см}^3$, а при використанні циліндричних котків може сягати $1,3 \text{ г/см}^3$. Встановлено, що парні конусні котки також забезпечують високий рівень ущільнення, сприяючи отриманню польової схожості, близької до лабораторної.

Таким чином, використання котків, встановлених безпосередньо на сівалках, забезпечує якісне ущільнення ґрунту навколо насіння, що дозволяє відмовитися від додаткового коткування та підвищує ефективність виконання польових робіт.

Внесення добрив

Живлення озимої пшениці є складним і відповідальним процесом, який потребує точного дотримання балансу поживних речовин, щоб запобігти їх нестачі або надлишку. Протягом усього періоду вегетації культура потребує регулярного забезпечення елементами живлення, адже ґрунт рідко містить їх у потрібних кількостях. Для формування 1 тони врожаю озимої пшениці необхідно внести орієнтовно:

Азоту - близько 25-35 кг,

Калію - близько 20-25 кг,

Фосфору - в межах 10-15 кг,

Кальцію - близько 5 кг,

Магнію та сірки - по 5 кг.

Мікроелементи:

Залізо близько 0,25 кг,

Марганець - 0,008 кг,

Цинк - 0,055 кг,

Мідь і бор - по 0,008 кг.

Зазначені норми є орієнтовними та можуть змінюватися залежно від складу ґрунту, погодних умов і біологічних особливостей конкретного сорту пшениці.

Основні терміни підживлення:

Осінній період - протягом першого місяця після сівби для стимулювання розвитку кореневої системи та формування вузла кущіння.

Весняний період - у фазу активного росту, коли рослини потребують підвищеного надходження азоту та мікроелементів.

Період формування колосу - для поліпшення якості зерна та забезпечення високого рівня врожайності.

Існує два основні способи внесення добрив: листкове (позакореневе) підживлення та кореневе підживлення. Крім того, добрива класифікують за хімічним складом, що визначає особливості їх використання та ефективність. Нижче наведено характеристику методів та специфіку застосування окремих видів добрив.

Кореневе внесення добрив проводять під час передпосівної культивуації або безпосередньо в ґрунт. На цьому етапі доцільно вносити повну норму фосфорних і калійних добрив, переважно восени. Весняне внесення цих елементів є менш ефективним, оскільки на пізніших фазах розвитку рослини погано їх засвоюють.

Фосфор і калій відіграють особливо важливу роль на ранніх етапах розвитку озимої пшениці. Вони сприяють формуванню потужної кореневої системи, активному кущенню, підвищують морозостійкість і загальну стійкість рослин до несприятливих умов.

Листкове (позакореневе) підживлення:

Листкове підживлення проводять у період активного росту культури, коли потрібно оперативно забезпечити рослини мікроелементами.

Такий спосіб внесення особливо ефективний для швидкого усунення дефіциту азоту, магнію та інших мікроелементів, оскільки поживні речовини надходять безпосередньо через листову поверхню.

Азотне підживлення:

Азот є одним із ключових елементів живлення, який істотно впливає на приріст урожайності та якість зерна. Він стимулює розвиток кореневої системи, посилює ріст вегетативної маси й залишається важливим протягом усього періоду вегетації.

Для досягнення найкращого результату азотні добрива вносять як на початкових фазах розвитку рослин, так і під час активного весняного росту.

Мінеральні добрива, внесені в ґрунт перед сівбою, є важливою складовою технології вирощування озимої пшениці. Вони створюють оптимальні умови для стартового росту культури, сприяють формуванню міцної кореневої системи та забезпечують успішне проходження зимового періоду. Особливості внесення добрив:

Передпосівне внесення добрив здійснюють під час культивуації або боронування за умови достатнього зволоження ґрунту. На цьому етапі використовують складні мінеральні добрива або тукові суміші, які забезпечують культуру необхідними поживними речовинами для стартового росту та розвитку.

Добрива, що вносяться безпосередньо в посівний рядок, сприяють формуванню потужної кореневої системи та забезпечують дружні сходи, що є критично важливим для успішної перезимівлі. Основну увагу приділяють фосфору, адже він відіграє ключову роль у проростанні та ранньому розвитку рослин.

Основне завдання осіннього підживлення - підготувати рослини до зимового періоду. Проте воно лише частково компенсує дефіцит поживних елементів. Особливо важливо дотримуватися оптимальних норм фосфорних добрив (23-37 кг/т залежно від стану ґрунту), оскільки їх надлишок може негативно позначитися на білковому складі зерна та вмісті клейковини.

Калій, внесений восени, сприяє підвищенню морозостійкості озимої пшениці та зміцненню імунітету рослин до різних захворювань. Водночас надмірне його застосування може погіршувати засвоєння інших важливих елементів, зокрема кальцію та магнію.

Раціональне та своєчасне внесення добрив на цих етапах забезпечує гармонійний розвиток озимої пшениці, формування міцних рослин і отримання високоякісного врожаю. Фахівці наголошують, що восени недоцільно застосовувати позакореневе підживлення азотом для озимих культур. У цей період частка азотних добрив повинна становити не більше 8% від загальної

річної норми - це мінімальна кількість, необхідна для підтримання розвитку рослин. Надмірне внесення азоту восени може спричинити надмірний вегетативний ріст, що знижує морозостійкість озимої пшениці та збільшує ризик ураження шкідниками.

Позакореневе підживлення озимої пшениці відіграє важливу роль у міжфазні періоди, коли потрібно швидко забезпечити рослини збалансованим комплексом макро- та мікроелементів. Нестача або надлишок поживних речовин негативно позначається на розвитку та продуктивності культури. Тільки збалансоване осіннє підживлення здатне забезпечити успішну перезимівлю та отримання стабільного врожаю.

Навесні озима пшениця має найбільшу потребу в азотних добривах, оскільки саме в цей період формуються колоски. Рекомендована норма азоту зазвичай становить 30-36 кг/га, проте універсальних доз слід уникати. Потребу в добривах необхідно коригувати з урахуванням фактичного стану посівів, родючості ґрунту та погодних умов.

Щодо форми азоту, нітратна забезпечує швидкий ефект, тоді як амонійна діє довше, формуючи так званій «повільний» або «довгий» азот. Водночас ефективність кожної форми може відрізнятись залежно від конкретного поля, що потрібно враховувати під час планування схем підживлення.

У період від початку колосіння до наливу зерна озима пшениця має підвищену потребу в азоті. Додаткове азотне підживлення в цей час активізує процеси фотосинтезу та сприяє формуванню повноцінної й якісної зернової маси. Чим пізніше вноситься азот у зазначений період, тим меншим є його вплив на врожайність, але тим більшою - його роль у поліпшенні якісних показників зерна. Орієнтовна норма внесення становить 30-60 кг/га, однак остаточне рішення бажано приймати за результатами листової діагностики, яка визначає фактичну потребу рослин в азоті.

Серед інших важливих елементів живлення слід відзначити мікроелементи - марганець, мідь, бор і цинк. Вони покращують обмін речовин, стимулюють розвиток рослин та сприяють підвищенню якості зерна.

Практика позакореневого внесення азотних добрив підтверджує ефективність застосування карбаміду. Його доза залежить від фази розвитку культури та загального стану посівів. Щоб уникнути опіків листової поверхні, рекомендовано використовувати добрива на основі сульфату магнію, наприклад Wonder Leaf MgS 25-50. Вони покращують засвоєння азоту та оптимізують процес фотосинтезу.

Мікродобрива, що засвоюються через листову поверхню, мають вищу ефективність порівняно з корневим внесенням, оскільки забезпечують швидкий та спрямований вплив на фізіологічний стан рослин.

Показники, що характеризують кількість внесення основних хімічних розчинів в різні періоди розвитку рослин та наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Характерні норми внесення розчинів у фази розвитку пшениці.

Фаза розвитку	Кількість карбаміду в робочому розчині, кг/250л води	Кількість сульфату магнію Wonder Leaf MgS 25-50, кг/250л води
Кущення	15	6
Вихід в трубку	10	4
Колосіння	5-7	3-4
Цвітіння	Не рекомендується	
Молочна стиглість	5-7	3-4

Сутність процесу полягає в тому, що внесені у ґрунт елементи живлення можуть переходити в малодоступні або зовсім недоступні для рослин сполуки. Це істотно обмежує їх засвоєння та знижує ефективність внесених добрив. Отже, листове підживлення слід розглядати лише як допоміжний захід, що не може замінити основне живлення рослин через кореневу систему.

Обробка посівів пестицидами та регуляторами росту

Регулятори росту рослин (РРР) - це природні або синтетичні низькомолекулярні сполуки, які застосовують у невеликих дозах і які здатні суттєво впливати на життєдіяльність рослин. Вони містять збалансований комплекс фітогормонів і біологічно активних речовин, що підвищують стійкість культур до дії різних несприятливих факторів природного та антропогенного походження, таких як різкі коливання температур, нестача вологи, токсичний вплив пестицидів, а також ураження хворобами та шкідниками.

Обробку насіння озимої пшениці регуляторами росту доцільно поєднувати з інкрустацією під час протруювання. Оптимальні норми застосування препаратів становлять на 1 тону насіння:

- емістим С - 10 мл,
- агростимулін - 10 мл,
- біолан - 25 мл.

Захисно-стимулюючий розчин готують із розрахунку 15-17 літрів на 1 тону зерна. Обприскування посівів РРР проводять наприкінці фази кущення, у період виходу рослин у трубку. У цей час норма внесення препаратів становить 10-20 мл/га.

Для підвищення ефективності обробки рекомендовано поєднувати внесення РРР з пестицидами, що забезпечують контроль бур'янів, шкідників та збудників хвороб. Також можливе комбінування регуляторів росту з рідкими добривами шляхом приготування бакових сумішей.

Для передпосівної обробки зернових колосових культур рекомендують застосовувати захисно-стимулюючі розчини у кількості 10-15 літрів на 1 тону насіння, що дозволяє суттєво знизити рівень ураження хворобами та сприяє підвищенню врожайності.

Обприскування посівів проводять водними розчинами РРР за допомогою штангових обприскувачів - таких як ОПШ, ОП-2000-А, ОП-2000-2, ОП-2000-16 та інші. На невеликих площах використовують ранцеві обприскувачі.

Рекомендовані строки проведення обробок - це ранкові години, майже до 9:00 або увечері після 18:00. Для ультрамалооб'ємного обприскування інколи

застосовують авіацію, однак при цьому необхідно суворо дотримуватися погодних вимог: за швидкості вітру понад 4 м/с такі роботи заборонено виконувати.

Обґрунтування операційної технології сівби озимої пшениці

Для отримання дружних і рівномірних сходів зернових культур необхідно чітко дотримуватися норм висіву насіння та добрив, а також правильно встановлювати глибину загортання. Це забезпечує високу якість сівби та сприяє подальшому розвитку рослин.

Для висіву ярих, озимих зернових та зернобобових культур широко застосовуються вітчизняні зернотукові сівалки, зокрема модель СЗ-3,6А. У даній роботі розглянуто економічно доцільний варіант посівного агрегату, що включає трактор Т-150К, зчіпку СП-16 та три сівалки СЗ-3,6А.

Для раціональної роботи агрегату встановлено робочу швидкість 9,25 км/год. Час, необхідний для здійснення розвороту, становить $t_{\text{пов}} = 0,023$ год, а тривалість завантаження кожної з сівалок зерном - $t_3 = 0,135$ год.

Параметри насінневих бункерів такі: загальна місткість - $V_{\text{н.я}} = 0,49$ м³, об'ємна маса зерна озимої пшениці - $\rho_n = 735$ кг/м³.

Запропонована комплектація посівного агрегату забезпечує високу продуктивність, точність сівби та відповідає економічним і технічним вимогам.

Згідно з виразом (3.1), довжина гонів для проходження сформованого агрегату має становити:

$$\ell = \frac{10^4 \cdot V_{\text{н.я}} \cdot \gamma_n \cdot \lambda}{Y \cdot B_c}, \quad (2.1)$$

де: $V_{\text{н.я}}$ - характерний об'єм насінневого ящика, м³;

γ_n - об'ємна вага для зерна, кг/м³;

λ - показник використання об'єму конструкції зернового ящика,
 $\lambda = 0,97$;

Y - запропонована нами норма висіву, кг/га;

B_c - значення робочої ширини захвату вибраної нами причіпної сівалки,
м.

Таким чином:

$$l = \frac{10^4 \cdot V_{н.я} \cdot \gamma_n \cdot \lambda}{Y \cdot B_c} = \frac{10^4 \cdot 0,49 \cdot 735 \cdot 0,97}{240 \cdot 3,6} = 4043 \text{ м.}$$

Проводимо певний розрахунок часу робочого ходу в період технологічної операції згідно виразу:

$$t_{p.x.ц} = \frac{l}{g_p}, \quad (2.2)$$

де: g_p - запропонована швидкість вдосконаленого посівного агрегату, км/год.

$$t_{p.x.ц} = \frac{4}{9,25} = 0,43 \text{ год.}$$

Тепер встановлюємо тривалість характерного технологічного циклу за існуючим виразом:

$$t_{цикл.} = t_{p.x.ц} + \theta \cdot t_{нов} + t_з, \quad (2.3)$$

де: $t_{нов}$ - час, що використовується агрегатом на один його поворот, год;

θ - кількісний показник поворотів за один наявний цикл;

$t_з$ - час, що потрібний на завантаження встановленої сівалки, год.

Отже:

$$t_{цикл.} = 0,43 + 0,075 + 0,135 = 0,64 \text{ год.}$$

Період зміни визначаємо з такого виразу:

$$K_{мех.ч.} = K_{зм} \cdot \chi \quad (2.4)$$

де: $T_{зм}$ - час однієї зміни, год.;

χ - коефіцієнт використання змінного часу, що становить $\chi = 0,72$.

$$K_{мех.ч.} = 8 \cdot 0,72 = 5,76 \text{ год.}$$

Показник циклів можемо встановити використовуючи такий вираз:

$$N_{\text{ц}} = \frac{K_{\text{тех.ч.}}}{t_{\text{цикл.}}}, \quad (2.5)$$

де: $K_{\text{тех.ч.}}$ - встановлені години для однієї зміни, год.;

$t_{\text{цикл.}}$ - час проходження такого циклу, год.

$$N_{\text{ц}} = \frac{5,76}{0,64} = 9$$

Тепер ми маємо встановити продуктивність запропонованого агрегату за годину змінного часу використовуючи таку формулу:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 3 \cdot 3,6 \cdot 9 \cdot 0,72 = 6,99 \text{ га/год.}$$

Отже, змінна продуктивність нашого агрегату становитиме:

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 3 \cdot 3,6 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 0,72 = 55,9 \text{ га.}$$

Характерний період згідно виразу:

- для операції сівби озимої пшениці:

$$T = \frac{2000}{6,99} = 286,1 \text{ год.}$$

- для операції сівби ярих культур:

$$T = \frac{1700}{6,99} = 243,2 \text{ год.}$$

Показник змін маємо розрахувати за такою формулою:

- при операції сівби озимої пшениці

$$Y = \frac{286,1}{8} = 35,7 .$$

- при операції сівби ярої пшениці

$$Y = \frac{243,2}{8} = 30,4 .$$

Отже, кількість потрібних посівних агрегатів при тривалості зміни у 14 годин буде становити за виразом:

- при операції сівби озимої пшениці:

$$n = \frac{2000}{35,7 \cdot 5} = 11,21.$$

- при операції сівби ярої пшениці

$$n = \frac{1700}{30,4 \cdot 5} = 11,18.$$

Таким чином, витрати палива на операцію сівби одного гектара становлять:

За наступним виразом робочий час за зміну буде:

$$П_p = 0,14 \cdot 7,6 = 1,07 \text{ год.}$$

Потрібні години на заправку даної сівалки встановлюємо за виразом:

$$П_z = 7,6 \cdot 0,12 = 0,92 \text{ год.}$$

Далі, встановлюємо потрібні години на повороти агрегату, що становить:

$$П_{нов} = 7,6 \cdot 0,15 = 1,13 \text{ год.}$$

$$g_{за} = \frac{12 \cdot 0,92 + 6 \cdot 1,13 + 1,2 \cdot 1,07}{14,6} = 1,36 \text{ кг/га.}$$

На проведення повного обсягу робіт потрібно наступне:

$$G = 3700 \cdot 1,36 = 5032 \text{ кг}$$

Обчислюємо показник, що повністю враховує витрати людської праці на сівбі одного гектару згідно такого виразу:

$$X_n^o = \frac{1}{2,1} = 0,478 \text{ чол.год./га.}$$

І на решті, загальний об'єм виконаних робіт на сівби зернових культур буде становити:

$$X_n = 3700 \cdot 0,478 = 1768 \text{ чол.год.}$$

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Теоретичні дослідження.

3.1.1. Дослідження руху зерна в зоні напрямника

Дослідження руху матеріальної точки вздовж напрямника, який здійснює незначні коливання, дає можливість обґрунтувати процес перерозподілу насіння під час такого руху. Це дозволяє визначити умови, за яких насіння змінюватиме своє положення мінімально та матиме найменший відскок від поверхні такого напрямника.

Подана нижче аналітична методика дає змогу отримати рівняння руху матеріальної точки по криволінійній коливальній поверхні. Крім того, вона дає можливість визначити максимальну швидкість насінини, її переміщення, а також знайти таке прискорення, за якого матеріальна точка рухається по поверхні безперервно та з мінімальною швидкістю.

Прийmemo, що коливання напрямника є гармонічними з середньою частотою ω та амплітудою r . Тоді його переміщення x , швидкість \mathcal{G} і прискорення визначаються таким чином (відлік ведемо від точки падіння насінини на поверхню напрямника):

$$x = r \cdot (1 - \cos \cdot \omega \cdot t) \quad (3.1)$$

$$\mathcal{G} = r \cdot \omega \cdot \sin \cdot \omega \cdot t \quad (3.2)$$

$$j = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \cdot \omega \cdot t \quad (3.3)$$

Рух матеріальної точки, що перебуває на напрямнику, відбувається під впливом сили тертя, граничне значення її складає $f \cdot gm$.

де: f - коефіцієнт тертя частки по криволінійній поверхні;

g - прискорення вільного падіння;

m - маса точки.

Якщо дана матеріальна точка ковзає по поверхні, тоді сила тертя має граничне значення та абсолютне прискорення, яке вона придає досліджуваній матеріальній точці:

$$j_1 = f \cdot g \quad (3.4)$$

Далі відносне прискорення точки становить:

$$j_2 = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \cdot \omega \cdot t \pm f \cdot g \quad (3.5)$$

Якщо в певному положенні швидкість точки буде рівною швидкості поверхні, відповідно, і прискорення поверхні рівне або менше fg :

$$g_1 = g$$

$$\text{та } j \leq f \cdot g,$$

Коли точка не має відносного руху, тоді буде наступне:

$$j_1 = g \quad \text{і} \quad j_2 = 0.$$

Рух зерна по криволінійній поверхні напрямника з певними зупинками не бажано, так як тоді будуть двійники, трійники. Потрібно забезпечити безперервний відносний рух, але його швидкість, щоб зерна не відскакували, має бути по можливості дещо меншою. Отже, необхідно визначити мінімальне прискорення $r\omega^2$, при якому стабільний рух матеріальної точки відбувається без відносних зупинок. Даний рух характеризується тим, що в положенні, коли обумовлені швидкості точки і напрямника рівні прискоренню:

$$j = -f \cdot g$$

Таким чином, прискорення руху частки залежить від коефіцієнта тертя f та швидкості її руху.

Аналізуючи рух насінини масою m , який діє на початку поверхні напрямника сошника і завершується при попаданні на стінку п'яти, по якій вона ковзається далі до дна борозни даного сошника. Отже, введемо нерухому прямокутну систему координат, якою є $Oxyz$. В цьому випадку точка O співпадає

з положенням самого центра ваги насінини в момент випадання (при $t=0$), а вісі O_x, O_y колінеарні, тобто горизонтальній і вертикальній складовим V_x, V_y та відповідають умовам для початкової швидкості: $V_x > 0; V_y \geq 0$.

Припустимо $x(t), y(t), z(t)$ - є початковими координатами точки B центра ваги насінини, відповідно R - сила опору повітря, $V = \{x, y, z\}$. Тоді експериментальними дослідженнями нами встановлено, що $R = -\lambda \cdot m \cdot g \cdot \mathcal{G}$, де $\lambda > 0$ - постійна величина.

Таким чином, рівняннями руху насінини будуть мати такий вигляд:

$$mx = -\lambda \cdot m \cdot g \cdot \mathcal{G}, \quad (3.6)$$

$$my = -\lambda \cdot m \cdot g \cdot \mathcal{G} + m \cdot g, \quad (3.7)$$

$$mz = -\lambda \cdot m \cdot g \cdot \mathcal{G}, \quad (3.8)$$

Звідки швидкість становить:

$$\mathcal{G}^2 = x^2 + y^2 + z^2, \quad (3.9)$$

З виразів (3.6) і (3.8) виходить, що $z = C_1 x + C_2$, де $C_{1,2}$ - це постійні інтегрування. Тобто, при початкових умовах $x(0) = 0, \dot{x}(0) = \mathcal{G}_x^0; z(0) = \dot{z}(0) = 0$, знаходимо: $z = 0$ (для всіх значень t). Отже, точка B рухається в площині O_{xy} .

Далі, введемо для площини O_{xy} рухому плоску систему координат. Її вісі є дотична Br та нормаль $B\mathcal{G}$ до траєкторії C і B , як показано на рисунку 3.1. Припустимо, що $S = S(t)$ - криволінійна абсциса точки B на кривій C . В цьому випадку $\mathcal{G} = S$.

Далі, якщо $\alpha = (Ox^+, Br^+)$, а ρ - відповідний радіус кривизни кривої C , то тоді рівняння руху насінини в проекціях на Br та Bv будуть мати наступний вигляд:

$$m \cdot \mathcal{G} = m \cdot g(\sin \alpha - \lambda \cdot \mathcal{G}), \quad (3.10)$$

$$\frac{m \cdot \mathcal{G}^2}{\rho} = mg \cos \alpha, \quad (3.11)$$

З виразу (3.11) ми маємо, що $\rho = \frac{\mathcal{G}}{\alpha}$, Тому:

$$\mathcal{G} \cdot \alpha = g \cdot \cos \alpha, \quad (3.12)$$

Після перетворень рівнянь (3.10) і (3.12) ми отримаємо наступне:

$$\frac{d \cdot \mathcal{G}}{d \cdot \alpha} = \mathcal{G} \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{\lambda \cdot \mathcal{G}^2}{\cos \alpha},$$

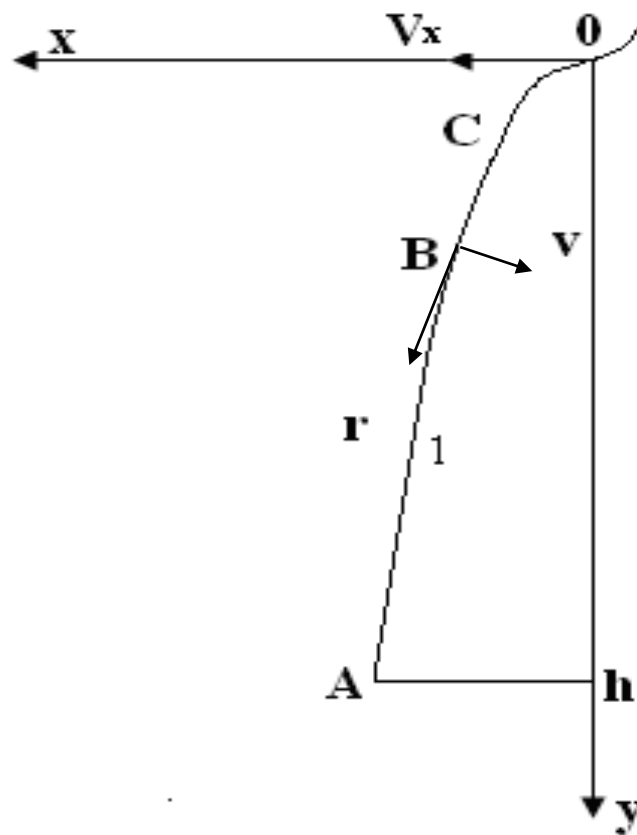


Рис. 3.1. Схема руху насінини по криволінійній поверхні напрямника.

При $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\mathcal{G}_y^{(0)}}{\mathcal{G}_x^{(0)}}$,

$$\mathcal{G} = \sqrt{(\mathcal{G}_x^{(0)})^2 + (\mathcal{G}_y^{(0)})^2},$$

звідки:

$$\mathcal{G} = \frac{\mathcal{G}_x^{(0)}}{\lambda \cdot \mathcal{G}_x^{(0)} \sin \alpha + (1 - \lambda \cdot \mathcal{G}_y^{(0)}) \cos \alpha}, \quad (3.13)$$

Із рівнянь становить наступне: $x = \mathcal{G} \cdot \cos \alpha$ і $y = \mathcal{G} \cdot \sin \alpha$, (3.12) і (3.13)

знаходимо:

$$x = \frac{\mathcal{G}_x^{(0)}}{\lambda \cdot g} \left(1 - \frac{1}{\lambda \cdot \mathcal{G}_x^{(0)} \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1 - \lambda \cdot \mathcal{G}_y^{(0)}} \right)$$

$$y = \frac{1}{\lambda^2 g} \left[\ln(\lambda \mathcal{G}_x^{(0)} \operatorname{tg} \alpha + 1 - \lambda \mathcal{G}_y^{(0)}) + (1 - \lambda \mathcal{G}_y^{(0)}) \cdot \left(\frac{1}{\lambda \mathcal{G}_x^{(0)} \operatorname{tg} \alpha + 1 - \lambda \mathcal{G}_y^{(0)}} - 1 \right) \right]$$

Таким чином, рівняння для кривої C буде мати такий вигляд:

$$y = \frac{1}{x^2 \cdot g} \left[(\lambda \cdot \mathcal{G}_y^{(0)} - 1) \frac{\lambda \cdot g \cdot x}{\mathcal{G}_x^{(0)}} - \ln \left(1 - \frac{\lambda \cdot g \cdot x}{\mathcal{G}_x^{(0)}} \right) \right], \quad (3.14)$$

$$OA = \frac{1}{2} \alpha \sqrt{\frac{g}{2 \cdot h}}; \quad OB = \alpha \sqrt{\frac{g}{2 \cdot h}}.$$

Розкладаючи в рівнянні (3.14) логарифм в ряд, то будемо мати з точністю до величини третього порядку:

$$y = \frac{g}{2(\mathcal{G}_x^{(0)})^2} \cdot x^2 + \frac{\mathcal{G}_y^{(0)}}{\mathcal{G}_x^{(0)}}, \quad (3.15)$$

З виразу (3.15) видно, що абсциса x_0 точки досягнення площини $y = h (h > 0)$ становить:

$$\frac{\mathcal{G}_x^{(0)}}{g} \left(\sqrt{(\mathcal{G}_y^{(0)})^2 + 2 \cdot g \cdot h - \mathcal{G}_y^{(0)}} \right)$$

Отримані формули вирішують такі задачі:

- визначення траєкторії польоту насінини від конструкції напрямника до середовища сошника;

- визначення різних швидкостей польоту насінин в середовищі сошника.

Дослідження показують те, що траєкторії польоту різних зернин змінюються в залежності від швидкості польоту самої зернини, співудару по поверхні напрямника, значень коефіцієнтів відновлення, робочої швидкості сівалки та інше.

Потім, місце падіння або точку сходу зернини з напрямника визначає кут α . Оптимальним кутом сходу зернини можна вважати таким, при якому вона пролітає мінімальну відстань x в складеній нерухомій системі координат з моменту сходу A з поверхні конструкції напрямника до прилягання з дном борозни в проекції на горизонтальну площину, що показана на рисунку 3.2:

$$x = (V_m + V_x) \cdot t, \quad (3.16)$$

де: V_m - робоча швидкість сівалки; V_x - горизонтальна складова початкової швидкості, потім V_o для насінини; t - час падіння зернини.

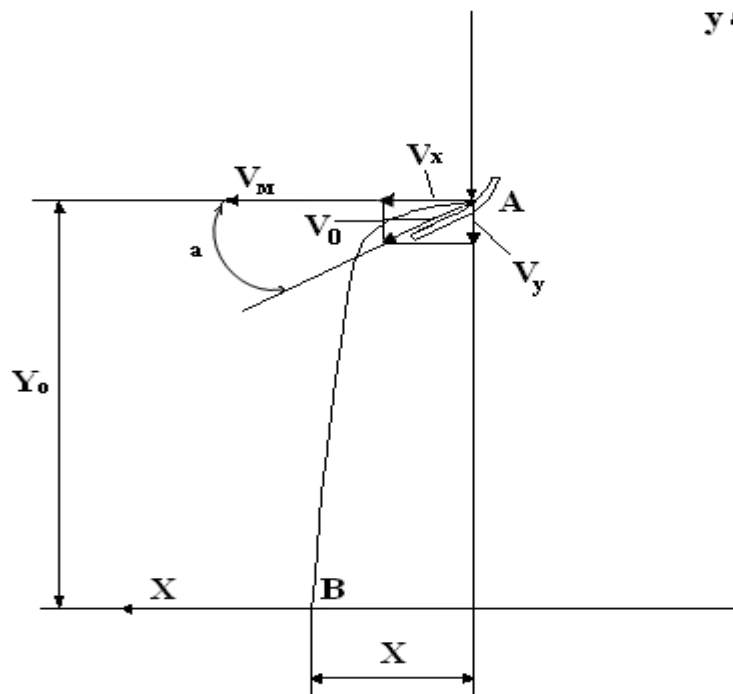


Рис. 3.2. Схема руху зернини після напрямника:

A - точка сходу; B - точка падіння в сформовану борозну.

Припускаємо, що кут $\alpha = 0$, тоді траєкторія польоту зернини до напрямника співпадає з вертикаллю.

Отже, горизонтальна \mathcal{G}_x і вертикальна \mathcal{G}_y складові початкової швидкості зерна будуть становити:

$$V_x = V_0 \cdot \cos \alpha; \quad V_y = V_0 \cdot \sin \alpha \quad (3.17)$$

Із рівняння вільного падіння з початковою швидкістю встановлюємо час падіння:

$$t = (-\mathcal{G}_y + \sqrt{\mathcal{G}_y^2 + 2 \cdot g \cdot \mathcal{G}_y}) g^{-1}, \quad (3.18)$$

де: g - прискорення вільного падіння; $Y = Y_0$ - висота падіння зернини.

Аналізуючи рівняння (3.17) і (3.18) вираз (3.16) можна записати у такому вигляді:

$$x = (\mathcal{G}_m - \mathcal{G}_x) \cdot (-\mathcal{G}_y + \sqrt{\mathcal{G}_y^2 + 2 \cdot g \cdot \mathcal{G}_y}) g^{-1}, \quad (3.19)$$

Далі, параметр x викликає деякий перерозподіл потоку, в тому числі тим самим, обумовлює напрям польоту зернини і величину кінетичної енергії, що і викликає розкочування зернини по утвореній борозні. Таке розкочування може бути значним і щоб його дещо зменшити, потрібно або знизити величину кінетичної енергії зернини або запропонувати конструкцію відбивача, що впливав би на траєкторію польоту насінини до дна борозни.

Таким чином, кінетичну енергію можна визначити за наступною формулою:

$$A = \frac{m \cdot \mathcal{G}^2}{2} = \frac{m}{2} (\mathcal{G}_x^2 + \mathcal{G}_y^2), \quad (3.20)$$

де: m - маса зернини.

При нехтуванні значенням вертикальної складової, порівняно з V_x її значення на порядок менше, і опором повітря, тоді отримуємо наступне:

$$\mathcal{G}_y = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (3.21)$$

Де: $H = Y_0$.

Отже, можна прийняти наступне:

$$V_x = V_m, \quad (3.22)$$

Тоді вираз (3.20) буде мати такий вигляд:

$$A = \frac{m}{2} (g_m^2 + 2 \cdot g \cdot H), \quad (3.23)$$

З виразів (3.20), (3.23) видно, що для суттєвого зменшення значення A потрібно зменшити показники H і V_x , а саме наблизити точку співудару зернини з напрямником до створеної борозни або загасити горизонтальну складову швидкості зернини, наприклад, за рахунок встановлення спеціальної конструкції відбивача (задньої стінки п'яти сошника).

В такому випадку:

$$V_x^! = V_m - V_x.$$

При $V_m = V_x$ $V_x^! = 0$ вираз (3.23) набуде наступного вигляду:

$$A = m \cdot g \cdot H, \quad (3.24)$$

Висновок: При такому випадку кінетична енергія значно зменшується і розкочування зернини буде мінімальним.

3.2. Результати досліджень рівномірності глибини загортання насіння

Важливою умовою для дружніх і рівномірних сходів зернових культур є однакова глибина загортання насіння. Цей показник визначається роботою сошника, який формує борозну та забезпечує правильне укладання насіння.

Під час лабораторного визначення глибини загортання виконують пошаровий зріз ґрунту та вимірюють глибину розташування кожної зі 100 насінин у рядку.

За агротехнічними вимогами насіння повинно лягати на ущільнене дно борозни. У лабораторних умовах це легко перевірити: спочатку за допомогою додаткових вантажів встановлюють потрібну глибину ходу сошника, наприклад 5 см, а під час наступних проходів контролюють фактичну глибину загортання. У польових умовах виконати таку перевірку складніше, проте достовірну

інформацію щодо роботи серійних і дослідних сошників отримують за результатами обстеження сходів (на 14–15 день), коли глибина загортання чітко визначається за етиольованою частиною рослин.

Переміщення насіння по дну та стінках борозни у напрямку руху сошника виникає внаслідок косоного удару, випадкових зіткнень із дисками чи ґрунтом у момент падіння насінини, а також під дією рухомих ґрунтових мас під час закриття борозни. На це впливають такі фактори:

- фізико-механічні властивості ґрунту;
- геометричні параметри борозни та кути нахилу її стінок;
- напрямок і величина швидкості насінини в момент торкання ґрунту;
- характер руху ґрунту та його маса під час закриття борозенки;
- тривалість переміщення насіння вздовж рядка.

Серійні дводискові сошники часто не відповідають основним агротехнічним вимогам: вони нерівномірно загортають насіння по глибині, не забезпечують повного закриття борозни ґрунтом, не укладають насіння на ущільнене дно. У багатьох випадках диски навіть викидають насіння на поверхню, через що коефіцієнт дисперсії за глибиною розміщення є дуже низьким.

Порівняльний аналіз показав, що експериментальні сошники забезпечують набагато якісніше розміщення насіння. Вони формують симетричну борозну без підвищення («горбика») між дисками та мають ширше дно. Борозенка, утворена кілевидною п'яткою, відзначається більшою стійкістю порівняно з борозною, яку формує стандартний серійний сошник.

Крім того, нами було відзначено підвищення рівномірності розміщення насіння вздовж рядка. Це стало можливим завдяки покращеній траєкторії його руху, що забезпечувалася відбиванням насінини від задньої стінки п'ятки сошника.

Проведені теоретичні дослідження процесу руху насіння всередині сошника та його подальшого потрапляння в борозну засвідчили наявність значних резервів для покращення якісних показників висіву. Це, у свою чергу, відкриває можливості підвищення врожайності за рахунок оптимального загортання насіння

на задану глибину та його укладання на ущільнене дно борозни. Результати експериментальних досліджень, виконаних у ґрунтовому каналі, наведено на зображеному графіку 3.3.

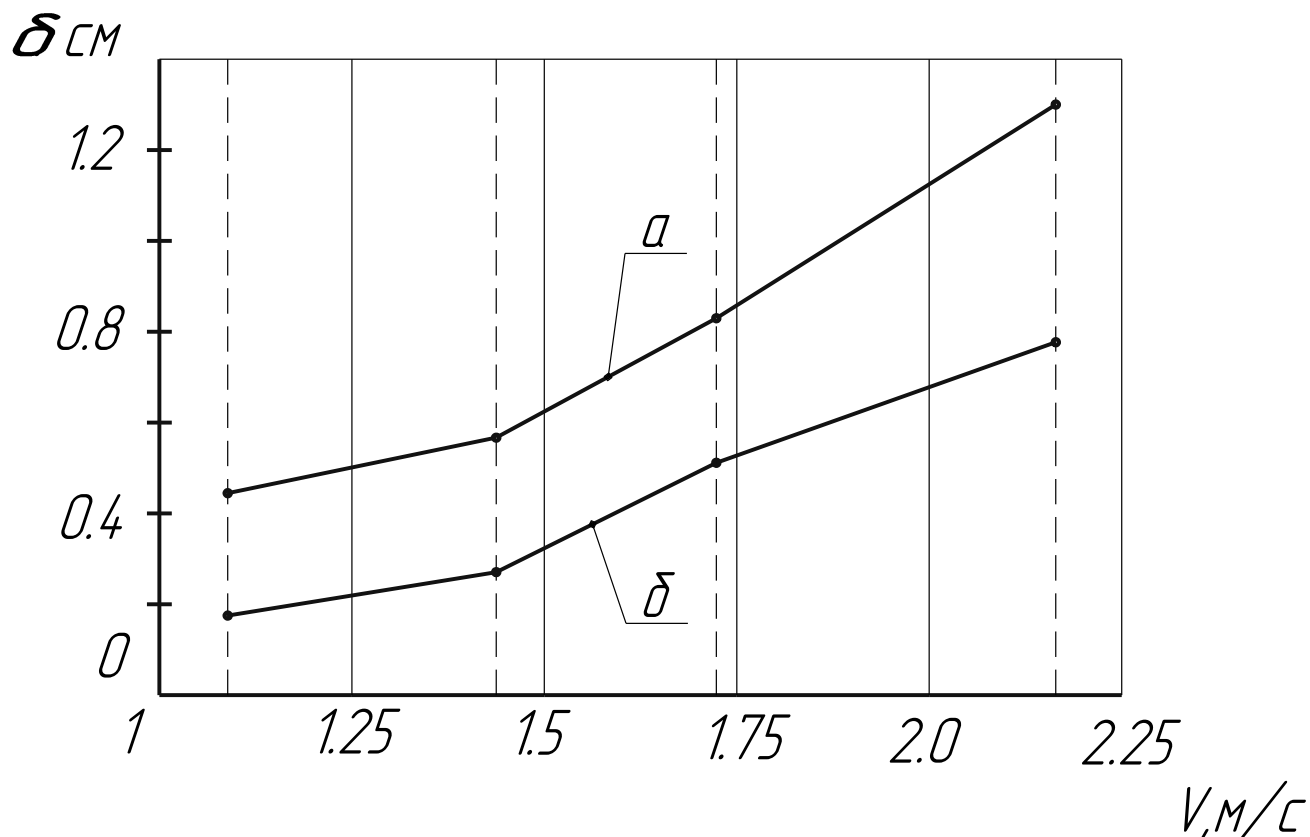


Рис. 3.3. Графіки розміщення зернин по глибині в залежності від швидкості руху візка: а - серійний сошник; б - експериментальний сошник.

Отримані результати свідчать про суттєве покращення роботи експериментального сошника. З графіка видно, що зі збільшенням швидкості руху сошника точність загортання насіння за глибиною зменшується.

Полеві дослідження виконували на дослідному полі кафедри агрономії ЦНТУ. Середня щільність ґрунту в шарі 0-5 см становила майже 1,15 г/см³, а середня глибина рихлення після передпосівної культивуації - близько 6 см.

Розподіл насіння за глибиною в рядку визначали за розміром етіольованої частини проростка на 14-15-й день після висіву. На рисунку 3.4 наведено показники глибини розміщення насіння, а на рисунку 3.5 отримано динаміку появи сходів.

Результати розташування насіння відносно дна борозни підтвердили переваги експериментального сошника. У процесі роботи він забезпечив

укладання до 85% насіння на дно борозни, тоді як серійні сошники вкладали лише близько 65%. Такий рівень укладання на ущільнене дно сприяв прискоренню появи сходів на 2-3 дні порівняно зі звичайним серійним сошником.

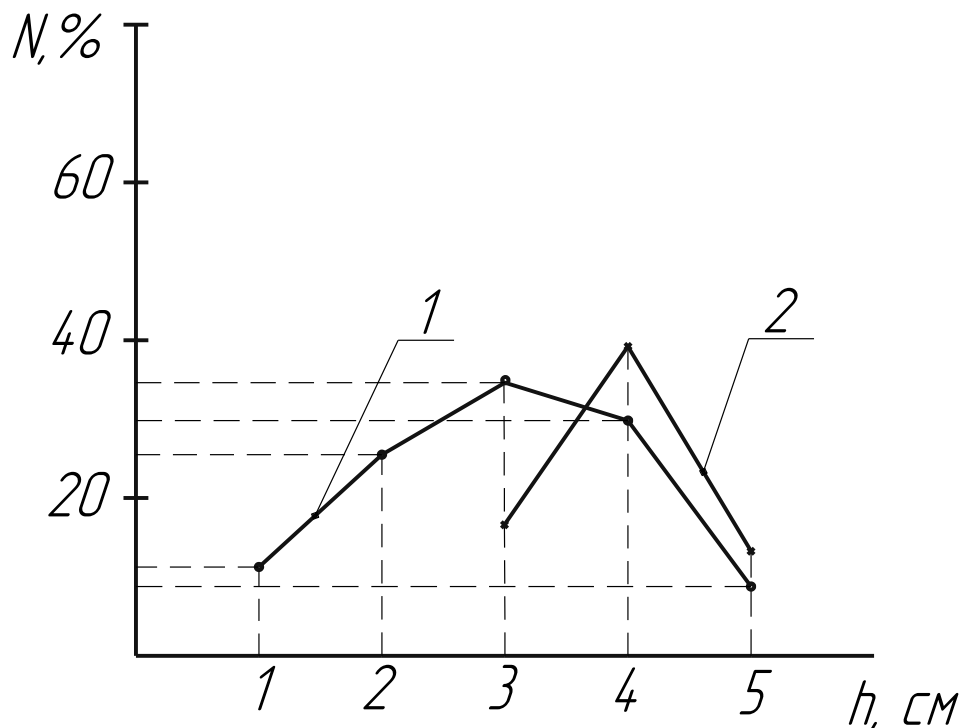


Рис. 3.4. Графік частоти розміщення зернин по глибині при роботі серійного сошника (1) та експериментального сошника (2).

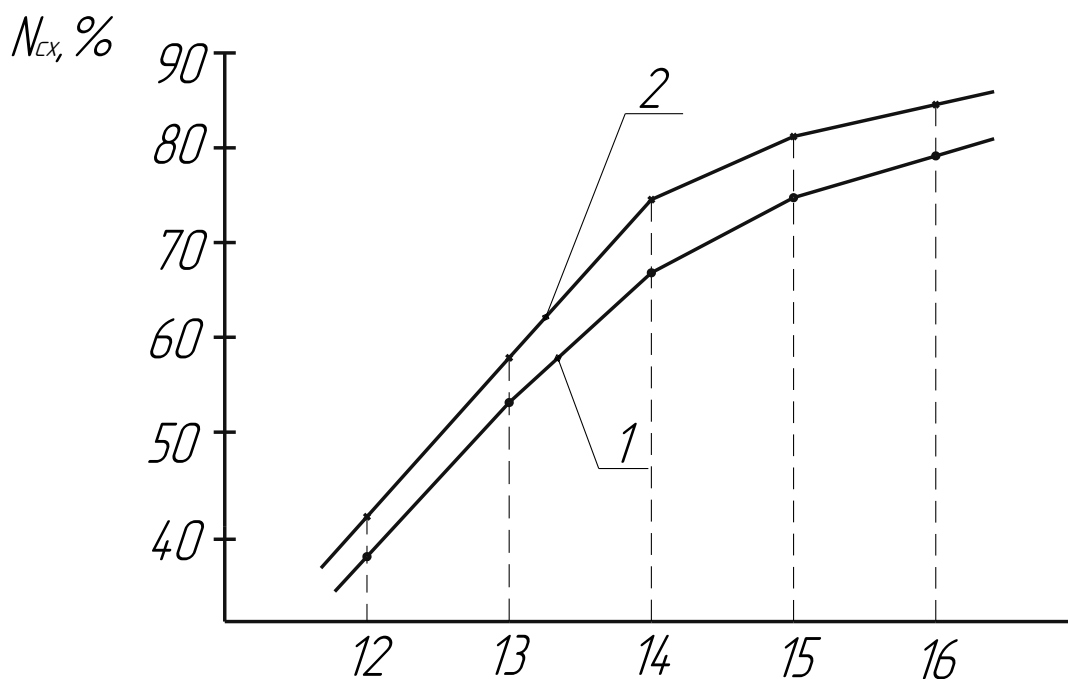


Рис. 3.5. Динаміка схожості рослин при сівбі серійним сошником (1) та експериментальним (2).



Рис. 3.6. Результати сівби озимої пшениці на дослідній ділянці:
нижній рядок - серійним сошником; верхній рядок – експериментальним.

Висновки по розділу

В теоретичній частині роботи були проведені дослідження, в яких нами розглянуто конструкція дводискового сошника та отримано диференційне рівняння руху зернини по криволінійній поверхні напрямника. Також були проведені випробування вдосконаленого дводискового сошника в ґрунтовому каналі та на полі кафедри загального землеробства ЦНТУ. За отриманими результатами удосконалений дводисковий сошник показав працездатність при вологості ґрунту до 24 % і забезпечив показник рівномірності ходу за глибиною при швидкості сівалки до 9 км/год., а також підвищився показник динаміки сходів на 15-18 %.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Розрахунок катушкових висівних апаратів сівалки

Технологічний розрахунок висівної системи з катушковим апаратом передбачає визначення її робочого об'єму. Саме він визначає кількість зерна, що подається в мілілітрах або грамах за один оберт жолобкової катушки, залежно від заданої норми висіву W (кг/га), ширини міжряддя b (см) та об'ємної маси насіння. Також у розрахунку враховується передаточне відношення привідного механізму сівалки, тобто передача руху від опорно-приводного колеса до валу висівних апаратів.

На основі відповідного виразу обчислюємо кількість насіння, що висівається на 1 метр робочого ходу даного посівного агрегату:

$$q_0 = W / 10^3, \text{ г} \quad (4.1)$$

За наступним виразом обчислюємо масу зерна, що висівається одним зерновим апаратом за 1 оберт опорних коліс сівалки, при цьому враховуємо ефект їх прослизання:

$$q_1 = q_0 \cdot \pi \cdot D / (1 - \zeta) = W \cdot b \cdot \pi \cdot D / 10^3 \cdot (1 - \zeta), \text{ г} \quad (4.2)$$

де: D - значення діаметру коліс даної сівалки з певним врахуванням прогину шини, тобто маємо: $R_{CT} = 0,765 \text{ м}$;

ζ - значення для врахування ковзання гумових коліс, ($\zeta = 0,05$);

Далі потрібно провести розрахунок масу зерна, яке висівається одним апаратом тільки за 1 оберт катушки, при цьому ми маємо врахувати прослизання коліс:

$$q = q_1 / i = q_0 \cdot \pi \cdot D / (1 - \zeta) \cdot i, \text{ г} \quad (4.3)$$

де: i - чинник, що обґрунтовує передаточне відношення від приводних коліс даної сівалки до валу механічних апаратів, тобто $i = \frac{D \cdot \vartheta_{ком.}}{d \cdot \vartheta_c}$;

d - значення діаметру конструкції катушки, $\vartheta_{ком.}$ - швидкість жолобкової катушки, ϑ_c - швидкість даної сівалки.

Виконуючи деякі перетворення ми потім підставляємо в рівняння q_0 та отримуємо наступну формулу:

$$q = W \cdot b \cdot \pi \cdot D / (10^3 \cdot (1 - \zeta) \cdot i), \quad (4.4)$$

Тепер ми враховуємо масу зерна, що висівається ρ ($г/см^3$), та отримуємо співвідношення $q/\rho = v_0$. Воно характеризує робочий об'єм котушкового висівного апарату, тобто встановлений об'єм зерна що висівається тільки за один оберт котушки за таким виразом.

$$V_0 = W \cdot b \cdot \pi \cdot D / (10^3 (1 - \zeta) \cdot i \cdot \rho), \text{ см}^3 \quad (4.5)$$

Аналіз літературних джерел підкреслюють, що висів зерна серійною котушкою, довжина котрої $l_p = 32$ мм, становить 22,5 г.

Отже, ми визначаємо показник максимального передаточного відношення конструкції механізму привода за наступним виразом, при цьому має бути врахована максимальна норма пшениці:

$$\begin{aligned} i_{\text{заг.макс}} &= W_{\text{макс}} \cdot b \cdot \pi \cdot D / (q \cdot 10^3 \cdot (1 - \zeta)) = \\ &= 280 \cdot 15 \cdot 3,14 \cdot 1,18 / 22,5 \cdot 10^3 \cdot 0,97 = 0,71 \end{aligned}$$

Тепер відповідні розрахунки проводимо для визначення для мінімального передаточного відношення за подібним виразом:

$$\begin{aligned} i_{\text{заг.мін}} &= W_{\text{мін}} \cdot b \cdot \pi \cdot D / (q \cdot 10^3 \cdot (1 - \zeta)) = \\ &= 105 \cdot 15 \cdot 3,14 \cdot 1,18 / 22,5 \cdot 10^3 \cdot 0,97 = 0,26 \end{aligned}$$

4.2. Обґрунтування об'єму зернового бункера.

При обґрунтуванні параметрів бункера потрібно враховувати наступне:

- показник тривалості роботи посівного агрегату;
- показник технологічної маси зернової сівалки.

Отже, об'єм бункера обчислюється за виразом:

$$V_{\sigma} = \frac{(1,1 \dots 1,15) \cdot L \cdot B \cdot W}{L_0 \cdot 10^4}, \quad (4.6)$$

де: B – робоча ширина захвату нами вибраної сівалки, м;

L_0 - шлях, що проходить агрегат від однієї заправки до наступної, м;

L - довжина визначених нами гонів, м;

$$L = L_r \cdot \mu, \quad (4.7)$$

де: L_r – довжина встановленого гону (з певних міркувань приймаємо 820 м).

μ - кількість рахованих гонів. Для того, щоб заправки були досить ефективними, тому завантаження відбувається з одного боку поля і має бути парним, тобто приймаємо 2 гони.

$$L = 820 \cdot 2 = 1640 \text{ м}$$

Таким чином, об'єм бункера буде становити:

$$V_b = \frac{1,15 \cdot 1640 \cdot 3,6 \cdot 225}{0,45 \cdot 10^4} = 332 \text{ дм}^3$$

З певних і конструктивних міркувань приймаємо: $V_b = 453 \text{ дм}^3$, тобто об'єм чітко співпадає з серійним, який встановлюється на даній сівалці СЗ-3,6А).

Значення довжини зернового ящика обчислюється за такою формулою:

$$l_{\text{я}} = \kappa \cdot (m_c + 1), \quad (4.8)$$

де: κ - міжряддя для сівби зернових;

m_c - кількість дводискових сошників на вдосконаленій сівалці;

$$l_{\text{я}} = 0,15 \cdot (24 + 1) = 3,75 \text{ м}$$

Отже, встановлюємо за відношенням площу поперечного перерізу зернового ящика використовуючи такий вираз:

$$P_{\text{ящика}} = \frac{V_b}{l_{\text{я}}} = \frac{453}{3,75} = 12,2 \text{ м}^2, \quad (4.9)$$

Далі, обґрунтуємо умову, яка свідчить проте, що зерно та добрива не мають затримувалися на стінках бункера. Отже, відповідні кути нахилу стінок ємності до горизонту повинні чітко задовольняти наступній умові:

$$\beta > \theta + \alpha_c,$$

де: θ - кут, що наявно характеризує тертя матеріалу по внутрішній стінці бункера (так для пшениці $\theta = 22,4^{\circ}$);

α_c - кут нахилу, $\alpha_c = 30^{\circ}$.

Нарешті ми підставляємо значення до нерівності та отримуємо наступне:

$$\beta > 22,4 + 30 = 52,4^{\circ}.$$

4.1.3. Розрахунок сошників та розставлення їх на сівалці

У дводискових сошників площини конструкції дисків змикаючись виконують роль щік, а саме передню частину замінює наральник. Розташування точки стику дисків M та кут ζ , тобто кут їх розхилу, визначає ширину і форму для створення борозни.

Ширину борозни відповідно обчислюють за наступною формулою:

$$b = D(1 - \sin \gamma) \sin(\zeta / 2) , \quad (4.10)$$

де: D - значення діаметру диска, у сучасних сівалках він має бути $D = 350$ мм;

γ – значення кута, що вказує на положення точки M стику дисків відносно горизонтальної осі, тобто у рядкових сівалок кут $\gamma = 40^{\circ}$; ζ - кут розхилу дисків, у рядкових сівалок такий кут становить $\zeta = 10^{\circ}$.

Таким чином:

$$b = 350 \cdot (1 - \sin 40) \sin \cdot (10 / 2) = 11 \text{ мм}.$$

При проектуванні конструкції дводискового сошника обов'язково потрібно враховувати кути між дисками у різних площинах, тобто у вертикальній та горизонтальній, при цьому використовуючи наступні формули:

$$tq\left(\frac{\theta}{2}\right) = \sin \gamma \cdot tq\left(\frac{\zeta}{2}\right), \quad (4.11)$$

$$tq\left(\frac{\eta}{2}\right) = \cos \gamma \cdot tq\left(\frac{\zeta}{2}\right), \quad (4.12)$$

Отже:

$$tq\left(\frac{\theta}{2}\right) = \sin 40 \cdot tq\left(\frac{10}{2}\right) = 0,057 ,$$

$$tq\left(\frac{\eta}{2}\right) = \cos 40 \cdot tq\left(\frac{10}{2}\right) = 0,066.$$

Тепер обчислимо величину зони деформації ґрунту у повздовжньому напрямі використовуючи такий вираз:

$$L_x = \left(\frac{h}{tq\delta} + 0,5 \cdot b\right) \cdot \sin\left(\frac{\eta_0}{2} + \delta\right), \quad (4.13)$$

де: h - значення глибини загортання зерна, приймаємо $h = 30$ мм; δ - значення кута тертя ґрунту, приймаємо таке: $\varphi = 30^\circ$.

Тоді:

$$L_x = \left(\frac{30}{tq30} + 0,5 \cdot 11\right) \cdot \sin\left(\frac{8}{2} + 30\right) = 33 \text{ мм.}$$

Далі, величину зони деформації ґрунту вже у поперечному напрямку обчислюємо за наступною формулою:

$$b_x = \left(\frac{2h}{tq\delta} + \kappa\right) \cdot \cos\left(\frac{\eta}{2} + \delta\right), \quad (4.14)$$

де становить:

$$\kappa = b + \sqrt{\frac{2}{3} \cdot h \cdot D - \left(\frac{2}{3} \cdot h\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{\eta_0}{2}\right)},$$

$$\kappa = 11 + \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 30 \cdot 350 - \left(\frac{2}{3} \cdot 30\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{8}{2}\right)} = 16 \text{ мм.}$$

Отже, відстань між крайніми сошниками сівалки буде становити:

$$E = b \cdot (n - 1), \quad (4.15)$$

де: b - ширина міжряддя для зернових культур, $b = 15$ см; n - кількість дводискових сошників, $n = 24$.

$$E = 15 \cdot (24 - 1) = 345 \text{ см.}$$

І на решті, величина зони деформації у поперечному напрямку буде становити:

$$b_x = \left(\frac{2 \cdot 30}{tq30} + 16\right) \cdot \cos\left(\frac{8}{2} + 30\right) = 98.$$

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що можуть виникнути при експлуатації зернотукової причіпної сівалки СЗ-3,6А

Сучасні зернові сівалки в цілому відповідають вимогам охорони праці. Під час їх проєктування передбачено низку пристроїв і механізмів, спрямованих на захист працівників від травм і покращення умов праці тракториста. Крім того, удосконалено керованість та маневреність агрегату.

Разом із тим сівалка залишається об'єктом підвищеної небезпеки, тому саме це потребує особливо ретельного підходу до розробки заходів з охорони праці та досить суворого дотримання правил безпеки й пожежної безпеки.

Перед початком роботи необхідно перевірити комплектність і надійність усіх механізмів та вузлів сівалки, підтягнути різьбові з'єднання, заздалегідь змастити зони тертя на окремих поверхнях. Також слід упевнитися в наявності та справності захисних огорожень і відсутності сторонніх предметів у зернотукових ящиках. Також оглядають привідні механізми, автомати, виконують регулювання сошників і перевіряють надійність їх кріплення.

Рух посівного агрегату дозволяється лише після подачі сигналу від тракториста та отримання підтвердження від старшого на агрегаті. Під час роботи потрібно стежити, щоб кришки зернових і тукових ящиків були щільно закриті; під час завантаження відкриті кришки фіксують на запобіжниках. Завантажуючи сухі порошкоподібні добрива, слід використовувати респіратор.

Періодично протягом робочого дня необхідно очищати сошники, тукопроводи та борознозакривачі від ґрунту, рослинних решток і сторонніх предметів, а також усувати виявлені несправності. Чистики для очищення сошників повинні бути оснащені дерев'яними ручками. Виконувати очистку або ремонт машини дозволяється лише після повної зупинки агрегату.

Перед здійсненням повороту сошники сівалки піднімають, а сам поворот виконують на знижених швидкостях. Широкозахватним агрегатам заборонено робити різкі повороти, оскільки це може спричинити нашарування однієї секції на іншу. Рух назад при опущених сошниках також не допускається. Піднімати й

опускати сошники дозволяється тільки під час прямолінійного руху вперед. У процесі роботи слід постійно контролювати механізм передач: послаблені ланцюги підтягують натяжними зірочками, при цьому надмірний натяг є неприпустимим.

Регулярно перевіряють стан пневматичних коліс. Тиск у шинах має відповідати вимогам заводської інструкції. За наявності збільшеного осьового зазору сівалку встановлюють на підставки, знімають кришку маточини, розшплінттовують затяжну гайку, підтягують її, а потім відпускають до суміщення найближчого шліца з отвором на осі та знову шплінттують. Переконавшись у легкому обертанні колеса, кришку встановлюють на місце.

Для роботи у темний час доби завчасно перевіряють справність електроосвітлення.

Отвори висівних апаратів очищають лише спеціальними чистиками чи гачками, а для розрівнювання насіння використовують виключно лопатки.

Особливо небезпечним під час роботи є висів протруєного насіння або одночасне внесення мінеральних добрив. Тому перед початком сівби працівники обов'язково проходять інструктаж з техніки безпеки. Агроном попереджає їх про токсичні властивості протруйників і перевіряє наявність справних засобів індивідуального захисту згідно з чинними санітарними нормами. Прямий контакт персоналу з протруєним насінням категорично заборонений. Під час роботи необхідно контролювати, щоб кришки ящиків були щільно закриті, а пил не виходив назовні й не забруднював довкілля. На мішках з протруєним насінням слід наносити чіткі написи: «Протруєно!» або «Отруєно!»

Протруєне насіння видають зі складу лише за письмовим дозволом керівника господарства та обов'язково реєструють у журналі обліку.

Рекомендується протруювати лише ту кількість зерна, яка потрібна для запланованого висіву. Якщо частина протруєного насіння не була використана, залишки можуть бути передані сусідньому господарству за попередньою домовленістю або зберігатися у спеціально призначеному складі для протруєного

насіння. У разі відсутності такого складу залишки насіння підлягають знищенню відповідно до санітарних вимог у присутності агронома-агрохіміка.

Забороняється сидіти на мішках із протруєним насінням, перевозити його разом з іншими продуктами чи залишати без нагляду.

Спецодяг працівників має бути акуратно заправлений, волосся — сховане під хустку, зав'язану так, щоб кінці не звисали. Обов'язковим є використання респіраторів, рукавиць та захисних окулярів для запобігання потраплянню пилу в очі та органи дихання.

Під час грози необхідно зупинити агрегат, вимкнути двигун, встановити важіль коробки передач у положення «Нейтральне», зафіксувати гальма, опустити націпне обладнання на землю та відійти від трактора щонайменше на 15 метрів.

Після завершення роботи маркери, які підняті в транспортне положення, фіксують засувками та гачками, а рукоятку розподільника встановлюють у положення «Нейтральне». Посівні машини очищають, а висівний механізм змащують солідолом. Працівники, які працювали з протруєним насінням, повинні зняти спецодяг, передати його на знезараження та ретельно вимити руки теплою водою з милом і прийняти душ.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі запропоновано вдосконалення механізації процесу вирощування озимої пшениці. Проведено попередній аналіз існуючої технології вирощування зернових культур, із визначенням конкретних шляхів для покращення операції сівби.

У розділі «Стан досліджуваного питання та вибір напряму досліджень» проведено огляд основних операцій при вирощуванні зернових культур та на підставі цього запропоновано використання широкозахватного посівного агрегату. Це дозволило підвищити продуктивність майже втричі порівняно з базовим варіантом, при цьому суттєво скоротилися витрати палива.

У науковій частині нами досліджено рух матеріальної точки вздовж напрямника, який здійснює незначні коливання. Вдалося визначити умови, за яких насіння мінімально змінюватиме своє положення, при цьому буде відбуватися найменший відскок від поверхні напрямника.

Запропонована методика дала змогу отримати рівняння руху матеріальної точки по криволінійній коливальній поверхні. Крім того, вона дає можливість визначити максимальну швидкість насіння, її переміщення, а також знайти таке прискорення, за якого матеріальна точка рухається по поверхні безперервно та з мінімальною швидкістю.

Після проведення експериментальних досліджень ми побудували графіки розміщення зерна по глибині в залежності від лінійної швидкості агрегату з серійним сошником та вдосконаленим, а також отримали динаміку схожості рослин при сівбі серійним сошником та експериментальним. За встановленими результатами удосконалений дводисковий сошник показав працездатність при вологості ґрунту до 24 % і забезпечив показник рівномірності ходу за глибиною при швидкості сівалки до 9 км/год., а також підвищився показник динаміки сходів на 15-18 %.

В розділі «Практична реалізація результатів досліджень» ми провели розрахунок катушкових висівних апаратів, обґрунтували параметри зернового бункеру та розташування дводискових сошників на сівалці.

В розділі «Охорони праці» ми провели аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що можуть виникнути при експлуатації зернотукової причіпної сівалки СЗ-3,6А та запропонували деякі заходи по усуненню таких негативних моментів.

Проведені в даній роботі теоретичні та експериментальні дослідження підтвердили високу ефективність та доцільність роботи вдосконалених сошників на широкозахватному посівному агрегаті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сільськогосподарські машини :підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
2. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. , Мартишко В.М. , Гуменюк Ю.О. – Київ : «Агроосвіта», 2017. – 180 с.
3. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
4. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва / За ред. М.І. Черновола.– К.: Урожай, 2001.– 384с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1; Ч.2: Машини для сівби та садіння. Харків: ОКО, 2002. 452 с.
6. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: Навч. посібник, Кіровоград: ІСДО, 1994. - 265 с.
7. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.
8. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф. Машини для обробітку ґрунту та сівби/ МінАПК України, Дослідницьке, – 2009. – 288 с.
9. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник / В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало/ –Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. – 220 с.
10. Свірень М.О. Процеси, машини та обладнання АПВ: Навчальний посібник. / М.О. Свірень, В.П. Смірнов, І.М. Осипов та ін. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2018. – 296 с.

ДОДАТКИ